

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi ditujukan untuk memberikan batasan-batasan sistem yang nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut, dengan mengacu kepada referensi yang digunakan diharapkan pengembangan sistem nanti dapat melahirkan suatu sistem baru yang belum ada pada referensi sebelumnya.

Beton adalah bahan bangunan yang sudah tidak asing lagi dalam kehidupan kita. Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan lapangan kerja. Beton terbentuk dari ikatan material – material penyusunnya, yaitu semen, agregat (kasar dan halus), air, dan dapat ditambah bahan campuran (*admixture* atau *additive*) bila diperlukan. Air dan semen disatukan akan membentuk pasta yang berfungsi sebagai pengikat pengisi yang berupa agregat kasar dan agregat halus. Selanjutnya akan terjadi reaksi kimia yaitu reaksi hidratisasi (reaksi antar air dan semen) yang membuat ikatan antara pencampuran dari dua material ini akan bertambah kuat. Rongga yang terjadi antara butiran butiran material besar (agregat kasar) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus) dan pori – pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air.

Seiring berkembangnya teknologi, penelitian terhadap beton pun gencar dilakukan seperti penelitian terhadap beton ringan dimana memiliki densitas lebih kecil dari 1900 kg/m³ berdasarkan SNI 03 - 3349 - 2002. Selain itu, penggunaan beton saat ini pun tidak hanya dalam pembuatan bagian – bagian bangunan yang struktural seperti pondasi, kolom, balok, tetapi penggunaan beton saat ini pun sudah diaplikasikan dalam pembuatan bata beton.

2.1.1 Beton Ringan (*Lightweight Concrete*)

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (Sebayang, 2000). Beton normal merupakan bahan bangunan yang relatif cukup berat dengan berat jenis berkisar 2,4 atau berat 2400 kg/m³. Untuk mengurangi beban mati suatu struktur beton, maka telah banyak dipakai beton ringan. Berdasarkan SNI 03 - 3349 - 2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m³. Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara ke dalam campuran betonnya.

Menurut (Tjokrodinuljo, 2007), pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara :

1. Membuat gelembung-gelembung gas udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Bahan Tambahan Khusus (pembentuk gelembung udara dalam beton) ditambahkan ke dalam semen dan akan terbentuk gelembung udara.
2. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar dan batuapung. Dengan demikian beton yang terjadi pun akan lebih ringan daripada beton normal.
3. Pembuatan beton tidak dengan butir-butir agregat halus. Dengan demikian beton ini disebut "beton non-pasir" dan hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butir maksimum agregat kasar sebesar 20 mm atau 10 mm). Beton ini mempunyai pori-pori yang hanya berisi udara (yang semula terisi oleh butir-butir agregat halus)

2.1.2 Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat, air, dan sejumlah serat yang disebar secara random. Ide dasar beton serat adalah menulangi beton dengan fiber yang disebarkan secara merata ke dalam adukan beton, dengan orientasi random sehingga dapat mencegah terjadinya

retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Soroushian dan Bayashi, 1987). Beton serat mempunyai kelebihan dari pada beton tanpa serat dalam beberapa sifat strukturnya, antara lain kelihatan (*ductility*), ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*), kuat tarik dan kuat lentur (*tensile and flexural strength*), kelelahan (*fatigue life*), kekuatan terhadap pengaruh susut (*shrinkage*), dan ketahanan terhadap keausan (*abrasion*) (Soroushian dan Bayashi, 1987).

Penggunaan serat pada beton bertulang dapat meningkatkan penyerapan energy dan daktilitas, mengendalikan retak dan meningkatkan sifat deformasi (Zollo, 1997). Serat pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm , bahkan sampai dengan 1300 μm (mikro meter) dan panjang sekitar 25 mm sapaai 100 mm. bahkan serat dapat berupa: serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bamboo, ijuk), serat plastic (*polypropylene*), atau potongan kawat baja (Tjokrodumuljo, 2007).



Sumber Gambar: www.yourconcretesource.com

Gambar 2.1 Beton Serat

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis dibawah beton normal. Beton ringan memiliki berat jenis dibawah 1900 kg/m^3 (SNI-03-3349-2002).

Menurut (Tjokrodimuljo, 1996), cara untuk mendapatkan beton ringan dapat dibedakan menjadi 3 jenis dasar sebagai berikut :

1. Beton agregat ringan
2. Beton busa
3. Beton tanpa agregat halus (non pasir)

Yang dimaksud dengan agregat ringan yaitu: 1) agregat ringan adalah agregat dengan berat isi kering oven gembur maksimum 1100kg/m^3 , 2) agregat ringan alami adalah agregat yang diperoleh dari bahan-bahan alami seperti batu apung, scoria, atau tufa, 3) agregat ringan buatan adalah agregat yang dibuat dengan membekahkan melalui proses pemanasan bahan-bahan, seperti terak dari peleburan besi, tanah liat, diatome, abu terang, abu sabak, batu serpih, batu lempung, perlit dan vermikulit, 4) beton ringan structural adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m^3 dan harus memenuhi ketentuan kuat tekanan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan strktural, 5) beton isolasi adalah beton ringan yang mempunyai berat isi kering oven maksimum 140 kg/m^3 , 6) diatome adalah bahan yang menyerupai tanah bersala dari tumbuhan laut yang disebut diatom, 7) scoria adalah batuan hasil letusan gunung berapi berwarna gelap berukuran butiran antara 4-32mm yang memnpunyai pori-pori berbentuk memanjang, 8) lempung bekah adalah hasil pembekahan melalui proses pemanasan dengan temperatur tinggi dari batu lempung atau batu serpih, 9) batu serpih adalah batu alihan alami dari lempung berbutir halus yang terbentuk karena tekanan dan temperatur sedang, 10) perlit adalah hasil batuan gunung berapi yang menyerupai gelas, dan mempunyai kandungan air antara 2-5%, dan akan mengembang menjadi asap gelembung gelas bila dipanaskan secara cepat, 11) verminkulit adalah suatu mineral yang berbenuk pipih dan mempunyai sifat mengelupas akibat pemanasan, 12) abu terbang adalah butiran halus limbah hasil pembakaran batu bara, 13) batu obsidian adalah batuan hasil letusan gunung api yang menyerupai gelas yang tersusun oleh unsur silika dan mempunyai

kandungan air lebih kecil dari 2%, dan akan mengembang menjadi masa gelembung gelas bila dipanaskan secara cepat, 14) batu sabak adalah batu malihan alami dan lempung berbutir halus yang berbentuk karena tekanan dan temperatur tinggi, 15) perlit bekah adalah hasil pembekahan melalui hasil proses pemanasan dengan temperatur tinggi dari batu obsidian.

Menurut (Prawito, 2010), ada beberapa cara untuk memproduksi beton ringan tetapi itu semuanya hanya tergantung pada adanya rongga udara dalam agregat, atau pembuatan rongga udara dalam beton. Beberapa cara tersebut, yakni:

1. Beton ringan dengan bahan batuan yang berongga atau agregat Ringan buatan yang digunakan juga sebagai pengganti agregat kasar/kerikil. Beton ini memakai agregat ringan yang mempunyai berat jenis yang rendah (berkisar $1400 \text{ kg/m}^3 - 2000 \text{ kg/m}^3$).
2. Beton ringan tanpa pasir (*No Fines Concrete*), dimana beton tidak menggunakan agregat halus (pasir) pada campuran pastinya atau sering disebut beton non pasir, sehingga tidak mempunyai sejumlah besar pori pori. Berat isi berkisar antara $880 - 1200 \text{ kg/m}^3$ dan mempunyai kekuatan berkisar $7 - 14 \text{ MPa}$.
3. Beton ringan yang diperoleh dengan memasukkan udara dalam adukan atau mortar (beton *aerasi*), sehingga akan terjadi pori-pori udara berukuran $0,1 - 1 \text{ mm}$. Memiliki berat isi $200 - 1440 \text{ kg/m}^3$.



Sumber Gambar: Foto pribadi

Gambar 2.2 Beton ringan

Beton normal merupakan bahan yang cukup berat, dengan berat sendiri mencapai 2400 kg/m^3 . Untuk mengurangi beban mati pada suatu struktur beton maka telah banyak dipakai jenis beton ringan. Menurut Standar Nasional Indonesia 03-3349 tahun 2002, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg/m^3 . Dalam membuat beton ringan tentunya dibutuhkan material yang memiliki berat jenis yang ringan pula. Pada umumnya berat jenis yang lebih ringan dapat dicapai jika berat beton diperkecil yang berpengaruh pada menurunnya kekuatan beton tersebut. Pembuatan beton ringan pada prinsipnya adalah membuat rongga di dalam beton. Semakin banyak rongga udara dalam beton semakin ringan beton yang dihasilkan. Ada 3 macam cara membuat rongga udara dalam beton, yaitu :

1. Yang paling sederhana yaitu dengan memberikan agregat ringan. Agregat itu bisa berupa batu apung, batu alwa, atau abu terbang (*fly ash*) yang dijadikan batu. Adapun spesifikasi agregat ringan yang digunakan dalam pembuatan beton dengan pertimbangan utama adalah ringannya bobot dan tinggi kekuatan yang meliputi : persyaratan komposisi kimia, dan sifat fisik agregat sesuai standar SNI 03-2461-2002.

2. Menghilangkan agregat halus (agregat halus disaring, contohnya (debu/abu terbangnya dibersihkan).
3. Meniupkan atau mengisi udara di dalam beton. Cara ketiga ini terbagi lagi menjadi secara mekanis dan secara kimiawi. Bahan campuran antara lain pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan dicampur alumuniumpasta sebagai bahan pengembang secara kimiawi. Beton memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain sebagai berikut (Tjokrodimulyo 1996 : 2)

Kelebihan Beton :

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan. Cetakan dapat pula dipakai berulang kali sehingga lebih ekonomis
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah

Kekurangan Beton :

1. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu di beri baja tulangan sebagai penahan gaya tarik
2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mencegah terjadinya retakan – retakan akibat terjadinya perubahan suhu. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti
3. Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi

bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa. Sifat paling penting pada beton umumnya ialah kuat tekan beton, dimana kenaikan kuat tekan akan diikuti sifat lain dari beton seperti kuat lentur, kuat tarik, modulus elastisitas, dan kuat geser. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh perlakuan sebelum, selama dan setelah beton dibuat. Sebelum beton akan meliputi kualitas bahan, faktor selama beton dibuat, meliputi faktor-faktor produksi antara lain penakaran, pengadukan, pengangkutan, penuangan, dan pemadatan. Setelah beton dibuat, yaitu perawatan beton akan mempengaruhi terhadap peningkatan kekuatan beton tersebut. Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Untuk menentukan kuat tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu :

1. Bahan-bahan penyusun beton : air, semen, agregat, admixture
2. Metode pencampuran : penentuan proporsi bahan, pengadukan, pengecoran, pemadatan
3. Perawatan : Pembasahan/perendaman, suhu dan waktu
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan, yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat
5. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor Air Semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran adukan beton. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, maka semakin rendah mutu/kekuatan beton. Nilai FAS yang rendah di tambah dengan kekuatan agregat yang baik dipercaya dapat meningkatkan mutu beton. Tapi nilai FAS yang terlalu rendah dapat mengurangi kemudahan pekerjaan pada beton itu sendiri. Hubungan FAS dengan Kuat Tekan Beton.



Sumber Gambar: Foto pribadi

Gambar 2.3 Beton Normal

2.2.2 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menempati 70 % volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat ataupun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton.

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Kerikil harus merupakan butiran yang keras dan tidak berpori
2. Agregat harus bersih dari unsur organik
3. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering
4. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam

Menurut (Tjokrodomulyo, 1992) agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm
2. Kerikil untuk besar butiran antara 5 mm sampai 40 mm
3. Pasir untuk butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirannya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih kasar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Menurut SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Kegunannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kelecakan. Agregat halus yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Pasir halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras
2. Butirannya harus bersifat kekal
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat keringnya
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak

Tabel 2.1 Batasan Susunan Butiran Agregat Halus

Ukuran Saringan(mm)	Persentase Lolos Saringan			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
10,00	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	90-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50

0,15	0-10	0-10	0-10	0-15
------	------	------	------	------

Sumber : Tjokrodimuljo, (1996)

Keterangan:

Daerah 1 : Pasir Kasar

Daerah 2 : Pasir agak kasar

Daerah 3 : Pasir agak halus

Daerah 4 : Pasir halus



Sumber Gambar: www.lamudi.co.id

Gambar 2.4 Material agregat halus abu batu

b. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat dengan besar butiran lebih dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan di ayakan 4,75 mm. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi alami dari batu – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual atau mesin. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butiran yang keras, permukaan yang kasar, dan kekal. Agregat harus memenuhi syarat kebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1 %, dan tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton.

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat (Tjokrodimulyo, 1992):

1. Kerikil harus merupakan butiran yang keras dan tidak berpori

2. Agregat harus bersih dari unsur organik
3. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering



Sumber Gambar: Bayuprasetyob.blogspot.com

Gambar 2.5 Material agregat kasar

2.2.3 Semen Portland (PC)

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara agregat kasar dengan agregat halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air selang beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen Portland dibagi menjadi 5 (lima) tipe, yaitu :

Tipe I: Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus

Tipe II: Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang

Tipe III: Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi

Tipe IV: Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah

Tipe V: Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahanterhadap sulfat

Fungsi semen ialah bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk melekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu kesatuan massa yang kompak/padat. Selain itu pasta semen mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat. Walaupun volume semen hanya kira-kira 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan perekat yang aktif dan mempunyai harga yang mahal dari pada bahan dasar beton yang lain perlu diperhatikan/dipelajari secara baik (Tjokoridimulyo, 2004).



Sumber Gambar: Foto pribadi

Gambar 2.6 Material semen portland tiga roda

2.2.4 Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air

yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

1. Sifat *workability* adukan beton
2. Besar kecilnya nilai susut beton
3. Kelangsungan reaksi dengan semen *Portland*, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- 1) Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari gram per liter
- 2) Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram per liter
- 3) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 1 gram per liter
- 4) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter

a. Faktor Air Semen

Secara umum, semakin besar nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Dengan demikian, untuk menghasilkan sebuah beton yang bermutu tinggi FAS dalam beton haruslah rendah. Umumnya nilai FAS minimum untuk beton normal sekitar 0.4 dan nilai maksimumnya 0.65. Tujuan pengurangan FAS ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton yang dibuat sehingga akan dihasilkan beton mutu tinggi. Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, FAS dapat diartikan sebagai *water to cementious ration*, yaitu rasio berat air terhadap berat total semen dan aditif *cementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998).

2.2.5 Bahan Tambahan

Bahan tambah (*additive* maupun *admixture*) ialah bahan selain unsure pokok beton (air, semen, dan agregat halus) yang ditambahkan ke dalam campuran saat atau selama pencampuran berlangsung penggunaan bahan tambah biasanya

didasarkan pada alasan yang tepat, diantaranya perbaikan kelecakan dan dapat menggunakan penggunaan semen (Tjokrodimulyo, 1996). Tujuan penambahan bahan tambah ini adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras.

2.2.6 Bahan Tambahan Mineral (*additive*)

Bahan tambahan mineral ini merupakan bahan tambahan yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Pada saat ini, bahan tambahan mineral ini lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja tekan beton, sehingga bahan tambahan mineral ini cenderung bersifat penyemenan. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah pozzollan, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*. Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral ini antara lain (Cain, 1994: 500-508):

1. Memperbaiki kinerja *workability*
2. Mengurangi panas hidrasi
3. Mengurangi biaya pekerjaan beton
4. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat
5. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika
6. Mempertinggi usia beton
7. Mempertinggi kekuatan tekan beton
8. Mempertinggi keawetan beton
9. Mengurangi penyusutan
10. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton

2.2.7 Foam Agent

Beton *foam* adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah (*admixture*) tertentu yaitu dengan membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara didalam betonnya (Husin dan Setiaji, 2008). Berdasarkan penelitian (Malau, 2014), pengaruh penambahan *foaming agent* dan *silica fume* terhadap kuat tekan dan berat jenis mortar untuk dinding panel. Diperoleh kuat tekan secara berturut turut untuk perbandingan semen : pasir : *silica fume* adalah 126,25 kg/cm² pada beton normal,

78,28 kg/cm² untuk 1 : 1 : 5%, dan 86 kg/cm² untuk 1 : 1 : 10%. berat jenis beton yang dicampur dengan *foam* akan meningkat namun seiring penambahan *silica fume* berat jenis akan meningkat dibandingkan beton *foam* tanpa *silica fume*. Penambahan *silica fume* sebesar 10 % dapat meningkatkan kekuatan dan penambahan *foam* dapat menurunkan kekuatan beton seiring jumlah penambahan *foam*. Menurut (Simbolon dan Firmanto, 2015) mencampurkan *foam agent* pada bata beton ringan dengan komposisi semen : pasir sebesar 1 : 0,5 ; 1 : 0,7 ; dan 1 : 0,9 menghasilkan kuat tekan sebesar 17,422 kg/cm² ; 14,756 kg/cm² ; dan 9,788 kg/cm². Pada percobaan tersebut digunakan benda uji kubus yang memiliki berat masing-masing 2,54 kg ; 2,66 kg ; dan 2,817 kg.



Sumber Gambar: Foto pribadi

Gambar 2.7 Material *foam agent*

2.2.8 Additon 5M

Salah satu produk bahan kimia additive untuk konstruksi bangunan, yang meliputi semua bahan – bahan admixtures yang dibutuhkan untuk konstruksi bangunan. *Additon 5M* diproduksi oleh PT. Additon Karya Sembada.

- Kekurangan bahan *additive addition 5M* tidak bagus digunakan untuk beton yang memakai tulangan, karena bahan kimianya tersebut bisa menimbulkan korosi pada tulangan beton, sehingga tidak direkomendasikan untuk campuran beton yang memakai tulangan.

- Sebaliknya keunggulan bahan *additive addition 5M* mempercepat waktu setting awal dari ± 3 jam menjadi 5 menit dan setting akhir dari mortar / pasta semen. Sangat bagus digunakan untuk campuran beton ringan, bata ringan, dinding panel yang tidak menggunakan tulangan.

Standart Operasional Prosedur

Standart operasional prosedur ini berdasarkan brosur produk *Additon 5M* merupakan tata cara pengadukan atau pencampuran *Additon 5M* dengan campuran beton dengan mutu yang telah ditentukan. Standart operasionalnya adalah sebagai berikut :

1. 0,4 – 1,8% *Additon 5M* dari berat semen untuk adukan beton 1m^3 dicampur air dan semen.
2. Adukan air semen + *Additon M5* ditambahkan agregrat split dan pasir sesuai job mix diaduk rata.
3. Beton dengan treatment *Additon 5M* siap digunakan.



Sumber Gambar: Foto pribadi

Gambar 2.8 Material *additive additon 5M*

Spesifikasi *Additon 5M*

Spesifikasi *additon 5M* disini adalah spesifikasi produk dari PT.Additon Karya Sembada yaitu :

Sifat Fisik	: Cair
Warna	: Netral
Kemasan	: Kaleng 1 kg, Jerigen 5kg
Flammability	: Tidak menyala
Specific Gravity	: 1.4 kg/liter
Temperatur	: Dapat diencerkan
Masa Simpan	: -10°C - 60°C
Suhu Penyimpanan	: 15°C - 25°C

2.2.9 Tempurung Kelapa

Dari beberapa penelitian mengenai penambahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan beton didapatkan dalam penelitian (Rustendi, I., 2004), dengan pemanfaatan tempurung kelapa sebagai material serat terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton bahwa penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton akan menurunkan kuat tekannya. Makin besar persentase tempurung kelapa yang ditambahkan makin besar pula penurunannya, penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat tariknya. Dari beberapa persentase yang dicoba yaitu 5%, 10%, dan 15% persentase terbesar memberikan efek terbesar pula.

Menurut (Suarnita, 2010), pada penelitiannya fraksi volume agregat ringan tempurung kelapa yang digunakan adalah 0.35, faktor air semen (FAS) adalah sebesar 0.5 serta pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari. diperoleh nilai rata-rata dari karakteristik beton ringan tempurung kelapa meliputi nilai berat isi rata-rata yaitu 1.701 kg/m^3 , nilai kuat tekan rata-rata yaitu 14.054 MPa, nilai modulus elastisitas (E_c) yang diperoleh dari kemiringan garis padakurva elastis ($0.5 f'c$) yaitu 4595.590 MPa, nilai kuat tarik belah rata-rata yaitu 1.713 MPa, kuat lentur rata-rata yaitu 2.329 MPa, dan kuat lekat tulangan rata-rata dengan menggunakan tulangan ulir $\varnothing 8.8 \text{ mm}$ yaitu 10.308 MPa.

(Akbar F, dkk 2013), telah meneliti mengenai penggunaan tempurung kelapa terhadap beton dimana tempurung yang digunakan dimensinya lebih kecil, yaitu maksimal 15 mm. Dan yang di hasilkan dari penelitian ini karakteristik beton

campuran tempurung kelapa berdasarkan hasil kuat tekan beton K-100 pada umur 7 hari perawatan dapat meningkat dengan penambahan 5% tempurung kelapa yaitu sebesar 16,5 Ton atau $73,33 \text{ kg/cm}^2$ dengan proyeksi kekuatan pada umur 28 hari sebesar $112,82 \text{ kg/cm}^2$.

Menurut (Supatmi, 2011), berat jenis pasir ialah rasio antara massa padat pasir dan massa air dengan volume dan suhu yang sama. Berat jenis pasir dari suatu agregat normal adalah $2,5-2,7 \text{ gr/cm}^3$; berat jenis pasir dari agregat berat adalah lebih dari $2,8 \text{ gr/cm}^3$ dan berat jenis pasir dari agregat ringan adalah kurang dari $2,0 \text{ gr/cm}^3$. Dalam penelitian ini, adapun komposisi untuk pembuatan beton itu sendiri yaitu pasir, serat ijuk , tempurung kelapa (pengganti agregat kasar), semen dan air.



Sumber Gambar: [Baca artikel.com](#)

Gambar 2.9 Material tempurung kelapa

2.2.10 Serabut Kelapa

Penelitian terdahulu (Eniarti M., 2006), sudah melakukan penelitian tentang serat serabut kelapa pada beton ringan dengan panjang serat 5 cm dan variasi konsentrasi serat 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1% dari volume campuran beton, dimana kuat tekan optimum sebesar 22,28 MPa diperoleh dari konsentrasi serat 0.5%. Sabut kelapa memiliki beberapa sifat yaitu tahan lama, kuat terhadap gesekan dan tidak mudah patah, tahan terhadap air (tidak mudah membusuk), tahan terhadap jamur dan hama (Ulfa, 2006). Sedangkan menurut (Handani S., 2009) Peningkatan kuat tekan beton berserat terjadi pada penambahan serat 0.50%

sebesar 272.14 kgf/cm^2 naik 29.55%, dan penambahan serat 0.125% sebesar 244.84 kgf/cm^2 naik 16.56% dari beton normal tanpa penambahan serat sabut kelapa sebesar 210.06 kgf/cm^2 .



Sumber Gambar: Pengolahan-kelapa.blogspot.com

Gambar 2.10 Material serabut kelapa

2.2.11 Pasir Kuarsa

Peranan pasir dalam mempengaruhi besarnya nilai slump sangat dominan dalam proses pengadukan beton segar, dimana semakin banyak pasir yang digunakan akan menyebabkan nilai slump meningkat namun dalam kondisi tertentu dapat mengakibatkan menurunnya kuat tekan beton (Neville, 1997). (Sembiring, 1998), meneliti tentang beton mutu tinggi dengan mengganti fraksi halus pasir kali dengan fraksi halus pasir kuarsa terhadap kuat desaknya, dengan variasi Fas 0,35 dan 0,4. Hasil penelitian kuat tekan beton setelah 28 hari menunjukkan dengan fas 0,35 mencapai kuat tekan $43,1194 \text{ MPa}$ dan benda uji dengan fas 0,4 mencapai kuat desak $42,038 \text{ MPa}$. Pasir kuarsa mempunyai prospek yang sangat baik untuk pembuatan beton. Didaerah Pati dan Rembang ke arah Timur banyak ditemukan deposit pasir kuarsa dalam jumlah yang sangat besar dan belum banyak dimanfaatkan sebagai salah satu bahan pencampur beton. Penggunaannya dalam campuran beton pun oleh penduduk disekitarnya pada umumnya memakai perbandingan campuran 1 : 2 : 3, dimana berdasarkan asumsi campuran tersebut dapat menghasilkan mutu beton sekitar K250. Meskipun demikian, sifat-sifat mekanik beton menggunakan pasir kuarsa yang meliputi kuat

tekan, kuat tarik, kuat lentur dan modulus elastisitas belum pernah diteliti secara mendalam (Sutopo, 2012).

(Danasi, 2014), meneliti tentang pengaruh penambahan abu terbang (*fly ash*) terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton mutu tinggi dengan bahan tambah silica fume, superplasticizer, dan filler pasir kuarsa. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7, 14, dan 28 hari, sedangkan pengujian modulus elastisitas dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan variasi fly ash untuk masing-masing waktu pengujian yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap berat semen. Hasil pengujian kekuatan beton tertinggi pada saat umur beton 28 hari terjadi pada variasi fly ash 5% dengan kuat tekan beton rata-rata sebesar 75,06 Mpa.



Sumber Gambar: Abangdiqi.wordpress.com

Gambar 2.11 Material pasir kuarsa

2.2.12 Kapur

Menurut (Nuskara, 2016), batu kapur (*limestone*) dari Desa Soko, Kecamatan Miri, Kabupaten Sragen dapat digunakan sebagai bahan *subbase* pada kondisi tanah granuler sebagai tanah dasar. (Rochmah N, 2016), meneliti pemakaian alternatif batu kapur sebagai agregat kasar hanya bisa dipakai untuk campuran beton sebesar 75% kuat tekan beton yang dihasilkan sebesar 87,02 kg/cm² karena, kuat tekan beton pada presentase 75% sudah mencapai kekuatan maksimal.



Sumber Gambar: Mylimestone.wordpress.com

Gambar 2.12 Material kapur

2.2.13 Kalsium

Menurut (Wijaya, D., dan Sumiyanto, 2013), kajian kuat tekan beton dengan kalsium karbonat sebagai substitusi sebagian *portland cement*, pada umur beton 28 hari dengan kalsium karbonat 0% kuat tekan sebesar 30,234 MPa kalsium karbonat 5% kuat tekan sebesar 35,519 MPa, dan kalsium karbonat 7,5% kuat tekan sebesar 29,519 MPa. Kuat tekan dengan kalsium karbonat 5% mengalami peningkatan sebesar 17% dan kuat tekan dengan kalsium karbonat 7,5% mengalami penurunan sebesar 3%. Menurut (Paramatya E, 2014), beton pengeboran dengan bahan aditif kalsium karbonat tanpa menggunakan agregat dengan replacement 1,17% pada umur 28 hari kuat tekan = 3313,63 psi = 22,85 MPa dan replacement 2,28% kuat tekan = 2808.16 psi = 19,36 MPa.



Sumber Gambar: Dwikusumadpu.wordpress.com

Gambar 2.13 Material kalsium

2.2.14 Abu Batu

Abu batu merupakan hasil sampingan dari produksi batu pecah. Abu batu merupakan abu yang mengandung banyak silika, alumina dan mengandung senyawa alkali, besi, dan kapur walaupun dalam kadar yang rendah. Dari setiap daerah, komposisi abu batu digunakan dalam adukan beton terutama untuk memperbaiki sifat dari beton. Pemakaian abu batu dapat menghemat pemakaian semen. Abu batu mengandung senyawa silika yang sangat halus yang bersifat amorf sehingga mampu mengeras bila dicampur dengan semen. Senyawa yang terjadi antara silika amorf dan kapur adalah senyawa silikat kalsium yang sukar larut dalam air. Kemampuan pengerasan dari abu batu karena adanya bagian bagian silika amorf yang halus. (sumber : Wikipedia) Saat ini abu batu tidak begitu laku untuk dijual karena pemakaian dalam industri konstruksi sangat sedikit mengingat penggunaan pasir sebagai agregat halus masih digunakan untuk campuran beton. Jika suatu saat nanti produksi pasir alami mengalami kemacetan sementara dalam produksi karena suatu hal, sedangkan di lain sisi industri konstruksi tetap harus memproduksi mortar beton untuk mencukupi kebutuhan pelanggan, maka salah satunya bisa memanfaatkan abu batu yang jumlahnya banyak untuk tetap bisa memproduksi mortar beton. Pada penelitian sebelumnya

menunjukkan bahwa abu batu bisa dimanfaatkan sebagai powder pada beton SCC dengan kuat tekan tertinggi adalah 10% dari berat semen (Pemanfaatan Abu Batu Sebagai Powder pada *Self Compacting Concrete (SCC)*,2008). penelitian Widodo (2003) penggunaan abu batu sebagai bahan penggantian sebagian semen dalam campuran adukan beton juga dapat meningkatkan kuat tekan beton dengan nilai kuat tekan maksimum 62,5 MPa pada penggantian 12,5% dan nilai minimum 42 MPa pada penggantian 37,5% abu batu dihitung dari jumlah semen yang digunakan. Hal ini dapat terjadi mengingat ukuran abu batu yang lebih kecil lolos ayakan 200 dapat mengisi rongga-rongga yang ada di dalam beton sehingga menjadi lebih padat dan dapat meningkatkan sifat mekanik beton tersebut.



Sumber Gambar: www.jualo.com

Gambar 2.14 Material abu batu

Tabel 2.2 Rangkuman Peneliti Terdahulu

No.	Material	Kuat Tekan	Berat Isi Beton	Peneliti
1.	Foam Agent komposisi : semen : pasir 1 : 0,5 ; 1 : 0,7 ; 1 : 0,9	- 17,422 kg/cm ² - 14,756 kg/cm ² - 9,788 kg/cm ²	- 2,540 kg/m ³ - 2,660 kg/m ³ - 2,817 kg/m ³	Simbolon dan Firmanto, (2015)

2.	Pasir, Foam Agent dan silica fume Komposisi : 1:1:0 ; 1:1:5 % ; 1:1:10 %	- 126,25 kg/cm ² - 78,28 kg/cm ² - 86 kg/cm ²	- 2,211 kg/m ³ - 1,606 kg/m ³ - 1,674 kg/m ³	Febrianto Blasius Malau, (2014)
3.	Tempurung Kelapa, PC , Pasir , Kerikil Komposisi : - 5 %, 3 , 6, 9 - 10 %, 3 , 6, 9 - 15 %, 3 , 6, 9	- 20,48 kg/cm ² - 23,49 kg/cm ² - 26,86 kg/cm ²	- 2,406 kg/m ³ - 2,357 kg/m ³ - 2,309 kg/m ³	Rustendi Iwan, (2004)
4.	Semen, Pasir, Tempurung Kelapa Komposisi : 1:2:0,35%	- 13,777 kg/cm ² - 14,240 kg/cm ² - 14,328 kg/cm ²	- 1,687 kg/m ³ - 1,690 kg/m ³ - 1,725 kg/m ³	I Wayan Suarnita, (2010)
5.	Semen, Pasir, Tempurung Kelapa Komposisi : 1:2:5% ; 1:2:7%, 1:2:9% ; 1:2:11% 1:2:13% ; 1:2:15%	- 112,82 kg/cm ² - 100,86 kg/cm ² - 82,05 kg/cm ² - 64,95 kg/cm ² - 51,28 kg/cm ² - 30,77 kg/cm ²	- 2,396 kg/m ³ - 2,357 kg/m ³ - 2,339 kg/m ³ - 2,329 kg/m ³ - 2,369 kg/m ³ - 2,409 kg/m ³	Akbar Fauzul, dkk (2013)
6.	Semen, Pasir, Serabut Kelapa Komposisi Serabut Kelapa : 0%, 0.25%, 0.5%,	- 15,24 MPa - 18,23 MPa - 22,28 MPa - 19,95 MPa - 17,78 MPa	- 1,796 kg/m ³ - 1,857 kg/m ³ - 1,839 kg/m ³ - 1,829 kg/m ³ - 1,669 kg/m ³	Eniarti M., (2006)

	0.75%,1% (dari volume beton)			
7.	Semen, Pasir, Kerikil Serabut Kelapa Komposisi Serabut kelapa : 0.50% , 0.125%, 16.56% (dari volume beton)	- 272,14 kg/cm ² - 244,84 kg/cm ² - 210.06 kg/cm ²	- 2,596 kg/m ³ - 2,557 kg/m ³ - 2,539 kg/m ³	Ulfa, (2006)
8.	Semen, Pasir Kuarsa, Kerikil Komposisi: 1:2:3	- 43,1194 Mpa - 42,038 Mpa - 41,038 MPa	- 2,578 kg/m ³ - 2,547 kg/m ³ - 2,569 kg/m ³	Sembiring, (1998)
9.	Semen, Pasir Kuarsa, Kerikil Komposisi Pasir Kuarsa : 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% (dari volume semen)	- 55,06 Mpa - 75,06 Mpa - 60,38 MPa - 65,38 Mpa - 62,38 MPa	- 2,500 kg/m ³ - 2,459 kg/m ³ - 2,600 kg/m ³ - 2,490 kg/m ³ - 2,680 kg/m ³	Danasi, (1998)
10.	Semen, Batu Kapur, Kerikil Komposisi Batu kapur : 25%,50%, 75% (dari volume semen)	- 50,02 kg/cm ² - 60,02 kg/cm ² - 87,02 kg/cm ²	- 2,680 kg/m ³ - 2,580 kg/m ³ - 2,480 kg/m ³	Rochmah N, (2016)
11.	Semen, Kalsium, Kerikil Komposisi Batu	- 30,234 Mpa - 35,519MPa - 29,519 Mpa	- 2,588 kg/m ³ - 2,597 kg/m ³ - 2,559 kg/m ³	Wijaya dan Sumiyanto, (2013)

	kapur : 0%,5%, 7,5%			
12.	Semen, Kalsium, Kerikil Komposisi Batu kapur : 0%,1,17%, 2,28%	- 15,36 Mpa - 19,36 MPa - 22,85 Mpa	- 2,578 kg/m ³ - 2,547 kg/m ³ - 2,569 kg/m ³	Paramataty E, (2014)
13.	Semen, Abu Batu, Kerikil Komposisi Abu Batu : 0%,12,5%, 37,5%	- 32,36 Mpa - 62,5 MPa - 42 Mpa	- 2,548 kg/m ³ - 2,537 kg/m ³ - 2,520 kg/m ³	Widodo (2003)
14.	Semen 409 kg/m ³ , Air 225 kg/m ³ , Agregat Halus 733kg/m ³ , Agregat Kasar 1013 kg/m ³ Additive Bioconc 0 ml,200 ml, 400 ml, 600 ml, 800 ml, 1000 ml.	- 29,63 Mpa - 30,43 MPa - 33,49 Mpa - 32,93 Mpa - 34,12 Mpa - 34,45 Mpa	- 12,72 gram - 12,67 gram - 12,91 gram - 12,95 gram - 12,96 gram - 12,98 gram	Tony Hartono Bagio., Makno Basoeki, Sofyan Ali Pradana (2017)
15.	Semen 538 kg/m ³ , Air 258 kg/m ³ , Agregat Kasar 1080,960,840,600 ,0 kg/m ³ , Agregat Halus 33 kg/m ³ , Batok Kelapa	- 24,5 Mpa - 17,4 MPa - 10,5 Mpa - 7,7 Mpa - 3,0 Mpa	- 7,6 gram - 7,2 gram - 6,7 gram - 5,8 gram - 4,4 gram	Mudjanarko, dkk, (2018)

60,180,300,540,1 140kg/m ³ , Serabut kelapa 60 kg/m ³			
--	--	--	--

