

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kulit Padi

Kulit padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20 – 30%.

Komposisi kimia kulit padi menurut Suharno (1979) :

- a. Kadar air : 9,02%
- b. Protein kasar : 3,03%
- c. Lemak : 1,18%
- d. Serat kasar : 35,68%
- e. Abu : 17,17%
- f. Karbohidrat dasar : 33,71

Komposisi kimia kulit padi menurut DTC - IPB :

- a. Karbon (zat arang) : 1,33%
- b. Hidrogen : 1,54%
- c. Oksigen : 33,64%
- d. Silika : 16,98%



Gambar 2.1 Kulit padi

2.2 Batako

Batako merupakan bahan bangunan yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata yang tersusun dari komposisi antara pasir, semen Portland dan air dengan perbandingan 1 semen : 5 pasir. batako mempunyai kelebihan dibanding bahan bangunan lain antara lain sebagai berikut :

1. **Praktis:** mudah pemasangannya dan sangat cepat. Perbandingan dengan bata merah 1:4. Batako padat memiliki 2 ukuran yaitu "satuan utuh" dan "tengahan". Dengan adanya ukuran menengah tersebut, pekerja/tukang tidak perlu memotong batako satuan sendiri. Selain memakan waktu kerja, juga dapat mempengaruhi kerapihan bangunan nantinya. Batako juga memiliki 2 jenis, khusus untuk pondasi (merah) dan khusus untuk dinding (kuning).
2. **Cepat:** karena mudah pemasangannya, otomatis cepat waktu dalam pengerjaannya. Penghematan waktu artinya penghematan biaya untuk ongkos tukang. Dengan batako tersebut bangunan dapat langsung diaci,

tanpa pemlesteran terlebih dahulu. Sehingga kita tidak perlu kehilangan pasir dan semen lebih banyak. Dapat dibayangkan berapa banyak penghematan yang bisa kita lakukan. Kita sudah mendapatkan suatu bangunan dengan kualitas yang dapat dipertanggungjawabkan.

3. Kuat: adukan dengan komposisi yang tepat dengan bahan yang baik, menjadi jaminan kualitas. Bahan: pasir putih, semen dan puing ditambah pengeras, semua dengan variasi dan komposisi yang tepat. Komposisi penggunaan semen pada batako padat merah (khusus pondasi) tidak sama dengan batako padat kuning (khusus dinding), karena kita sesuaikan dengan fungsinya. Kekuatan batako juga disebabkan oleh bentuknya, yang dicetak sedemikian rupa sehingga memiliki daya ikat yang sangat kuat satu dengan yang lainnya. Batako memiliki cekungan disekelilingnya, yang menghasilkan ikatan/cengkeram sangat kuat.
4. Ekonomis: menyangkut harga dibandingkan dengan kualitas bangunan. Dinding 1 m x 1 m menggunakan 19 batako, tanpa kita harus kehilangan biaya lebih utk membeli pasir, semen dan ongkos tukang lebih banyak, 1 m³ dapat digunakan untuk membangun dinding menjadi 11 m². Penggunaan adukan dapat lebih hemat, tanpa ada adukan yang harus banyak terbuang karena jatuh ke tanah (pemlesteran). Karena bentuk dan ukuran tetap, perkiraan jumlah penggunaan batako dapat lebih mudah diprediksi/perkirakan. Sehingga resiko kelebihan pembelian batako dapat ditekan.
5. Murah : selain penghematan penggunaan bahan (pasir dan semen), waktu dan ongkos tukang.

6. Salah satu keunggulan batako adalah berat jenisnya yang ringan dengan kekuatan material yang memadai. Perbandingan berat jenis beberapa jenis material disajikan per 1 tabel. Selain itu bahan ini memiliki bahan konduktivitas panas yang cukup rendah sehingga bisa digunakan sebagai bahan isolator panas.

“Batako adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam kondisi lembab”. Menurut SNI 03-0349-1989, “Conblock (concrete block) atau batu cetak beton adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau pozolan, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (additive), dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding”.

Jenis dan Ukuran Batako Ukuran dan jenis batako/bata cetak bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan. Ukuran batako yang standar adalah sebagai berikut Supribadi (1986: 58):

- a) Type A Ukuran 20 x 20 x 40 cm³ berlobang untuk tembok/dinding pemikul beban dengan tebal 20 cm.
- b) Type B Ukuran 20 x 20 x 40 cm³ berlobang untuk tembok/dinding tebal 20 cm sebagai penutup atap pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.
- c) Type C Ukuran 10 x 20 x 40 cm³ berlobang, digunakan sebagai dinding pengisi dengan tebal 20 cm.
- d) Type D Ukuran 10 x 20 x 40 cm³ berlobang, digunakan sebagai dinding pengisi/pemisah dengan tebal 20 cm.

- e) Type E Ukuran 10 x 20 x 40 cm³ tidak berlobang untuk tembok-tembok setebal 10 cm, juga dipergunakan sebagai dinding pengisi atau pemikul sebagai hubungan sudut-sudut dan pertemuan.
- f) Type F Ukuran 8 x 20 x 40 cm³ tidak berlobang, digunakan sebagai dinding pengisi dengan tebal 20 cm.

Batako terdiri dari dua jenis, yaitu batako jenis berlobang (*hallow*) dan batako yang padat (*solid*). Dari hasil pengetasan terlihat bahwa batako yang jenis solid lebih padat dan mempunyai kekuatan yang lebih baik. Batako berlobang mempunyai luas penampang lubang dan isi lubang masing-masing tidak melebihi 5 % dari seluruh luas permukaannya. Berdasarkan bahan pembuatannya batako dapat dikelompokkan ke dalam 3 jenis, yaitu :

1. Batako putih (*tras*) Batako putih dibuat dari campuran tras, batu kapur, dan air. Campuran tersebut dicetak. Tras merupakan jenis tanah berwarna putih/putih kecoklatan yang berasal dari pelapukan batu-batu gunung berapi., warnanya ada yang putih dan ada juga yang putih kecoklatan. Umumnya memiliki ukuran panjang 25-30-cm, tebal 8-10 cm, dan tinggi 14-18 cm.



Gambar 2.2 batako putih(tras)

2. Batako semen/ batako pres

Batako pres dibuat dari campuran semen dan pasir atau abu batu. Ada yang dibuat secara manual (menggunakan tangan), ada juga yang menggunakan mesin. Perbedaannya dapat dilihat pada kepadatan permukaan batakonya. Umumnya memiliki ukuran panjang 36-40 cm, tebal 8-10 cm, dan tinggi 18-20 cm.



Gambar 2.3 batako semen/pres

3. Bata ringan

Bata ringan dibuat dari bahan baku pasir kuarsa, kapur, semen, dan bahan lain yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Berat jenis sebesar 1850 kg/m³ dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan yang sebenarnya, meskipun nilai ini kadang-kadang melebihi. (Murdock, L., 1991). Dimensinya yang lebih besar dari bata konvensional yaitu 60cm x 20cm dengan ketebalan 7 hingga 10 cm menjadikan pekerjaan dinding lebih cepat selesai dibandingkan bata konvensional. (Susanta, G., 2007) Batako diklasifikasikan menjadi dua golongan yaitu batako normal dan batako ringan. Batako normal tergolong batako yang memiliki densitas sekitar 2200-2400 kg/m³ dan kekuatannya tergantung komposisi campuran beton (*mix design*). Sedangkan untuk beton ringan adalah suatu batako yang memiliki densitas < 1800 kg/m³, begitu juga kekuatannya biasanya disesuaikan pada penggunaan dan pencampuran bahan bakunya (*mix design*). Jenis batako ringan ada dua golongan yaitu : batako ringan berpori (*aerated concrete*) dan batako ringan non aerated. (Wisnu wijanarko. 2008) Batako ringan berpori adalah beton yang dibuat sehingga strukturnya banyak terdapat pori-pori, beton semacam ini diproduksi dengan bahan batu dari campuran semen, pasir, *gypsum*, CaCO₃ dan katalis aluminium. Dengan adanya katalis Al selama menjadi reaksi hidrasi semen akan menimbulkan panas sehingga timbul gelembung-gelembung yang menghasilkan gas yang menghasilkan pori-pori yang membuat batako semakin ringan. Berbeda dengan batako *non aerated*, pada beton ini akan menjadi ringan dalam pembuatannya

ditambahkan agregat ringan. Banyak kemungkinan agregat ringan yang digunakan antara lain batu apung (*pumice*), perlit, serat sintesis, slag baja dan lain-lain. Pembuatan batako ringan berpori tentunya jauh lebih mahal karena menggunakan bahan-bahan kimia tambahan dan mekanisme pengontrolan reaksi cukup sulit.

2.3 Syarat Fisis

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 bahwa syarat fisis batako terlihat pada tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1. Persyaratan Fisis Batako Menurut SNI 03-0349-1989

No	Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata							
			Bata pejal				Bata berlubang			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV
A	Kuat tekan rata-rata minimum	kg/cm ²	100	79	40	25	70	50	35	20
B	Kuat tekan bruto1 benda uji minimum	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
C	Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

2.4 Karakteristik Batako Ringan

Batako sekam padi termasuk dalam batako ringan, sering disebut juga sebagai batako berpori yang dibuat berdasarkan campuran antara semen, pasir dan kulit padi. Campuran batako dicetak dan dikeringkan secara alami, dengan waktu pengeringan 28 hari. Karakteristik campuran batako yang diuji meliputi : kuat tekan, densitas dan penyerapan air.

2.5 Bahan Penyusun Batako

2.5.1 Semen

Semen merupakan bahan campuran secara kimiawi aktif setelah berhubunga dengan air. Agregt tidak memainkan peranan dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang di hasilkan.



Gambar 2.4 Semen

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60%-75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing penyusun tersebut perlu di pelajari.

Sejarah semen mulai di tinggalkan orang seiring dengan mundurnya kerajaan romawi. Baru sekitar 1970, J. Smeaton dari Inggris menemukan bahwa kapur yang mengandung lempung dan di bakar akan mengeras di dalam air. Bahan ini mirip dengan semen yang di buat oleh bangsa romawi. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat di bedakan menjadi 2 kelompok yaitu: 1) semen non hidrolis dan 2) semen hidrolis.

Semen non hidrolis tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara, contoh utama dari semen non hidrolis adalah kapur. Kapur di hasilkan oleh proses kimiawi dan mekanisme di alam. Kapur telah digunakan selama berabad-abad lamanya sebagai bahan adukan dan

plesteran untuk bangunan. Hal tersebut terlihat pada piramida-piramida di Mesir yang dibangun 4500 sebelum Masehi. Kapur digunakan sebagai bahan pengikat selama zaman Romawi dan Yunani. Orang-orang Romawi menggunakan beton untuk membangun Koloseum dan Parthenon, dengan cara mencangkul kapur dengan abu gunung yang mereka peroleh di dekat Pozzuoli, Italia dan mereka namakan pozzolan.

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozzolan, semen portland reaktif, semen alumina dan semen ekspansif. Contoh lainnya adalah semen portland putih, semen warna dan semen-semen untuk keperluan khusus. Dalam penelitian ini jenis semen yang saya gunakan adalah semen portland.

Semen pozzolan merupakan suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral lain menjadi suatu massa yang padat. Definisi ini dapat diterapkan untuk banyak jenis bahan semen yang biasa digunakan untuk konstruksi beton untuk bangunan. Secara kimiawi semen dicampur dengan air untuk membentuk massa yang mengeras, semen semacam ini disebut semen hidrolik atau sering juga semen portland.

Menurut Mulyono, Tri (2004) Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan

menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*). Semen *Portland* dapat dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips dalam jumlah yang sesuai.

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Semen *Portland* terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksidasi besi. Oksida-oksida tersebut saling berinteraksi sehingga terbentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan. Pada tabel 2.1, ditunjukkan komposisi kimia komponen yang ada di dalam semen Portland.

Tabel 2.2 Komposisi Semen Portland

Oksida	Persen (%)
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO ₂	17-25
Alumina, Al ₂ O ₃	3-8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5-6
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, SO ₃	1-2
Soda/potash, Na ₂ O+K ₂ O	0,5-1

Masa jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3,15 gr/cm³, pada kenyataannya masa jenis semen yang diproduksi berkisar 3,03 gr/cm³ sampai

3,25 gr/cm³. Variasi ini akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran beton. Pengujian masa jenis ini dapat dilakukan dengan menggunakan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C 348-97.

Semen portland pozzolan adalah suatu bahan pengikat hidrolis yang dibuat dengan menggiling bersama-sama klinker semen Portland dan bahan yang mempunyai sifat pozzolan, atau mencampur secara merata bahan bubuk yang mempunyai sifat pozzolan (SNI 15-0302-1989). Selama penggilingan atau pencampuran dapat ditambahkan bahan-bahan lain selama tidak mengakibatkan penurunan mutu.

Syarat dan karakteristik kimia semen portland ada 2 yaitu a) senyawa kimiawi dan b) sifat kimia yaitu:

a. Senyawa kimiawi

Secara garis besar, ada 4 senyawa kimiawi utama yang menyusun semen portland yaitu, 1. Trikalsium silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), 2. Dikalsium Silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), 3. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), 3. Tertrakalsium aluminiferit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{FeO}_3$). senyawa tersebut menjadi kristal yang saling mengikat mengunci ketika menjadi klinker. Persejawaan ini dinamakan proses hidrasi, dan hasilnya dinamakan hidrasi semen.

Peraturan beton 1989 (SKBI.1.4.53.1989) 5 jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu :

1. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi
4. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat

b. Sifat Kimia

Sifat kimia semen meliputi keseragaman semen, sisa yang tak larut dan yang paling utama adalah komposisi sayarat yang diberikan.

Keseragaman Semen

kehilangan berat akibat pembakaran dilakukan pada semen yang bersuhu 900-1000C. kehilangan berat ini terjadi karena kelembaban yang menyebabkan prehidrasi dan karbonisasi dalam bentuk kapur bebas atau magnesium yang menguap.

Sisa Yang Tak Larut

Sisa bahan yang tak habis bereaksi adalah sisa bahan yang tak aktif yang terdapat pada semen. Semakin sedikit sisa bahan ini, semakin baik kualitas semen.

Panas Hidrasi Semen

Seperti yang telah di uraikan, hidrasi terjadi jika semen bersentuhan dengan air. Proses hidrasi dengan arah ke dalam dan keluar. Maksudnya, hasil hidrasi mengedap di bagian luar, semen yang bagian dalamnya belum terhidrasi secara bertahap sehingga volumenya mengecil.

Kekuatan Pasta Semen Dan Faktor Air Semen (FAS)

Banyak air yang dipakai selama proses hidrasi akan mempengaruhi karakteristik kekuatan beton terjadi. Pada dasarnya jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi tersebut adalah sekitar 25% dari berat semen. Jika air yang digunakan kurang dari 25% maka kelecakan atau kemudahan dalam pengerjaan tidak akan tercapai.

Bahan yang mempunyai sifat pozzolan adalah bahan yang mengandung sifat silika aluminium dimana bentuknya halus dengan adanya air, maka senyawa-senyawa ini akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen. Semen Portland Pozzolan dapat digolongkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu sebagai berikut :

- 1 Semen Portland Pozzolan jenis SPP A, yaitu semen portland yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton serta tahan sulfat sedang dan panas hidrasinya sedang.
- 2 Semen Portland Pozzolan jenis SPP B, yaitu semen Portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk semua adukan beton tersebut tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

2.5.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari volume beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton. Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir,

dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.



Gambar 2.5 pasir

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya. Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang

dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*). Pasir umumnya terdapat disungai-sungai yang besar. Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk pasir adalah sebagai berikut:

- a) Butir-butir pasir harus berukuran antara (0,15 mm dan 5 mm).
- b) Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur dengan pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
- c) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
- d) Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasirnya harus dicuci.
- e) Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak, dan sebagainya.

Pasir untuk pembuatan adukan harus memenuhi persyaratan diatas, selain pasir alam (dari sungai atau galian dalam tanah) terdapat pula pasir buatan yang dihasilkan dari batu yang dihaluskan dengan mesin pemecah batu, dari terak dapur tinggi yang dipecah-pecah dengan suatu proses. (Daryanto, 1994)

- a. Pasir Galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

- b. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dalam sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butirnya agak kurang karena butir yang bulat. Karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok juga untuk keperluan yang lain.

c. Pasir Laut

Pasir laut ialah pasir yang di ambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karena itu, sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton.

2. Spesifikasi dari Agregat halus

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah :

a. Susunan Butiran (Gradasi)

b. Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut.

Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka Fine Modulus.

Melalui Fine Modulus ini dapat digolongkan 3 jenis pasir yaitu :

Pasir Kasar : $2.9 < FM < 3.2$

Pasir Sedang : $2.6 < FM < 2.9$

Pasir Halus : $2.2 < FM < 2.6$

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus. Batasan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Batasan Gradasi untuk Agregat Halus

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9.5 mm (3/8 in)	100
4.76 mm (No. 4)	95 – 100
2.36 mm (No.8)	80 – 100
1.19 mm (No.16)	50 – 85
0.595 mm (No.30)	25 – 60
0.300 mm (No.50)	10 – 30
0.150 mm (No.100)	2 – 10

(Sumber : ASTM C 33)

Setelah mengetahui gradasi butiran agregat, sebelum pencampuran agregat harus memenuhi syarat-syarat agar dapat memenuhi ketentuan dalam pencampuran. Adapun syarat-syarat agrgat halus menurut ASTM adalah sebagai berikut :

1. Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5 % (ternadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 5 % maka agragat harus dicuci.
2. Kadar Liat tidak boleh melebihi 1 % (terhadap berat kering)

3. Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari standart percobaan Abrams – Harder.
4. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaihan.
5. Sifat kekal (keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :
 - a) Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %.
 - b) Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15 %.

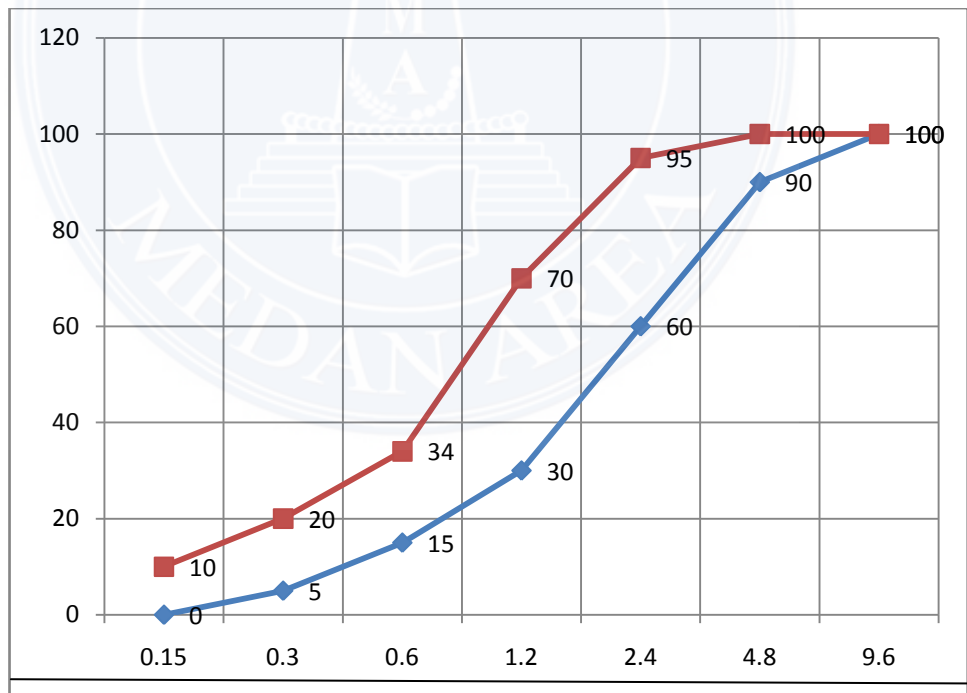
SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat gradasi untuk agregat halus.

Gradasi agregat halus dikelompokkan menjadi 4 daerah gradasi yaitu daerah 1, daerah 2, daerah 3 dan daerah 4. Pada table berikut :

Tabel 2.4 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah I (Pasir Kuarsa)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan
0,15	0 – 10
0,3	5 – 20
0,6	15 – 34
1,2	30 – 70
2,4	60 – 95
4,8	90 – 100
10	100

(Sumber :ASTM)



(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Gambar 2.3 Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Sedang) Daerah II

Tabel 2.5 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah II (Pasir Kuarsa)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan
0,15	0 – 10
0,3	8 – 30
0,6	35 – 59
1,2	55 – 90
2,4	75 – 100
4,8	90 – 100
10	100

(Sumber : ASTM)

Tabel 2.6 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah III (Pasir Kuarsa)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat Ayakan
0,15	0 – 10
0,3	12 – 40
0,6	60 – 79
1,2	75 – 100
2,4	85 – 100
4,8	90 – 100
10	100

Tabel 2.7 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah IV (Pasir Kuarsa)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan
0,15	0 – 10
0,3	15 – 50
0,6	80 – 100
1,2	90 – 100
2,4	95 – 100
4,8	95 – 100
10	100

2. Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia. Serta ketahanan terhadap penyusutan.

Jenis agregat kasar secara umum adalah sebagai berikut :

1. Batu pecah alami : Bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung merapi.
2. Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.

3. Agregat kasar buatan : terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya hasil dari proses lain seperti dari blast -furnace dan lain-lain.

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Agregat kasar yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton.
2. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
3. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci.
4. Kekerasan butiran agregat diperiksa dengan bejana Rudellof dengan beban penguji 20 ton dimana harus dipenuhi syarat berikut:
Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 - 19,1 mm lebih dari 24% berat.
Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
5. Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin Los Angeles dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.

6. Susunan butiran (gradasi)

Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.8 Susunan Besar Butiran Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
38,10	95 – 100
19,10	35 – 70
9,52	10 – 30
4,75	0 – 5

(Sumber : ASTM)

Agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan mempunyai ukuran butir antara 5 - 40 mm. Besar butir maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian (Popovics, S. 1982). Ketentuan mengenai agregat kasar antara lain, harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori.

1. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang relatif alkali.

3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %. Apabila kadar lumpur melampaui 1 %, maka agregat kasar harus dicuci.

Persyaratan mengenai proporsi gradasi saringan untuk campuran beton berdasarkan standar yang direkomendasikan *ASTM C 33/ 03* “*Standard Specification for Concrete Aggregates*” Dan standar pengujian lainnya mengacu pada standar yang direkomendasikan pada ASTM.

2.5.3 Air

air adalah bahan yang sangat penting dan vital yang berfungsi antara lain :

- a. Pembuatan adukan beton.
- b. Pembuatan adukan untuk spesi.
- c. Perawatan beton dan kegiatan penunjang lainnya.

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimia dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, untuk membasahi agregat dan untuk melumasi butir – butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 25% - 30% dari berat semen, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai lebih dari 0,35. Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air alut maupun air limbah asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan.

Air tawar yang dapat di minum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya mengandung 3.5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam-

garaman dalam air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton prategang ataupun beton bertulang karena resiko terhadap karat lebih besar. Berikut sumber-sumber air yang ada adalah sebagai berikut :

1) Air yang terdapat di udara

Air yang terdapat di udara atau air atmosfer adalah air yang terdapat di awan. Kemurnian air ini sangat tinggi, sayangnya hingga sekarang belum ada teknologi untuk mendapatkan air atmosfer ini secara mudah. Air yang terdapat di atmosfer ini kondisinya sama dengan air suling, sehingga sangat mungkin untuk mendapatkan beton yang baik.

2) Air hujan

Air hujan menyerap gas-gas serta uap dari udara ketika jatuh ke bumi. Udara terdiri dari komponen-komponen utama yaitu zat asam atau oksigen, nitrogen dan karbondioksida. Bahan-bahan padat serta garam yang larut dalam air hujan terbentuk akibat peristiwa kondensasi,

3) Air tanah

Air tanah terutama terdiri dari unsure kation (seperti Ca^{++} , Mg^{+} , Na^{+} , dan K^{+}) dan unsure anion.

4) Air permukaan

Air permukaan dibagi menjadi air sungai, air danau dan situ, air genangan. Erosi yang disebabkan oleh aliran air permukaan, membawa serta bahan-bahan organik dan mineral. Air sungai atau air danau dapat digunakan sebagai bahan campuran beton asal tidak tercemar oleh air buangan

industri. Air rawa-rawa atau air genangan tidak dapat digunakan sebagai bahan campuran beton, kecuali sudah melalui pengujian kelayakan.

5) Air alut

Air laut yang mengandung 30.000 – 36.000 mg per liter (3% - 3.6%) pada umumnya dapat digunakan sebagai campuran untuk beton tidak bertulang, beton prategang dan beton pra-tekan atau dengan kata lain untuk beton-beton mutu tinggi. Air asin yang terdapat di pedalaman mengandung 1000-5000 mg garam per liter. Air dengan kadar garam sedang, mengandung 2000-10.000 mg garam per liter. Air di daerah pantai, memiliki kadar garam sekitar 20.000-30.000 mg per liter.

Air laut tidak boleh digunakan untuk pembuatan beton pra-tegang atau pra-tekan, karena batang-batang baja pra-tekan langsung berhubungan dengan betonnya. Air laut sebaiknya tidak digunakan untuk beton yang ditanami aluminium di dalamnya, beton yang memakai tulangan atau yang mudah mengalami korosi pada tulangannya akibat perubahan panas (temperatur) dan lingkungan yang lembab (ACI 318-89:2-2).

2.6 Proses Pembuatan Batako

Dalam pembuatan batako tidak berlubang perbandingan antara semen dan pasir adalah 1 semen : 5 pasir kemudian diaduk hingga rata dalam keadaan kering. Kemudian diaduk lagi ditambahkan air secukupnya. Untuk mengetahui kadar air dari suatu adukan ialah dengan cara membuat bola-bola dari adukan tersebut dan digenggam-genggam pada telapak tangan. Apabila bola adukan tersebut dijatuhkan dan hanya sedikit berubah bentuknya, berarti kandungan air dalam adukan terlalu banyak. Dan bila dilihat pada telapak tangan tidak berbekas air,

maka kandungan air pada adukan tersebut kurang. Proses pembuatan batako tidak berlubang dapat dilakukan dengan bahan dan peralatan yang sederhana antara lain: pasir, semen, air, pengadukan dan alat cetak.

2.7 Syarat dan Mutu batako

Menurut SNI 03-0348-1989, syarat mutu Bata Beton (Batako) sebagai berikut:

1. Pandangan Luar

Bata Beton pejal harus tidak terdapat retak-retak dan cacat, rusak-rusaknya siku satu terhadap yang lain dan sudut rusuknya tidak boleh mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

2. Dimensi dan Toleransi

Dimensi bata beton pejal ialah seperti tertera pada tabel 2.8 berikut

Tabel 2.9 Dimensi Bata Beton Pejal menurut SNI-03-0348-1989

Bata Beton Pejal	Ukuran Nominal \pm Toleransi *)		
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
Besar	400 ± 3	200 ± 3	100 ± 2
Sedang	300 ± 3	150 ± 3	100 ± 2
Kecil	200 ± 3	100 ± 2	80 ± 2

2.8 Jenis dan Ukuran batako

Ukuran dan jenis batako/bata cetak bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan. Ukuran batako yang standar adalah sebagai berikut Supribadi (1986:58):

(1) Type A

Ukuran 20 x 20 x 40 cm³ berlobang untuk tembok/dinding pemikul beban dengan tebal 20 cm.

(2) Type B

Ukuran 20 x 20 x 40 cm³ berlobang untuk tembok/dinding tebal 20 cm sebagai penutup atap pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.

(3) Type C

Ukuran 10 x 20 x 40 cm³ berlobang, digunakan sebagai dinding pengisi dengan tebal 20 cm.

(4) Type D

Ukuran 10 x 20 x 40 cm³ berlobang, digunakan sebagai dinding pengisi/pemisah dengan tebal 20 cm.

(5) Type E

Ukuran 10 x 20 x 40 cm³ tidak berlobang untuk tembok-tembok setebal 10 cm, juga dipergunakan sebagai dinding pengisi atau pemikul sebagai hubungan sudut-sudut dan pertemuan.

(6) Type F

Ukuran 8 x 20 x 40 cm³ tidak berlobang, digunakan sebagai dinding pengisi dengan tebal 20 cm.

2.9 Karakteristik Bahan

2.9.1 Densitas (*Density*)

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan

total volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda yang bermassa sama yang memiliki densitas yang lebih rendah. Untuk pengukuran densitas batako menggunakan metode Archimedes mengacu pada standard ASTM C 134-95 dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$\rho_{pc} = \frac{m_s}{m_b - (m_g - m_k)} \times \rho_{air}$$

dengan :

ρ_{pc} = densitas (gr/cm³) m_s = massa sampel kering (gr)

m_b = massa sampel setelah direndam (gr)

m_g = massa sampel digantung didalam air (gr)

m_k = massa kawat penggantung (gr) ρ_{air} = densitas air = 1 (gr/cm³)

2.9.2 Daya Serap Air (*Water Absorption*)

Persentase berat air yang mampu diserap agregat di dalam air disebut serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat disebut kadar air. Besar kecilnya penyerapan air sangat dipengaruhi pori atau rongga yang terdapat pada beton. Semakin banyak pori yang terkandung dalam beton maka akan semakin besar pula penyerapan sehingga ketahanannya akan berkurang. Rongga (pori) yang terdapat pada beton terjadi karena kurang tepatnya kualitas dan komposisi material penyusunannya. Pengaruh rasio yang terlalu besar dapat menyebabkan rongga, karena terdapat air yang tidak bereaksi dan kemudian menguap dan meninggalkan rongga. Untuk pengukuran penyerapan air batako

menggunakan mengacu pada SNI 03-0349-1989 dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

Dimana :

A : Massa benda dalam kondisi jenuh (gr)

B : Massa benda kering (gr)

2.9.3 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Kuat tekan suatu bahan merupakan perbandingan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan beban dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut. Untuk pengukuran kuat tekan batako mengacu pada standar ASTM C -133-97 dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_{\text{maks}} = \frac{P}{A}$$

dengan :

P = Kuat Tekan (N/m²) = Gaya Maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (m²)

Fmaks = Gaya maksimum (N)