BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Sebelumnya

Jamali (2007) meneliti tentang Pemanfaatan Bijih Besi Lokal Sebagai Bahan Baku Industri Besi Baja Nasional. Pada penelitian ini, kapasitas *pellet*izer untuk pembuatan *pellet* pasir besi akan turun sampa 50-40% jika dibandingkan dengan kapasitas pembuatan *pellet* tanpa karbon. *Pellet* komposit pasir besi yang mengandung batubara 20% telah berhasil dibuat, dan tidak pecah ketika direduksi ditungku tegak berdiameter 500mm dan tinggi 2500mm.

Pramusanto (2010) meneliti tentang Perbandingan Antara Penambahan Bentonit dan Penambahan CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) Terhadap Hasil Proses Peletasi Pasir Besi. Pada penelitian ini, Pramusanto membandingkan sifat pellet hari dari proses peletasi dengan penggunaan bahan pengikat bentonit sebesar 0.6%, 1& dan 2% dimana pasir besi yang digunakan berasal dari Kutoarjo. Dalam penelitian ini sifat yang dibandingkan adalah sifat mekanis seperti kuat tekan, kuat jatuh dan juga sifat fisik seperti porositas, densitas curah dan indeks pemuaian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada pelet basah sifat mekanis nya lebih baik pada pellet yang menggunakan bahan pengikat CMC. Pada pellet basah yang memiliki bahan pengikat CMC memiliki kekuatan tekan dan kuat jatuh 3,104 kg/pellet dan 40,5 kali pada tinggi 40cm. Pada pellet basah yang tidak memiliki kandungan ahan pengikat CM memiliki kekuatan tekan dan kuat jatuh sebesar 2,373 kg/pellet dan 6,1 kali pada tinggi 40cm. pada pellet kering, kuat jatuh dan kuat tekan kenaikan nya tidak signifikan.

2.2 Pelet Pasir Besi

2.2.1 Definisi Pelet Pasir Besi

Pelet pasir besi adalah bahan dasar dari pembuatan besi *sponge*. Pelet pasir besi ini terdiri dari bahan utama dan bahan pengikat. Bahan utama terdiri dari pasir besi, batu bara (reduktor), kapur (pemisah kotoran). Bahan pengikatnya adalah bentonit. Karakteristik briket besi sebagai bahan baku peleburan besi yang baik dan memenuhi syarat seperti kekuatan mekanis ataupun sifat lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar besi dari bijih besi itu sendiri. Selain dari kadar besi

yang tinggi kekuatan dari pellet yang akan dihasilkan juga dipengaruhi oleh pemilihan zat aditif yaitu bahan pengikat briket. Hal itu sangat mempengaruhi sifat mekanis ataupun sifat fisiknya antara lain porositas, densitas curah, pemuaian dan lain – lain. Penambahan kadar bahan pengikat perlu diperhatikan agar dapat menambah kualitas dari pellet tersebut.

Gambar 2.1 Pelet Pasir Besi
Sumber : Laboratorium Alpha Beta Gamma

2.2.2 Pasir Besi

Pasir besi merupakan bahan baku pembuatan besi yang dapat berupa senyawa oksida, karbonat, dan sulfida serta tercampur dengan unsur lain misalnya silikon. Bijih besi adalah bahan baku untuk pembuatan besi cor (*cast iron*), besi tempa (*wrought iron*), dan baja (*steel*). Ketiga macam bahan itu banyak dipakai dalam bidang teknik

Pembuatan besi mentah yang berbahan dasar bijh besi harus memiliki persentase unsur besi yang tinggi. Besinya dipakai adalah besi oksida yaitu Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 atau besi karbonat yaitu $FeCO_2$ yang dinamakan batu besi spat. Proses pembuatan besi mentah pada dapur tinggi dilakukan dengan cara mereduksi bijih besi menggunakan batubara, bahan tambahan, dan udara panas. Tambang besi mendatangkan bijih besi dalam bongkahan yang ukuran dan kualitas yang berbeda-beda. Bongkahan bijih besi tersebut harus dipecah menjadi butiran yang sama besar yaitu maksimal 60mm, kemudian dimasukan kedalam pemecah bijih melalui kisi-kisi goyang supaya hasilnya merata. Dalam proses tersebut dilakukan juga pemisahan antara batu-batu yang tercampur dengan bijih besi. Bijih besi kemudian dimasukan ke dalam instalasi penyaring untuk disortir menurut besarnya, dan selanjutnya dimasukan ke dalam instalasi penyucian.

Gambar 2.2 Pasir Besi

Sumber : Laboratorium Alpha Beta Gamma

Secara umum pasir besi terdiri dari mineral yang bercampur dengan butiran-butiran dari mineral non logam seperti :

1. Vanadium (V)

   Vanadium adalah logam yang biasa digunakan dalam memproduksi logam tahan karat dan peralatan yang digunakan dalam kecepatan tinggi. Vanadium karbida sangat penting dalam pembuatan baja.Pasir besi dengan kandungan Vanadium tinggi ini banyak terdapat di daerah Cikawungading-Indonesia.

2. Nikel (Ni)

   Nikel merupakan logam keras, ulet, dan berwarna putih keperakan. Nikel biasa digunakan sebagai bahan pembuat logam paduan. Logam paduan nikel memiliki karakteristik kuat, tahan panas, serta tahan karat. Sebagian besar penggunaan nikel sebagai bahan pembuat *stainless steel*.Pasir besi dengan kandungan Nikel tinggi ini banyak terdapat di Pantai Cilacap-Indonesia.

3. Cobalt (Co)

   Cobalt biasa digunakan dalam berbagai paduan logam, pada media perekaman magnetik, sebagai katalis untuk minyak bumi dan industri kimia, serta sebagai pengering untuk cat dan tinta.

4. Kuarsa

   Kuarsa (*silicon dioxide* atau SiO_2) adalah batu kristal mineral yang paling banyak dan paling umum di temukan di kerak kontinen bumi (mencakup 12% dari keseluruhan). Bentuk umum kuarsa adalah prisma segienam yang memiliki ujung piramida segienam.

5. Kalsit

   Kalsit adalah sebuah mineral karbonat dan polimorf karbonat kalsium ($CaCO_3$) memiliki beberapa kegunaan diantaranya sebagai pemupukan tanah dan material konstruksi.

6. Feldspar

   Feldspar adalah kelompok mineral tektosilikat pembentuk batu yang membentuk 60% kerak bumi.

2.2.3 Batu Bara

Proses perubahan secara kimia dan fisika pada fosil tumbuh-tumbuhan menghasilkan campuran zat-zat yang kompleks selama bertahun-tahun didalam bumi menghasilkan batubara. Batubara mengalami penguraian yang terjadi dalam kondisi tidak ada udara, berair dan temperature yang tinggi mengakibatkan perubahan tekanan dan aksi-aksi geologis yang disebut juga kondisi *anaerobic* yaitu selulosa dari tumbuhan yang mengalami penguraian oleh bakteri. Dalam proses penguraian unsur hidrogen dan unsur oksigen akan dilepaskan secara perlahan-lahan sehingga kandungan hidrogen dan oksigen akan semakin kecil seiring dengan umur dari batubara. Menurunnya kandungan oksigen dan hidrogen memberikan dampak positif karena akan meningkatkan kandungan karbon sehingga nilai kalori dari batubara akan semakin meningkat [Wakelin., 1999].

Pada tahun 1909 White memperkenalkan jenis-jenis batubara yang diadopsi oleh Thiessen pada tahun 1931 yang memiliki pembagian jenis-jenis batubara sebagai berikut : [Suyadi, 1995]

Gambar 2.3 Batu bara

Sumber : Laboratorium Alpha Beta Gamma

A. *Anthracite*.

Nilai kalori tertinggi pada batubara dimiliki oleh batubara jenis *anthracite* yaitu diatas 7500 kkal/kg dengan kadar zat terbang kurang dari 5% dan kereaktifan yang rendah.

B. *Bituminous*.

Nilai kalori kedua tertinggi dengan nilai 6000-7500 kkal/kg dimiliki batubara jenis *bituminous* yang dapat dibagi menjadi 3 berdasarkan kadar zat terbang yaitu rendah, sedang, dan tinggi. *Bituminous* memiliki sifat pembentukan kokas yang baik bila dikarbonisasi menjadi plastis dan penggumpalan partikel-partikel *inert*. Pada proses pembuatan briket atau pelet batubara jenis bituminous juga dapat digunakan sebagai bahan pengikat.

C. Sub *Bituminous*.

Pada nilai kalori tertinggi ketiga dimiliki batubara jenis sub *bituminous* dengan nilai 5000-6000 kkal/kg yang sifatnya tidak mengembang dan mudah

hancur terpengaruh cuaca. Batubara jenis ini harus melalui tahapan karbonisasi sebelum dibriket agar menjadi bahan bakar ideal yang memilik daya panas atau radiasi yang bisa digunakan dalam industri-industri kecil atau keperluan rumah tangga. Sub *bituminous* memiliki karakteristik dengan kadar air 15-30 % dan 26% dari cadangan batubara di Indonesia.

D. *Lignite*.

Pada nilai kalori paling rendah dimiliki oleh batubara jenis *lignite* dengan nilai kalori 4000-5000 kkal/kg yang berkarakteristik memiliki kadar air tinggi yaitu 30-40 %. *Lignite* sangat mudah hancur dan sangat reaktif maka perlu dilakukan proses peningkatan mutu dengan cara karbonisasi untuk menghilangkan sifat-sifat tersebut. Batubara jenis ini dapat dipakai untuk keperluan rumah tangga, pengecoran, dan bahan bakar industri.

Dalam penggunaannya batubara jenis *lignite* pada umumnya digunakan pada pembangkit tenaga listrik dan industri gas. Penggunaan *anthracite* biasanya digunakan sebagai *carburizing* dan *deoxidizing agent* karena harganya mahal. Selain itu jenis *bituminous* adalah jenis yang paling sering digunakan karena batubara tersebut merupakan bahan baku utama pada pembuatan kokas metalurgi.

Adapun syarat batubara sebagai reduktor berdasarkan *proximate analysis* adalah sebagai berikut [Patnaik, 2000]:

1. Kadar *fixed* carbon berkisar antara 30-50%.
2. Mempunyai kadar*volatile matter* 26 - 32%.
3. Kadar abu kurang dari 20%.
4. *Moisture* berkisar antara 3-20%.

Sifat yang mempengaruhi pembakaran batubara:

1. Kadar abu : semakin besar kadar abu maka ukuran *furnace* juga perlu diperbesar.
2. Zat terbang : semakin tinggi zat terbang maka batubara akan lebih mudah terbakar sehingga akan berpengaruh pada lama penyalaan dan waktu pembakaran didalam *furnace*. Zat terbang menentukan besarnya reaktifitas batubara.

3. Nilai kalor : semakin besar nilai kalor menentukan berapa jumlah batubara yang akan digunakan dalam suatu pembakaran karena nilai kalor mempengaruhi jumlah produksi uap.

Kekerasan atau kemudahan untuk digerus: ditentukan oleh *hard grove, grindability,* yang berpengaruh terhadap penentuan atau pemilihan alat penggiling.

Fungsi dari batubara kokas tersebut adalah sebagai pereduktor. Adapun jenis-jenis kokas seperti [Harry Marsh, 1989]:

1. *Green Coke*
2. *Calcined Coke*
3. *Petroleum Coke*
4. *Coal Derived Pitch Coke*
5. *Metallurgical Coke*
6. *Delayed Coke*
7. *Sponge Coke*
8. *Needle Coke*

Pembuatan besi spons biasanya disebut juga dengan istilah reduksi langsung. Besi spons menjadi salah satu bahan baku yang digunakan untuk meningkatkan kualitas baja pada industri pembuatan baja[Ross., 1980]. Proses menghasilkan besi dengan cara mereduksi bijih besi ataupun bentuk senyawa oksida dibawah temperature lebur setiap material disebut juga proses reduksi langsung [Feinman., 1999]. Hasil dari peoses reduksi langsung bisa disebut juga dengan DRI (*Direct Reduction Iron*) yang berupa padatan dan memiliki rongga – rongga seperti porositas maka disebut juga besi spons.

2.2.4 Kapur

Batu kapur digunakan sebagai *fluks* yang mengikat kotoran-kotoran yang terdapat dalam bijih besi. Batu kapur akan bereaksi sebagai pengumpul kotoran dari bijih besi dalam proses peleburan besi yang akan membentur cairan kental yang biasa disebut terak (slag). Pengotor dalam bijih besi sangat beraneka ragam mulai dari yang bersifat basa seperti CaO, MgO, dan

MnO, namun pengotor yang bersifat asam biasanya lebih banyak, sehingga perlu ditambahkan fluks yang bersifat basa, yaitu $CaCO_3$.

Reaksi pembentukan terak yang menghilangkan pengotor berlangsung sebagai berikut :

$CaCO_3(s) \rightarrow CaO\ (s) + CO_2\ (g)$ (800-900˚C)

$CaO(s) + SiO_2(s) \rightarrow CaSiO_3(l)$ (1200˚C)

$3CaO(s)s + P_2O_5(g) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(l)$ (1200˚C)

Gambar 2.4 Kapur
Sumber : Laboratorium Alpha Beta Gamma

2.3 Bahan Pengikat

Bahan pengikat memiliki karakteristik yang berbeda – beda sehingga penggunaan bahan pengikat pada pembuatan pellet yang berbeda juga menghasilkan sifat pellet yang berbeda, oleh karena itu pemilihan jenis dan jumlah bahan pengikat juga harus dipertimbangkan sesuai dengan tujuan penggunaannya. Oleh karena itu harus diketahui sifat pellet yang akan dihasilkan pada jenis dan jumlah penggunaan bahan pengikat yang harus disesuaikan untuk mendapatkan pellet yang diinginkan.

2.3.1 Feses Sapi

Feses sapi mengandung hemisellulosa sebesar 18,6%, sellulosa 25.2%, lignin 20,2%, nitrogen 1,67%, fosfat 1,11% dan kalium sebesar 0,56%. Kandungan lignin yang terdapat pada feses sapi dapat menjadi sebagai pengikat alami. Lignin adalah suatu produk alami yang

dihasilkan oleh semua tumbuhan berkayu. Merupakan komponen kimia dan morfologi ciri dari jaringan tumbuhan tingkat tinggi. Lignin pada dasarnya digunakan sebagai bahan perekat karena struktur kimia lignin hamper sama seperti fenol formaldehida yaitu gugus fenolik yang menyebabkan lignin dapat digunakan dalam pembuatan *pulp sulfat*.

Gambar 2.5 Feses Sapi

Sumber : Laboratorium Alpha Beta Gamma

2.3.2 Tetes Tebu (*Molasses*)

Winoto (2009) menyatakan bahwa, salah satu tanaman yang hanya dapat di tanam di iklim tropis adalah tanaman tebu yang menjadi dasar pembuatan gula. Di Indonesia terdapat perkebunan tebu yang sangat luas yaitu sekitar 232 ribu hektar yang terdiri dari 50% perkebunan milik rakyat, 30% milik swasta, dan 20% milik Negara yang tersebar luas di Medan, Lampung, Semarang, Solo, dan Makassar. Produksi tebu dari perkebunan tersebut pada tahun 2002 mencapai 2 juta ton yang akan di olah menjadi gula di pabrik gula. Pada proses produksi gula, dari 100% tebu yang diolah hanya 5% yang akan menjadi gula dan sisanya merupakan ampas tebu berupa *molasses* dan air.

Pabrik gula memiliki ampas yang disebut juga *molasses* yang memiliki sukrosa sekitar 30% dan glukosa serta fruktosa sekitar 25% yang masih dapat diolah menjadi produk-produk lain seperti penyedap makanan, pakan ternak, alcohol, dll.

Tetes tebu (*molasses*) ini adalah zat cari yang kental seperti sirup yang dihasilkan dari sisa pembuatan gula pasir (pengkristalan gula pasir). *Molasses* ini adalah sisa yang tidak dapat dikristalkan karena komposisi tetes tebu mengandung glukosa dan fruktosa yang sulit untuk dilakukan proses pengkristalan.

Gambar 2.6 Tetes Tebu

Sumber : Laboratorium Alpha Beta Gamma

2.3.3 Bentonit

Salah satu sumber daya mineral yang melimpah di Indonesia adalah bentonit yaitu bahan yang biasanya digunakan sebagai pengikat yang memiliki struktur 3 layer yang tersusun dari 2 layer silika tetrahedral dan satu pusat octahedral. Bentonit yang mengandung silika, aluminium oksida dan hidroksida ini memiliki diameter kurang dari 2mikrometer. Diantara lapisan octahedral dan tetrahedral terdapat kation monovalent maupun bivalent, seperti Na^{+}, Ca^{+} dan Mg^{2+}.

Penyusun terbesar bentonit yaitu montmorilonit yaitu sebesar 85%. Rumus kimia dari bentonit adalah (Mg, Ca) xAl_2O_3. $ySiO_2$. nH_2O dengan nilai n sekitar 8 dan x,y adalah nilai perbandingan antara Al_2O_3 dan SiO_2. Bentonit juga mengandung penyusun lainnya seperti kristobalit, feldspar, kalsit, gypsum, kaolinit, plagioklas, illit.

Bentonit dibagi menjadi 2 berdasarkan daya *Swelling*-nya, yaitu *swelling* bentonit dan *non-swelling* bentonit.

1. *Swelling* Bentonit

   Swelling bentonit merupakan bentonit yang akan mengembang hingga delapan hingga lima belas kali volume awal jika didispersikan dalam air dan akan terdispersi beberapa waktu sehingga susah untuk didismentasi. Bentonit tipe

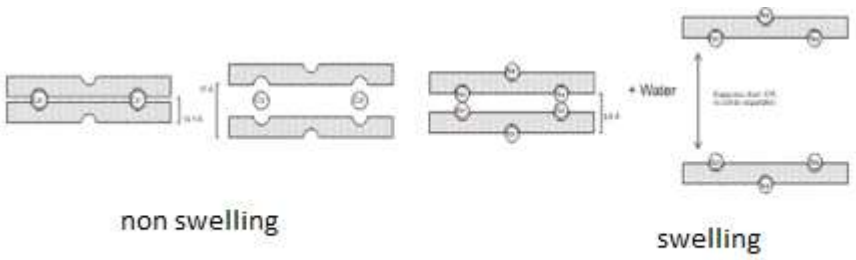
swelling ini biasa disebut juda Na-bentonit dimana kadungan Na^+ dalam bentonit lebih banyak pada kation *interlayer*-nya.

2. *Non-Swelling* Bentonit

Non-swelling bentonit merupakan bentonit yang hampir tidak mengembang pada saat terdispersi dengan air. Daya mengembang yang lebih rendah dari Na-bentonit ini disebabkan posisi pertukaran kation lebih banyak ditempati Ca^{2+}, maka dari itu *non-swelling* bentonit ini biasay disebut juga Ca-bentonit. Ion Ca^{2+} menarik lebih kuat pada lapisan 3 layer yaitu tektahedral-oktahedral-ektahedral dibandingkan ion Na^+ akibat dari muatan yang rendah. Ada tiga faktor yang mengontrol ekspain dari layer tersebut yaitu:

- Sifat kation *interlayer*-nya.
- Kekuatan solvasi (*expanding force*)
- Rapat muatan permukaan pada sisi *interlayer*.

Berikut gambar yang membandingkan *swelling* dan *non-swelling* bentonit.



Gambar 2.7 Swelling dan Non-Swelling Bentonit

Sumber :http://cumanuliss.blogspot.com/2012/09/bentonit.html

2.4 Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan dari suatu bahan atau material dalam menahan beban tekan sampai tidak mengalami deformasi. Beberapa bahan akan patah pada batas tekan, beberapa mengalami deformasi yang tidak dapat dikembalikan. Deformasi tertentu dapat dianggap sebagai batas kekuatan tekan, meski belum patah, terutama pada bahan yang tidak

dapat kembali ke kondisi semula (*irreversible*). Secara matematis dirumuskan sesuai dengan ASTM C39 sebagai berikut :

$$\sigma_c = \frac{P_c}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan : σ_C= besarnya tegangan (N/cm^2)

P_C= besarnya gaya yang bekerja (N)

A = luas penampang (cm^2)

2.5 Tekstur Briket

2.5.1 Titik Lebur

Zat padat mirip dengan zat cair bahwa keduanya adalah kondisi terkondensasi, dengan partikel yang jauh lebih dekat bersama-sama daripada gas. Namun, sementara zat cair adalah dalam bentuk cairan, zat padat tidak. Partikel pada zat padat yang dikemas erat bersama-sama dalam susunan yang teratur. Gerakan atom individual, ion, atau molekul di dalam zat padat dibatasi hanya gerak membentuk getaran sekitar titik tetap. Zat padat hampir sepenuhnya mampat dan merupakan bentuk terpadat dari tiga wujud zat.

Jika suatu zat padat dipanaskan, maka partikel – partikel didalam zat tersebut akan mengalami reaksi dikarenakan zat padat menyerap energy kinetik. Kemudian partikel – partiket yang terdapat pada zat padat akan mulai rusak dan zat padat tersebut mulai mencair. Definisi titik lebur adalah dimana zat padat mengalami perubahan menjadi zat cair setelah mengalami suatu proses. Pada titik lebur, getaran – getaran pada partikel zat padat dapat mengatasi kekuatan gaya tarik menarik yang berlangsung pada zat padat.

Titik leleh yang solid adalah sama dengan titik beku cairan. Pada suhu itu, padat dan cair bahan berada dalam kesetimbangan. Untuk air, keseimbangan ini terjadi pada 0°C.

$$H_2O_{(s)} \leftrightarrows H_2O_{(l)}$$

Semua zat memiliki titik lebur yang berbeda-beda, zat gas dapat menjadi gas padat pada temperature yang sangat rendah begitu juga zat cair dapat tidak berubah menjadi gas pada suhu yang tinggi tabel dibawah ini menjelaskan perubahan zat yang dipengaruhi oleh titik lebur zat-zat tersebut

Tabel 2.1 Jenis – jenis Titik Lebur

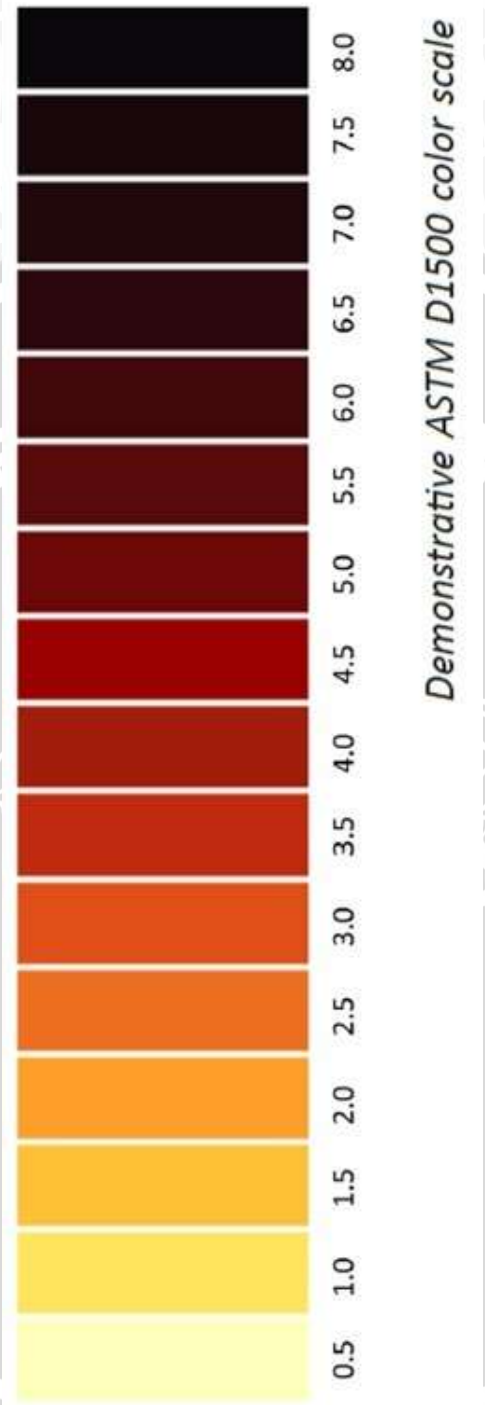
Material	Titik Lebur (˚C)
Hydrogen	-259
Oksigen	-216
Dietil eter	-116
Etanol	-114
Air	0
Perak murni	961
Emas murni	1063
Besi	1538

2.5.2 Standar Pengukuran Warna ASTM D1500

Metode ini digunakan untuk mengukur standar warna hasil olahan mineral bumi seperti pasir besi, batubara, dll. Namun di sisi lain , metode ini biasa digunakan juga untuk mengukur tingkat kecerahan warna Pelet yang juga merupakan salah satu hasil olahan mineral bumi yang berasal dari pasir besi. Pengukuran standar warna dilakukan dengan mencocokan warna dari pelet dengan indeks warna ASTM D1500 . Indeks standar warna ASTM D1500 bisa dilihat pada gambar 2.8.

2.6 Hipotesis

Semakin banyak bahan pengikat dalam pembuatan pelet maka kekuatan tekan akan semakin meningkat dan jika penggunaan batu bara semakin tinggi maka nilai titik lebur semakin rendah dan tekstur pelet akan semakin tinggi.



Gambar 2.8 Standar warna ASTM D1500

Sumber :ASTM International series D1500