

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada tahun 2015, Erik Supranata, melakukan penelitian dengan judul. “Pengaruh Penambahan *Lignin Sulfonic Acid* Terhadap Kuat Tekan Beton f_c' -20 MPa”. Dalam penelitian tersebut menggunakan bahan tambah *bestmittel* terhadap beton mutu K-250 atau f_c' -20 Mpa dengan variasi penambahan *bestmittel* 0,25%, 0,35%, dan 0,35%, dari hasil penelitian tersebut didapat peningkatan kuat tekan karakteristik tertinggi terdapat pada variasi Beton Normal+*Besmittel* 0,45% sebesar 297,21 Kg/Cm² atau 23,8 (Mpa) di umur 28 hari.

B. LANDASAN TEORI

2.2 Pengertian Beton

Beton merupakan bahan gabungan dari material-material pembentuknya. Bahan bahan beton secara garis besar dibagi menjadi dua macam, yaitu bahan dasar dan bahan tambahan. Bahan dasar pembentuk beton adalah semen yang diperlukan sebagai bahan pengikat, agregat halus berupa pasir alam dan agregat kasar dapat berupa batu yang ukurannya sesuai dengan standard atau berupa batu pecah (*split*) serta air yang apabila dicampur dengan semen akan mengadakan ikatan dan pengerasan, dengan diikuti pelepasan panas (hidrasi). Juga dipakai bahan tambahan (*admixture*) yang dicampur pada saat pembuatan beton untuk mencapai tujuan tertentu.

Beton juga didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusun yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture atau additive*). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847-2002).

2.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain sebagai berikut. (Tjokrodimulyo, 2007).

Kelebihan beton :

1. Harga yang relative murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapatkan.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah.
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja bertulang yang mempunyai kuat tarik tinggi maka dapat menjadi satu kesatuan struktur yang kuat terhadap tarik dan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampungan air, pelabuhan, bendungan, jembatan, dan sebagainya.

4. Pengerjaan atau *workability* mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomis menjadiah lebih murah.

Kekurangan Beton :

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga secara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam.
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian pembangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, missal dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

2.4 Bahan Pembuat Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, gregat kasar, air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan memebentuk masa padat (SK.SNI T-15 1990-03). Pengetahuan tentang karakteristik bahan penyusun beton perlu diketahui untuk mengetahui perilaku elemen gabungan.

2.4.1 Semen

Semen adalah hasil paduan bahan baku batu kapur/gamping sebagai bahan

utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras bila ditambah air akan terjadi reaksi hidrasi sehingga dapat mengeras dan digunakan sebagai pengikat (*mineralglue*). Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*hardened concrete*). Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu :

1. Semen Hidrolis

Adalah semen yang dapat mengeras pada air. Contoh : semen Portland.

2. Semen Non Hidrolis

Adalah semen yang tidak dapat mengeras dan tidak stabil di dalam air. Contoh : gypsum dan kapur keras.

Semen Portland dibagi menjadi 5 bagian berdasarkan type nya :

1. Type I : Semen Portland standar digunakan untuk semua bangunan beton yang tidak akan mengalami perubahan cuaca yang dasyat atau dibangun dalam lingkungan kohesif. Semen type ini banyak digunakan pada kontruksi secara umum.
2. Type II : Semen type ini di gunakan untuk bangunan yang menggunakan pembebanan secara massal seperti Dam, panas hidrasi tertahan dalam

bangunan dalam jangka waktu lama. Pada saat terjadi pendinginan timbul tegangan-tegangan akibat perubahan panas yang akan menyebabkan retak-retak pada bangunan. Untuk mencegah terjadinya hal-hal tersebut dibuatlah jenis semen yang mengeluarkan panas hidrasi lebih rendah serta dengan kecepatan penyebaran panas yang rendah pula.

3. Type III : Semen type ini adalah jenis semen yang cepat mengeras, cocok untuk pengecoran beton pada suhu rendah. Kekuatan tekan 3 hari semen type ini sama dengan kekuatan tekan semen type I pada umur 7 hari semen type III ini disebut juga dengan “semen dengan kekuatan awal tinggi”. Jenis ini digunakan bilamana kekuatan harus dicapai dalam waktu singkat, walaupun harganya sedikit lebih mahal. Biasanya dipakai pada pembuatan jalan yang harus cepat dibuka untuk lalu lintas.
4. Type IV : semen type ini menimbulkan hidrasi rendah dengan persentase maksimum sebesar 35%. Type ini tidak lagi diproduksi dalam jumlah besar seperti pada waktu pembuatan Hoover Dam, akan tetapi telah diganti dengan type II yang disebut “*Modified Portland Cement*”.
5. Type V : Pada semen type ini tahan terhadap serangan sulfat serta mengeluarkan panas. Biasanya digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan besar dan masif, umpamanya untuk perkerja bendung, pondasi berukuran besar, atau perkerjaan besar lainnya. Semen type ini digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industry, bangunan yang terkena gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan

air tanah yang mengandung kadar sulfat yang tinggi. Total alkali yang terkandung dalam semen dalam campuran beton harus dibatasi sekitar 0,5% - 0,6%.

2.4.2 Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi yang dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan (SK SNI T-15-1991-03). Fungsinya adalah sebagai material pengisi dan biasanya menempati sekitar 75% dari isi total beton, karena itu pengaruhnya besar terhadap sifat dan daya tahan beton. Berdasarkan ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi:

1. Agregat halus diameter 0,063-5 mm disebut pasir, yang dapat dibedakan lagi menjadi pasir halus (diameter 0,063-1 mm) dan pasir kasar (diameter 1-5 mm).
2. Agregat kasar diameter > 5mm, biasanya berukuran antara 5-40 mm disebut krikil.

Untuk mencapai kekuatan beton yang baik perlu diperhatikan kepadatannya dan kekerasan massa agregat, karena pada umumnya semakin padat dan keras suatu agregat dapat menambah tinggi kekuatan dan durabilitasnya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). Untuk membentuk massa padat diperlukan susunan gradasi butiran agregat yang baik. Sehingga bahan agregat harus mempunyai cukup kekerasan, sifat kekal, tidak bersifat reaktif terhadap alkali dan tidak mengandung lumpur. Diameter atau material organik ini adalah kurang dari 0,063 mm.

2.4.2.1 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir maksimum 5,0 mm yang dapat berupa pasir alam yaitu sebagai hasil *desintegrasi* batuan secara alami, pasir olahan dari industri pemecah batu atau gabungan dari keduanya. Fungsi agregat halus pada dalam beton adalah sebagai material pengisi. Pengetahuan tentang propertis agregat halus sangat penting untuk bisa mendapatkan beton sesuai mutu yang diinginkan dengan harga yang lebih ekonomis. Adapun syarat-syarat agregat halus berdasarkan SNI-1990, antara lain:

1. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dihitung terhadap berat, apabila lumpurnya lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
2. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik atau sisa hewan, tumbuhan yang tidak terlalu banyak.
3. Pasir harus terdiri dan butiran-butiran yang tajam dan keras.
4. Pasir laut tidak boleh dipakai karena mengandung kadar garam.
5. Pasir harus terdiri dan butiran-butiran yang beraneka ragam dan apabila diayak dengan susunan ayakan, memenuhi syarat-syarat.

Ada beberapa jenis pasir yang bisa digunakan untuk campuran beton yaitu:

1. Pasir beton.

Pasir beton adalah pasir yang bagus untuk bangunan dan harganya lumayan mahal, pasir beton biasanya berwarna hitam dan butirannya cukup halus. Namun apabila dikepal dengan tangan tidak menggumpal dan akan buyar kembali. pasir ini baik sekali untuk pengecoran, plesteran dinding, pondasi,

juga pemasangan batu dan bata.

2. Pasir pasang.

Pasir pasang adalah pasir yang lebih halus dari pasir beton, ciri-cirinya apabila dikepal akan menggumpal, jenis pasir ini harganya lebih mahal dari pasir beton, pasir pasang biasanya dipakai untuk campuran pasir beton agar tidak terlalu kasar sehingga baik untuk plesteran dinding.

3. Pasir sungai.

Pasir sungai adalah pasir yang diperoleh dari sungai merupakan hasil kikisan batu-batuan yang keras dan tajam. Pasir jenis ini butirannya cukup baik (antara 0.063-5 mm) sehingga merupakan adukan yang baik untuk dipekerjakan pasangan.

2.4.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu agregat yang mempunyai ukuran butir 5-40 mm. Material ini dapat dihasilkan dari proses desintegrasi alami batuan yaitu berupa batu pecah (*Natural Aggregates*) atau dari industri pemecah batu (*Artificially Aggregates*).

Adapun syarat-syarat agregat kasar berdasarkan PBBI, 1971, N.I.-2 antara lain:

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil (koral) sebagai hasil desintegrasi atau pembentukan alami dan batuan atau berupa batu pecah (*split*) yang diperoleh dari pecahan batu, baik batu kali maupun batu gunung.
2. Agregat kasar terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Untuk agregat kasar tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang

lebih dari 205 dan berat total agregat. Butiran-butiran agregat kasar harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.

3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap kering dan tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton. Apabila kadar lumpur yang terkandung dalam agregat kasar lebih dari 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
5. Kekasaran dari butir agregat diperiksa dengan bejana penguji dan *Rudeloff* dengan benda uji 20 ton dengan memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut:
 - a. Tidak terjadi pembubukan butir 19-30 mm lebih dari 20% berat.
 - b. Tidak terjadi pembubukan sampai butir 9,5-19 mm dari 24% berat atau dengan mesin Los Angeles, dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
6. Agregat kasar harus terdiri dan butiran yang beraneka ragam, besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan, memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - a. Sisa diatas ayakan 3,5 mm minimum 10% berat total.
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm minimum 90-98% berat total.
 - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas 2 ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat minimum 10% berat total.
7. Besar butir maksimum tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ jarak terkecil bidang-

bidang dan cetakan, 1/2 tebal plat atau 3/4 dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

2.4.3 Air

Air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan beton karena menentukan mutu dalam campuran beton. Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia semen portland dan sebagai bahan pelicin antara semen dengan agregat agar mudah dikerjakan. Air diperlukan pada adukan beton karena berpengaruh pada sifat pengerjaan beton (*workability*). Air yang dapat digunakan sebagai bahan pencampur pada pekerjaan beton adalah air yang tidak mengandung zat yang dapat menghalangi proses pengikatan antara semen dan agregat. Pada umumnya air yang tidak berbau dan dapat diminum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang digunakan untuk beton harus bebas dari asam, alkali, minyak atau bahan kimia lainnya.

Menurut SNI S-04-1989-F, air sebagai bahan campur beton untuk bangunan sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.

4. Tidak mengandung klorida (CL) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton praktekan kandungan klorida tidak boleh dari 0,05 gram/liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO₃) lebih dari 1 gram/liter.

2.5 Sifat-sifat Beton

Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya, perbandingan campuran, cara mencampur, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, cara merawatnya dan sebagainya untuk mempengaruhi sifat-sifat beton. Sifat-sifat umum yang ada pada adukan beton, sebagai berikut.

2.5.1 Kemampuan Dikerjakan (*Workabilitas*)

Yang dimaksud dengan *workability* adalah bahan-bahan beton setelah di aduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikain rupa sehingga adukan muda diangkut, dituang/cetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaan tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kerusakan atau penurunan mutu beton. Taiji saji (1984) menguraikan bahwa sifat *workabilitas* beton *placeability* (kemudahan dituang), *flowability* (keenceran), *finishability* (kemudahan dirapikan), dan *pumpability* (kemudahan dipompa). Sedang Newman dalam Murdock (1999) menuliskan bahwa sekurang-kurangnya tiga sifat yang terpisah dalam mendefinisikan sifat ini, yaitu:

1. Kompakbilitas, kemudian dipadatkan.
2. Mobilitas, kemudian beton mengalir dalam cetakan.

3. Stabilitas, kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen.

Tingkat kompakibilitas campuran tergantung pada campuran air semennya. Semakin kecil faktor air semen, adukan beton semakin kental dan kaku sehingga makin sulit untuk dipadatkan. Sebaliknya semakin besar nilai faktor air semn adukan beton semakin encer dan semakin sulit untuk mengikat agregat sehingga kekuatan beton yang dihasilkan semakin rendah. Pengamatan workabilitas beton dilapangan pada umumnya dilakukan dengan *slump test*. Pengetesan ini merupakan petunjuk dari sifat mobilitas dan stabilitas beton. Nevile (1981) menuliskan bahwa slump test bermanfaat untuk mengamati variasi keseragaman campuran. Murdock (1986) membuat suatu hubungan antara tingkat workabilitas, nilai slump dan faktor kepadatan adukan sebagai berikut:

Tabel 2.1. Hubungan tingkat workabilitas, nilai slump dan tingkat

Tingkat Workabilitas	kepadatan Adukan Nilai Slump	Faktor Kepadatan
Sangat Rendah	0 - 25	0,8 - 0,87
Rendah Sampai Sedang	25 - 50	0,87 - 0,93
Sedang Sampai Tinggi	50 -100	0,93 - 0,95
Tinggi	100 - 175	> 0, 95

Sumber: SNI 03-282-2000

Pengukuran workabilitas pada mortar beton dilakukan dengan pemeriksaan meja getar (*flow tabel*) sesuai dengan ASTM C124-39. Hasil test ini menunjukkan konsistensi mortar dengan mengukur tingkat penyebaran campuran ketika menerima sentakan pada *flow tabel* selama 15 kali dalam 15 detik. nilai fluiditas didefinisikan sebagai peningkatan diameter penyebaran mortar segar (D dalam cm) dikurangi diameter sebelumnya (10 cm) secara matematis.

2.5.2 Segregasi

Segregasi adalah kecenderungan pemisah bahan-bahan pembentuk beton. Neville (1981:223) menuliskan bahwa terdapat dua bentuk segregasi beton segar yaitu:

1. Partikel yang lebih kasar cenderung memisahkan diri dari partikel yang lebih halus.
2. Terpisahnya air semen dari adukan.

Segresi sangat besar pengaruhnya terhadap sifat beton keras. Jika tingkat segresi beton sangat tinggi, maka ketidak sempurnaan konstruksi beton juga tinggi. Hal ini dapat berupa keropos, terdapat lapisan yang lemah dan berpori, permukaan nampak bersisik dan tidak merata.

2.5.3 Penyusutan

Penyusutan secara umum adalah perubahan volume yang tidak berhubungan dengan beban. Adapun proses susut pada beton sebagai berikut:

1. Penyusutan awal, akibat kehilangan air pada proses penguapan dan perembesan melalui acuan.
2. Penyusutan akibat suhu ketika beton mulai dingin. Penyusutan ini masih dapat di atasi dengan perawatan yang baik. Terjadinya penyusutan akan berakibat retak-retak plastis pada beton. Retak yang lebih luas dari 0,15 mm tidak akan menimbulkan masuknya air pada tulangan (dapat diabaikan). Retak-retak sebesar (0,15-0,5 mm) perlu diatasi dengan menutup retakan tersebut (dengan *latex* dan lain-lain).

2.5.4 Keawetan

Keawetan beton merupakan lamanya waktu pada material untuk dapat melanjutkan pemakaiannya seperti yang telah di rencanakan, walaupun terjadi serangan dari luar maupun fisik, mekanik, dan kimia. Adapun pengaruh luar yang dapat merusak beton adalah pengaruh cuaca (hujan, sinar matahari) silih berganti dan perusak kimiawi, misalnya air limbah/buangan, air laut, lemak gula dan sebagainya. Untuk mengatasi hal tersebut yaitu :

1. Permukaan harus mulus (misalnya *exposed concrete*).
2. Tidak rongga (*porous*) dalam artian pemadatan harus baik.
3. Menambah bahan tambahan tertentu untuk keperluan khusus.

2.5.5 Pengaruh Suhu

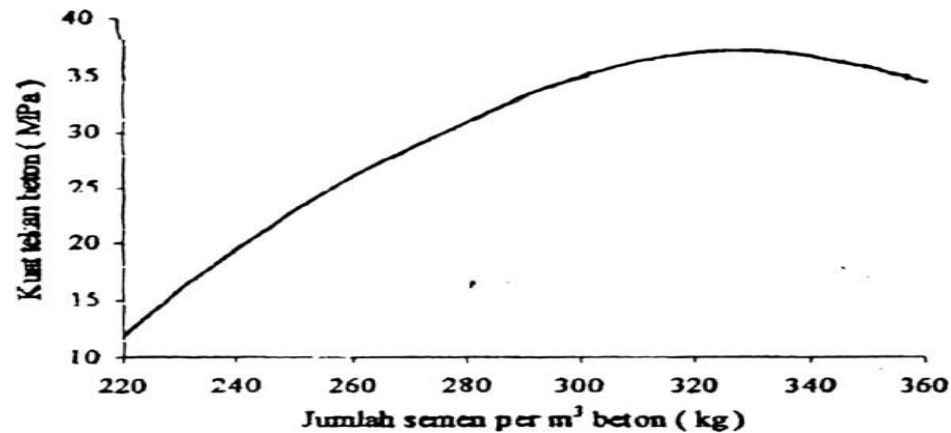
Harga koefisien pemuaian suhu pada beton berubah-ubah tergantung banyaknya maksud praktis dapat diambil sebesar $1,0 \times 10^{-6}$ tiap °C (beton normal).

2.6 Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

2.6.1 Jumlah Semen

Jumlah kandungan semen dalam beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Jika faktor air semen sama (*slump* berubah), beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi. Pada jumlah semen yang terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori dan akhirnya kuat tekan beton

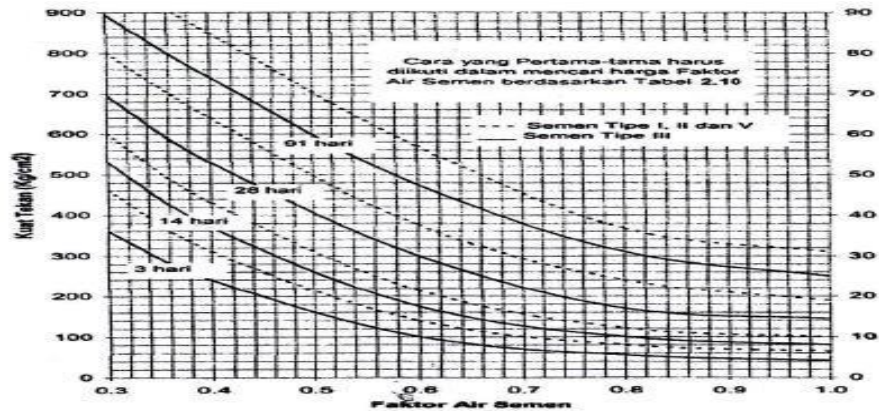
akan menjadi rendah. Jika nilai slump sama (fas berubah), beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi (Tjokrodimuljo, k. 1998).



Gambar 2.1. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen
Sumber: Tjokrodimuljo, k.1998

2.6.2 Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) adalah angka yang menunjukkan antara berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen, berarti semakin kental campuran beton yang dihasilkan dan semakin tinggi juga kuat tekan beton yang dihasilkan. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kuat tekan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah dapat menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan (*unworkability*) yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang menyebabkan mutu beton menurun, seperti tampak pada grafik.



Gambar 2.2. Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen
Sumber: Ir. Tri Mulyono, MT, 2004, Teknologi Beton

Grafik 2.3. Tampak bahwa idealnya semakin besar nilai fas semakin rendah kuat tekan betonnya dan sebaliknya semakin rendah nilai fas kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pematatan maka di bawah fas tertentu (sekitar 0,3) kekuatan beton menjadi lebih rendah, karena betonnya kurang padat akibat kesulitan pematatan. Untuk mengatasi kesulitan dapat digunakan alat getar (*vibrator*) atau dengan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat menambah kemudahan pengerjaan (Tjokrodimuljo, K.1992).

Hubungan antara faktor air semen (FAS) dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan (Duff Abrams, 1919), yaitu sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{1,5} x} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

x = Perbandingan volume antara air dan semen (Fas)

A, B = Konstanta

2.6.3 Sifat Agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut. Pada agregat berukuran besar luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan dengan pasta semen menjadi berkurang (Tjokrodimulyo, 1996).

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Komposisi agregat tersebut berkisar 60-70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, peran agregat menjadi penting. Karena itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan.

2.6.3.1 Sifat Agregat Halus

Sifat pada agregat halus dibedakan menjadi dua macam, yaitu sifat berdasarkan jenis/sumbernya dan gradasi agregatnya. Agregat halus berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi dua, yaitu agregat halus berasal dari alami dan pabrikan. Contoh agregat halus yang berasal dari daratan yaitu pasir dari tanah galian, pesisir pantai dan sumur-sumur yang mengandung pasir.

1. Agregat Halus Berdasarkan Sumber

a. Agregat Alam

Agregat yang terbentuk dari proses alam (erosi dan degrasi) sehingga minimal dari proses pengolahan. Berikut jenis- jenis agregat halus:

1) Pasir galian.

Pasir yang dihasilkan dari permukaan tanah atau menggali dalam tanah. pasir jenis ini umumnya tajam, bersudut , hanya kotor oleh lumpur dan bebas dari kandungan garam .

2) Pasir sungai.

Pasir yang di peroleh dari sungai. Pasir jenis ini umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, karena bentuknya bulat daya rekatnya antara butir menjadi kurang baik.

3) Pasir laut

Pasir yang diambil dari laut dan pantai, bentuknya halus dan bulat. Pasir ini kurangbaik buat bahan bangunan karena mengandung garam.

b. Agregat Pabrikasi

Yaitu hasil pengolahan agregat alam yakni batu gunung atau sungai yang kemudian di pecah lagi agar dapat digunakan sebagai bahan konstruksi. Berdasarkan jenisnya agregat yang baik untuk beton adalah agregat alam berupa pasir sungai. Pasir sungai ini dikatakan baik untuk beton dan dapat memberikan kekuatan tekan beton, karena dari sumbernya, agregat halus ini berada di sungai yang butirannya sudah bersih dari kotoran karena pengaruh aliran sungai.

2. Gradasi Agregat Halus

Gradasi agregat halus adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Gradasi yang baik dan teratur (*continous*) dan agregat halus akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi di bandingkan dengan agregat yang bergradasi seragam.

Gradasi yang baik adalah yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan yang lebih besar dari 45% yang tertahan pada ayakan berikutnya.

Berdasarkan gradasinya pasir di bagi menjadi empat, yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus dan pasir halus. Gradasi dan keseragaman agregat halus lebih menentukan kecekan atau *workability* dari pada gradasi dan keseragaman agregat kasar, karena mortar berfungsi sebagai pelumas sedangkan agregat kasar mengisi ruang saja. Pasir merupakan agregat halus yang ukurannya 0,15 mm dan 5 mm.

Untuk menentukan golongan pasir dilakukan dengan analisa gradasi agregat. Sebagai pernyataan gradasi yang dipakai nilai persentase dan berat butiran yang tertinggal atau lewat didalam suatu susunan ayakan.

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Halus Menurut SNI

Ukuran saringan	Persentase Berat Butiran Lewat Ayakan			
	Pasir Kasar	Pasir Agak Kasar	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi I	Gradasi II	Gradasi III	Gradasi IV
9,6	100-100	100-100	100-100	100-100
4,8	90-100	90-100	92-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(sumber : SNI 03-282-2000)

Keterangan :
Gradasi I : Pasir kasar

Gradasi II : Pasir Agak Kasar
Gradasi III: Pasir Agak Halus.
Gradasi IV : Pasir Halus

Menurut batasan gradasinya dapat di simpulkan bahwa agregat yang digunakan untuk beton dan berpengaruh untuk peningkatan kuat tekan beton adalah pasir dengan daerah gradasi I berupa pasir kasar. Dalam hal ini pasir kasar akan sangat baik dalam mengikat bahan pembentuk beton lainnya dan dapat menentukan kekecekan beton.

2.6.3.2 Sifat Agregat Kasar

Perbedaan antara agregat kasar dan halus adalah pada ukuran 4,80 mm. Agregat halus adalah agregat yang lebih kecil dari ukuran 4,80 mm, sedangkan agregat kasar adalah agregat yang lebih besar dari 4,80 mm. Agregat kasar berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi dua golongan, yaitu agregat yang berasal dari alam dan agregat buatan. Contoh agregat yang berasal dari alam adalah kerikil/koral sungai, sedangkan contoh agregat buatan adalah agregat yang berasal dari *stone crusher*, pecahan genteng, split. Ukuran agregat yang berbeda-beda memiliki pengaruh terhadap kuat tekan beton.

Syarta-syarat agregat kasar yang akan di campurkan sebagai adukan beton adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar terdiri dari butiran keras dan tidak berpori. Dari kadar agregat yang lemah bila di uji dengan cara di gores menggunakan batang tembaga maksimum 5%.
2. Agregat kasar terdiri dari butiran pipih dan panjang hanya bisa dipakai jika jumlah butiran pipih dan panjang dari 20 % berat agregat seluruhnya.

3. Butir-butir agregat harus bersifat kekal (tidak pecah atau hancur) oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, contohnya zat-zat reaktif dari alkali.
5. Lumpur yang terkandung dalam agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% dari berat agregat kasarnya. Apabila lebih dari 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu dengan air yang bersih.
6. Sifat kekal agregat kasar bila di uji dengan larutan garam sulfat, maka di sarankan bila menggunakam natrium sulfat, bagian yang hancur akan maksimum 2% di samping itu juga apabila menggunakan magnesium sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
7. Besar butiran agregat kasar maksimum tidak boleh lebih dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antar bidang-bidang samping dari cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat, atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau bekas tulangan.
8. Keausan dari butir-butir agregat kasar di periksa dengan mesin *los angeles* dengan syarat-syarat tertentu.
9. Agregat kasar terdiri dari butir-butir beraneka ragam besarnya dan tidak melewati saringan 4,75mm.

Berdasarkan asalnya agregat kasar terbagi menjadi dua yaitu:

1. Agregat kasar berdasarkan asalnya.
 - a. Agregat alam.

Agregat yang berasal dari penghancuran oleh alam dari batuan induknya.

Biasanya ditemukan di sekitar sungai atau daratan. Agregat jenis ini secara alamiah berasal dari pelapukan dari batuan besar, baik dari beku, sedimen maupun *metamorf*. Bentuknya bulat tetapi biasanya banyak tercampur dengan kotoran dan tanah liat. Oleh karena itu jika digunakan untuk beton, agregat ini harus dicuci terlebih dahulu.

Agregat alam terdiri dari dua jenis yaitu:

1) Kerikil.

Kerikil adalah agregat yang berasal dari penghancuran oleh alam daribatuan induknya. Biasanya ditemukan di sungai atau daratan, serta mempunyai ukuran butiran 4,8-40mm.

2) Agregat batu pecah.

Batu pecah atau sering disebut *kricak*, yaitu agregat yang terbuat dari batu alam yang dipecah untuk mendapatkan ukuran butiran tertentu. Diproduksi dari bongkahan-bongkahan batun hasil peledakan, kemudian dipecahkan lagi dengan palu atau alat mekanis (*breaker/crusher*) untuk disesuaikan dengan kebutuhan. Menurut ukurannya, agregat batu pecah atau kricak dapat dibedakan menjadi lima yaitu:

- a) Ukuran butiran : 5-10 mm disebut kricak halus.
- b) Ukuran butiran : 10-20mm disebut kricak sedang.
- c) Ukuran butiran : 20-40 mm disebut kricak kasar.
- d) Ukuran butiran : 40-70 mm disebut kricak kasar sekali.
- e) Ukuran butiran : < 70 mm digunakan untuk konstruksi beton siklop.

b. Agregat buatan.

Merupakan agregat yang dibuat dengan tujuan penggunaan khusus karena kekurangan agregat alam. Contoh dari agregat buatan adalah agregat yang berasal dari tanah liat yang dibakar (*leca-light weight expanded clay agregat*), *hydite* berasal dari tanah liat yang dibakar pada tungku vertikal, dan *lelite* yang terbuat dari batuan *metamorf* atau *shale* yang mengandung karbon kemudian dipecah dan dibakar dengan tungku vertikal dengan suhu tertentu (Tjokrodimuljo, K, 2007). Berdasarkan penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa batuan alam yang di pecahkan (*kricak*) merupakan jenis agregat kasar yang lebih baik digunakan sebagai bahan pembentuk beton. Hal ini di karenakan bahwa *kricak* telah melalui proses pemecahan untuk mendapatkan ukuran butiran tertentu yang dikehendaki dan ukuran butir batu pecah sangat baik dipergunakan untuk beton adalah ukuran 10-20 mm karena ukuran tersebut terdapat dalam adukan beton mampu secara penuh mengisi beton, sehingga sangat kecil kemungkinan menyisakan rongga pada beton dan tentunya akan sangat membantu memberikan kekuatan tekan beton.

Agregat kasar berdasarkan bentuknya:

1. Agregat kasar berdasarkan bentuknya

a. Agregat bulat

Umunya agregat ini berbentuk bulat atau bulat telur. Permukaannya agak licin, pengaruh gesekan selama transportasi terbawa oleh arus air. Agregat ini terbentuk karena terjadinya pengikisan oleh air, rongga udaranya minimum

33% sehingga rasio luas permukaannya kecil. Agregat ini kurang cocok untuk beton mutu tinggi, karena ikatan antar agregat kurang kuat.

b. Agregat bulat sebagian

Agregat ini memiliki rongga udara lebih tinggi, sekitar 35-38% sehingga membutuhkan lebih banyak pasta semen agar mudah dikerjakan. Beton yang dihasilkan dari agregat ini belum cukup baik untuk beton mutu tinggi, karena ikatan antar agregat belum cukup baik.

c. Agregat bersudut

Bentuk agregat jenis ini tidak beraturan, mempunyai sudut sudut yang tajam dan permukaannya kasar. yang termasuk jenis ini adalah semua jenis batu hasil pemecahan dengan mesin. Agregat bersudut mempunyai rongga udara berkisar antara 3-40%. Beton yang dihasilkan dari agregat ini cocok untuk beton mutu tinggi karena ikatan antar agregat kuat.

d. Agregat panjang

Agregat ini panjangnya lebih besar daripada lebarnya dan lebarnya jauh lebih besar daripada tebalnya. Agregat disebut panjang jika ukuran terbesarnya lebih dari $\frac{9}{5}$ dari ukuran rata-rata. Agregat jenis ini akan berpengaruh buruk pada mutu beton yang akan dibuat.

e. Agregat pipih

Disebut pipih bila tebalnya jauh lebih kecil dari dimensi lainnya. Biasanya disebut agregat pipih jika ukuran terkecil kurang dari $\frac{3}{5}$ ukuran rata-ratanya.

f. Agregat pipih dan panjang

Agregat jenis ini mempunyai panjang yang jauh lebih besar dari pada lebarnya, sedangkan lebarnya jauh lebih besar dari tebalnya.

2. Gradasi Agregat Kasar

Ukuran butiran agregat kasar juga akan mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat. Penelitian Iarrard (1990) menyebutkan bahwa butiran maksimum yang memberikan arti nyata untuk membuat beton mutu tinggi tidak boleh lebih dari 15mm. namun demikian pemakaian butiran agregat sampai dengan 25 mm masih memungkinkan di peroleh beton mutu tinggi dalam proses produksinya.

Menurut batas gradasinya, agregat kasar dapat mempengaruhi kuat tekan beton adalah agregat dengan ukuran 19-20 mm, hal ini dikarenakan agregat dengan butiran ini apabila dalam beton akan mudah mengisi secara merata, mudah untuk saling mengikat dan tidak menyisakan rongga.

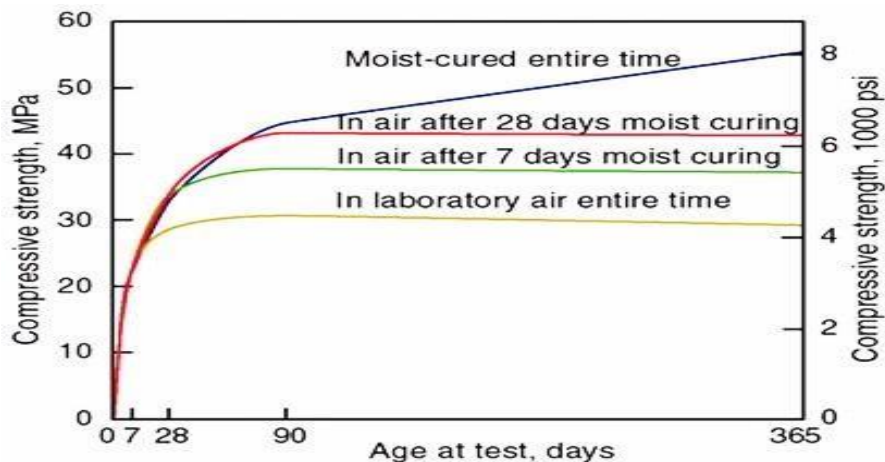
Tabel 2.3 Persyaratan Batas- Batas Susunan Besar Butiran Agregat Kasar

Ukuran mata ayakan	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	38-4,76	19,0-4,76	9,52-4,76
38,1	95-100	100	0
19,0	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,76	0-5	0-10	0-10

Sumber : SNI -03-2834-2000.

2.6.4 Umur Beton

Kekuatan beton akan bertambah dengan bertambahnya umur beton tersebut. Kecepatan bertambahnya kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh factor lain yaitu suhu perawatan beton karena semakin tinggi suhu perawatan maka semakin cepat tua umur beton, dan faktor air semen karena semakin tinggi faktor air semen maka semakin rendah kuat tekan beton.



Gambar 2.3 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan
Sumber : Murdock (1986)

Laju kenaikan kuat tekan beton bermula cepat, lama-lama laju kenaikan itu semakin lambat dan laju kenaikan tersebut menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari, sehingga secara umum dianggap tidak naik lagi setelah berumur 28 hari. Oleh karena itu, sebagai standar kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

2.6.5 Pengaruh Bahan Tambah (*admixture*)

Menurut ASTM C.125-1995:61, "Standard Definition of Terminology Relating

to Concrete and Concrete Agregates” dan dalam ACI SP-19, “Cement and Concrete Terminology”, *admixture* didefinisikan sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampur dengan beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk kemudahan pengerjaan atau untuk lain yaitu penghematan energi. *Admixture* dapat dibedakan tiga jenis, yaitu bahan tambah yang bersifat kimia (*chemical admixtures*), bahan tambah yang bersifat mineral (*mineral admixtures*) yang biasa disebut *additive*, dan bahan tambah bersifat serat.

1. Bahan tambah kimia (*Cheminal admixtures*)

Cheminal admixtures merupakan bahan tambahan yang dihasilkan melalui proses kimia yang berfungsi untuk mengubah sifat fisik dan kimia pasta semen maupun beton keras. *cheminal admixtures* biasanya berbentuk cairan menjadi beberapa jenis yaitu :

a. Type A, *Water Reducing Admixtures*.

Water Reducing Admixtures adalah bahan tambahan yang mengurangi air pencampuran yang di perlukan untuk menghasilkan beton dan konsistensi tertentu.

b. Type B, *Retarding Admixtures*.

Retarding Admixtures adalah bahan tambahan yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton *ready mix* untuk lokasi yang sulit dijangkau, banyak di pakai pada saat pembangunan konstruksi pada waktu musim panas.

c. Type C, *Accelerating Admixtures*.

Accelerating Admixtures adalah bahan tambahan yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan perkembangan kekuatan awal beton. Bahan digunakan untuk mengurangi waktu pengeringan dan mempercepat pencapaian kekuatan beton.

d. Type D, *Water Reducing And Retarding Admixtures*.

Water Reducing And Retarding Admixtures adalah bahan tambahan yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan awal beton. Bahan ini juga akan mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air.

e. Type E, *Water Reducing And Retarding Admixtures*.

Water Reducing And Retarding Admixtures adalah bahan tambahan yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton. Bahan ini juga akan mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air artinya fas yang digunakan tetap dengan menguramgi kandungan air.

f. Type F, *Water Reducing And High Range Admixtures*.

Water Reducing And High Range Admixtures adalah bahan tambahan yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang di perlukan untuk

mehasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Kadar pengurangan air dalam bahan ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang di hasikan lebih tinggi dengan air yang sedikit, tetapi tingkat kemudahan pengerjaan juga lebih tinggi. Jenis bahan tambahan ini dapat berupa *superplasticizer*.

g. Type G, *Water Reducing, High Range And Retarding Admixtures*.

Water Reducing, High Range And Retarding Admixtures adalah bahan tambahan yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang di perlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis tambahan ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan menunda waktu pengikat beton. Biasanya digunakan untuk kondisi perkerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelolah beton yang sebabkan oleh keterbatasan ruang kerja.

2. Bahan tambah mineral (*mineral admixtures*)

Bahan tambah mineral ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk kinerja beton. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah *pozollan, fly ash, slag*, dan *silica fume*.

a. Abu Terbang Batu Bara (*fly ash*)

Menurut ASTM C.618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batubara. *Fly ash* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu abu terbang yang normal yang

dihasilkan dari pembakaran batubara *antrasit* atau batubara *bitomius* dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari batubara jenis *lignite* atau *subbitumeus*. Abu terbang kelas C kemungkinan mengandung kapur (*lime*) lebih dari 10% dari beratnya.

b. *Slag*

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Defenisi *Slag* dalam ASTM adalah produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya kedalam air. Keuntungan menggunakan *Slag* dalam campuran beton adalah sebagai berikut (Lewis, 1982).

- 1) Mempertinggi kuat tekan beton karena kecendrungan melambatnya kenaikan kekuatan tekan.
- 2) Menaikkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan beton.
- 3) Mengurangi variasi kekutan tekan beton.
- 4) Mempertinggi kekuatan terhadap sulfat dalam air laut.
- 5) Mengurangi serangan alkali-silika.
- 6) Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu.
- 7) Memperbaiki penyelesaian akhir dan memberi warna cerah pada beton.
- 8) Mempertinggi keawetan karena pengaruh perubahan volume.
- 9) Mengurangi porositas dan serangan klorida

Faktor-faktor untuk menentukan sifat penyemenan (*cementious*) dalam slag adalah komposisi kimia, konsentrasi alkali dan reaksi terhadap sistem, kandungan

kaca dalam slag, kehalusan, dan temperatur yang ditimbulkan selama proses hidrasi berlangsung (Cain, 1994:505). Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral ini adalah :

- a) Memperbaiki kinerja *workability*.
- b) Mengurangi panas hidrasi.
- c) Mengurangi biaya pekerjaan beton.
- d) Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
- e) Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika.
- f) Mempertinggi usia beton.
- g) Mempertinggi kekuatan tekan beton.
- h) Mempertinggi keawetan beton.
- i) Mengurangi penyusutan.
- j) Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

c. *Silica Fume*

Menurut standar ASTM *silica fume* adalah material *pozzolon* yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau alloy besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *microsilika* dengan silika fume). Penggunaan *silica fume* dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi. Beton dengan kekuatan tinggi digunakan misalnya untuk kolom struktur atau dinding geser, pre-cast atau beton pra-tegang dan beberapa keperluan lain.

Kriteria kekuatan beton berkinerja tinggi saat ini sekitar 50-70 Mpa untuk 28 hari. Penggunaan *silica fume* berkisar antara 0-30% untuk memperbaiki karakteristik kekuatan dan keawetan beton dengan faktor air semen sebesar 0.34 dan 0.28 dengan atau tanpa bahan *superplastisizer* dan nilai slump 50 mm (Yogendran, et al, 1987:124-129).

d. *Pozzolan*

Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa *silica* dan *alumina* dimana bahan *pozzolan* itu sendiri tidak mempunyai sifat seperti semen, akan tetapi dengan bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidroksida (senyawa hasil reaksi antara semen dan air) pada suhu kamar membentuk senyawa kalsium aluminat hidrat yang mempunyai sifat seperti semen.

3. Bahan Tambah Serat

Beton serat adalah beton yang cara pembuatannya ditambah serat. Tujuan penambahan serat tersebut adalah untuk meningkatkan kuat tarik beton, sehingga beton bertahan terhadap gaya tarik akibat, cuaca, iklim dan temperatur yang biasa terjadi pada beton dengan permukannya yang luas. Jenis serat yang dapat digunakan dalam beton serat dapat dibagi menjadi 2 serat yaitu:

a. Serat alami

Serat alami adalah serat yang berasal dari alam, baik itu serat dari hewan maupun dari tumbuhan. Serat alam yang sering digunakan pada campuran beton antara lain adalah serat tebu, serat ijuk, serat serabut kelapa, serat kayu.

b. Serat baja

Serat baja biasanya digunakan sebagai pengganti agregat kasar, dari penelitian-penelitian yang pernah dilakukan serat baja terbukti menambah kuat tekan beton.

c. Serat buatan

Serat Buatan, umumnya terbuat dari senyawa-senyawa polimer yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap pengaruh cuaca, contohnya *polypropylene*, *polyetilene* dan lain-lain.

2.7 Bahan Tambah *Sika Fume*

Sika Fume merupakan generasi terbaru dari *additive* beton dalam bentuk bubuk halus yang didasarkan pada teknologi *Silica Fume*. *Sika Fume* digunakan sebagai *additive* yang sangat efektif untuk menghasilkan beton dengan kualitas tinggi sesuai standar ASTM 1240-00. *Sika Fume* digunakan untuk meningkatkan kepadatan, daya tahan dan kuat tekan beton. Dalam campuran beton, partikel halus *Sika Fume* yang lebih halus 0.1 *milimicro* dari butiran semen akan mengisi celah pada campuran sehingga rongga udara berkurang dan campuran lebih padat. Penggunaan *Sika Fume* akan meningkatkan kemampuan beton dengan cara:

1. Memperkecil *permeability* sehingga kemampuan durabilitas beton bertambah baik.
2. Memperbaiki daya ikat dan stabilitas beton segar.
3. Meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi.

4. Mempertinggi kekuatan stabilitas beton
5. Penyusupan klorin menurun tajam.
6. Resapan terhadap gas menurun tajam.
7. Memperkecil terjadinya *shrinkage*.
8. Kuat tekan awal dan akhir tinggi.

Melihat dari faktor keuntungan yang diberikan bila menggunakan *Sika Fume*, maka *Sika Fume* dapat digunakan pada konstruksi irigasi, PLTA, jembatan, terowongan, dermaga dimana proses hidrasi rendah (Sika Indonesia).

2.8 Rumus Pengolahan Data Uji Kuat Tekan

Setelah didapat data dari hasil uji kuat tekan beton masing-masing benda uji, maka data tersebut diolah dengan menggunakan rumus-rumus ketentuan dari PBBI, 1971 N.I.-2 sebagai berikut:

1. Rumus Kuat tekan Beton

$$\sigma_{bi} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

σ_{bi} = Kuat tekan beton masing - masing benda uji (kg/cm²)

P = Beban (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

2. Rumus Kuat Tekan Beton Rata - rata

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_{bi}}{N} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

S = Deviasi standar (kg/cm²)

σ_{bm} = Kuat tekan rata - rata (kg/cm²)

σ_{bi} = Kuat tekan beton (kg/cm²)
 N = jumlah benda uji

3. Rumus Deviasi Standard

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

S = Deviasi standar (kg/cm²)
 σ_{bm} = Kuat tekan rata - rata (kg/cm²)
 σ_{bi} = Kuat tekan beton (kg/cm²)
 N = Jumlah benda uji

4. Rumus Kuat Tekan Beton Karakteristik

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - 1,28 \cdot S \dots\dots\dots (2.5)$$

keterangan :

σ_{bk} = Kuat Tekan Karakteristik(kg/cm²)
 σ_{bm} = Kuat tekan rata - rata (kg/cm²)
 1,28 = Konstanta
 S = Deviasi Standar (kg/cm²)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Tujuan

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Labolaturium PT Adiguna Sembada Jalan Soekarno Hatta di samping SPBU H. Romi Herton Palembang.

3.2 Alat-alat yang digunakan

1. Timbangan

Alat ini digunakan untuk menentukan berat bahan (semen, agregat halus dan agregat kasar) pada saat pengujian material. Timbangan yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah timbangan digital dengan kapasitasn 30 kg.



Gambar 3.1 Timbangan digital

2. Saringan atau ayakan

Alat ini digunakan untuk menentukan gradasi atau ukuran agregat kasar dan agregat halus. Ukuran ayakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan atau saringan No. 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{4}$ ", 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200, dan PAN.



Gambar 3.2 Saringan

3. Alat Penguncang (*Sieve Shaker*)

Alat ini digunakan untuk menggetarkan agregat halus didalam saringan ASTM. Alat ini memudahkan pekerjaan dibandingkan penggetaran secara manual.



Gambar 3.3 Alat Penguncang (*Sieve Shaker*)

4. Labu Ukur dan Piknometer

Alat ini digunakan sebagai takaran agregat halus dan semen saat pengujian

berat jenis pasir dan berat jenis semen.



Gambar 3.4 Labu Ukur (*Pycnometer*)

5. Oven

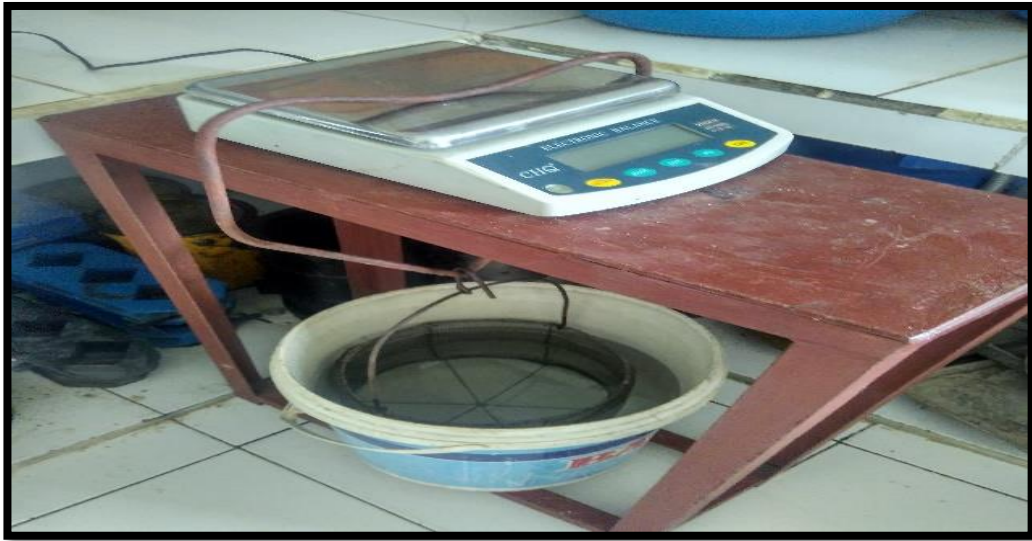
Alat ini digunakan untuk mengeringkan agregat halus dan agregat kasar yang digunakan pada pengujian material.



Gambar 3.5 Oven

6. *Specific gravity*

Alat ini digunakan untuk mengetahui berat jenis dari agregat kasar dan kemampuannya dalam menyerap air. Alat ini terdiri dari keranjang kawat sebagai wadah material dan bak perendam.



Gambar 3.6 *Specific Grafity*

7. Cetakan



Gambar 3.7 Cetakan

Cetakan untuk membuat benda uji yang berhubungan langsung dengan beton harus terbuat dari baja, besi atau bahan lain yang tidak menyerap air, tidak bereaksi terhadap campuran beton dan cetakan harus sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan. Cetakan yang dipakai untuk mencetak benda uji dalam penelitian ini adalah cetakan yang berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.

8. Alat Uji *Slump*

Alat ini digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan atau kepadatan adukan dan untuk mengetahui nilai slump atau penurunan dari adukan beton.



Gambar 3.8 Alat Uji *Slump*

9. *Table Vibrator*

Alat ini digunakan setelah proses campuran beton dimasukkan kedalam cetakan dan pemadatan dengan batang penusuk dilakukan alat ini berguna untuk penambahan pemadatan dengan cara meletakkan benda uji diatas alat tersebut lalu digetarkan.



Gambar 3.9 *Table Vibrator*

10. Alat Pengaduk/ Molen (*Concrete Mixer*)

Alat ini digunakan untuk pengadukan beton. Alat ini mengaduk secara langsung sesuai dengan banyaknya adukan yang diperlukan untuk pembuatan benda uji.



Gambar 3.10 Alat Pengaduk Beton (*Concrete Mix*)

11. Bak Perendam

Bak perendaman ini digunakan untuk merendam beton yang sudah dicetak selama beberapa hari sampai umur perawatan yang sudah ditentukan.



Gambar 3.11 Bak Perendam

12. Mesin Uji Kuat Tekan

Alat ini digunakan untuk memeriksa kuat tekan beton berkapasitas ± 2000 KN dengan ketelitian 1 KN.



Gambar 3.12 Alat Uji Kuat Tekan

3.3 Bahan-bahan yang digunakan

1. Semen

Jenis semen yang dipakai untuk penelitian ini adalah semen Portland type I yang diproduksi oleh PT. Semen Baturaja.



Gambar 3.13 Semen Baturaja Type I

2. Agregat Halus



Gambar 3.14 Pasir Tanjung Raja

Agregat halus adalah agregat yang butirannya antara 0,15-4,8 mm. Agregat

halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Tanjung Raja.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah berupa batuan pecah yang digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa batu pecah dengan ukuran diameter 10-20 mm yang berasal dari daerah Bojonegoro.



Gambar 3.15 Split bojonogoro

4. Air

Air yang digunakan dapat mempermudah pekerjaan pembuatan beton agar sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

5. Bahan Tambah *sika fume*.

Bahan tambah yang dipakai dalam penelitian ini adalah *sika fume*, *Sika Fume* digunakan sebagai *additive* yang sangat efektif untuk menghasilkan beton dengan kualitas tinggi sesuai standar ASTM 1240-00. *Sika Fume* digunakan untuk meningkatkan kepadatan, daya tahan dan kuat tekan beton.



Gambar 3.16 Sika Fume

3.4 Pengujian Material

Untuk mencapai kekuatan beton yang di inginkan sesuai dengan perencanaan serta setelah bahan yang akan digunakan telah lengkap dan lokasi penelitian sudah siap digunakan maka dilakukan pengujian material. Pengujian material ini dilakukan untuk mengetahui mutu dari material baik agregat halus dan agregat kasar.

3.4.1.3 Pengujian Agegat Halus

3.4.1.1 Analisa Saringan Agegat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat dengan menggunakan saringan.

1. Alat-alat yang di gunakan :
 - a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
 - b. Saringan yang tersusun dari ukuran no 2", 1 1/2 ", 1", 3/4 ", 1/2", 3/8", 1/4", 4", 8", 16", 30", 50", 100", 200" dan PAN.

- c. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$.
 - d. Mesin penggetar.
 - e. Pan dan cawan.
 - f. Kuas, sikat dan lain-lain.
2. Bahan yang digunakan
- Agregat halus (pasir) yang berasal dari Tanjung Raja.
3. Langkah kerja
- a. Persiapkan benda uji (pasir), dalam keadaan bersih dari kadar lumpur.
 - b. Persiapkan saringan berdasarkan nomor saringan dan susun saringan mulai dari nomor terbesar diatas sampai nomor terkecil serta pan diletakkan di bawah.
 - c. Letakkan saringan pada mesin penggetar dan masukan benda uji kedalam saringan, kemudian getarkan menggunakan alat *sieve shaker* selama 15 menit.
 - d. Setelah itu timbang berat agregat yang tertahan diatas masing-masing lubang ayakan.
 - e. Pengolahan data.

Setelah dilakukan pengujian analisa saringan agregat halus maka didapatlah hasil uji agregat yaitu, Passing #200 sieve = 3,00 gram, dan Finenes modulus = 2,48 (data terlampir).

3.4.3.2 Pengujian Berat Jenis SSD Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis

kering permukaan jenuh, berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan dari agregat halus.

1. Berat jenis (*bulk specific gravity*) yaitu perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
2. Berat jenis kering permukaan jenis (*saturated surface dry, SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) yaitu perbandingan agregat kering oven dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
4. Penyerapan air persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.
 - a. Alat-alat yang digunakan :
 - 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
 - 2) Piknometer (labu ukur) dengan kapasitas 500 ml.
 - 3) Kerucut terpancang (*kone*), diameter atas (40+3) mm, diameter bawah (90+3) mm dan tingginya (75+3) mm terbuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
 - 4) Batang penumbuk dengan permukaan rata, dan diameter penumbuk (25+3)mm, berat (340+15).
 - 5) Cawan.

6) Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $(110+5)^{\circ}\text{C}$.

7) Bejana tempat air.

8) Air suling.

b. Bahan yang digunakan

Benda uji adalah agregat yang tertahan dari saringan no.4 hingga pan diperoleh dari analisa saringan yang telah direndam selama 24 jam.

c. Langkah kerja

1) Buang air perendam hati-hati jangan sampai ada butiran yang hilang, menebarkan agregat dalam panci atau semacamnya, lalu bolak balikan benda uji tersebut hingga tercapai keadaan kering permukaan jenuh.

2) Pemeriksaan keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda kedalam kerucut terpancang, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, lalu angkat kerucut terpancang. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji $\frac{1}{3}$ dari kerucut.

3) Setelah mencapai keadaan kering permukaan jenuh, ambil agregat sebanyak 500 gram dan masukan ke dalam piknometer, masukan air bersih mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya, atau dengan cara dipompa hampa udara atau merebus piknometer.

4) Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.

5) Timbang piknometer berisi air & benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).

- 6) Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap kemudian diinginkan.
- 7) Setelah dingin kemudian timbang (Bk).
- 8) Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

d. Perhitungan

1. Berat Jenis (*bulk specific gravity*)

$$\frac{Bk}{B+500-Bt} \dots\dots\dots (3.1)$$

2. Berat Jenis Permukaan (*saturated surface dry*)

$$\frac{500}{B+500-Bt} \dots\dots\dots (3.2)$$

3. Berat Jenis Semu (*apparent specific gravity*)

$$\frac{Bk}{B+500-Bt} \dots\dots\dots (3.3)$$

4. Penyerapan

$$\frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

- Bk = Berat benda uji kering oven
 Bt = Berat labu ukur + benda uji + air
 B = Berat labu ukur + air
 500 = Berat benda uji

Setelah dilakukan pengujian berat jenis maka didapatlah hasil uji material yaitu, Berat jenis (SSD) = 2,1,56 gr/cc dan Penyerapan agregat halus = 1,21% (Data Terlampir).

3.4.3.3 Berat Isi Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat isi agregat halus, berat isi

merupakan perbandingan berat dan volume.

1. Alat-alat yang digunakan :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- b. PAN atau cawan.
- c. Tongkat pemadat berdiameter 15 mm dengan panjang 60 cm dengan ujung bulat.
- d. Mistar perata.
- e. Wadah baja berbentuk silinder dengan alat pemegang.

2. Bahan yang digunakan

Agregat halus (pasir) yang berasal dari Tanjung Raja, dimasukkan kedalam ban atau container sebanyak kapasitas wadah, lalu keringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

3. Langkah kerja berat isi lepas

- a. Timbang dan catat berat isi silinder (W_1).
- b. Masukkan benda uji kedalam silinder sampai penuh dan padatkan lalu ratakan dengan mistar.
- c. Timbang berat wadah dan isinya (W_2).
- d. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

4. Langkah kerja berat isi padat :

- a. Timbang dan catat berat isi silinder (W_1).
- b. Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat dan tusukan sebanyak 25 kali secara merata.
- c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar.

- d. Timbang berat wadah dan isinya (W_2).
- e. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_2$).

5. Perhitungan

$$\frac{W_3}{V} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan

V = Isi wadah (m^3) = $\frac{1}{4} \pi d^2 h$

D = Diameter wadah (m)

H = Tinggi wadah (m)

Setelah dilakukan pengujian berat isi agregat maka didapatkan hasil uji agregat yaitu, Weight = 1,38 (Flowing), dan Weight = 1,47 (Rodding). (Data Terlampir).

3.4.3.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (*silt Content*)

Bertujuan untuk menentukan kadar persentasi kadar lumpur dalam agregat. Kandungan lumpur < 5% merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

1. Alat-alat yang digunakan
 - a. Cawan, dan corong
 - b. Labu ukur 500 ml
2. Bahan yang digunakan
 - a. Pasir sebanyak 200 gram
 - b. Larutan NaCl
3. Langkah kerja :
 - a. Masukkan benda uji kedalam uji kedalam labu ukur menggunakan corong dan beri NaCl hingga benda uji terendam.

- b. Guncangkan labu ukur yang telah diisi benda uji dan larutan NaCl secara vertikal sebanyak 90 kali.
- c. Diamkan selama 20 menit hingga kadar lumpur terlihat dan naik semua ke atas, lalu catat hasil yang didapat.
- d. Kemudian baca berapa tebal lumpur yang naik ke atas dan baca juga tinggi pasir dan lumpurnya.

4. Perhitungan

$$\frac{A}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :

A = Kehilangan berat (gram)

B = Berat benda uji semula (gram)

Setelah dilakukan pengujian kadar lumpur maka didapatkan hasil uji agregat yaitu, Silt content = 3,10% (Data Terlampir).

3.4.2 Pengujian Agregat Kasar

3.4.2.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat dengan menggunakan saringan.

1. Alat-alat yang di gunakan :
 - a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
 - b. Saringan yang tersusun dari ukuran no 2", 1 1/2 ", 1", 3/4 ", 1/2", 3/8", 1/4", dan 4".
 - c. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.

- d. Pan dan cawa.
 - e. Kuas, sikat dan lain-lain.
 - f. Alat penggetar.
2. Bahan yang digunakan

Agregat kasar (*split*) yang berasal dari Bojonegoro sebanyak ± 1000 gram.

3. Langkah kerja

- a. Persiapkan benda uji (*split*), dalam keadaan bersih dari kadar lumpur.
- b. Persiapkan saringan berdasarkan nomor saringan dan susun saringan mulai dari nomor terbesar diatas sampai nomor terkecil serta pan diletakkan di bawah.
- c. Letakkan saringan pada mesin penggetar dan masukan benda uji kedalam saringan, kemudian getarkan menggunakan alat *sieve shaker* selama 15 menit.
- d. Pengolahan data.

Stelah dilakukan pengujian analisa saringan agregat kasar maka didapatkan uji agregat yaitu, Percent = 0,70 (Data Terlampir).

3.4.2.2 Berat Jenis SSD dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan dari agregat halus.

1. Berat jenis (*bulk specific gravity*) yaitu perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan keadaan jenuh pada suhu tertentu.

2. Berat jenis kering permukaan jenis (*saturated surface dry, SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) yaitu perbandingan agregat kering oven dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
4. Penyerapan air persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.
 - a. Alat-alat yang digunakan
 - 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
 - 2) Alat penggantung keranjang.
 - 3) Siapkan alat *specific gravity* (keranjang besi) dengan ukuran diameter 8” dan tinggi 2,5”.
 - 4) Cawan.
 - 5) Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
 - 6) Handuk.
 - b. Bahan yang digunakan

Agregat kasar sebanyak ± 1000 gram dalam keadaan kering permukaan (*saturated surface dry, SSD*). Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah. Untuk agregat lewat saringan no.4 tidak dapat digunakan sebagai benda uji.

c. Langkah kerja :

- 1) Benda uji yang lulus saringan direndam selama 24 jam.
- 2) Setelah direndam selama 24 jam, keringkan benda uji dalam keadaan kering permukaan atau kondisi SSD dengan cara dikeringkan menggunakan haduk, setelah itu timbang beratnya.
- 3) Kemudian benda uji dimasukkan kedalam keranjang dan rendam kembali dalam air, lalu timbang berat benda uji didalam keranjang yang berada di dalam air.
- 4) Angkat benda uji, lalu oven benda uji sampai kering dengan temperatur $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 5) Setelah benda uji sudah dalam keadaan kering, timbang kembali benda uji dalam kondisi kering.

d. Perhitungan

- 1) Berat Jenis (*bulk spesific grafity*)

$$\frac{B_k}{B_i - B_a} \dots\dots\dots (3.7)$$

- 2) Berat Jenis Permukaan (*saturated surface dry*)

$$\frac{B_j}{B_i - B_a} \dots\dots\dots (3.8)$$

- 3) Berat Jenis Semu (*apparent specific gravity*)

$$\frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots (3.9)$$

- 4) Penyerapan

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan:

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B_j = Berat labu ukur + benda uji + air (gram)

B_a = Berat labu ukur + air (gram)

Setelah dilakukan pengujian berat jenis maka didapatlah hasil uji agregat yaitu, Berat jenis (SSD) = 2,60 dan Penyerapan agregat halus = 1,60 (Data Terlampir).

3.4.2.3 Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat isi agregat kasar. Berat isi merupakan perbandingan antara berat dan volume.

1. Alat-alat yang digunakan
 - a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
 - b. Pan dan cawan.
 - c. Tongkat pemadat berdiameter 15 mm dengan panjang 60 cm dengan ujung bulat.
 - d. Mistar perata.
 - e. Wadah baja berbentuk silinder dengan alat pemegang.
2. Bahan yang digunakan

Agregat kasar (split) yang berasal dari daerah Bojonegoro, lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
3. langkah kerja berat isi lepas
 - a. Timbang dan catat berat isi silinder (W_1).
 - b. Masukkan benda uji kedalam silinder sampai penuh dan padatkan lalu ratakan dengan mistar.

- c. Timbang berat wadah dan isinya (W_2).
 - d. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_2$)
4. langkah kerja berat isi padat :
- a. Timbang dan catat berat isi silinder (W_1).
 - b. Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat dan tusukan sebanyak 25 kali secara merata.
 - c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar.
 - d. Timbang berat wadah dan isinya (W_2).
 - e. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_2$).
5. Perhitungan

$$\frac{W_3}{V} \dots\dots\dots (3.11)$$

Keterangan:

$V =$ Isi wadah (m^3) = $\frac{1}{4} \pi d^2 h$

$D =$ Diameter wadah (m)

Setelah dilakukan pengujian berat isi agregat maka didapatkan hasil uji agregat yaitu, Weight = 1,34 (Flowing), dan Weight = 1,49 (Rodding). (Data terlampir).

3.5 Mix Design Beton

Pada dasarnya *Concrete Mix Design* adalah proses menentukan komposisi campuran adukan beton berdasarkan data-data dari bahan dasar untuk beton (misalnya gradasi, kadar air, berat isi, berat jenis dll).

3.6 Pembuatan Benda Uji

Material yang telah diuji dan memenuhi syarat yang sudah ditentukan untuk

campuran beton, ditimbang sesuai dengan perencanaan perhitungan, material yang terdiri dari semen, pasir dan batu pecah yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam sebuah kotak spesi kemudian diaduk. Setelah semua material tercampur merata, maka untuk selanjutnya masukkan air sedikit demi sedikit sampai air yang telah ditentukan jumlahnya habis, kemudian aduk lagi campuran sampai benar-benar homogen semua bahan campuran. Untuk beton variasi, penambahan bahan *adiktif sika fume* seiring dituangkannya air ke dalam adukan.

Tabel 3.1 Variasi campuran, umur, dan benda Uji

Variasi campuran	Variasi Umur Rendaman	Jumlah Silinder
Beton Normal	3	3
	7	3
	28	3
Beton Normal + <i>Sika fume</i> 5%	3	3
	7	3
	28	3
Beton Normal + <i>Sika fume</i> 5,5%	3	3
	7	3
	28	3
Beton Normal + <i>Sika fume</i> 6%	3	3
	7	3
	28	3
Total		36 Silinder

Sumber : Hasil Perhitungan dil Laboratoriu PT Perkasa Adiguna Sembada

3.7 Pengujian Slump (*Slump Test*)

Proses pengetesan *slump* menurut SNI 1972:2008, pengujian ini dilakukan untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan atau kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton.

Peralatan yang digunakan :

1. Corong baja berbentuk conus berlubang pada kedua sisinya, bagian bawah berdiameter 20 cm dan bagian atas 10 cm.
2. Tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang bagian ujung dibulatkan.
3. Mistar.

Prosedur pelaksanaan :

1. Bersihkan conus slump dari kotoran, kemudian tempatkan diatas bidang datar, licin dan tidak menyerap air. Masukkan adukan beton kedalam kerucut sebanyak $\frac{1}{3}$ tinggi kerucut dan padatkan dengan tongkat baja sebanyak 25 tumbukan lalu masukan adukan kedua dan ketiga dengan cara seperti yang pertama. Ratakan permukaan beton sejajar dengan tinggi kerucut.
2. Angkat cetakan secara tegak lurus.
3. Kemudian ukur penurunan.

3.8 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam benda uji beton didalam bak penampung yang berisi air secukupnya selama waktu yang telah ditentukan. Kelembapan permukaan beton itu harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan maka akan mengakibatkan beton kurang kuat dan juga timbul retak-retak. Selain itu kelembapan permukaan juga akan menambah beton lebih tahan cuaca dan lebih kedap air.

3.9 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton mencapai umur yang ditentukan, pengujian ini menggunakan alat uji tekan beton. Fungsi dari pengujian kuat tekan beton ini yaitu mengukur kemampuan untuk beton menerima gaya tekan persatuan luas, pemberian gaya ini tegak lurus terhadap sumbunya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah dibuat sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

1. Peralatan yang digunakan

- a. Mesin tekan hidrolik
- b. Timbangan kapasitas 100 kg

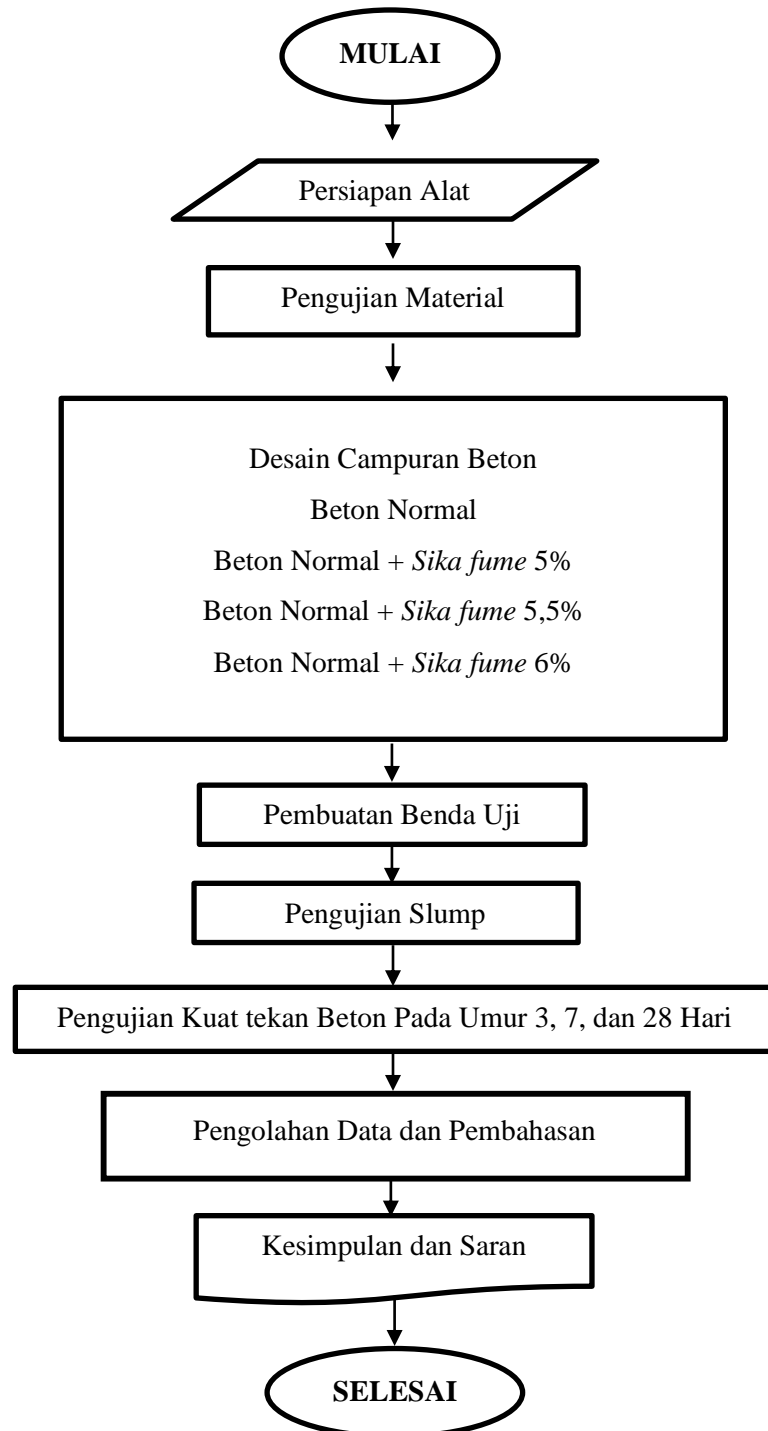
2. Benda uji

Benda uji berbentuk silinder berukuran 15cm x 30cm

3. Langkah-langkah pengujian

- a. Sehari sebelum pengujian keluarkan benda uji dari bak perendam.
- b. Sebelum diuji, benda uji dijemur atau di angin-anginkan guna mengeringkan benda uji.
- c. Benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat benda uji.
- d. Letakan benda uji kedalam media tekan dan atur hingga benda uji berada di tengah balok penekan, baik balok atas maupun balok bawah. Pasang jarum petunjuk pada posisi nol.
- e. Mulai pengujian dengan menerapkan benda tekan mulai dari nol hingga mencapai beban maksimum (retak), kemudian catat hasilnya.
- f. Kemudian dilakukan perhitungan atau pengolahan data.

3.10 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.17 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada, dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada diperoleh data-data sebagai berikut.

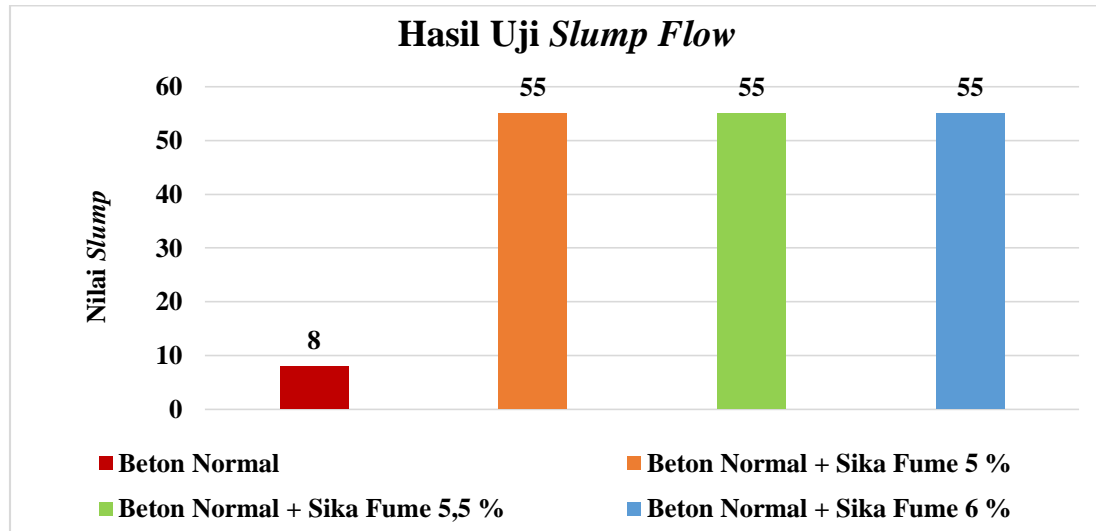
4.1.1 Hasil Pengujian Slump

Sebelum mencetak adukan beton ke dalam cetakan silinder dilakukan pengujian slump. Pengujian ini untuk mengetahui kecekan adukan beton dan untuk mengetahui nilai slump dari beton tersebut. Cara pengujian ini adalah sebelum memasukkan adukan kedalam cetakan silinder, kita uji slump terlebih dahulu dengan menggunakan alat uji slump (*kerucut abraham*), pengujian ini sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Hasil slump yang di dapat yaitu :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Slump Flow*

No	Variasi	Nilai <i>Slump Flow</i> Test
1	Beton Normal	8
2	Beton Normal + <i>Sika Fume</i> 5%	55,0
3	Beton Normal + <i>Sika Fume</i> 5,5%	55,0
4	Beton Normal + <i>Sika Fume</i> 6%	55,0

Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada



Grafik 4.1 Hasil Uji *Slump*

Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Berdasarkan Grafik 4.1 maka dapat disimpulkan bahwa hasil *slump test* beton normal didapat nilai 8 cm, sedangkan pada penambahan persentase *sika fume* 5%, 5,5%, dan 6% didapat nilai *flow* masing-masing berdiameter 55 cm, hal ini dikarenakan karakteristik *sika fume* yang mengandung HRWR (*High Range Water Reducer*) sehingga mengurangi jumlah air dan kelecakan beton lebih tinggi.

4.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Setelah pengujian kuat tekan beton selanjutnya data diolah untuk mencari nilai standar deviasi dan kuat tekan karakteristik. Nilai standar deviasi menunjukkan tingkat keberhasilan pelaksanaan dalam penelitian. Apabila nilai deviasi telah didapatkan maka dapat dihitung nilai kuat tekan karakteristiknya. Berdasarkan variasi Beton normal, Beton normal + *Sika Fume* 5%, 5,5% dan 6% pada umur 3,7, dan 28 hari maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari

No.	Kondisi Variasi Beton	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban		Luas (Cm ²)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Rata-rata (σ _{bm})
				kN	Kg			
1	Beton Normal	3	12,01	251	25602	176,625	14,50	14,79
2			11,72	254	25908	176,625	14,67	
3			12,78	263	26826	176,625	15,19	
1	Beton Normal + <i>Sika Fume 5%</i>	3	12,30	276	28152	176,625	19,94	15,84
2			12,38	268	27336	176,625	15,48	
3			12,24	279	28458	176,625	16,11	
1	Beton Normal + <i>Sika Fume 5,5%</i>	3	12,50	267	27234	176,625	15,42	15,21
2			12,31	263	26826	176,625	15,19	
3			12,24	260	26520	176,625	15,02	
1	Beton Normal + <i>Sika Fume 6 %</i>	3	12,21	254	25908	176,625	14,67	14,36
2			12,24	247	25194	176,625	14,27	
3			12,23	245	24990	176,625	14,15	

Sumber : PT Sembada Adiguna Perkasa

Tabel 4.3 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

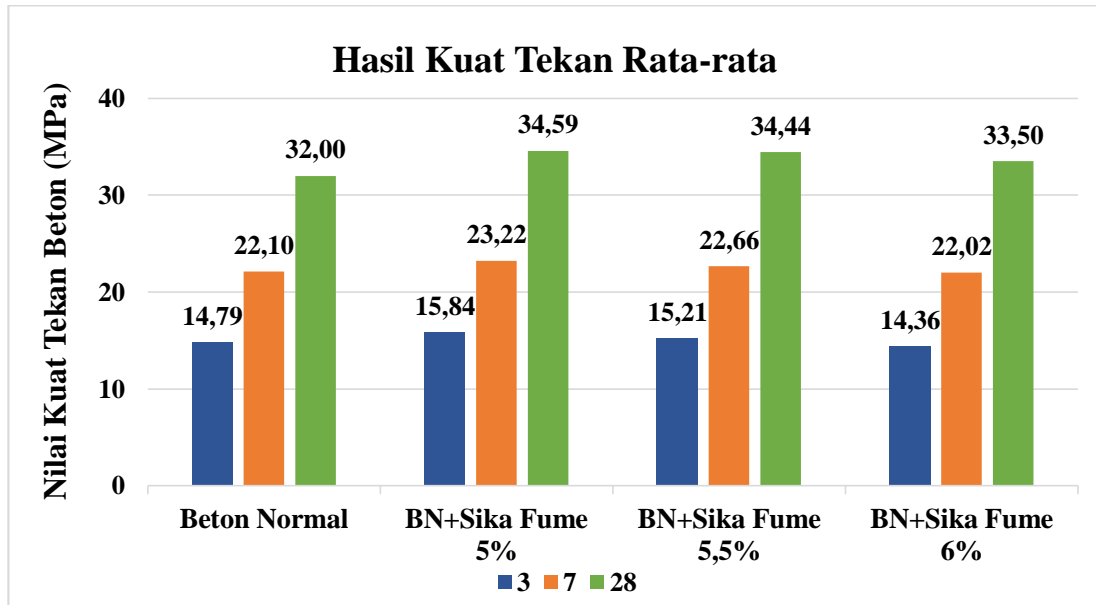
No.	Kondisi Variasi Beton	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban		Luas (cm ²)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Rata-rata (σ _{bm})
				kN	Kg			
1	Beton Normal	7	11,76	382	38964	176,625	22,06	22,10
2			11,96	387	39474	176,625	22,35	
3			11,87	379	38658	176,625	21,89	
1	Beton Normal + <i>Sika Fume 5%</i>	7	12,36	396	40392	176,625	22,87	23,22
2			12,35	408	41616	176,625	23,57	
3			12,37	402	41004	176,625	23,22	
1	Beton Normal + <i>Sika Fume 5,5%</i>	7	12,38	393	40086	176,625	22,70	22,66
2			12,40	389	39678	176,625	22,47	
3			12,35	395	40290	176,625	22,81	
1	Beton Normal + <i>Sika Fume 6 %</i>	7	12,18	378	38556	176,625	21,83	22,02
2			12,12	384	28968	176,625	22,18	
3			12,20	382	38964	176,625	22,06	

Sumber : PT Sembada Adiguna Perkasa

Tabel 4.4 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No.	Kondisi Variasi Beton	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban		Luas (cm ²)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Rata-rata (σ _{bm})
				kN	Kg			
1	Beton Normal	28	11,67	563	57426	176,625	32,52	32,00
2			11,76	548	55896	176,625	31,56	
3			11,57	551	56202	176,625	31,82	
1	Beton Normal + Sika Fume 5%	28	12,29	612	62424	176,625	35,35	34,69
2			12,29	597	60894	176,625	34,48	
3			12,27	293	60486	176,625	34,25	
1	Beton Normal + Sika Fume 5,5%	28	12,20	605	61710	176,625	34,94	34,44
2			12,17	590	60180	176,625	34,08	
3			12,19	594	60588	176,625	34,31	
1	Beton Normal + Sika Fume 6 %	28	12,19	583	59466	176,625	33,67	33,50
2			12,15	572	58344	176,625	33,04	
3			12,17	585	59670	176,625	33,79	

Sumber : PT Sembada Adiguna Perkasa



Grafik 4.2 Hasil Kuat Tekan Rata-rata

Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Berdasarkan grafik 4.2 menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi terjadi pada campuran beton dengan penambahan *Sika Fume* 5% memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 34,59 pada umur 28 hari.

4.2 Pengolahan Data

Setelah pengujian kuat tekan beton, selanjutnya pada penelitian ini ditentukan juga nilai kekuatan tekan beton karakteristik berdasarkan variasi campurannya. Untuk menghitung kekuatan tekan beton karakteristik dihitung dari benda uji Silinder 15x30 cm pada umur 3,7, dan 28 hari dengan satuan (Mpa).

Tabel 4.5 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton Umur 3 Hari

Variasi Beton	Umur (Hari)	σ_{bi} (Mpa)	$\sigma_{bi}-\sigma_{bm}$ (Mpa)	$(\sigma_{bi}-\sigma_{bm})^2$ (Mpa)	$\sum \sigma_{bi}$	$\sum (\sigma_{bi}-\sigma_{bm})^2$	Perhitungan
Beton Normal	3	14,50 14,67 15,19	-0,28 -0,11 0,41	0,07 0,01 0,16	44,36	0,24	$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_{bi}}{N} = \frac{44,36}{3} = 14,78$ $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1}}$ $= \sqrt{\frac{0,24}{3-1}} = 0,34$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - 1,28 \times S$ $= 14,78 - 1,28 \times 0,34$ $= \mathbf{14,34 \text{ Mpa}}$
Beton Normal + Sika Fume 5%	3	15,94 15,48 16,11	0,77 0,31 0,94	0,54 0,09 0,88	47,53	1,51	$\sigma_{bm} = 15,17$ $s = 0,68$ $\sigma_{bk} = \mathbf{14,73 \text{ Mpa}}$
Beton Normal + Sika Fume 5,5%	3	15,42 15,19 15,02	0,21 -0,02 -0,19	0,04 0,00 0,03	45,63	0,34	$\sigma_{bm} = 15,21$ $s = 0,41$ $\sigma_{bk} = \mathbf{14,68 \text{ Mpa}}$
Beton Normal + Sika Fume 6%	3	14,67 14,27 14,15	0,31 -0,09 -0,21	0,09 0,00 0,04	43,09	0,49	$\sigma_{bm} = 14,36$ $s = 0,49$ $\sigma_{bk} = \mathbf{13,73 \text{ Mpa}}$

Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Tabel 4.6 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton Umur 7 Hari

Variasi Beton	Umur (Hari)	σ_{bi} (Mpa)	$\sigma_{bi}-\sigma_{bm}$ (Mpa)	$(\sigma_{bi}-\sigma_{bm})^2$ (Mpa)	$\sum \sigma_{bi}$	$\sum (\sigma_{bi}-\sigma_{bm})^2$	Perhitungan
Beton Normal	7	22,26 22,35 21,89	0,25 0,34 -0,12	0,06 0,11 0,01	66,5	0,18	$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_{bi}}{N} = \frac{44,36}{3} = 22,01$ $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1}}$ $= \sqrt{\frac{0,18}{3-1}} = 0,30$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - 1,28 \times S$ $= 22,01 - 1,28 \times 0,30$ $= \mathbf{21,62 \text{ Mpa}}$
Beton Normal + Sika Fume 5%	7	22,87 23,57 23,22	-0,35 0,35 0,00	0,12 0,12 0,00	69,66	0,24	$\sigma_{bm} = 23,22$ $s = 0,34$ $\sigma_{bk} = \mathbf{22,69 \text{ Mpa}}$
Beton Normal + Sika Fume 5,5%	7	22,70 22,47 22,81	0,04 -0,19 0,15	0,00 0,03 0,02	67,98	0,05	$\sigma_{bm} = 22,66$ $s = 0,15$ $\sigma_{bk} = \mathbf{23,02 \text{ Mpa}}$
Beton Normal + Sika Fume 6%	7	21,83 22,18 22,06	-0,19 0,16 0,04	0,03 0,02 0,00	66,07	0,05	$\sigma_{bm} = 22,02$ $s = 0,15$ $\sigma_{bk} = \mathbf{21,82 \text{ Mpa}}$

Sumber: Penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Tabel 4.7 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton Umur 28 Hari

Variasi Beton	Umur (Hari)	σ_{bi} (Mpa)	$\sigma_{bi}-\sigma_{bm}$ (Mpa)	$(\sigma_{bi}-\sigma_{bm})^2$ (Mpa)	$\sum \sigma_{bi}$	$\sum (\sigma_{bi}-\sigma_{bm})^2$	Perhitungan
Beton Normal	28	32,52 31,56 31,82	0,69 -0,27 -0,03	0,47 0,07 0,00	95,50	0,54	$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_{bi}}{N} = \frac{44,36}{3} = 31,83$ $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1}}$ $= \sqrt{\frac{0,54}{3-1}} = 0,51$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - 1,28 \times S$ $= 31,83 - 1,28 \times 0,51$ $= \mathbf{31,17 \text{ Mpa}}$
Beton Normal + Sika Fume 5%	28	35,35 34,48 34,25	0,66 -0,21 -0,44	0,43 0,04 0,19	104,08	0,66	$\sigma_{bm} = 34,69$ $s = 0,56$ $\sigma_{bk} = \mathbf{33,97 \text{ Mpa}}$
Beton Normal + Sika Fume 5,5%	28	34,94 34,08 34,31	0,50 -0,36 -0,13	0,25 0,12 0,01	103,33	0,38	$\sigma_{bm} = 34,44$ $s = 0,43$ $\sigma_{bk} = \mathbf{33,88 \text{ Mpa}}$
Beton Normal + Sika Fume 6%	28	33,67 33,04 33,79	0,17 0,46 0,29	0,02 0,21 0,08	100,50	0,31	$\sigma_{bm} = 33,50$ $s = 0,39$ $\sigma_{bk} = \mathbf{33,00 \text{ Mpa}}$

Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Tabel 4.8 Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari

No.	Kondisi Variasi Beton	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban		Luas (cm ²)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Rata-rata (σ_{bm})	S	Σ_{bk} (Mpa)
				kN	Kg					
1	Beton Normal	3	12,01	251	25602	176,625	14,50	14,79	0,34	14,34
2			11,72	254	25908	176,625	14,67			
3			12,78	263	26826	176,625	15,19			
1	Beton Normal + <i>Sika Fume</i> 5%	3	12,30	276	28152	176,625	19,94	15,84	0,68	14,73
2			12,38	268	27336	176,625	15,48			
3			12,24	279	28458	176,625	16,11			
1	Beton Normal + <i>Sika Fume</i> 5,5%	3	12,50	267	27234	176,625	15,42	15,21	0,41	14,68
2			12,31	263	26826	176,625	15,19			
3			12,24	260	26520	176,625	15,02			
1	Beton Normal + <i>Sika Fume</i> 6 %	3	12,21	254	25908	176,625	14,67	14,36	0,49	13,73
2			12,24	247	25194	176,625	14,27			
3			12,23	245	24990	176,625	14,15			

Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Tabel 4.9 Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

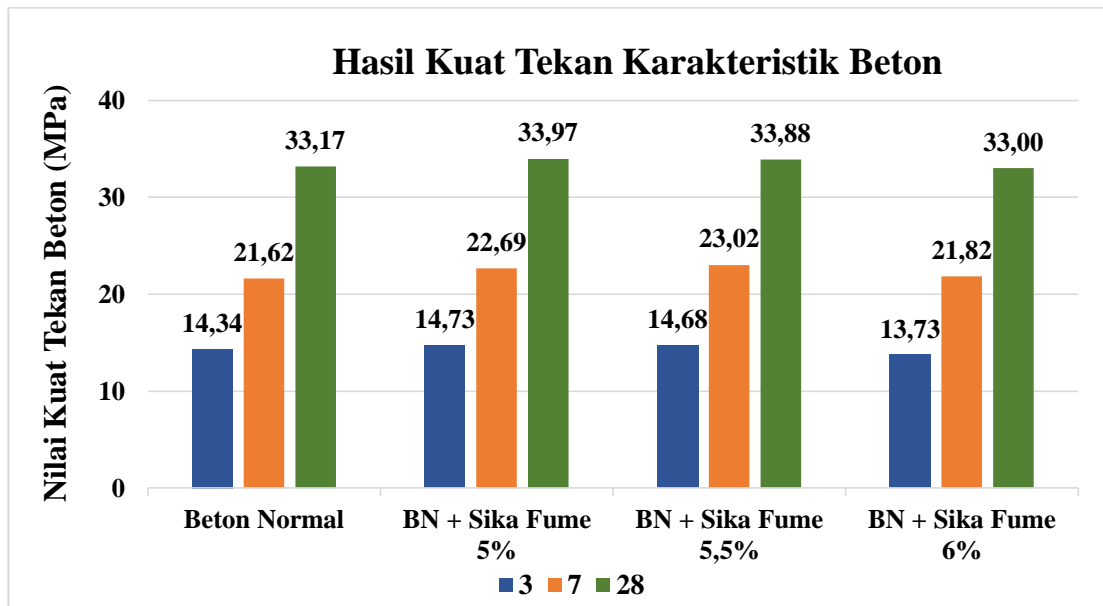
No.	Kondisi Variasi Beton	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban		Luas (cm ²)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Rata-rata (σ_{bm})	S	Σ_{bk} (Mpa)
				kN	Kg					
1	Beton Normal	7	11,76	382	38964	176,625	22,06	22,10	0,30	21,62
2			11,96	387	39474	176,625	22,35			
3			11,87	379	38658	176,625	21,89			
1	Beton Normal + Sika Fume 5%	7	12,36	396	40392	176,625	22,87	23,22	0,34	22,69
2			12,35	408	41616	176,625	23,57			
3			12,37	402	41004	176,625	23,22			
1	Beton Normal + Sika Fume 5,5%	7	12,38	393	40086	176,625	22,70	22,66	0,15	23,02
2			12,40	389	39678	176,625	22,47			
3			12,35	395	40290	176,625	22,81			
1	Beton Normal + Sika Fume 6 %	7	12,18	378	38556	176,625	21,83	22,02	0,15	21,82
2			12,12	384	28968	176,625	22,18			
3			12,20	382	38964	176,625	22,06			

Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Tabel 4.10 Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No.	Kondisi Variasi Beton	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban		Luas (cm ²)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Rata-rata (σ_{bm})	S	Σ_{bk} (Mpa)
				kN	Kg					
1	Beton Normal	28	11,67	563	57426	176,625	32,52	32,00	0,51	33,17
2			11,76	548	55896	176,625	31,56			
3			11,57	551	56202	176,625	31,82			
1	Beton Normal + Sika Fume 5%	28	12,29	612	62424	176,625	35,35	34,69	0,56	33,97
2			12,29	597	60894	176,625	34,48			
3			12,27	293	60486	176,625	34,25			
1	Beton Normal + Sika Fume 5,5%	28	12,20	605	61710	176,625	34,94	34,44	0,43	33,88
2			12,17	590	60180	176,625	34,08			
3			12,19	594	60588	176,625	34,31			
1	Beton Normal + Sika Fume 6 %	28	12,19	583	59466	176,625	33,67	33,50	0,39	33,00
2			12,15	572	58344	176,625	33,04			
3			12,17	585	59670	176,625	33,79			

Sumber: Penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada



Grafik 4.3 Hasil Kuat Tekan Karakteristik Beton
Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Berdasarkan grafik 4.3 nilai kuat tekan beton karakteristiknya bervariasi. Pada campuran *Sika Fume* 5% pada umur 28 hari memiliki nilai kuat tekan karakteristik tertinggi dengan kuat karakteristik 33,97 Mpa.

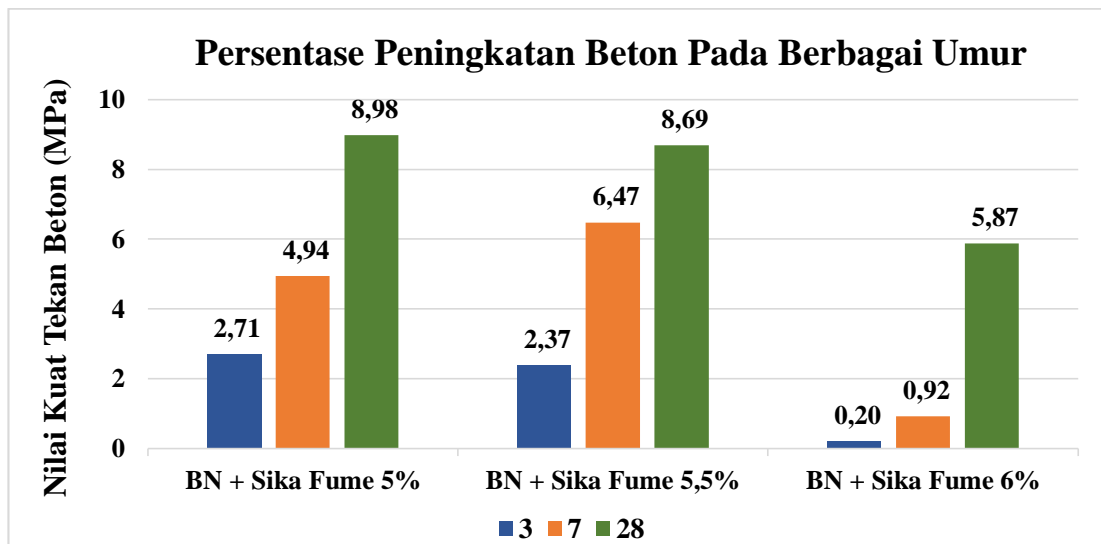
4.3 Pembahasan

Dari hasil penelitian kuat tekan beton normal dan penambahan *Sika Fume* 5%, 5,5% dan 6 %, maka dapat diketahui persentase perbandingan kekuatan beton normal dan beton dengan bahan tambah *Sika Fume* sebagai berikut.

Tabel 4.11 Persentase Peningkatan Kuat tekan Beton

No	Variasi Campuran	Kekuatan Beton Pada Berbagai Umur		
		3	7	28
1	Beton Normal	0	0	0
2	Beton Normal + Sika Fume 5%	2,71	4,94	8,98
3	Beton Normal + Sika Fume 5,5%	2,37	6,47	8,69
4	Beton Normal + Sika Fume 6%	0,20	0,92	5,87

Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada



Grafik 4.4 Persentase Peningkatan Beton Pada Umur 3, 7, dan 28 Hari

Sumber: Penelitian di Laboraturium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Berdasarkan grafik 4.4. Data peningkatan kuat tekan beton normal dengan penambahan *Sika Fume 5%* memiliki mutu pelaksanaan lebih baik dibandingkan dengan variasi campuran beton lainnya, yaitu pada umur 28 hari mendapatkan mutu beton 33,97 Mpa, dengan persentase peningkatan kekuatan tertinggi pada umur 28 hari dengan variasi *Sika Fume 5%* sebesar 8,98%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan maka di peroleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan *Sika Fume* berpengaruh untuk meningkatkan kuat tekan beton dan permeabilitas air beton sangat berkurang. Nilai kuat tekan beton dengan variasi penambahan *Sika Fume* 5% yaitu sebesar 33,97 MPa, variasi 5,5% sebesar 33,88 MPa, dan varias 6% sebesar 33,00 MPa pada umur 28 hari.
2. Penambahan *Sika Fume* terhadap kuat tekan karakteristik tertinggi terdapat pada variasi 5% yaitu sebesar 33,97 MPa pada umur 28 hari.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian mutu beton $f_c'30$ Mpa dengan menggunakan bahan tambah *Sika Fume* dapat di ajukan saran sebagai berikut:

1. Disarankan untuk menggunakan proporsi campuran yang lebih tinggi atau lebih beragam guna mengetahui pengaruhnya terhadap hasil yang lebih detail terhadap kualitas beton yang dihasilkan.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan percobaan kuat tarik lentur.