

PERBANDINGAN ANTARA PENAMBAHAN BENTONIT DAN PENAMBAHAN CMC TERHADAP HASIL PROSES PELETASI PASIR BESI

**Pramusanto, Sriyanti, Ariefandin
Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA**

ABSTRAK

Penggunaan bahan pengikat sangat menentukan kualitas pelet yang akan dihasilkan, baik berupa sifat mekanis maupun sifat fisiknya. Beberapa jenis bahan pengikat telah dipilih untuk meningkatkan sifat pelet, baik itu bahan pengikat anorganik seperti bentonit maupun bahan organik seperti CMC (carboxymethyl cellulose).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan sifat pelet hasil proses peletasi pasir besi yang berasal dari Kutoarjo, antara pelet dengan penggunaan bahan pengikat bentonit sebesar 0,6%, 1% dan 2% serta penggunaan CMC sebesar 0,5%, 1% dan 2%. Sifat pelet yang ingin dibandingkan ialah sifat mekanis berupa kuat tekan dan kuat jatuh serta sifat fisik berupa porositas, densitas curah serta indeks pemuai pelet.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pelet basah, kekuatan mekanis yang jauh lebih baik diperlihatkan oleh pelet dengan bahan pengikat CMC. Pelet basah berbahan pengikat CMC memiliki kuat tekan dan kuat jatuh setinggi 40 cm masing-masing hingga 3,104 kg/pelet dan 40,5 kali, sedangkan pelet basah berbahan pengikat bentonit hanya 2,373 kg/pelet dan 6,1 kali. Setelah pelet dikeringkan, fenomena yang terjadi masih sama seperti pada pelet basah, namun kenaikan kuat tekan dan kuat jatuhnya tidak signifikan.

Kekuatan pelet bakar yang lebih baik diperlihatkan oleh pelet berbahan pengikat bentonit yang memiliki kuat tekan dan kuat jatuh setinggi 1 m masing-masing hingga 176,9 kg/pelet dan 71,6 kali, sedangkan penggunaan CMC hanya 121,1 kg/pelet dan 56,8 kali. Hasil uji sifat fisik seperti porositas, densitas curah dan indeks pemuai tidak menunjukkan perbedaan yang mencolok.

I. PENDAHULUAN

Pasir besi (*iron sand*) merupakan suatu jenis bijih besi yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan pelet besi yang selanjutnya akan dilanjutkan dengan proses reduksi dalam persiapan proses peleburan pada pembuatan besi dan baja⁽¹⁾. Dengan alasan ekonomi, pemanfaatan bijih besi untuk reduksi sangatlah tidak mungkin tanpa dilakukan persiapan bahan baku reduksi⁽¹⁾. Berdasarkan hasil penelitian Tim Kerja Pembuatan Pelet Pusat Pengembangan Teknologi Mineral tahun 1984 dalam pemanfaatan pasir besi Kutoarjo sebagai bahan baku pembuatan besi dan baja, terlebih dahulu perlu dilakukan proses benefisiasi atau peningkatan setinggi-tingginya terhadap kadar besinya (Fe)⁽⁴⁾. Hasil penelitian menunjukkan bahwa melalui proses konsentrasi magnetik mampu meningkatkan kadar Fe pasir besi Kutoarjo hingga 50 %⁽⁴⁾. Selanjutnya dengan proses penggerusan hingga 400 mesh, kadar Fe mampu ditingkatkan lagi hingga mencapai 59,6 %. Akan tetapi, pasir besi hasil proses benefisiasi yang memiliki ukuran partikel <1 mm tidak dapat dimanfaatkan secara langsung untuk bahan baku peleburan besi, sehingga perlu dilakukan proses persiapan lebih lanjut⁽⁵⁾.

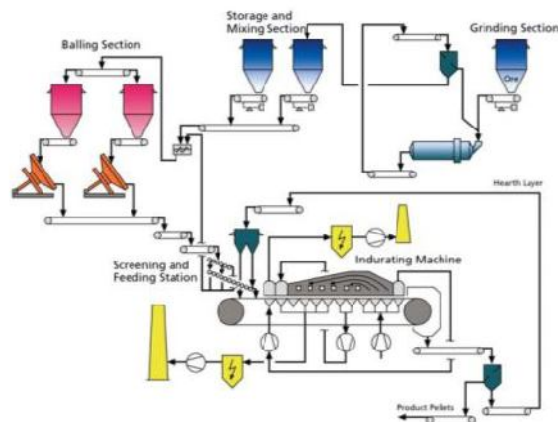
Peletasi merupakan sebuah proses persiapan bahan baku peleburan besi yang memerlukan bahan baku bijih besi dengan kadar tinggi untuk dapat menghasilkan karakteristik pelet besi yang memenuhi syarat, baik itu kekuatan mekanis maupun sifat fisiknya seperti porositas, densitas curah, pemuaihan dan lain-lain⁽¹⁾. Selain itu, pada proses agglomerasi seperti peletasi perlu penggunaan zat aditif sebagai bahan pengikat. Penggunaan bahan pengikat sangat menentukan sifat pelet yang akan dihasilkan, baik sifat mekanis maupun sifat fisiknya. Penambahan bahan pengikat dengan jenis dan kadar yang tepat diharapkan akan menambah kualitas pelet di samping faktor-faktor lainnya. Kualitas pelet ini akan berpengaruh pada penanganan transportasi pelet dari satu tempat ke tempat lain dan juga jenis alat reduksi yang digunakan^(1,6).

Beberapa jenis bahan pengikat telah dipilih untuk meningkatkan sifat pelet, seperti bentonit, batu gamping, kapur tohor, dolomit dan bahkan bahan organik seperti funa dan CMC (*carboxymethyl cellulose*)^(1,17).

Masing-masing dari jenis bahan pengikat memiliki karakteristik sendiri dan menghasilkan sifatpelet yang berbeda. Pemilihan jenis bahan pengikat ini harus sesuai dengan tujuan penggunaannya. Selain itu, jenis dan jumlah pemakaian bahan pengikat sangat terbatas untuk tujuan peningkatan sifat fisik dan mekanis pelet⁽¹⁾. Oleh karena itu, harus diketahui dengan baik sifat pelet yang akan dihasilkan oleh setiap penggunaan bahan pengikat baik jenis maupun kuantitasnya, sehingga dapat disesuaikan dengan alat yang akan digunakan, misalnya alat transportasi dan alat reduksi pelet. Pemilihan benonit dan CMC sebagai bahan pengikat dalam penelitian ini ialah bahwa bentonit sebagai mineral yang memiliki sifat perekat mewakili bahan anorganik dan CMC yang juga memiliki daya rekat karena ikatan hidrokarbonnya mewakili bahan organik yang tidak menghasilkan efek buruk pada lingkungan peleburan.

II. METODE PENELITIAN

Berikut merupakan alur kegiatan peletasi dalam skala industri :



Gambar 2.1
Bagan Alir Peletasi Skala Industri

2.1 Pengujian Distribusi Ukuran Pelet

Uji ini dilakukan untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel pasir besi dengan menggunakan saringan 250 μm , 180 μm , 125 μm , 106 μm , 75 μm dan 45 μm .

2.2 Preparasi Bahan Baku

2.2.1 Penggerusan

Ukuran pasir besi yang direncanakan untuk proses peletasi ialah berukuran 100% lolos 100 mesh yang diantaranya 15% lolos 325 mesh. Apabila hasil uji distribusi ukuran pasir besi belum sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan tahap penggerusan. Dengan ukuran partikel yang direncanakan, diharapkan dapat menghasilkan sifat pelet yang baik. Proses penggerusan dilakukan selama 90 menit. Proses ini dilakukan di Laboratorium Pengolahan Tambang Unisba dengan alat *Ball Mill* Skala Laboratorium berkapasitas 2 kg dengan kecepatan putar 50 rpm dan berat bola-bola bajanya 50% material yang digerus.

2.2.2 Pencampuran

Pada tahap ini, dilakukan pencampuran antara pasir besi dan bahan pengikat. Bahan pengikat yang dipakai dalam penelitian ini ialah bentonit dan CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) dengan jumlah penggunaan sesuai yang telah direncanakan. Pencampuran ini dilakukan secara manual dikarenakan mesin pencampur dalam keadaan tidak dapat beroperasi.

2.3 Pembuatan Pelet Basah dan Pengujiannya

Pasir besi hasil dari tahap pencampuran akan melalui tahap pembolaan dengan alat peletasi yang berkecepatan rotasi 16 rpm. Tahap ini merupakan proses pembentukan bola-bola atau butiran basah dengan ukuran 9 – 15 mm. Pasir besi hasil pencampuran sebanyak kurang lebih $\frac{3}{4}$ sendok makan secara perlahan dimasukkan ke dalam cakram pembolaan sambil disemprotkan air sedikit demi sedikit untuk membuat inti pelet. Setelah inti pelet yang berukuran 1 - 2 mm terbentuk, dibiarkan berputar beberapa saat tanpa penambahan lagi pasir besi dan air. Kemudian diteruskan lagi dengan menambahkan pasir besi hasil pencampuran dan air sedikit demi sedikit hingga besar pelet yang diinginkan tercapai yaitu berdiameter 9 - 15 mm. Setelah terbentuk pelet dengan seperti di atas, cakram dibiarkan kembali berputar tanpa penambahan pasir besi dan air selama 5 menit (pelet tipe X) dan 15 menit (pelet tipe Y) lalu pelet diambil. Ambil sebanyak 5 buah pelet tiap tipenya secara acak kemudian ditimbang untuk uji kadar air. Masing-masing tipe pelet diuji kuat tekan dan kuat jatuh dari ketinggian 40 cm.

2. 4 Pengeringan

Pada tahap ini, pelet basah yang berhasil dibuat dikeringkan dengan memanaskannya di dalam oven pada suhu konstan 100°C selama 24 jam. Maksud dari tahap pengeringan ini ialah untuk menghilangkan kadar air dalam pelet basah.

Setelah pengeringan selesai, dilakukan pengujian terhadap pelet tersebut. Lima pelet basah yang telah ditimbang kemudian ditimbang kembali setelah dikeringkan. Selanjutnya dapat diketahui kadar air. Pengujian lain yang dilakukan ialah uji kuat tekan dan kuat jatuh terhadap 10 pelet berukuran 10 – 12 mm tiap tipenya dengan langkah-langkah seperti pada pengujian pelet basah. Kemudian 18 pelet tiap variasinya diukur diameternya untuk uji pemuaiian.

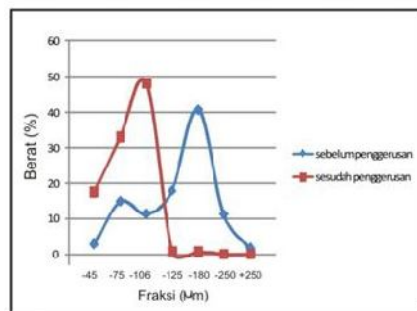
2. 5 Pembakaran dan Pengujiannya

Pada tahap ini, pelet kering dibakar dengan alat *furnace* pada suhu 1000°C dengan penahanan 10 menit, 25 menit dan 40 menit. Setelah pembakaran, pelet dikeluarkan kemudian dilakukan beberapa pengujian. Pelet yang dibakar selama 40 menit diuji kekuatan, densitas curah, porositas serta indeks pemuaiannya. Sedangkan pelet yang dibakar selama 10 dan 25 menit hanya diuji indeks pemuaiannya saja.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Distribusi Ukuran Partikel Pasir Besi Sebelum dan Sesudah Dilakukan Proses Penggerusan

Gambaran distribusi ukuran partikel pasir besi Kutoarjo sebelum dan setelah dilakukan proses penggerusan berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1
Grafik Distribusi Berat Ukuran Partikel Pasir Besi
Sebelum dan Sesudah Proses Penggerusan

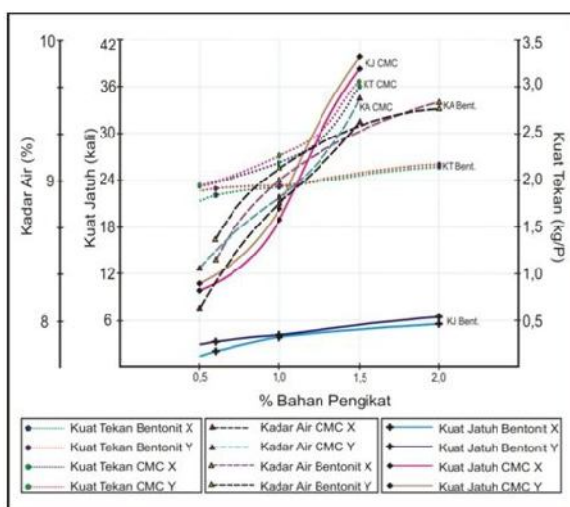
Hasil penggerusan menunjukkan terjadinya pergeseran grafik pada Gambar 5.1 ke arah kiri. Pergeseran ini berarti bahwa penggerusan berhasil meningkatkan persentase berat partikel-partikel halus. Persentase berat partikel pasir besi berukuran lolos 325 mesh yang dihasilkan dari penggerusan ialah sebesar 17,53%. Ini berarti sudah sesuai dengan rencana sebesar $\pm 15\%$. Dengan adanya distribusi partikel lolos 120 mesh dan lolos 325 mesh, diharapkan dapat menghasilkan struktur pelet yang baik. Partikel halus diharapkan dapat mengisi rongga-rongga partikel yang lebih besar. Semakin besar persentase ukuran partikel pasir besi yang lolos 325 mesh maka tingkat kemudahan pasir besi untuk dilakukan peletasi (*pelletability*) semakin meningkat⁽¹⁾. Selain itu juga kekuatan pelet yang dihasilkan pun akan semakin besar. Namun yang perlu diperhatikan ialah bahwa pelet pun harus memiliki porositas yang baik ($>25\%$) agar pada saat berada dalam tanur untuk direduksi, gas reduktor dapat masuk ke dalam pelet melalui pori-pori pelet. Tim Kerja Pembuatan Pelet berasal dari Puslitbang Tekmira berhasil membuat pelet dengan porositas hingga 28% dengan ukuran partikel pasir besi lolos 400 mesh serta bahan pengikat berupakapur tohordan bentonit⁽³⁾. Sedangkan penelitian lainnya menggunakan ukuran partikel 60 – 90% lolos 325 mesh untuk menghasilkan sifat pelet yang diinginkan oleh industri⁽¹⁾. Jadi, di samping harus memiliki kekuatan penekanan yang besar, pelet juga harus memiliki porositas yang dengan yang diharapkan. Oleh karena itu, pasir besi dibuat tidak terlalu halus yaitu dengan persentase partikel lolos 325 mesh yang tidak terlalu besar. Hasil proses penggerusan sebesar 99,37% berukuran lolos 120 mesh dimana sebesar 17,53%-nya lolos 325 mesh diharapkan dapat menghasilkan pelet yang memiliki porositas dan kekuatan mekanis sesuai dengan yang diharapkan.

3.2 Analisis Kuat Jatuh, Kuat Tekan dan Kadar Air Pelet Basah

Pelet basah yang dihasilkan dari suatu proses agglomerasi harus memiliki kuat tekan >1 kg/pelet dan kuat jatuh >4 kali supaya dapat mempertahankan pelet basah tersebut agar tidak hancur saat proses pentransportasian⁽¹⁾. Gambar 3.2 merupakan

gambaran perbandingan kuat jatuh dan kuat tekan pelet basah dengan bahan pengikat bentonit dan CMC hasil percobaan. Sesuai penjelasan pada bab sebelumnya, bahwa dalam percobaan ini dibuat pelet dengan variasi penambahan waktu pembolaan X selama 5 menit dan Y selama 15 menit dengan harapan menghasilkan sifat mekanis yang lebih baik dan sesuai kriteria pelet basah yang baik.

Pada Gambar 3.2 terlihat bahwa grafik pelet basah berbahan pengikat CMC menunjukkan kekuatan mekanis baik kuat tekan maupun kuat jatuh yang naik signifikan atau curam seiring dengan kenaikan jumlah penggunaannya. Sedangkan kenaikan kekuatan mekanis pada pelet berbahan pengikat bentonit cenderung landai seiring dengan kenaikan jumlah penggunaannya. Ini membuktikan bahwa pelet berbahan pengikat CMC menghasilkan sifat mekanis pelet basah yang lebih baik daripada bentonit. Hal tersebut terlihat pada kuat jatuh pelet basah. Walaupun dengan persentase jumlah penggunaan yang lebih kecil daripada bentonit, CMC menghasilkan kuat jatuh jauh lebih baik. Penambahan 1 % bentonit menghasilkan kuat jatuh sekitar 4 kali jatuhan, sedangkan dengan penambahan 1% CMC menghasilkan kuat jatuh pelet basah hingga 20,8 kali jatuhan. Bahkan dengan penambahan 2% bentonit pun belum mampu menyamai kuat jatuh pelet basah berbahan pengikat 1% CMC.



Gambar 3.2

Grafik Hubungan antara Kuat Jatuh, Kuat Tekan Pelet Basah dan Kadar Air

Gambar 3.2 menunjukkan kuat tekan pelet basah dengan bahan pengikat CMC memang lebih baik daripada pelet basah berbahan pengikat bentonit, namun perbedaannya tidak signifikan seperti pada kuat jatuh. Penambahan 1% bentonit menghasilkan kuat tekan sekitar 1,7 hingga 1,8 kg/pelet, sedangkan dengan penambahan 1% CMC menghasilkan kuat tekan pelet basah berkisar 2,2 – 2,3 kg/pelet. Dengan penambahan 2 % bentonit baru mampu menyamai kuat tekan pelet basah berbahan pengikat 1% CMC. Penambahan 0,5% CMC menghasilkan kuat tekan sedikit lebih baik daripada 0,6% dan 1,0% bentonit. Pada percobaan ini, Pelet yang sudah memenuhi syarat minimal kuat jatuh pelet sebanyak >4 kali ialah semua tipe pelet berbahan pengikat CMC dan pelet berbahan pengikat minimal 1,0% bentonit dengan waktu perputaran cakram setelah bola-bola pelet terbentuk sesuai yang diinginkan selama 15 menit atau dengan tanpa penambahan waktu perputaran cawan namun dengan jumlah penggunaan bentonit sebesar 2%. Sedangkan untuk kuat tekan, semua tipe pelet sudah memenuhi syarat pelet basah yang baik yaitu >1 kg/pelet.

Pemaparan di atas menunjukkan bahwa CMC sebagai bahan organik merupakan bahan tambahan atau pengikat yang lebih baik daripada bentonit. CMC memiliki sifat seperti polimer yang bertingkah laku seperti pegas. Ikatan-ikatannya lebih kuat terhadap perlakuan pembebanan hingga batas tertentu. Sedangkan ikatan yang terjadi pada pelet dengan bahan pengikat bentonit sama seperti ikatan yang terjadi pada keramik. Penambahan CMC menghasilkan ikatan-ikatan antar partikel atau antar molekul yang mampu meningkatkan sifat mekanis pelet basah yang lebih baik daripada bahan pengikat bentonit. Hal ini bertujuan untuk mempertahankan pelet basah agar tidak hancur selama proses transportasi, sehingga pelet masih dalam keadaan yang baik (kuat) saat akan dilanjutkan proses selanjutnya.

Pada proses agglomerasi, gaya sentrifugal yang terjadi akibat perputaran cakram pada alat peletasi menyebabkan campuran butiran konsentrat bijih besi dan bahan pengikat yang berada dalam cakram saling mendekat dan menekan satu sama lain sehingga menimbulkan gaya tarik-menarik kohesi-adhesi⁽¹⁾. Semakin lama perputaran cakram dalam batas waktu optimum (maks. 20 menit), diharapkan menghasilkan kekuatan pelet yang lebih besar⁽¹⁾. Penambahan air yang dilakukan dengan jalan

disemprotkan ke permukaan butiran, menyebabkan permukaan butiran menjadi basah, yang kemudian terbentuk jembatan air di antara butiran. Jembatan air ini yang akan menghasilkan kekuatan pada pelet dimana pada keadaan ini, kekuatan antar butiran ditentukan oleh kekuatan tegangan permukaan.

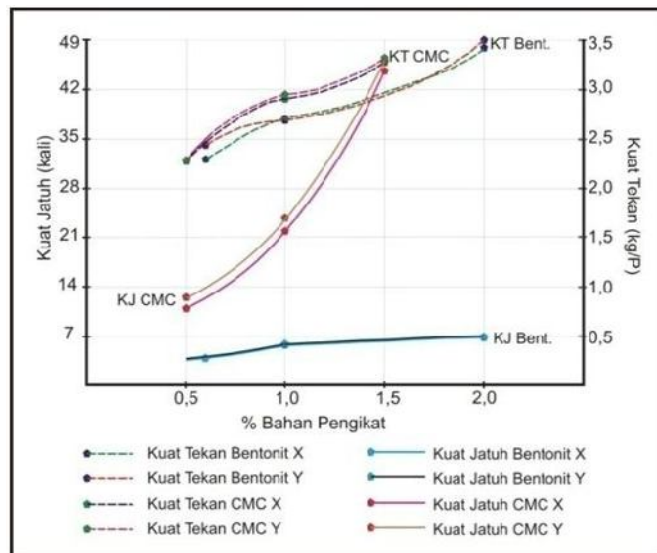
Distribusi partikel yang beragam membentuk struktur pelet yang lebih baik. Hal ini diakibatkan terjadinya ikatan-ikatan kohesi yang kuat, yaitu ikatan antar partikel pasir besi. Selain itu terjadi pula ikatan adhesi, yaitu ikatan antara partikel air, pasir besi dan bahan pengikat. Meskipun begitu, pada tahap ini gaya adhesi antara partikel pasir besi dan bahan pengikat belum begitu aktif, namun kuat tekan pelet basah baik berbahan pengikat CMC dan bentonit menunjukkan angka di atas 1,5 kg/pelet. Ini membuktikan ikatan tersebut mampu menghasilkan kekuatan mekanis pelet basah yang baik. Ikatan kohesi antara air, bahan pengikat dan partikel pasir besi pada pelet yang mempengaruhi kekuatan mekanis menunjukkan hasil yang lebih baik dengan penggunaan bahan pengikat CMC daripada bentonit. Sedangkan pada pelet dengan bahan pengikat bentonit, menunjukkan angka kualitas pelet yang sesuai dengan yang diharapkan baru terjadi pada kadar 1% dengan penambahan waktu perputaran cawan selama 15 menit setelah pelet dengan ukuran yang diharapkan terbentuk dengan rata-rata kuat jatuh 4,3 kali dan rata-rata kuat tekan 1,841 kg/pelet.

Perbandingan kadar air pada pelet basah dengan bahan pengikat bentonit dan CMC dapat pula dilihat pada Gambar 3.2. Grafik pada Gambar 3.2 menggambarkan bahwa kadar air pelet pada semua tipe masih dalam batas-batas kadar air optimal (7 – 10%) yaitu antara 8 hingga 9,6%. Kandungan air pelet berbahan pengikat bentonit hingga 9,589% dan pelet berbahan pengikat bentonit hingga 9,647%. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa dengan kadar bahan pengikat yang tetap dan kadar air yang semakin meningkat menghasilkan kekuatan mekanis yang meningkat pula, terutama kuat jatuhnya. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa dengan kadar air seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 3.2 menunjukkan sifat mekanis pelet yang cukup baik dan semakin meningkat dengan penambahan jumlah penggunaan bahan pengikat. Hal ini menunjukkan bahwa selain jumlah penggunaan bahan pengikat, kadar air juga mempengaruhi sifat mekanis pelet basah⁽¹⁾.

Bentonit memiliki sifat menyerap air dan terdispersi dengan baik. Ketika bercampur dengan air, bentonit menyebar bersama air mengelilingi permukaan partikel pasir besi dan menghasilkan ikatan yang kuat akibat adanya gaya kohesi-adhesi. Bentonit memiliki kemampuan sebagai bahan pengikat setelah bercampur dengan air. Sedangkan CMC sebagai bahan organik memiliki sifat larut dalam air. Ketika CMC larut dalam air, air menjadi lebih kental dan daya ikat akibat adanya jembatan cair (*liquid bridge*) akan sangat baik. Faktor yang paling besar pengaruhnya dan merupakan faktor yang paling dominan terhadap sifat mekanis pelet ialah kekuatan kapiler di antara butir-butir, yang terjadi karena adanya tegangan permukaan di antara butiran partikel pasir besi dan air⁽¹⁾.

3.3 Analisis Kuat Tekan dan Kuat Jatuh Pelet Kering

Perbandingan sifat mekanis pada pelet kering dengan bahan pengikat bentonit dan CMC tergambar pada Gambar 3.3. Hasil uji yang diperoleh dari kuat tekan keenam tipe pelet kering berbeda dengan hasil uji kuat jatuh. Grafik kenaikan kuat tekan pada pelet berbahan pengikat bentonit dan CMC tidak begitu jauh berbeda.



Gambar 3.3
Grafik Hubungan antara Kuat Jatuh dan Kuat Tekan Pelet Kering

Fenomena yang terjadi pada hasil pengujian kuat jatuh pelet basah terjadi pula pada pelet kering. Perbedaan jelas sekali terlihat antara kuat jatuh pelet berbahan pengikat bentonit dan CMC. Kuat jatuh pelet kering berbahan pengikat CMC jauh lebih tinggi daripada berbahan pengikat bentonit dengan kenaikan grafik yang curam seiring dengan kenaikan jumlah penggunaannya. Sedangkan kuat jatuh pelet kering berbahan pengikat bentonit kenaikannya sangat landai seiring dengan kenaikan jumlah penggunaannya, bahkan dengan penggunaan bentonit sebesar 2% pun belum mampu menyamai kuat jatuh pelet yang berbahan pengikat CMC yang hanya sebanyak 0,5%.

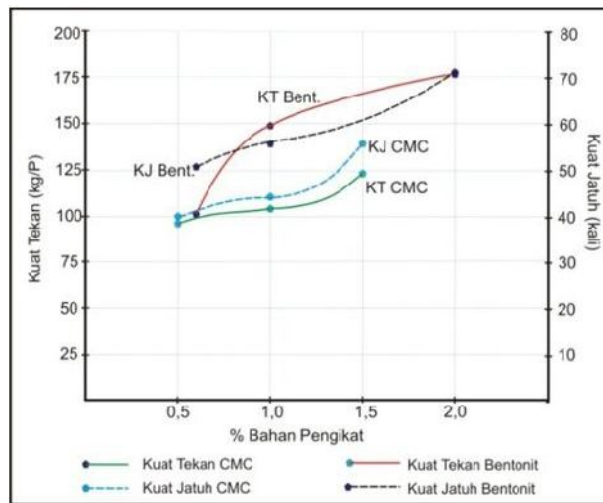
Dari percobaan ini kita dapat melihat bahwa dengan hilangnya air tidak menurunkan sifat mekanis pelet, akan tetapi sebaliknya sifat mekanis pelet meningkat walaupun tidak besar kenaikannya⁽¹⁾. Kekuatan pelet basah akibat adanya penambahan air digantikan dengan adanya pembentukan jembatan padat (*solid bridge*). Saat dikeringkan, jembatan kristal antara setiap partikel mulai terbentuk. Di samping itu, pengeringan pelet menjadikan gaya kohesi-adhesi menjadi lebih aktif karena jarak antar molekul serta antara bahan pengikat dan bijih utama yang semakin dekat.

3.4 Analisis Sifat Mekanis dan Fisik Pelet Bakar

Proses pembakaran atau sinterisasi pada temperatur di bawah titik lebur (*melting point*) pelet ini dilakukan untuk menghasilkan ikatan yang kuat antar partikel. Panas menyebabkan bersatunya partikel-partikel dan meningkatkan efektifitas reaksi tegangan pada permukaan. Selama proses sinterisasi berlangsung terjadi perpindahan atom, yaitu atom-atom yang ada di permukaan partikel pelet. Perpindahan massa atau atom ini menyebabkan pembentukan dan pertumbuhan leher (*neck*) antar partikel padat. Atom-atom yang ada di permukaan ini bergerak menempati permukaan baru⁽⁷⁾. Setelah pemanasan selesai dan pelet didinginkan, permukaan partikel telah menyatu. Hal ini menyebabkan kepadatan pelet bertambah yang berarti kekuatan mekanisnya meningkat. Pertumbuhan leher ini hanya terjadi antar partikel atau butiran pasir besi dan bahan pengikat dalam suatu pelet, sedangkan pertumbuhan leher antar pelet belum terjadi karena suhu yang dipakai belum maksimal.

3.4.1 Analisis Kuat Tekan dan Kuat Jatuh

Perbandingan sifat mekanis pada pelet bakar dengan bahan pengikat bentonit dan CMC tergambar pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5
Grafik Kuat Tekan dan Kuat Jatuh Pelet Bakar

Kuat jatuh dari kedua jenis pelet menunjukkan perilaku yang relatif sama. Seiring dengan bertambahnya jumlah penggunaan bahan pengikat, kuat jatuh pelet semakin meningkat. Namun nilai kuat jatuh yang lebih besar dihasilkan dari pelet berbahan pengikat bentonit, tapi perbedaannya dengan pelet berbahan pengikat CMC tidak terlalu signifikan. Kuat jatuh pelet berbahan pengikat bentonit dari ketinggian 100 cm mencapai 71,6 kali, sedangkan pada pelet berbahan pengikat CMC hanya mencapai 56,8 kali.

Adapun kuat tekan pelet bakar berbahan pengikat bentonit dan CMC berturut-turut mencapai 103,3 kg/pelet dan 90,7 kg/pelet. Seiring dengan bertambahnya jumlah penggunaan bentonit pada pelet, kuat tekan pelet bakar semakin bertambah. Hal ini juga terjadi pada pelet yang berbahan pengikat CMC. Akan tetapi, pelet dengan bahan pengikat CMC memiliki kuat tekan yang lebih rendah daripada pelet yang berbahan pengikat bentonit. Penggunaan bahan pengikat CMC dan bentonit hingga 2% tidak menghasilkan kekuatan pelet bakar yang diharapkan sebesar >200 kg/pelet.

Bahan organik lamban dalam melakukan perubahan pada komposisi kimia dan struktur kristal pelet. Sehingga struktur kristal dan pengikatan yang diharapkan tidak terbentuk secara optimal yang mengakibatkan kualitas mekanis pelet rendah. Perlakuan panas yang tinggi pada CMC mengakibatkan putusannya ikatan-ikatan yang telah terbentuk sehingga kekuatan pelet yang dihasilkan tidak besar⁽⁶⁾. Oleh karena itu, bahan organik biasanya memang hanya sebagai bahan tambahan biasa untuk meningkatkan kualitas pelet basah dan jumlah penggunaannya tidak tinggi. Di samping itu, harga bahan organik pun relatif mahal, sehingga biasanya industri mendapatkan bahan organik dari pembuangan industri lain yang dijual lebih murah. Sedangkan ikatan yang terjadi pada bentonit akan menjadi lebih kuat dengan perlakuan panas yang tinggi di bawah titik leburnya (sinterisasi)⁽⁵⁾.

Kekuatan mekanis pelet bakar bergantung pada sifat bahan aditif, harmonisasi kecepatan dan lama pembakaran serta suhu pembakaran itu sendiri⁽¹⁾. Lama pembakaran dan suhu pembakaran yang belum optimal menghasilkan sifat mekanis dari kedua jenis pelet masih belum mencapai nilai yang diharapkan, yaitu >200 kg/pelet. Pada suhu pembakaran 1000°C selama 40 menit diperkirakan proses sinterisasi belum optimal. Suhu maksimal yang dapat dilakukan dalam pembakaran atau sinterisasi pelet ialah 1350 °C. Dengan suhu tersebut, mampu menghasilkan kekuatan pelet yang optimal^(1,4,6).

3.4.2 Analisis Porositas, Densitas Curah dan Indeks Pemuai

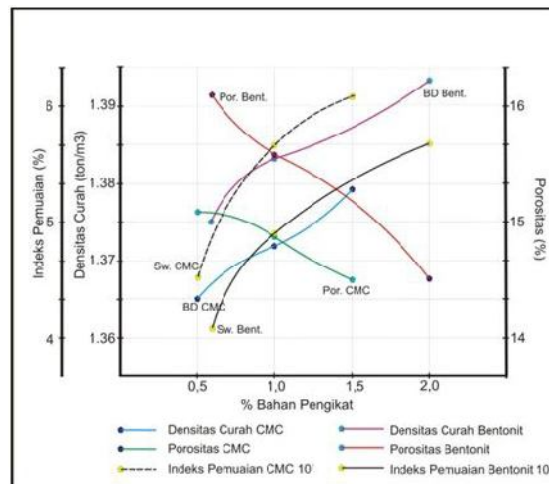
Grafik hubungan antara porositas, densitas curah dan indeks pemuai tercantum pada Gambar 3.6.

Pada Gambar 3.6 dapat dilihat bahwa terdapat korelasi antara indeks pemuai, densitas curah dan porositas. Seiring dengan bertambahnya bahan pengikat, indeks pemuai dan densitas curah bertambah, sedangkan porositas berkurang. Pembakaran pada pelet mengakibatkan penambahan volume sehingga densitas curah bertambah, sedangkan porositasnya berkurang akibat pemuai partikel-partikel pada pelet.

Grafik pada Gambar 3.6 menunjukkan bahwa porositas yang terbentuk pada pelet yang dibuat masih belum mencapai

nilai yang diharapkan oleh industri yaitu 25 – 30%. Porositas yang berhasil terbentuk hanya mencapai nilai berkisar 16,8 hingga 17,8%. Angka porositas yang masih rendah ini kemungkinan diakibatkan oleh belum optimalnya distribusi partikel hasil penggerusan. Rongga-rongga antar butir pada pelet banyak yang terisi oleh partikel-partikel halus. Porositas pelet yang dihasilkan dari penggumpalan pada proses peletasi dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel pasir besi, tekanan yang dihasilkan dari proses agglomerasi, serta waktu penekanan tersebut⁽¹⁾.

Besarnya tekanan pada pembuatan inti pelet karena besarnya berat inti yang menekan cawan dan inti lainnya saat pembolaan juga merupakan faktor dari rendahnya porositas. Ini mengakibatkan gaya tekan pelet ke permukaan cawan besar. Tekanan akan besar jika pelet yang terbentuk di dalam cawan juga besar. Nilai porositas juga dipengaruhi oleh proses pembakaran. Pemuaihan dan pembentukan leher antar partikel mengakibatkan porositas mengecil.



Gambar 3.6

Grafik Hubungan antara Indeks Pemuaihan 10', Densitas Curah dan Porositas Pelet Bakar

Salah satu upaya untuk meningkatkan porositas ialah dengan mencampurkan batubara pada tahap pencampuran⁽¹⁾. Selain itu, mengurangi sudut kemiringan cawan juga akan

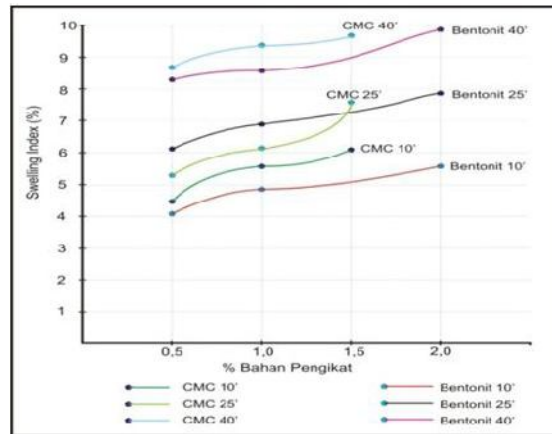
menyebabkan berkurangnya tekanan pelet sehingga kepadatan pelet berkurang. Dengan begitu, angka porositas pada pelet akan bertambah. Namun yang perlu diperhatikan bahwa cara ini akan mengurangi sifat mekanis pelet.

Pelet yang dibuat akan memiliki nilai densitas curah (bulk density) tertentu. Angka densitas curah suatu pelet berkaitan erat dengan porositas yang terbentuk. Rendahnya nilai porositas akan meningkatkan nilai densitas curah pelet. Hal ini berarti bahwa porositas dan densitas curah saling berbanding terbalik. Angka densitas curah yang diperoleh dari hasil percobaan sebesar kurang lebih $1,3 \text{ ton/m}^3$ masih lebih rendah dari standar industri sebesar $2,1 \text{ ton/m}^3$. Dengan angka densitas curah seperti demikian akan menambah energi yang diperlukan yang berdampak pada membengkaknya biaya produksi. Namun sebaliknya, densitas curah yang terlampaui besar akan berakibat hancurnya pelet yang berada di posisi paling bawah tungku tanur.

Mekanisme penguatan dan pemadatan pada saat penggumpalan serta proses pembakaran mengakibatkan densitas curah pelet besar. Densitas curah ini perlu diperhatikan karena kaitannya dengan ketahanan pelet pada saat reduksi.

Alat pembakaran dan reduksi pelet memiliki kapasitas tertentu, sedangkan pelet memiliki indeks pemuai (*swelling index*) tertentu pula⁽¹⁾. Semakin besar pemuai pelet yang terbentuk akan mengakibatkan menurunnya kuantitas pelet yang dapat direduksi atau dibakar. Hal ini akan berdampak pada energi dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses tersebut. Indeks pemuai yang diharapkan ialah tidak lebih dari 20%⁽¹⁸⁾.

Grafik pada Gambar 3.7 menunjukkan bahwa pelet berbahan pengikat CMC memiliki indeks pemuai yang lebih tinggi yaitu hingga 9,73% dibandingkan dengan pelet berbahan pengikat yang hanya mencapai 7,62%. Hal tersebut dikarenakan CMC sangat peka terhadap perlakuan panas. Hal ini menjadi salah satu faktor penyebab penggunaan CMC baik sebagai bahan pengikat maupun sebagai bahan tambahan pada pembuatan pelet tidak bisa terlalu banyak. Pada penelitian sebelumnya dengan kadar bahan pengikat bentonit dan suhu serta lama pembakaran yang sama, menghasilkan indeks pemuai yang tidak jauh berbeda dengan hasil percobaan ini⁽⁷⁾. Selain itu, dihasilkan pula data bahwa pemuai maksimal terjadi pada pembakaran selama 60 – 75 menit, dan setelah itu akan menurun kembali⁽⁴⁾.



Gambar 3.7
Grafik Indeks Pemuai Pelet Bakar pada Suhu Pembakaran 1000°C

IV. KESIMPULAN

Dari percobaan yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa baik pelet basah maupun pelet kering dengan bahan pengikat CMC memiliki kuat tekan dan kuat jatuh yang lebih baik daripada pelet dengan bahan pengikat bentonit, dimana kenaikan kekuatan mekanis pelet basah dan pelet kering tersebut cenderung signifikan seiring penambahan jumlah penggunaan bahan pengikat. Sedangkan kenaikan kuat tekan dan kuat jatuh pelet dengan bahan pengikat bentonit cenderung landai pada setiap penambahan jumlah penggunaannya. Kadar air pelet basah pada kedua jenis pelet semakin meningkat seiring penambahan jumlah penggunaan bahan pengikat dan karenanya menghasilkan kenaikan kekuatan mekanis pelet.

Kekuatan pelet bakar kedua variasi pelet masih di bawah kekuatan yang diharapkan. Namun hasil percobaan menunjukkan bahwa pelet bakar dengan bahan pengikat bentonit memiliki kekuatan mekanis yang lebih baik dengan kuat tekan hingga 176,9 kg/pelet dan kuat jatuh hingga 71,6 kali. Hasil uji sifat fisik pelet bakar seperti porositas, densitas curah dan indeks pemuai pada kedua variasi pelet tidak menunjukkan perbedaan yang mencolok. Sebesar 14,527 – 16,102 % untuk porositas, densitas curah 1,365 – 1,393 ton/m³ dan 4,12 – 9,38 % untuk indeks pemuai.

Daftar Pustaka

- Meyer, Kurt. 1980 . *Pelletizing of Iron Ores*. Springle Verleg: Berlin-New York
- Kasoep, Johannes.1964. *Kemungkinan Pelletizing Pasir Besi Tcilatcap*. PPTM : Bandung
- Valentino, Donny. 2005 . Skripsi : *Proses Peletasi Debu Pelet PT. Krakatau Steel Untuk Bahan Baku Pembuatan Baja*. Universitas Indonesia, Fakultas Teknik Metalurgi : Depok
- Tim Kerja Pembuatan Pelet. 1984. *Penelitian Pembuatan Pellet Dari Konsentrat Pasir Besi Yogyakarta Untuk Bahan Baku Pellet PT. Krakatau Steel Cilegon*. PPTM : Bandung
- Habashi, Fathi. 1997. *Hanbook of Extractive Metalrgy Volume 1*. Wiley-Vach: Newyork, Toronto, Brisbane
- Schey, A. John. *Proses Manufaktur, Introduction to Manufacturing Process, 3rd Edition*. ANDI : Yogyakarta
- Randa,M.1994.*Ilmu Metalurgi Serbuk*. Edisi ke-2. New Jersey: USA
- Zhu, Deqing, dkk. 2008. *Mechano-chemical Activation of Magnetite Concenrate for Improving it's Pelletability by High Pressure Roll Grinding*. Departement of Iron and Steel Central South University : China
- Gupta, R. C, dkk. 2003. *The Effect of Additives and Reductants on the Strength of Reduced Iron Ore Pellet*. Baranas Hindu University : India