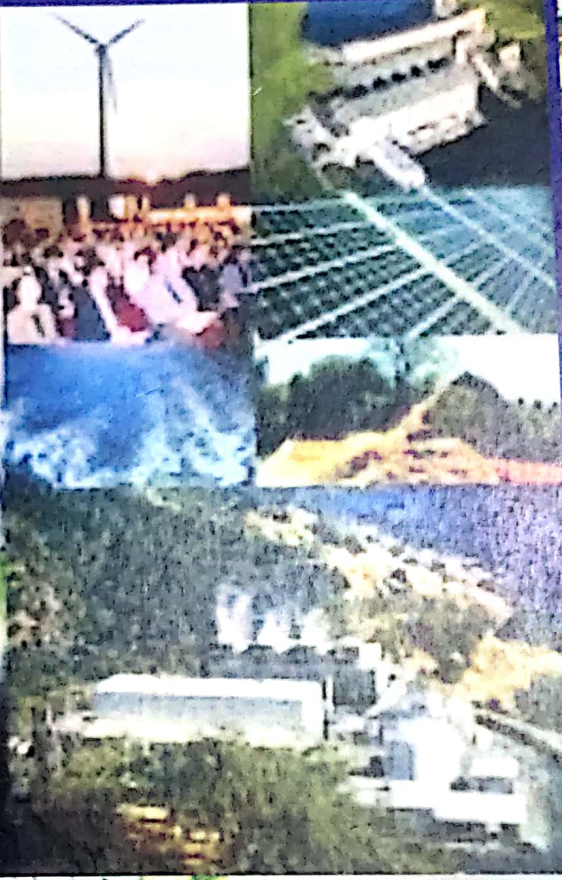
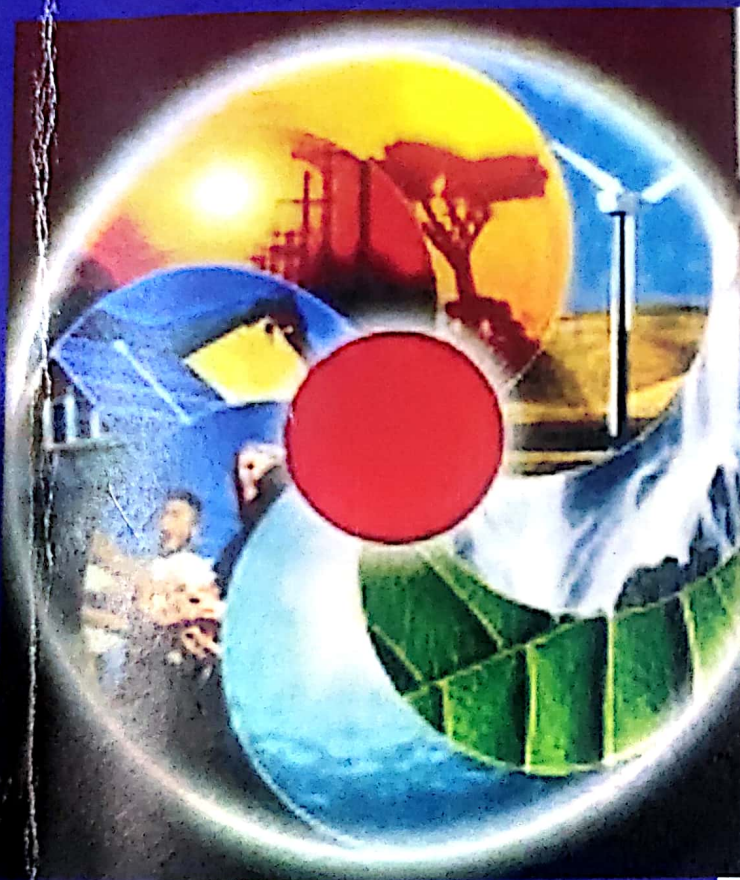


SEMINAR NASIONAL ENERGI TERBARUKAN INDONESIA I

"Peran Perguruan Tinggi dalam Pengembangan Desa Mandiri Energi (DME)"

Purwokerto, 18-19 Desember 2010



TIM EDITOR:

Ropiudin (Unsoed, METI)
Budi Dharmawan (Unsoed)
Priswanto (Unsoed)
Kamaruddin Abdullah (METI)
Imam Santosa (Unsoed)
Agus Margiwiayatno (Unsoed)
Erwin Susanto Sadirsan (METI)



Diterbitkan oleh:
LPPM UNSOED

Kerjasama antara:



Masyarakat Energi
Terbarukan Indonesia

Didukung oleh:



RISTEK



Dinas ESDM
Kab. Banyumas



MEDCOENERGI



Tim Editor:

Rizkiudin (Jurnal: METI)
Budi Darmawan (Jurnal)
Prasanto (Jurnal)
Kamarudin Abdulah (METI)
Iwan Sartono (Jurnal)
Agus Marghyadno (Jurnal)
Iwan Sumarto Sudman (METI)

PROSIDING SEMINAR NASIONAL ENERGI TERBARUKAN INDONESIA I "Peran Perguruan Tinggi dalam Mendukung Pengembangan Desa Mandiri Energi (DME)"

Ditertbitkan oleh
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)
Universitas Jenderal Soedman
Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Puncakerto 53123
Telp./Faks. 0281-623731

Cetakan I, Mei 2011

ISBN 578-682-98346-0-4

Ditulis oleh [energi terbarukan press \(www.energi terbarukan.org\)](http://energi terbarukan press (www.energi terbarukan.org))

Tim Editor:

Ropiudin (Unsoed, METI)
Budi Dharmawan (Unsoed)
Priswanto (Unsoed)
Kamaruddin Abdullah (METI)
Imam Santosa (Unsoed)
Agus Margiwiyatno (Unsoed)
Erwin Susanto Sadirsan (METI)

PROSIDING SEMINAR NASIONAL ENERGI TERBARUKAN INDONESIA I **"Peran Perguruan Tinggi dalam Mendukung Pengembangan Desa Mandiri Energi (DME)"**

Diterbitkan oleh:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)

Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto 53123

Telp./Faks. 0281-625791

Cetakan I, Mei 2011

ISBN 978-602-98346-0-4

Dicetak oleh: **energiterbarukan press** (www.energiterbarukan.org)

PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PADA PROSES PEMBUATAN SEMEN DAN PENGARUHNYA PADA KUALITAS SEMEN

Gathot Heri Sudibyo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman (0281) 6596700
e-mail : gathot_hs2003@yahoo.com

Abstrak

Pengembangan sumber energi yang dapat diperbaharui, termasuk biomassa, merupakan fundamental bagi kesinambungan ketersediaan energi masa depan. Indonesia yang mempunyai lahan hutan dan lahan pertanian yang cukup besar mempunyai potensi penghasil energi biomassa yang besar pula. Limbah biomassa yang akan digunakan untuk penelitian ini pada tahun pertama adalah sekam padi. Selain dimanfaatkan energinya, abu hasil proses pembakaran tersebut akan digunakan sebagai bahan tambah untuk membuat semen. Penelitian akan dilakukan di PT Holcim Indonesia Tbk, sebagai salah satu produsen semen di Indonesia yang berkomitmen untuk mensubstitusi sebagian energi batu bara dengan limbah biomassa tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar energi yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi, mengetahui jumlah batu bara yang dapat disubstitusi oleh sekam dan mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kualitas semen yang dihasilkan. Dari hasil penelitian dapat diketahui Limbah sekam padi yang diteliti mempunyai nilai rerata kalori sebesar 2.790,24 kal/gram. Jumlah limbah sekam padi rerata yang ditambahkan adalah sebesar 10,72 % dibandingkan dengan jumlah total pemakaian bahan bakar atau setara dengan penambahan sekam padi sebesar 6,65 ton/jam. Hasil penambahan limbah sekam padi tersebut akan dapat menghasilkan kalori sebesar 18,555,096 kal. Dari data tersebut dapat dihemat pemakaian batu bara 3,4 ton/jam. Klinker yang dihasilkan secara umum memenuhi persyaratan yang ditentukan. Dan berdasarkan hasil uji fisika dan kimia diketahui semen yang dihasilkan dengan adanya penambahan limbah sekam padi masih memenuhi standar SNI dan ASTM.

Kata Kunci: Limbah sekam padi, energi alternatif, kualitas semen

PENDAHULUAN

Pada proses pembuatan semen dibutuhkan energi yang cukup besar. Saat ini kebutuhan energi tersebut dihasilkan dari proses pembakaran batu bara. Seiring meningkatnya jumlah produksi semen, maka kebutuhan batu bara semakin banyak. Batu bara yang merupakan salah satu sumber energi yang tidak terbaharui jumlahnya terbatas. Sehingga untuk mengantisipasi terjadinya krisis energi di masa yang akan datang, maka diperlukan inovasi pemakaian sumber energi lain. Sebagai alternatif sumber energi di Indonesia yang cukup besar jumlahnya adalah biomassa. Biomassa yang akan digunakan merupakan limbah pertanian yang mempunyai sifat mirip dengan *raw material* untuk membuat semen, sehingga abu hasil pembakarannya dapat dimanfaatkan untuk proses pembuatan semen. Biomassa tersebut antara lain adalah sekam padi, serbuk gergaji kayu, jerami, bunga pinus, bongkol jagung dan limbah cangkang sawit.

Pada penelitian ini, biomassa yang akan digunakan pada tahun pertama adalah sekam padi. Karena Kabupaten Cilacap merupakan sentra penghasil padi. Kabupaten Cilacap yang dikenal sebagai kawasan industri, tapi di bidang pertanian masih cukup strategis, sektor pertanian masih memberikan sumbangan dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat Kabupaten Cilacap khususnya dan masyarakat Jawa Tengah pada umumnya. Menurut data statistik dari Dinas Pertanian Cilacap, produksi sekam padi rata-rata di Kabupaten Cilacap adalah sekitar 173.000 ton per tahun dan hanya sebagian kecil (kurang lebih 10%) yang dimanfaatkan (Utoro, 2006). Pemanfaatan limbah sekam padi masih sangat terbatas, antara lain untuk media tanaman hias, pembakaran bata, dan keperluan lokal lainnya. Sehingga sudah menjadi pemandangan yang lazim dapat ditemukan di sekitar penggilingan padi adalah gunung sekam yang makin lama makin tinggi karena tidak dimanfaatkan.

Melihat potensi yang besar tersebut sudah sangat memungkinkan untuk memasyarakatkan penggunaan sekam padi sebagai bahan bakar atau energi alternatif. Perbandingan nilai energi dari berbagai bahan dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan pada tabel tersebut sekam padi menghasilkan energi yang lebih kecil dibandingkan dengan bahan lain. Tetapi kelebihan sekam padi merupakan bahan yang dapat diperbaharui (*renewable*) dan nilai jualnya masih relatif rendah.

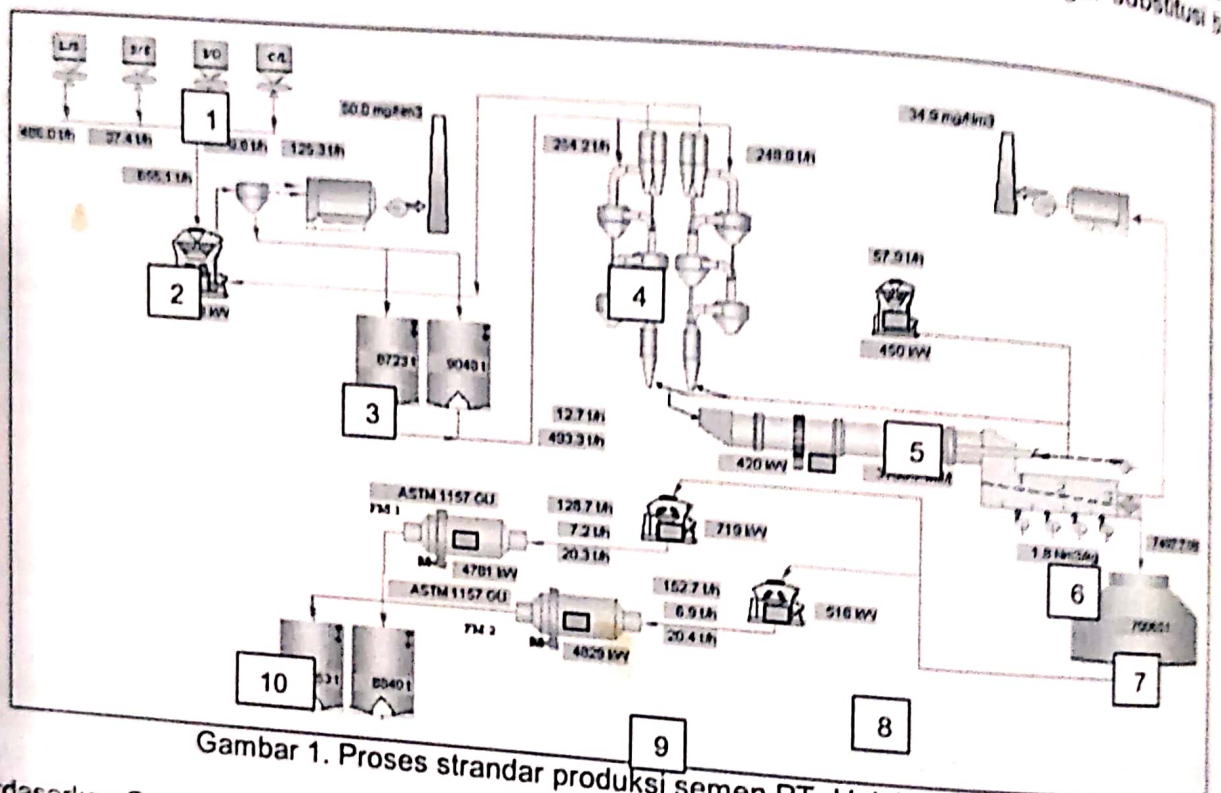
Tabel 1. Nilai energi berbagai bahan

No	Sumber energi	Nilai (kkal/kg)
1	Batu bara muda	5500
2	Minyak tanah	8900
3	Elpiji	11900
4	Sekam padi	3300

(Sumber : Warta , 2006)

Pemanfaatan Sekam Padi Dalam Proses Pembuatan Semen

Pemakaian sekam padi sebagai energi alternatif dan penambahan abu sekam padi pada proses pembuatan semen akan memperbaharui proses produksi semen. Pada Gambar 1 dan Gambar 2 ditunjukkan alur proses standar produksi semen dan penggunaan biomasa sebagai substitusi bahan pada proses produksi semen.

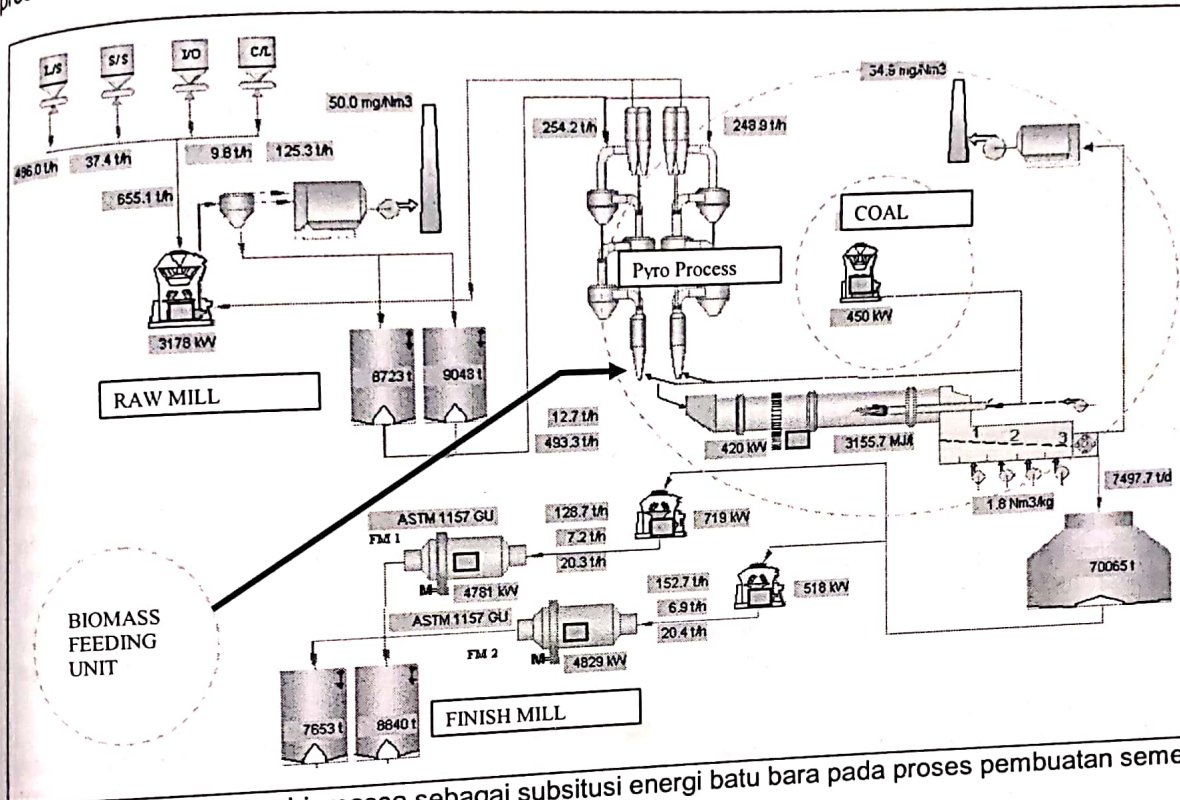


Gambar 1. Proses standar produksi semen PT. Holcim Indonesia Tbk

- Berdasarkan Gambar 1. dapat dijelaskan proses pembuatan semen adalah sebagai berikut :
1. *Weight feeder*, berfungsi untuk menimbang material semen, yaitu LS (*lime stone*), S/S (*silica sand*), I/S (*iron sand*) dan C/L (*clay*).
 2. *Raw mill*, berfungsi sebagai pengilingan material. Pada *raw mill* ini akan ada proses EP (*electrostatic precipitator*) yang akan memisahkan gas dan debu. Gas akan dibuang melalui cerobong pembuangan, sedangkan debu akan masuk saringan (*bag filter*) untuk proses selanjutnya.
 3. *Blending silo*, sebagai penghomogen material semen yang sudah digiling.
 4. *Cyclone preheater*, merupakan *pyro process* yang akan menghasilkan calsinasi 90 % dan suhu yang dibutuhkan mencapai 850°C.
 5. *Kiln*, bahan yang sudah tercalsinasi akan dibakar dengan suhu mencapai 1450°C sehingga menjadi clinker.
 6. *Cooler*, tempat untuk proses pendinginan clinker hingga mencapai suhu 120°C.
 7. *Clinker storage*, tempat penyimpanan clinker. Clinker bisa langsung diekspor atau untuk bahan pembuatan semen.
 8. *Vertical mill* berfungsi untuk memecah clinker.
 9. *Finish mill* berfungsi untuk menghaluskan bahan sesuai dengan spesifikasi.
 10. *Cement storage* berfungsi untuk penyimpanan semen dan proses pengepakan.

Proses pembuatan semen jika dilihat dari bahan bakar atau sumber energinya dibagi menjadi dua, yaitu : bahan bakar utama berupa batu bara, gas, atau *industrial diesel oil (IDO)* dan pemakaian *alternative fuel resource (AFR)* antara lain : sekam padi, jerami, atau limbah biomassa lainnya.

Sekam padi akan digunakan untuk mensubstitusi sebagian batu bara pada *pyro proses*. Sekam padi dari *biomass feeding unit* akan dimasukkan ke *Cyclone preheater* (Gambar 2.). Abu sekam padi dari proses pembakaran tersebut akan dimasukkan ke *kiln* untuk diproses menjadi klinker.



Gambar 2.. Pemakaian biomassa sebagai substitusi energi batu bara pada proses pembuatan semen

Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang potensi pozzolan alam sudah banyak dikembangkan di beberapa Negara, diantara di British Columbia telah diteliti tentang potensi penggunaan pozzolan alam sebagai bahan tambah semen dan pemetaan potensi tersebut (The Ecosmart Concrete Project, 2003)

Zang dan Malholtra (1996), mengemukakan bahwa dengan penambahan abu sekam padi sebanyak 10 % dapat meningkatkan kekuatan sebesar 10,6% pada umur 90 hari dan 9,3% pada umur 180 hari dari beton tanpa abu sekam padi dengan faktor air semen 0,4. Swamy (1986), proses perubahan sekam menjadi abu melalui suatu proses pembakaran untuk menghilangkan zat-zat organik dan meninggalkan silika yang banyak. Perlakuan panas terhadap silika dan sekam padi berpengaruh pada aktivitas pozzolan dan kehalusan butiran. Disamping itu hubungan antara waktu dan suhu juga mempengaruhi luas permukaan spesifik, sebuah parameter yang berhubungan terhadap reaktivitas abu. Ankara (dalam Swamy, 1986), menunjukkan bahwa lingkungan pembakaran juga mempengaruhi luas permukaan tersebut. Maka faktor waktu, suhu dan lingkungan harus dipertimbangkan dalam memproses sekam padi untuk menghasilkan abu yang mempunyai reaktivitas maksimum.

Junaidi (1997), melakukan penelitian dengan menggunakan abu sekam padi yang dibakar di laboratorium. Pembakaran dilakukan dengan variasi suhu dilakukan mulai dari 400°C sampai suhu 900°C yang dibakar selama 60 menit dan dilakukan pembakaran juga dengan variasi terhadap lama waktu pembakaran yaitu pada suhu 600°C, 700°C mulai dari 30 menit sampai 180 menit dengan selang waktu 30 menit. Dari hasil X-ray diffraction didapat bahwa semua abu sekam padi yang diperoleh masih dalam kondisi amorf. Zewdie (1997), dalam penelitian dengan abu sekam padi yang dibakar dengan suhu terkontrol 500°C dan 600°C diperoleh kandungan SiO₂ masing-masing 85,4% dan 86,8%. Dan dari hasil x-ray diffraction kedua sampel masih dalam kondisi amorf. Pengunaan abu sekam padi pada mortar dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tariknya. Sahureka (1997), melakukan penelitian

dengan menggunakan abu sekam padi yang dibakar pada suhu 600°C dengan variasi jumlahnya (5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%) dari berat semen terhadap kuat tekan dan ketahanan asam pada beton. Kuat tekan maksimum diperoleh pada penambahan abu sekam padi sebesar 15% dari berat semen. Sedangkan dari hasil pengujian ketahanan asam didapat bahwa beton tanpa penambahan abu sekam padi maupun beton dengan abu sekam padi mengalami penurunan kuat tekannya. Prasetyo (1999), dengan menambah atau mengganti 10% abu sekam padi dari berat semen berturut-turut didapatkan sifat-sifat tertentu, jika dibandingkan dengan semen standar. Sifat-sifat tersebut diantaranya waktu ikat awal dan waktu pengikatan lebih lama, kebutuhan air lebih banyak untuk mencapai konsistensi normal, didapat suhu puncak yang lebih rendah. Kekuatan beton meningkat cukup besar, pada umur 70 hari kekuatan beton bertambah 35,42% untuk abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen dan 42,92% untuk abu sekam padi sebagai bahan tambah pada campuran beton. Widjaja (1999), melalui penelitian tentang karakteristik beton normal dan beton dengan abu sekam padi pasca bakar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pembakaran sampai 500°C dan 1000°C menurunkan kuat tekan beton menjadi 60% dan 20% dari beton kontrol. Sedangkan beton dengan abu sekam padi mempunyai kuat tekan 19% lebih tinggi daripada kuat tekan beton kontrol.

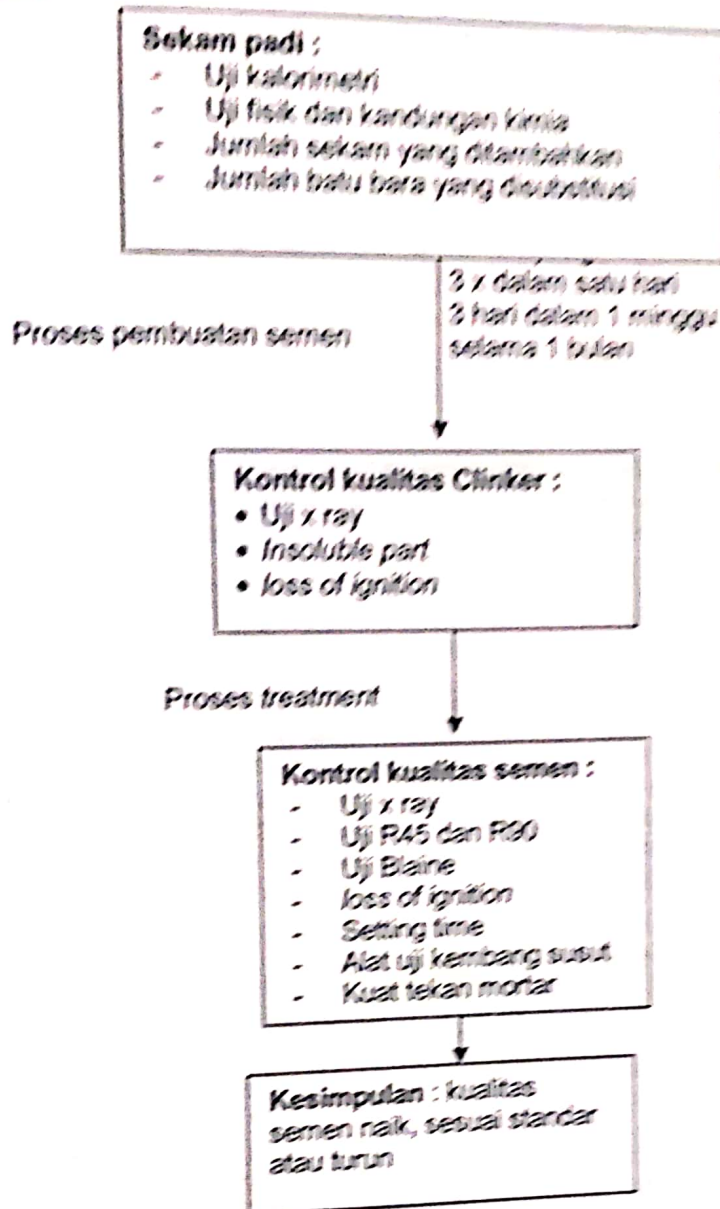
METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian yang akan digunakan adalah survey di PT Holcim Indonesia Tbk dan eksperimen di laboratorium. Tahap I, limbah biomassa yang akan digunakan adalah sekam padi. Untuk mengetahui besarnya kalori yang dihasilkan oleh sekam padi akan diuji dengan kalorimetri, uji ini akan dilakukan sebanyak 36 sampel. Kemudian akan dilanjutkan dengan survey yang akan dilakukan di PT Holcim Indonesia Tbk untuk mengetahui jumlah penambahan sekam padi pada proses pembuatan semen. Waktu pelaksanaan survey akan dilakukan secara periodik dalam satu minggu, diamati 3 hari kerja, yaitu Senin, Rabu dan Sabtu, dalam satu hari akan diambil 3 sampel. Pengamatan akan dilakukan selama 1 bulan, sehingga akan didapatkan data sebanyak 36 buah (3 sampel x 3 hari x 4 minggu). Hal ini ditentukan berdasarkan pernyataan Sugiyono (1999) bahwa jumlah data penelitian suatu kelompok minimal 30 data.

Data yang diperoleh dari hasil survey tersebut adalah jumlah sekam yang ditambahkan pada proses pembuatan semen dan jumlah batu bara yang disubstitusi. Semua data yang didapat akan dicatat dalam lembaran yang telah disediakan. Kemudian data akan diolah dan dianalisis dengan komputer dengan metode regresi sehingga diketahui besarnya tren penambahan sekam padi dan batu bara yang disubstitusi. Pada saat yang bersamaan akan diambil sampel clinker yang dihasilkan dari proses penambahan abu sekam padi tersebut. Clinker kemudian akan diuji dengan X-ray untuk mengetahui kandungan SO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , SO_3 dan alkali. Clinker juga akan diuji *Insoluble part* untuk mengetahui bagian yang tidak larut dalam air, *loss of ignition* atau analisis hilang pijar untuk mengetahui kandungan H_2O dan CO . Setelah dilakukan kontrol terhadap clinker yang dihasilkan akibat adanya penambahan abu sekam padi, kemudian dilakukan *treatment* dengan penambahan gypsum dan diproses kembali untuk menjadi semen.

Semen yang dihasilkan ini kemudian akan diambil sampelnya untuk diuji kualitasnya, seperti pada uji clinker. Jenis pengujian yang dilakukan adalah X-ray untuk mengetahui kandungan SO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , SO_3 dan alkali, uji residu 45 dan residu 90, uji Blaine untuk menentukan kehalusan semen, uji *loss of ignition* (LOI), uji waktu ikat (*setting time*) untuk mengetahui kecepatan proses pengikatan pada semen, uji kembang susut mortar semen dan uji kuat tekan mortar. Pada uji kuat tekan mortar akan dilakukan sebanyak 324 sampel dengan ukuran 5 cm x 5 cm. Sampel tersebut diambil dari sampel uji kualitas semen sebanyak 36 buah, masing-masing sampel akan dibuat 9 kubus yang akan diuji pada umur 3,7, dan 28 hari.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Tahap Pengujian

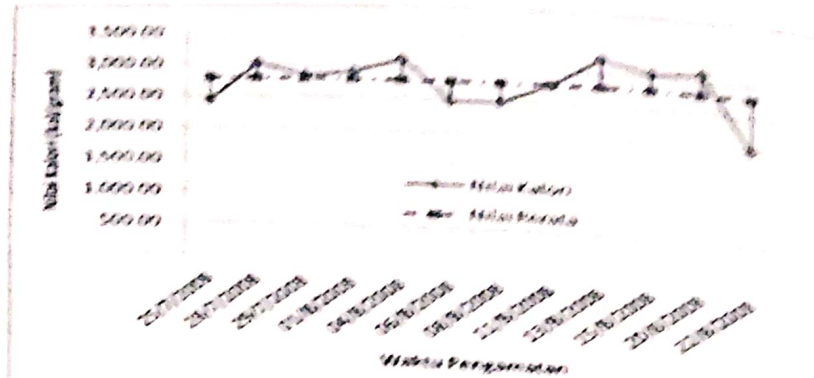
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Sekam Padi

Limbah sekam padi yang akan digunakan dalam penelitian ini, diuji sifat fisiknya antara lain : uji kalorimetri, uji kadar air, uji berat jenis dan jumlah pemakaian sekam padi pada proses produksi semen di PT Holcim Indonesia Tbk Cilacap.

Berdasarkan hasil pengambilan sampel data sekam padi secara periodik sebanyak 12 sampel diketahui rerata nilai kalorinya sebesar 2.790.24 kaligram, hasil pengujian disajikan pada Gambar 3. Dari hasil tersebut diketahui bahwa, nilai kalori limbah sekam padi lebih rendah dari nilai kalori batu bara yaitu sebesar 5.500 kaligram. Tetapi kelebihan sekam padi merupakan bahan yang dapat terbahari (renewable) dan nilai lainnya masih relatif rendah. Sehingga limbah ini tetap potensial untuk dijadikan bahan bakar alternatif.

Dari data tersebut, dapat dianalisa bahwa untuk mengurangi jumlah pemakaian 1 ton batu bara dibutuhkan sekam padi sebanyak 2 ton. Rendahnya nilai kalori pada limbah sekam padi tersebut salah satu dapat disebabkan oleh besarnya kadar airnya. Dari hasil pengujian diketahui nilai kadar air rerata sebesar 17.20 %, Sedangkan nilai berat jenis reratanya adalah 0.1246.



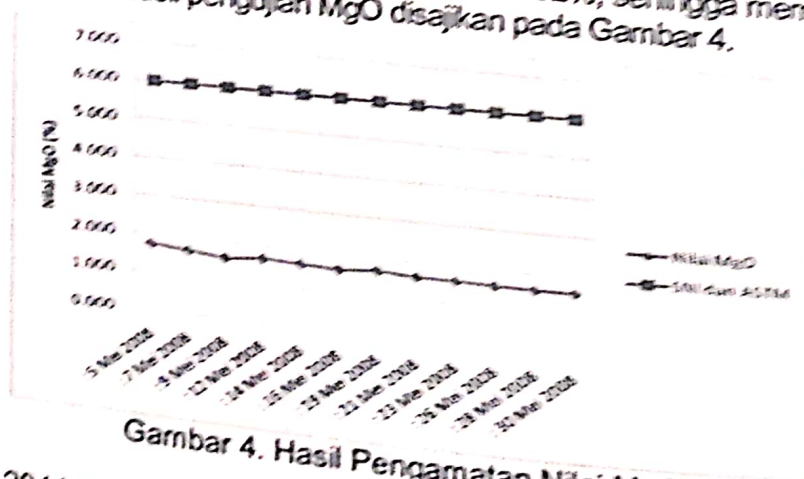
Gambar 3. Nilai Kalori Limbah Sekam Padi

Analisis Hasil Uji Klinker

Klinker merupakan produk yang dihasilkan dari bahan-bahan penyusun semen, yaitu : kapur, silika dan alumina ditambah dengan sekam padi, yang dibakar dengan suhu mencapai kurang lebih 1400°C pada Kiln. Bentuk klinker berupa butiran dengan diameter 1.5 sampai 50 mm.

Untuk mengetahui sifat klinker yang dihasilkan pada proses pembuatan semen, setelah ditambah sekam padi maka dilakukan beberapa pengujian, yaitu uji x ray untuk mengetahui kandungan kimia, uji loss of ignition dan uji insoluble part, pengambilan sampel dilakukan secara periodik.

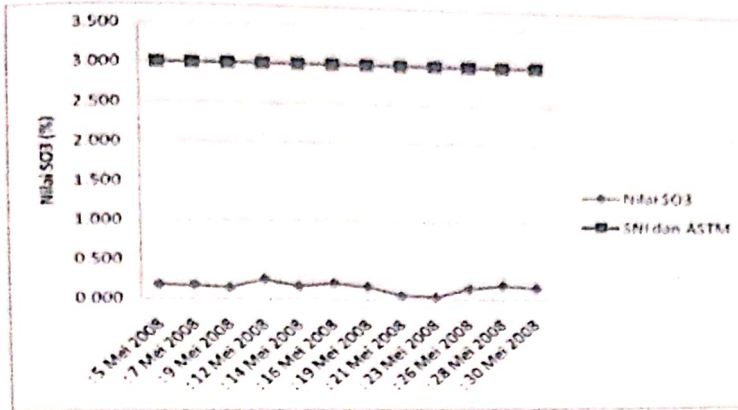
Berdasarkan SNI 15-2044-2004 dan ASTM C150-04a, kandungan MgO pada semen Type I harus lebih kecil atau sama dengan 6%, bila berlebih akan terbentuk MgO bebas atau periclase. Periclase dalam semen akan bereaksi dengan air ($MgO + H_2O$) dimana reaksi ini berlangsung sangat lambat dengan menghasilkan $Mg(OH)_2$ yang mempunyai volume yang lebih besar. Proses pengembangan ini terjadi lambat, sedangkan proses pengerasannya sudah selesai, sehingga akan menimbulkan keretakan pada beton. Dari hasil uji kandungan kimianya, diperoleh nilai kandungan MgO sebesar 1.62%, sehingga memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI dan ASTM. Hasil pengujian MgO disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengamatan Nilai MgO

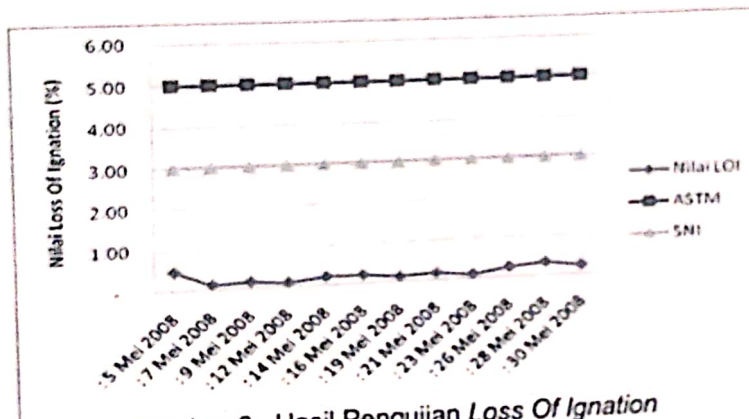
Berdasarkan SNI 15-2044-2004 dan ASTM C150-04a, menyebutkan bahwa kandungan SO_3 dalam semen dibatasi max 3% bila C_3A kurang dari 8% dan maksimum 3.5% bila kandungan C_3A lebih besar dari 8%. Kandungan C_3A dapat dihitung dengan rumus R.H.Bogue yaitu : $C_3A = 2.650 Al_2O_3 - 1.680 Fe_2O_3$. Berdasarkan data Al_2O_3 klinker rerata adalah 5.629% dan Fe_2O_3 adalah 3.263%, maka didapat C_3A sebesar 9.397%. Berarti batasan maksimal SO_3 yang dipakai adalah 3.5%.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan kandungan silika bebas pada klinker mempunyai nilai rerata sebesar 0.16 %. Sehingga memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh SNI 15-2044-2004 dan ASTM C150-04a . Hasil pengamatan nilai SO_3 disajikan pada Gambar 5.6. Fungsi SO_3 dalam semen adalah untuk memperbaiki pengikatan/setting dari mortar atau beton, namun bila terlalu banyak akan menimbulkan kerugian pada sifat ekspansive dan kuat tekannya.



Gambar 5. Hasil Pengamatan Nilai SO3 Klinker

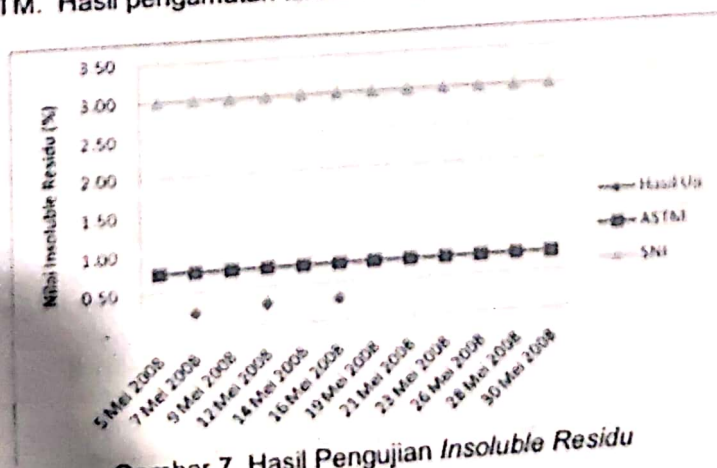
Uji *loss of ignition* atau uji hilang pijar dilakukan untuk mengetahui banyaknya mineral-mineral yang dapat diuraikan melalui pemijaran dengan alat tanur listrik. Kristal-kristal mineral tersebut umumnya bersifat dapat mengalami metamorfosa dalam waktu yang lama, sehingga pada proses tersebut dapat menimbulkan kerusakan. SNI 15-2049 membatasi nilai LOI maksimal 5%, sedangkan ASTM C150-04a yaitu 3%. Hasil pengujian LOI rerata adalah 0.21%, sehingga memenuhi persyaratan yang ada. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengujian Loss Of Ignation

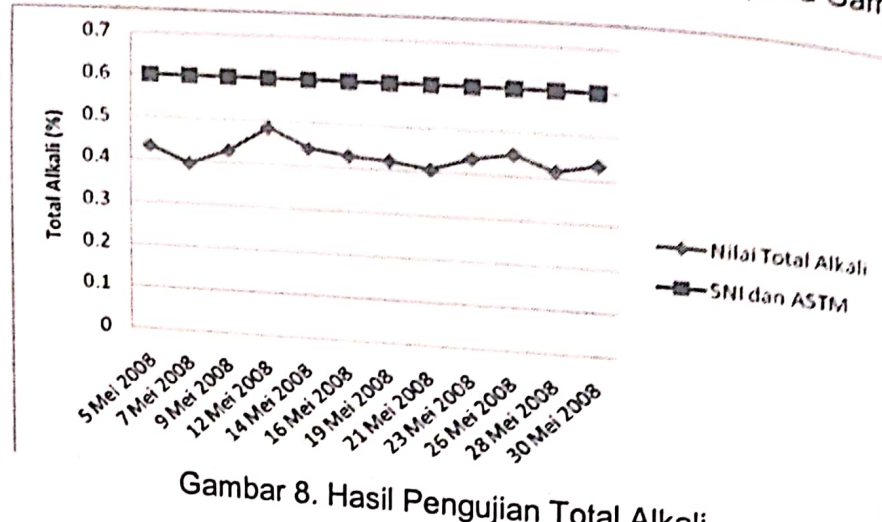
Residu dibatasi untuk mencegah dicampurkannya bahan-bahan alami lainnya, yang tidak dapat dibatasi dari persyaratan fisika mortar. Berdasarkan SNI 15-2044-2004 membatasi nilai *insoluble residu* maksimal 3% sedangkan ASTM C150-04a membatasi nilai *insoluble residu* maksimum 0.75%.

Hasil pengujian *insoluble residu* yang dilakukan diperoleh nilai rerata 0.26%, sehingga klinker yang dihasilkan dari proses pembuatan semen yang ditambah dengan limbah sekam padi masih memenuhi standar SNI dan ASTM. Hasil pengamatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian Insoluble Residu

Alkali pada semen akan dapat menimbulkan keretakan pada beton, apabila dipakai pada agregat yang mengandung silikat yang reaktif terhadap alkali. Berdasarkan SNI 15-2044-2004 maka alkali yang terkandung dalam semen adalah 0.60%. Total Alkali dapat dihitung sebagai berikut: Total Alkali = % berat Na_2O + 0.659% K_2O . Berdasarkan metode tersebut maka dari hasil pengamatan diketahui nilai rerata total alkali adalah 0.43. Hasil pengujian ini disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pengujian Total Alkali

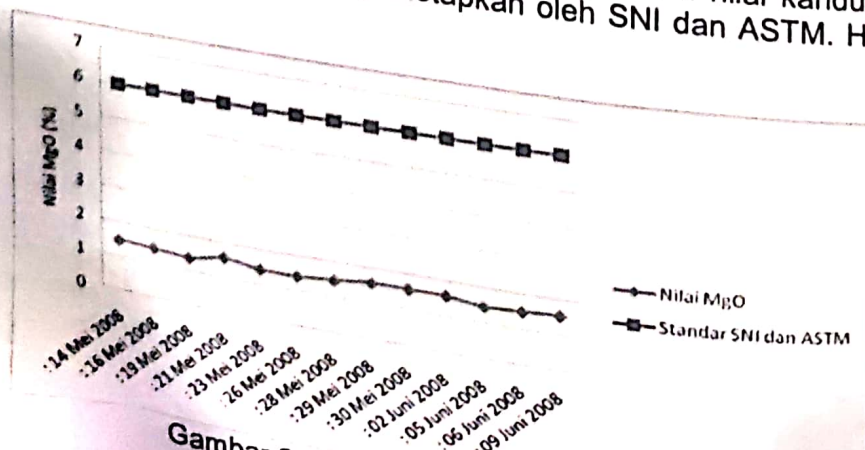
Analisis Hasil Uji semen

Semen merupakan produk akhir dari klinker. Klinker yang dihasilkan selanjutnya didinginkan dalam *clinker storage*, proses selanjutnya klinker dihancurkan menjadi butiran-butiran halus. Pada proses produksi ini dibutuhkan bahan tambah berupa gypsum sebesar 1% - 5%. Penambahan tersebut diperlukan untuk mengontrol waktu ikat semen, yaitu waktu pengerasan semen dilapangan.

Pada penelitian ini, sampel semen dengan adanya penambahan limbah sekam padi diambil secara periodik di PT Holcim Indonesia Tbk Cilacap. Untuk mengetahui kualitas semen yang diproduksi setelah adanya penambahan limbah sekam padi tersebut dilakukan beberapa pengujian, yaitu uji sifat kimia semen, antara lain : uji *x ray* untuk, uji *loss of ignition* dan uji *insoluble part* dan uji sifat fisika semen antara lain : uji Blaine, uji Autoclave Expansion, waktu ikat dan kuat tekan mortar.

Uji Sifat Kimia Semen

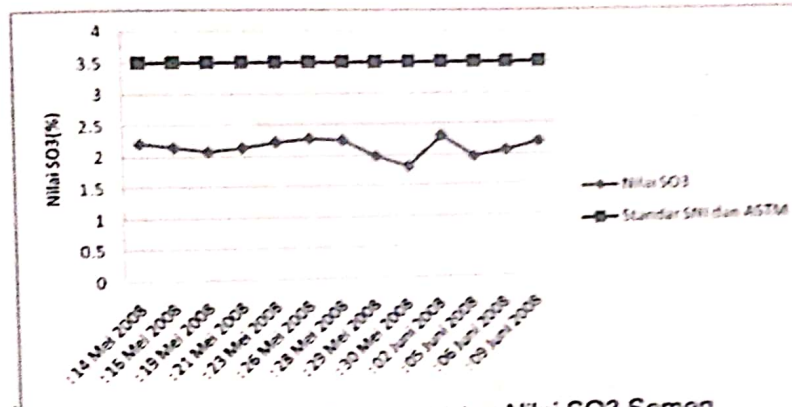
Berdasarkan SNI 15-2044-2004 dan ASTM C150-04a, kandungan MgO pada semen Type I harus lebih kecil atau sama dengan 6%, bila berlebih akan terbentuk MgO bebas atau *periclase*. *Periclase* dalam semen akan bereaksi dengan air ($\text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$) dimana reaksi ini berlangsung sangat lambat dengan menghasilkan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ yang mempunyai volume yang lebih besar. Proses pengembangan ini terjadi lambat, sedangkan proses pengerasannya sudah selesai, sehingga akan menimbulkan keretakan pada beton. Dari hasil uji kandungan kimianya, diperoleh nilai kandungan MgO sebesar 1.50%, sehingga memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI dan ASTM. Hasil pengujian MgO disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9.

Berdasarkan SNI 15-2044-2004 dan ASTM C150-04a, menyebutkan bahwa kandungan SO_3 dalam semen dibatasi max 3% bila C_3A kurang dari 8% dan maksimum 3.5% bila kandungan C_3A lebih besar dari 8%. Kandungan C_3A dapat dihitung dengan rumus R.H.Bogue yaitu : $C_3A = 2.650 Al_2O_3 - 1.692 Fe_2O_3$. Berdasarkan data Al_2O_3 semen rerata adalah 5.12% dan Fe_2O_3 adalah 3.07%, maka didapat C_3A sebesar 8.37%. Berarti batasan maksimal SO_3 yang dipakai adalah 3.5%.

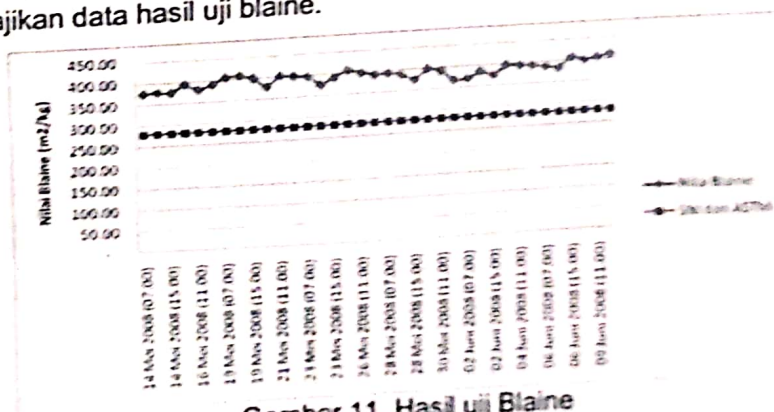
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan kandungan silika bebas pada semen mempunyai nilai rerata sebesar 2.12 %, Sehingga memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh SNI 15-2044-2004 dan ASTM C150-04a . Hasil pengamatan nilai SO_3 disajikan pada Gambar 10. Fungsi SO_3 dalam semen adalah untuk memperbaiki pengikatan/setting dari mortar atau beton, namun bila terlalu banyak akan menimbulkan kerugian pada sifat *ekspansive* dan kuat tekannya.



Gambar 10. Hasil Pengamatan Nilai SO_3 Semen

Uji Sifat Fisika Semen

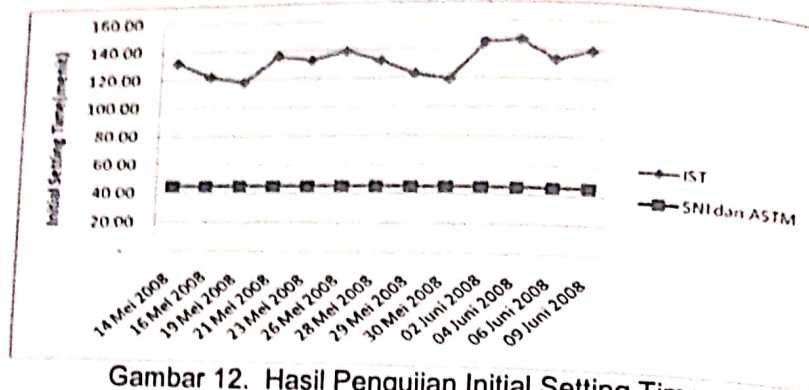
Uji Blaine dilakukan untuk mengetahui tingkat kehalusan semen yang dinyatakan luas permukaan spesifik semen portland. Satuan uji ini dihitung sebagai jumlah luas permukaan total ($cm^2/gram$ atau m^2/kg). Kehalusan semen akan dipengaruhi oleh luas butir semen, akan dapat menentukan luas permukaan partikel-partikel semen saat terjadi proses hidrasi. Berdasarkan SNI 15-2049-2004 dan ASTM C150-04a menentukan batas Blaine minimal $280 m^2/kg$. Sedangkan hasil nilai rerata hasil uji Blaine adalah $390.361 m^2/kg$, sehingga semen ini memenuhi standar SNI dan ASTM tersebut. Gambar 11. menyajikan data hasil uji blaine.



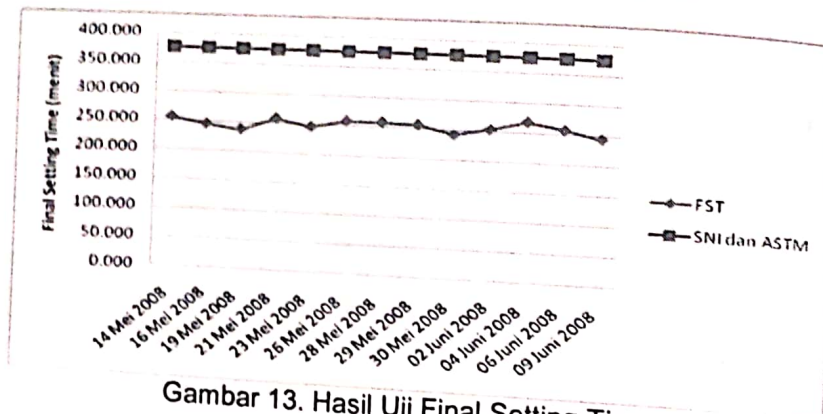
Gambar 11. Hasil uji Blaine

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk bubur yang secara bertahap menjadi kurang plastis dan akhirnya menjadi keras. Pada proses ini, tahap pertama yang dicapai ketika pasta semen cukup kaku menahan tekanan. Waktu untuk mencapai itu disebut waktu ikat. Waktu dan pencampuran semen dan air sampai saat kehilangan sifat keplastisannya disebut waktu ikat awal, dan waktu sampai pastanya menjadi massa yang keras disebut waktu ikat akhir.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 dan ASTM C150-04a, standar waktu ikat awal adalah minimal 45 menit sedangkan waktu ikat akhir maksimal 375 menit. Dan hasil pengujian initial setting time diperoleh nilai rerata sebesar 132.15 menit dan final setting time nilai reratanya adalah 252 menit. Sehingga semen ini memenuhi standar yang ditetapkan SNI dan ASTM. Hasil pengujian ini disajikan pada Gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Hasil Pengujian Initial Setting Time



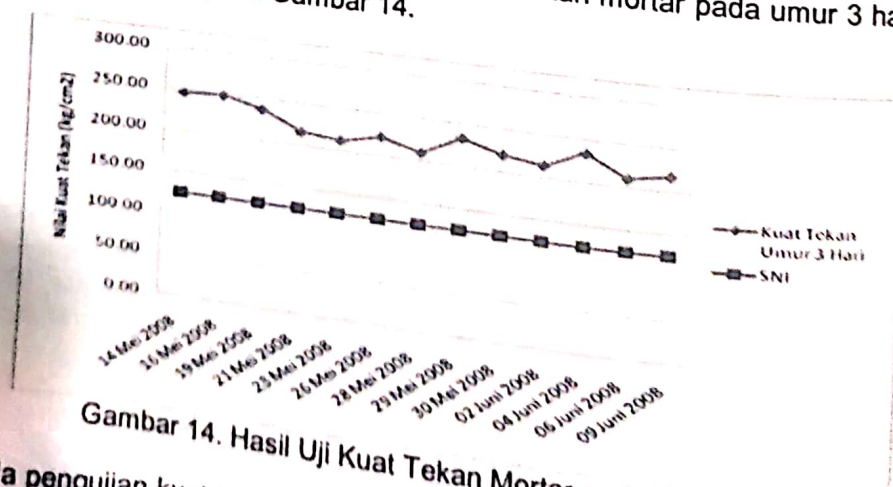
Gambar 13. Hasil Uji Final Setting Time

Uji Kuat Tekan Mortar

Sampel semen yang sudah diambil mulai dari tanggal 14 Mei 2008 sampai 9 Juni 2008, kemudian dibuat sampel untuk uji mortar berbentuk kubus dengan dimensi 5 x 5 x 5 cm, masing-masing dibuat tiga sampel untuk umur pengujian. Dalam penelitian ini mortar diuji pada umur 3, 7 dan 28 hari.

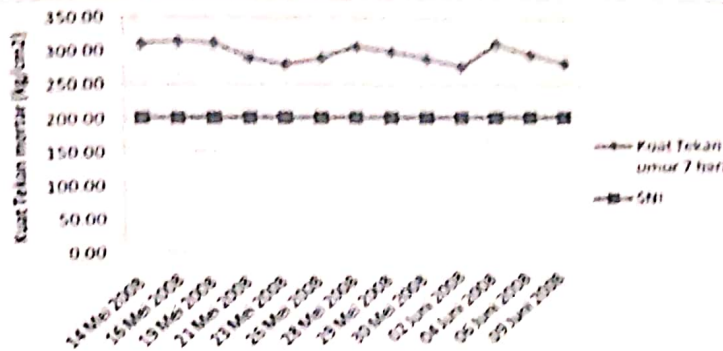
Uji kuat tekan mortar digunakan untuk mengontrol kemampuan semen yang dicampur dengan pasir dan air dengan perbandingan berat antara semen dan pasir adalah 1 : 2,75. Sedangkan perbandingan antara air dan semen untuk semen portland, 0,485 dan untuk air entraining semen portland semen 0,460.

Nilai rerata hasil pengujian kuat tekan mortar pada umur 3 hari sebesar 224.54 kg/cm². Berdasarkan SNI 15-2049-2004, nilai kuat tekan mortar pada umur 3 hari adalah minimal 125 kg/cm². Sehingga semen yang digunakan ini memenuhi persyaratan kuat tekan mortar pada umur 3 hari. Hasil lengkap uji kuat tekan mortar disajikan pada Gambar 14.

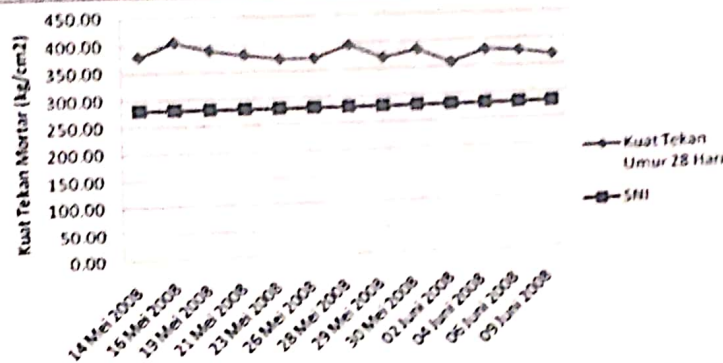


Gambar 14. Hasil Uji Kuat Tekan Mortar pada Umur 3 Hari

Sedangkan pada pengujian kuat tekan mortar pada umur 7 hari dan 28 hari diperoleh nilai kuat tekan rerata sebesar 196.54 kg/cm² dan 378.46 kg/cm². Hasil tersebut diatas standar minimum yang ditentukan oleh SNI, yaitu sebesar 200 kg/cm² pada umur 7 hari dan 280 kg/cm² pada umur 28 hari. Hasil pengujian disajikan pada Gambar 15 dan 16.



Gambar 15. Hasil Uji Kuat Tekan Mortar Pada Umur 7 Hari



Gambar 16. Hasil Uji Kuat Tekan Mortar Pada Umur 28 Hari

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Limbah sekam padi yang diteliti mempunyai nilai rerata kalori sebesar 2.790,24 kal/gram,
2. Jumlah limbah sekam padi rerata yang ditambahkan adalah sebesar 10.72 % dibandingkan dengan jumlah total pemakaian bahan bakar atau setara dengan penambahan sekam padi sebesar 6.65 ton/jam. Hasil penambahan limbah sekam padi tersebut akan dapat menghasilkan kalori sebesar 18,555,096 kal. Dari data tersebut dapat dihemat pemakaian batu bara 3.4 ton/jam.
3. Klinker yang dihasilkan secara umum memenuhi persyaratan yang ditentukan.
4. Berdasarkan hasil uji fisika dan kimia diketahui semen yang dihasilkan dengan adanya penambahan limbah sekam padi masih memenuhi standar SNI dan ASTM.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (Tanpa Tahun), Cement Quality Characteristics, PT. Indocement Tungal Perkasa Tbk, Jakarta
- American Society For Testing and Material, ASTM 1995, Annual Book of ASTM Standards 1995, Vol .04.02., Concrete and Aggregates, Philadelphia
- FAO, 1999, *Prevention of land degradation, enhancement of carbon sequestration and conservation of biodiversity through land use change and sustainable land management with a focus on Latin America and The Caribbean*, International Fund for Agricultural Development, FAO, Rome.
- Gambhir, M.,L., 1986, *Concrete Technology*, Tata Mc. Graw Hill Publishing Company Limited, India
- Heriansyah, *Potensi Pengembangan Energi dari Biomassa Hutan di Indonesia*, Inovasi Online Vol 5/XVII/November 2005, <http://io.ppi-jepang.org/article.php?id=108>, diakses November 2006.
- Holcim, 2005, *Annual Report 2005*, <http://www.holcim.com/>, diakses 17 November 2006.
- International Energy Agency. 2002. *World Energy Outlook 2002*. IEA publications. France.
- Junaidi, A., 1997, *Pengaruh Perubahan Suhu dan Waktu Pembakaran Sekam Padi Terhadap Kandungan SiO₂*
- Amorf, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Neville, A.M., 1975, *Properties of Concrete*, Second Edition, The English Language Book Society and Pitman Publishing, London

-  Dipindai dengan CamScanner