

**PENGARUH PENAMBAHAN SIKA FUME® TERHADAP
KUAT TEKAN BETON POROUS
(PENELITIAN)**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-syarat mendapatkan Sarjana Teknik

Universitas Medan Area

Disusun Oleh :

LACHAIROI SIHOMBING
09.8110034



**PROGRAM STUDI SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2017**

**PENGARUH PENAMBAHAN SIKAFUME® TERHADAP
KUAT TEKAN BETON POROUS
(PENELITIAN)**

SKRIPSI

Disusun Oleh:

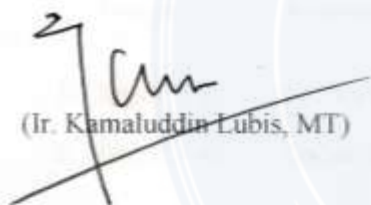
LACHAIROY SIHOMBING

NIM: 09.811.0034

Disetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II


(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)


(Ir. Melloukey Ardan, MT)

Diketahui

Dekan,

Ka. Program Study


(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc.)


(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

SURAT PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan karya tulis saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma , kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan , Januari 2017

Penulis



Lachang Sihombing

09'811.0034

ABSTRAK

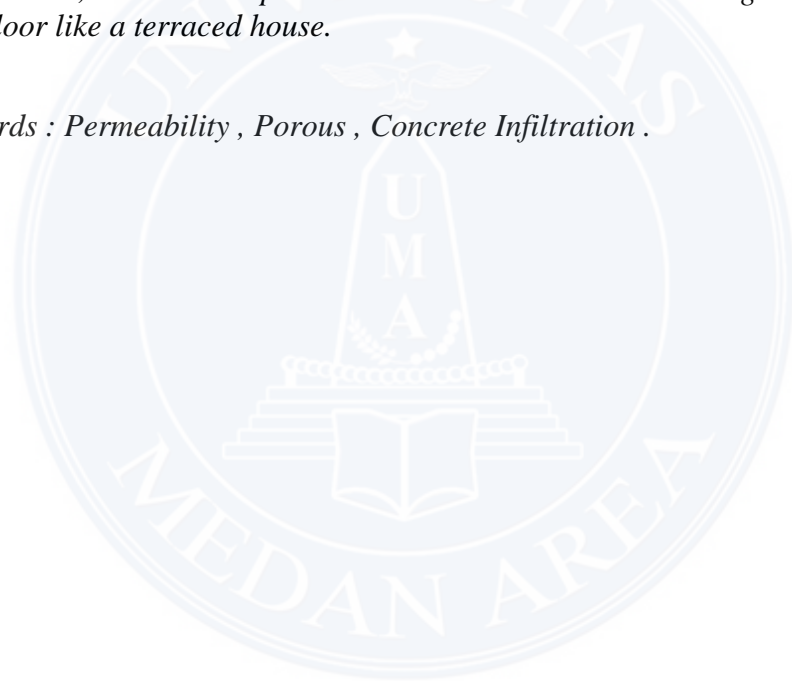
Seiring meningkatnya teknologi di Indonesia, berbagai cara atau usaha yang dilakukan untuk memperbaiki mutu dan sifat beton. Seperti getas, retak plastis, susut, permeabilitas, tegangan lentur dan tekan yang rendah. Namun dibalik dari permasalahan yang terjadi pada beton itu sendiri. Ada juga kejadian alam yang mulai sedikit demi sedikit kita lupakan, seperti banjir. Banjir selalu ada di setiap daerah di Indonesia, namun untuk mengatasi banjir tersebut pun terkadang terlupakan dari pelaksanaan konstruksi itu sendiri. Maka dari permasalahan yang terjadi pada setiap daerah di Indonesia, penulis melakukan penelitian tentang beton resapan tersebut dengan melakukan penelitian terhadap beton porous, dengan tujuan agar air yang tergenang dipermukaan tanah dapat kembali meresap dan dapat kembali mengisi tingkat air tanah dalam batas normal dan mengalirkan air ke akar-akar pohon dan area tanah sekitarnya, sehingga erosi yang terjadi pada tanah pun semakin berkurang intensitasnya. Namun pada penelitian ini penulis melakukan percobaan dengan menggunakan sika fume sebagai bahan penambah pada campuran beton porous itu sendiri dengan harapan kuat tekan dan kuat lentur yang terjadi dapat meningkat, sehingga beton porous dapat dipergunakan dibangunan-bangunan 2 (dua) lantai seperti rumah bertingkat.

Kata kunci: Permeabilitas, Porous, Beton Resapan.

ABSTRACT

With the increasing technology in Indonesia, in various ways or efforts made to improve the quality and properties of concrete. As brittle, plastic cracking, shrinkage, permeability, flexural and compressive stress is low. But behind the problems that occur in the concrete itself. There are also natural events that began little by little we have forgotten, such as floods. Flooding is always available in each region in Indonesia, but to cope with the flood was sometimes missing from the construction itself. Then of the problems that occur in every region in Indonesia, the authors conducted research on concrete infiltration by doing research on the concrete porous, with the aim of standing water on the surface soil can be re-absorbed and can re-charge the groundwater level in the normal range and drain the water into tree roots and surrounding soil area, resulting in soil erosion also is reduced in frequency. But in this study the authors conducted an experiment using sika fume as certain additives on porous concrete mix itself with hopes of compressive strength and flexural strength that occurs can be increased, so that the porous concrete can be used dibangunan-building 2 (two) floor like a terraced house.

Keywords : Permeability , Porous , Concrete Infiltration .



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yesus Kristus atas segala karunia dan berkat yang dilimpahkan-NYA kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan cukup baik.

Tugas Akhir ini berjudul **“Pengaruh Penambahan Sika Fume® Terhadap Kuat Tekan Kuat Beton Porous”**, Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dikerjakan guna meraih Strata Satu (S-1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis banyak menemukan kesulitan namun tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah mencurahkan perhatian, bimbingan, arahan maupun dorongan dan bantuan serta saran dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Dengan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H.A. Ya'kub Matondang, MA Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng.,M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir.Kamaluddin Lubis, MT Ketua Program Study Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir.Kamaluddin Lubis, MT selaku Dosen Pembanding I (satu) yang telah banyak memberikan perhatian, bimbingan dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Melloukey Ardan, MT selaku Dosen Pembanding II (dua) yang telah banyak memberikan perhatian, bimbingan dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh Dosen – Dosen Serta Staf Pengawai Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Medan Atas Pengajaran Dan Bimbingan Ilmu Selama Masa Pendidikan.
7. Secara Khusus Kepada Yang Tercinta Ayahanda **St. M. Sihombing** Dan Ibunda **A. Br Habeahan** Serta Keluarga Besar Sihombing (Op. Kembar) Atas Doa, Kesabaran, Bimbingan Dan Dorongan Semangat Yang Tidak Pernah Surut Kepada Penulis Hingga Saat Ini.
8. Adinda Linda Lubis, Serta Seluruh Teman- Teman Program Study Teknik Sipil 2009, Kawan – Kawan FKKMTSI Sumut Yang Sudah Banyak Memberikan Dukungan dan Motifasi.
9. Dan seluruh pihak yang turut membantu, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa, didalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu diharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat konstruktif, sehingga penulisan ini mendekati tujuan yang diharapkan.

Medan, Januari 2017
Penulis

Lachairoi Sihombing
09.811.0034

DAFTAR ISI

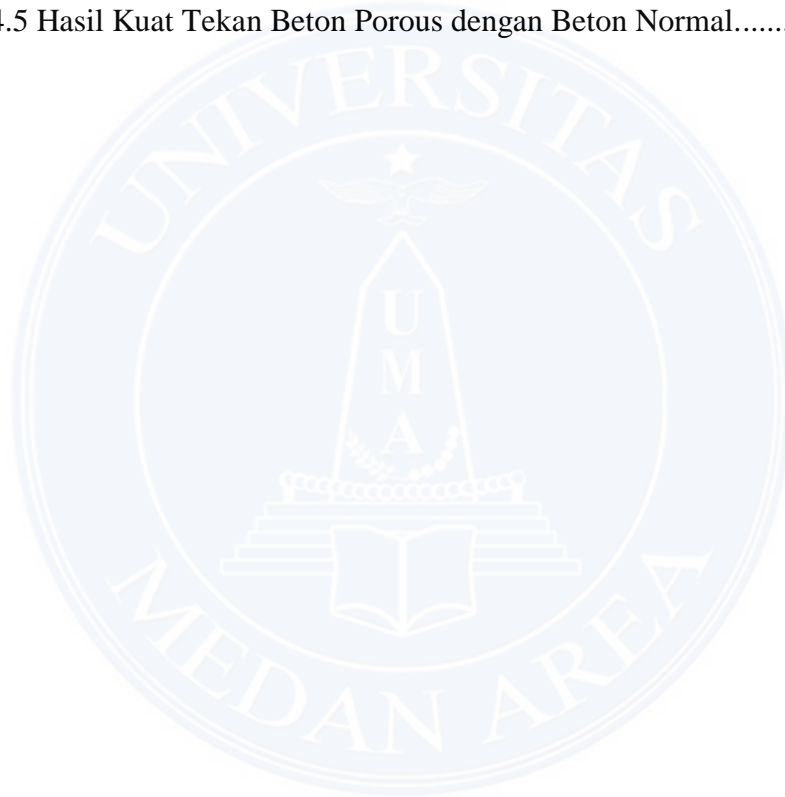
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB IPENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud Dan Tujuan	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 metodologi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton Normal	5
2.2 Bahan Pembentuk Beton	8
2.3 Agregat Halus	27
2.4 Agregat Kasar	29
2.5 Air	31
2.6 Kuat Tekan Beton	33
2.7 Deviasi Standar Deviasi	37
2.8 Bahan Tambahan	38

BAB III METODE PENELITIAN	45
3.1 Standart Penelitian.....	45
3.2 Penelitian Di Laboratorium	46
3.3 Prosedur Penelitian.....	46
3.4 Perancangan Cammpuran Beton (MMix Design Concrete).....	52
3.5 Pembuatan Benda Uji	57
3.6 Slump.....	58
3.7 Perawatan Benda Uji	59
3.8 Beton Ringan	60
3.9 Sika Fume	60
3.10 Kuat Tekan Beton.....	61
3.11 Pengujian Kekuatan Tekan (SNI 03-6815-2002)	67
3.12 Pengetesan Benda Uji(Beton).....	67
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	69
4.1 Hasil Penelitian Dan Analisa Data	69
4.2 Hasil Penelitian Permebealitas Air dan Persentase Porositas.....	71
4.3 Pembahasan	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
4.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Semen Portland.....	15
Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat kasar.....	17
Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Halus.....	20
Tabel 2.4.a Batas-batas Agregat Campuran pada Butir Maksimum 40 mm.....	21
Tabel 2.4.b Batas-batas Agregat Campuran pada Butir Maksimum 30mm.....	21
Tabel 2.4.c Batas-batas Agregat Campuran pada Butir Maksimum 20mm.....	22
Tabel 2.4.d Batas-batas Agregat Campuran pada Butiran Maksimum 10mm.....	22
Tabel 2.5 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya.....	33
Tabel 2.6 Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Bentuk Benda Uji.....	33
Tabel 2.7 Rasio Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur (PBI 1971).....	35
Tabel 2.8 Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen	35
Tabel 2.9 Nilai Standar Deviasi.....	37
Tabel 3.1. Komposisi kimia dan fisika <i>silica fume</i> ®.....	61
Tabel 3.2 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat tekannya	62
Tabel 3.3 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Bentuk Benda Uji.....	63
Tabel 3.4 Nilai Deviasi standar untuk berbagi tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton.....	64
Tabel 3.5 Rasio Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur (PBI 1971).....	65

Tabel 3.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen.....	65
Tabel 4.1 Hasil trial Mix komposisi campuran 1 m ³	70
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Slump, Kuat Tekan Beton.....	71
Tabel 4.3 Hasil Permeabilitas Air pada Beton.....	71
Tabel 4.4 Perhitungan Volume Pori pada Beton Porous.....	72
Tabel 4.5 Hasil Kuat Tekan Beton Porous dengan Beton Normal.....	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.a Daerah Gradasi Pasir Kasar	18
Gambar 2.1.b Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar	18
Gambar 2.1.c Daerah Gradasi Pasir Agak Halus	19
Gambar 2.1.d Daerah Gradasi Pasir Halus	19
Gambar 2.2.a Batas Gradasi Agregat Kasar dengan Diameter Butir Maks 40mm.....	20
Gambar 2.2.b Batas Gradasi Agregat Kasar dengan Diameter Butiran Maks.....	20
Gambar 2.3.a Gradasi Agregat Campuran dengan Butiran Maks40mm.....	23
Gambar2.3.b Gradasi Agregat Campuran dengan Butir Maksimum 30mm.....	23
Gambar 2.3.c Gradasi Agregat Campuran dengan Butir Maksimum20mm.....	24
Gambar 2.3.d Gradasi Agregat Campuran dengan Butir Maksimum 10mm.....	24
Gambar 4.1 Perbandingan Kuat Tekan Beton Porous dengan Beton Normal.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Beton bukanlah suatu bahan yang dapat langsung diperoleh dari alam sebagaimana material lainnya, akan tetapi terbentuk atas dasar pengolahan dari beberapa material alami atau buatan sehingga membentuk suatu massa yang kompak dan kokoh. Beton suatu campuran yang bahan dasarnya terdiri atas agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Kekuatannya sangat dipengaruhi faktor – faktor komposisi campuran, mutu bahan dasar, kondisi temperatur tempat beton mengeras dan cara pembuatannya atau pelaksanaannya. Dalam hal – hal tertentu campurannya diberi bahan tambahan (aditif) sesuai dengan kondisi yang di inginkan.

Beton porous (porous concrete) adalah material beton spesial dengan porous tinggi yaitu antara 15-30% rongga udara sehingga mudah dilalui air (Frandy Ferdian, Amelia Makmur, ST.MT). Beton porous dibuat dari campuran air, semen, agregat kasar dengan sedikit atau tanpa agregat halus agar didapat pori-pori yang cukup banyak dan saling berhubungan (Van Midde & Son Concrete, 2009).

Dengan semakin banyaknya beton yang dipakaimenutupi permukaan tanah, penyerapan air curah hujan kembali kedalam tanah menjadi semakin sedikit. Fungsi utama beton porous adalah sebagai perkerasan beton penutup permukaan tanah dengan tujuan agar air dapat dengan mudah mengalir kedalam tanah,

dengan demikian kelebihan air permukaan akan dapat kembali terserap kedalam tanah.

Adapun keuntungan dari beton porous (porou concrete) ini sebagai perkerasan beton penutup permukaan tanah adalah agar dapat mengisi kembali tingkat air tanah dalam batasnormal, dan mengalirkan air kedalam batas normal, dan mengalirkan air keakar-akar pohon dan area tanah disekitarnya, sehingga kecepatan erosi pada tanahpun berkurang.

Beton porous ini sudah dipakai pada jalan raya, lapangan parkir maupun dinding bantaran sungai di Negara lain sejak lebih dari 30 tahun yang lalu. Penelitian utama beton porous yaitu kekuatan tekan.

Dalam Tugas Akhir ini penulis akan mencoba menambahkan Sika Fume pada campuran beton porous. Sika Fume® merupakan bahan aditif (*ad-mixture*) pada campuran beton, yang dikhususkan untuk struktur bangunan dengan kondisi lingkungan yang langsung berehubungan dengan cuaca, ataupun struktur yang berdekatan dengan bahan-bahan kimia yang dapat mengurangi durabilitas dan stabilitas dari struktur. Bahan ini baik digunakan pada pabrik industri, pom bensin, bendungan, dermaga yang memerlukan campuran yang memiliki durabilitas yang tinggi, (Data Teknis, PT. Sika Nusa Indonesia 2011).

Dalam campuran beton, partikel-partikel halus sika fume yang berukuran lebih halus dari butiran semen akan mengisi celah-celah pada campuran, sehingga rongga udara berkurang dan campuran lebih padat. Adapun bahan sika fume bermanfaat untuk: (Data Teknis, PT. Sika Nusa Indonesia, 2011).

1. Memperkecil permeability sehingga kemampuan durabilitas beton bertambah baik
2. Meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi
3. Mempertinggi kekuatan stabilitas beton
4. Penyusutan klorin menurun tajam
5. Memperkecil terjadinya shrinkage

Melihat dari faktor keuntungan yang bisa diberikan oleh penggunaan sika fume® maka sika fume® dapat digunakan pada konstruksi - konstruksi bangunan seperti, bendungan irigasi, PLTA, jembatan, terowongan, dermaga, pom bensin dan landasan berat dimana proses hidrasi rendah adalah pertimbangan utama selain sifat korosif garam sulfat yang terdapat dalam air tanah, (Data Teknis PT. Sika Nusa Indonesia. 2011).

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini ialah untuk menganalisa pengaruh penambahan zat adictive sika fume® pada beton porous.

Tujuan penelitian ini, untuk mengetahui kuat tekan beton porous akibat penambahan zat adictive (sika fume®).

1.3 Permasalahan

Adapun permasalahan penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh sika fume® terhadap peningkatan mutu beton porous

2. Akibat penambahan zat aditif ini apakah berdampak terhadap mutu beton porous tersebut?

1.4 Pembatasan masalah

Mengingat bahwa ruang lingkup dari penyusun tugas akhir ini sangat luas, maka penulis membatasi masalah sebagai berikut:

- Kuat tekan beton karakteristik beton normal rencana adalah 250 kg/cm (K250)
- Perancangan campuran beton normal menjadi acuan pada perencanaan campuran beton porous. Perbedaannya adalah agregat halus pada beton normal diganti dengan batu pecah pada beton porous maksimal 20mm dan ditambahi dengan zat adictive
- Semen yang digunakan adalah semen padang
- Agregat pada beton porous maksimal 20mm
- Agregat halus yang dingunakan pada beton normal
- Zat adictivd ysng digunakan adalah sika fume®
- Pengujian dibatasi pada kuat tekan beton
- Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- Perbandingan waktu antara 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.
- Variasi penambahan (0,5, 1%, 1,5 dan 2%).
- Pengujian dibatasi hanya pada kuat tekan beton.

1.5 Metodologi

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di laboratorium teknik sipil Universitas HKBP Nomensen, dengan menggunakan benda uji sehingga dapat diperoleh data yang ril. Untuk pembahasan secara teoritis, selain menggunakan data-data yang diperoleh dari laboratorium, tugas akhir ini menggunakan literatur-literatur, tulisan-tulisan, bahan-bahan kuliah dan sumber yang lain.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Normal

Menurut Ir. Tri Mulyono, MT, beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (zat addictive). Menurut SK SNI 03 – 2847 – 2002, defenisi beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

Beton normal adalah beton yang memiliki berat satuan 2200 kg/m³ sampai 2400 kg/m³ dan dibuat menggunakan agregat alam. Dalam pengerjaan beton ada 3 sifat yang harus diperhatikan yaitu :

A. Kemudahan pengerjaan (Workability)

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur – unsur yang mempengaruhinya antara lain :

- Jumlah air pencampur
Semakin banyak air, semakin mudah dikerjakan
- Kandungan semen
Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya semakin tinggi.
- Gradasi campuran pasir – kerikil

Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.

- Bentuk butiran agregat kasar

Agregat berbentuk bulat (guli) lebih mudah dikerjakan

- Butir maksimum
- Cara pemadatan dan alat pematat

B. Pemisahan kerikil (Segregation)

Kecenderungan butir – butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, campuran kurus atau kurang semen. Kedua, terlalu banyak air. Ketiga, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm. Keempat, semakin besar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi segregasi.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah jika :

- Tinggi jatuh diperpendek
- Penggunaan air sesuai dengan syarat
- Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan
- Ukuran agregat sesuai dengan syarat
- Pemadatan baik

C. Bleeding

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan bleeding. Air yang naik ini membawa semen dan

butir – butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (laitance). Bleeding ini dipengaruhi oleh :

- Susunan butir agregat

Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya bleeding kecil.

- Banyaknya air

Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya bleeding

- Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya bleeding

- Proses pemadatan

Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya bleeding

Bleeding ini dapat dikurangi dengan cara :

- Memberi lebih banyak semen
- Menggunakan air sesedikit mungkin
- Memasukan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus

2.2 Bahan Pembentuk Beton

Beton merupakan ikatan dari material – material pembentuk beton, yaitu terdiri dari campuran agregat (kasar dan halus), semen, air, dan ditambah dengan bahan campuran tertentu apabila dianggap perlu.

2.2.1 Semen Portland

Menurut ASTM C – 150, 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013 – 81 atau standar uji bahan bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut.

Proses pembuatan semen Portland dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu ;

- a. Penambangan di *quarry*
- b. Pemecahan di *crushing plant*
- c. Penggilingan (*blending*)
- d. Pencampuran bahan – bahan
- e. Pembakaran (*ciln*)
- f. Penggilingan kembali hasil pembakaran
- g. Penambahan bahan tambah (*gypsum*)
- h. Pengikatan (*packing plant*)

Proses pembuatan semen Portland dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Proses Basah

Pada proses basah, sebelum dibakar bahan dicampur dengan air (*slurry*) dan digiling hingga berupa bubur halus. Proses basah umumnya

dilakukan jika yang diolah merupakan bahan – bahan lunak seperti kapur dan lempung. Bubur halus yang dihasilkan selanjutnya dimasukkan dalam sebuah pengering (oven) berbentuk silinder yang dipasang miring (ciln). Suhu ciln ini sedikit dinaikkan dan diputar dengan kecepatan tertentu. Bahan akan mengalami perubahan sedikit demi sedikit akibat naiknya suhu dan akibat terjadinya *sliding* didalam *ciln*. Pada suhu 100° C air mulai menguap dan pada suhu 850° C karbondioksida dilepaskan. Pada suhu 1400° C, berlangsung permulaan perpaduan didaerah pembakaran, dimana akan terbentuk klinker yang terdiri dari senyawa kalsium silikat dan kalsium aluminat. Klinker tersebut selanjutnya didinginkan, kemudian dihaluskan menjadi butir halus dan ditambah dengan bahan gypsum sekitar 1% - 5%.

2. Proses Kering

Proses kering biasanya digunakan untuk jenis batuan yang lebih keras misalnya untuk batu kapur jenis shale. Pada proses ini bahan dicampur dan digiling dalam keadaan kering menjadi bubuk kasar. Selanjutnya bahan tersebut dimasukkan kedalam ciln dan proses selanjutnya sama dengan proses basah.

2.2.1.1 Sifat Fisika Semen Portland

Sifat – sifat fisika semen Portland meliputi :

1. Kehalusan Butir (Fineness)

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu (setting time) menjadi lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi bleeding atau naiknya air kepermukaan,

tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut ASTM. Butir semen yang lewat ayakan harus lebih dari 78 %.

2. Kepadatan (density)

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3.15 Mg/m³. pada kenyataannya berat jenis semen yang diproduksi berkisar 3.05 Mg/m³ sampai 3.25 Mg/m³. pengujian berat jenis dilakukan dengan menggunakan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C – 188.

3. Konsistensi

Konsistensi semen Portland lebih banyak pengaruhnya pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi sangat bergantung pada kehalusan semen dan kecepatan hidrasi.

4. Waktu Pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat dibedakan menjadi 2 yaitu :

- 1) Waktu ikat awal (*initial setting time*) yaitu waktu pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan,
- 2) Waktu ikat akhir (*final setting time*) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pada semen Portland *initial setting time* berkisar antara 1 -2 jam, tetapi

tidak boleh kurang dari 1 jam, sedangkan *final setting time* tidak boleh lebih dari 8 jam.

5. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Dalam pelaksanaannya perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Oleh karena itu perlu perawatan (curing) pada saat pelaksanaan.

2.2.1.2 Sifat dan karakteristik semen Portland

1. Senyawa kimia

Secara garis besar, ada 4 senyawa kimia utama yang menyusun semen Portland, yaitu :

- Trikalsium Silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C3S
- Dikalsium Silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C2S
- Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C3A
- Tetrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C4A

Komposisi kimia semen Portland dapat dilihat pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Semen Portland

Oksida	Komposisi (% Berat)
CaO	60.0 – 65.0
SiO ₂	17.0 – 25.0
AL ₂ O ₃	3.0 – 8.0
Fe ₂ O ₃	0.5 – 4.0
MgO	0.5 – 4.0
SO ₃	1.0 – 2.0
Na ₂ O + K ₂ O	0.5 – 1.0

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, M.E

Menurut SK.SNI T – 15 – 1990 – 03 : 2, semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Semen type ini digunakan untuk bangunan-bangunan umum.

Type II, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen type II memiliki kadar C₃A tidak lebih dari 8% dan digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertanam didalam tanah yang mengandung air agresif (Garam-garam dan Sulfat) dan saluran air buangan.

Type III, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen type ini memiliki kadar C₃A serta C₃S yang tinggi dan butirannya digiling sangat halus, sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen jenis ini

dipergunakan pada daerah yang memiliki temperature rendah terutama pada daerah yang memiliki musim dingin.

Type IV, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah . Semen jenis ini memiliki panas hidrasi yang rendah, kadar C3S – nya dibatasi maksimum sekitar 35% dan kadar C3A- nya maksimum 5% digunakan untuk pekerjaan bending (bendungan), pondasi berukuran besar dan pekerjaan besar lainnya.

Type V, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Semen tipe ini digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industry, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam prosentase yang tinggi.

2. Sifat Kimia

Sifat kimia semen meliputi :

- Kesegaran semen
- Sisa yang tak larut
- Panas hidrasi semen
- Kekuatan pasta semen dan faktor air semen

2.2.2 Agregat Kasar dan Agregat Halus

Kandungan agregat dalam campuran beton berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karna komposisinya yang cukup besar, maka agregat menjadi sangat penting.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam dan agregat buatan. Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Menurut standart ASTM agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4.75 mm sedangkan agregat halus adalah agregat yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4.75 mm.

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Adapun sifat-sifat agregat dalam campuran beton yaitu :

- Serapan air dan kadar air agregat
- Berat jenis agregat
- Gradasi agregat
- Modulus halus butir
- Ketahanan kimia
- Kekekalan
- Perubahan volume
- Kotoran organik

2.2.2.1 Serapan Air dan Kadar Air Agregat

1. Serapan Air

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering atau kondisi SSD (Standard Surface Dry), dimana kondisi ini merupakan:

- Keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari pasta.
- Kadar air dilapangan lebih banyak mendekati kondisi SSD daripada kondisi kering tungku

2. Kadar air

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat, Kadar Air agregat dapat dibedakan menjadi 4 jenis.

- Kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair
- Kadar air kering udara, yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.
- Jenuh kering permukaan, yaitu keadaan dimana tidak ada air dipermukaan agregat, tetapi agregat tersebut masih mampu menyerap air. Pada kondisi ini, air didalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton.
- Kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

2.2.2.2 Berat Jenis dan Daya Serap Agregat

Berat jenis agregat adalah rasio antara masa padat agregat dan masa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Berat jenis agregat dibedakan menjadi 2 istilah, yaitu :

- Berat Jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori
- Berat Jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya .

Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap agregat tersebut.

2.2.2.3 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan menjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatannya (kepadatannya) tinggi.

Menurut SK.SNI T – 15 – 1990 – 03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam 4 zone (daerah) seperti pada tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat Halus

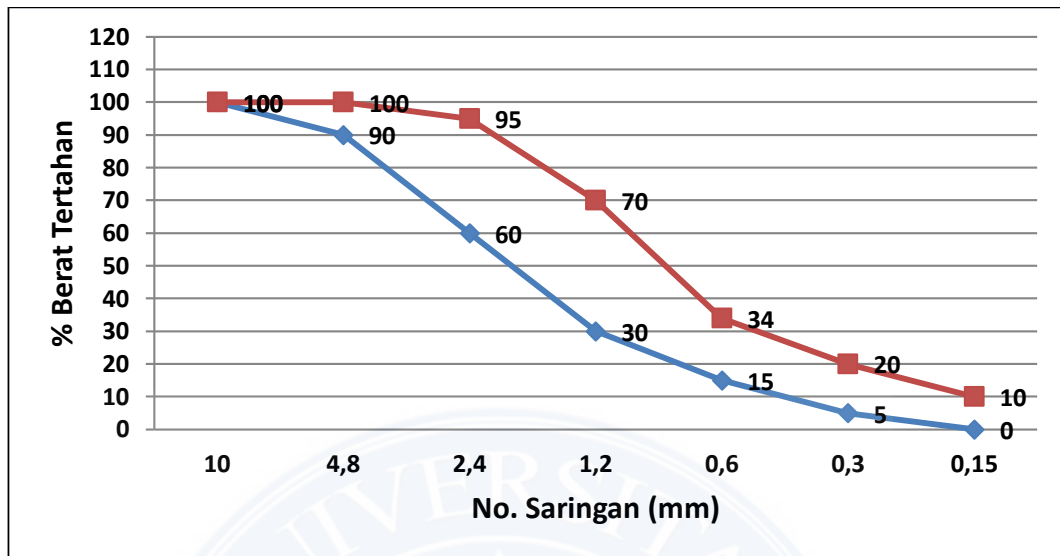
Persen Berat Butir yang lewat ayakan				
Lubang ayakan (mm)	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1.2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0.15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : *Teknologi Beton, Ir. Tri Muliono, MT*

Keterangan :

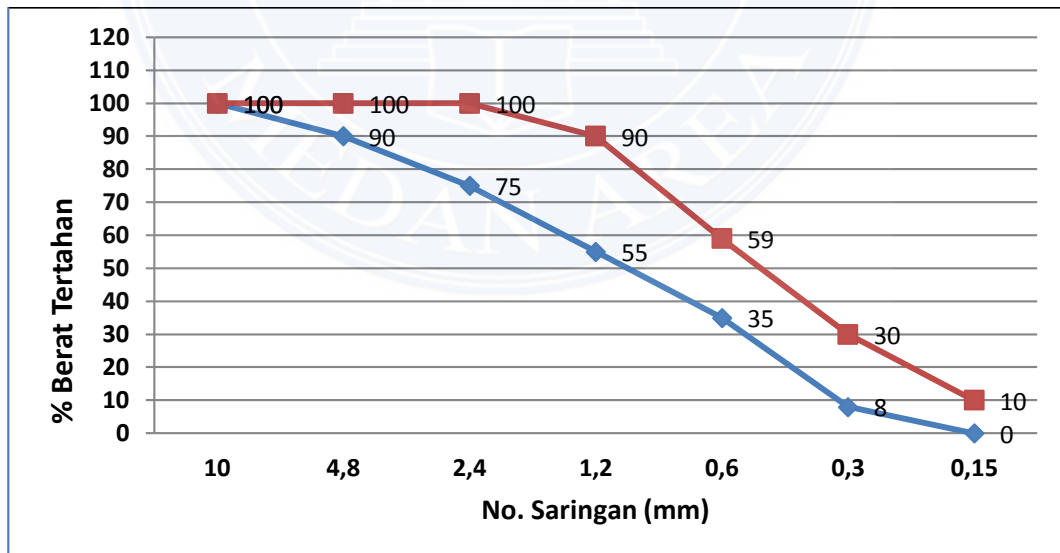
- Daerah I = Pasir Kasar
- Daerah II = Pasir agak Kasar
- Daerah III = Pasir agak Halus
- Daerah IV = Pasir Halus

Gambar 2.2.a Daerah Gradasi Pasir Kasar



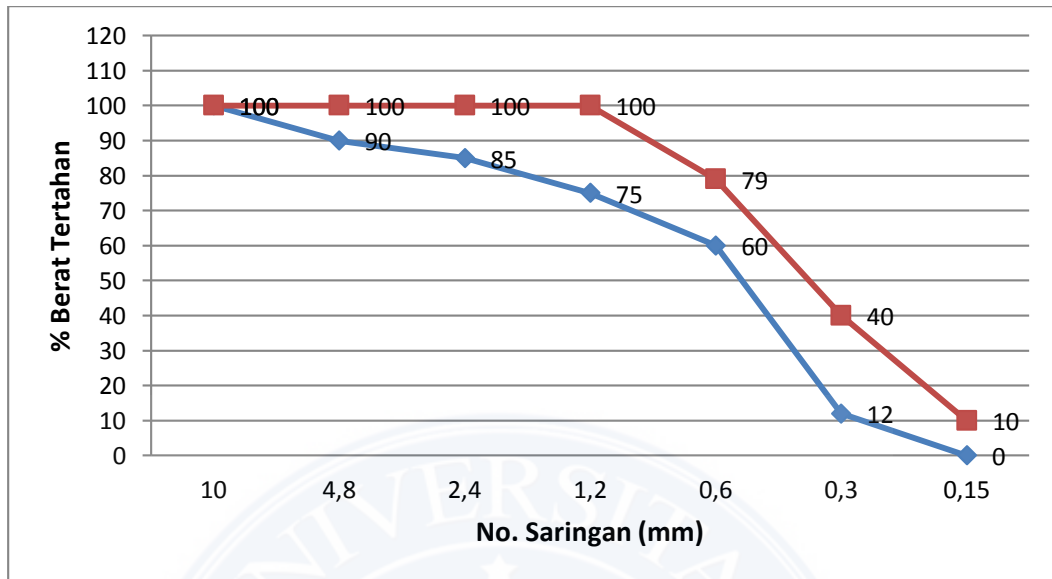
Sumber : Teknologi Beton, Ir Tri Mulyono ME

Gambar 2.2.b Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar



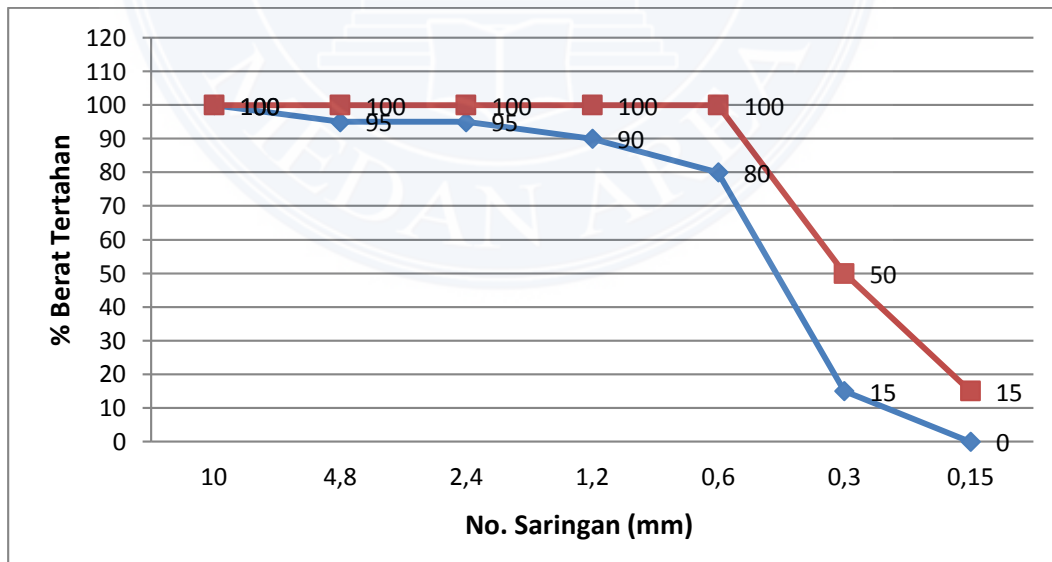
Sumber : Teknologi Beton, Ir Tri Mulyono MT

Gambar 2.2.c Daerah Gradasi Pasir Agak Halus



Sumber : Teknologi Beton, Ir Tri Mulyono MT

Gambar 2.2.d Daerah Gradasi Pasir Halus



Sumber : Teknologi Beton, Ir Tri Mulyono MT

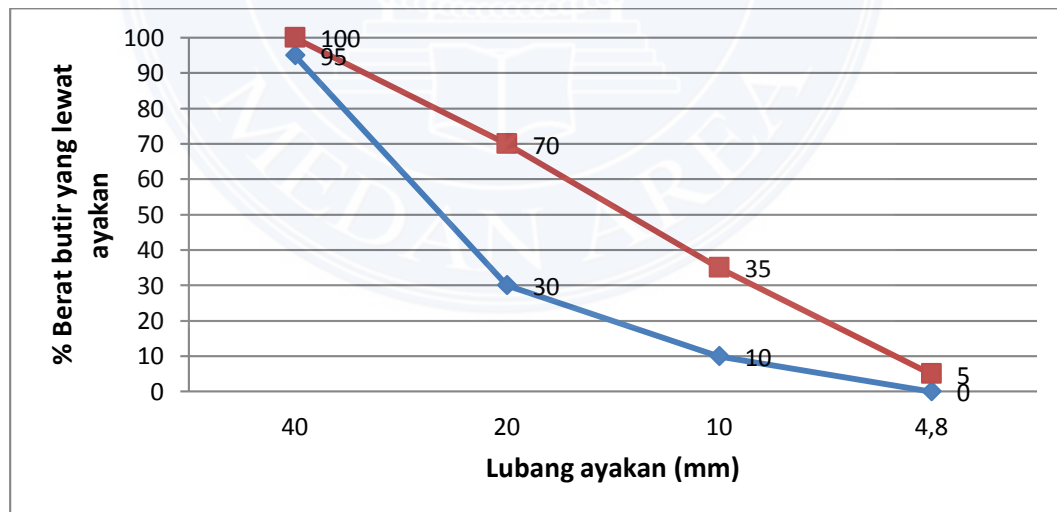
Menurut British Standar (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik, sebaiknya masuk dalam batas-batas yang tercantum dalam tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	% Berat butir yang lewat ayakan, Besar butir Maks	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4.8	0-5	0-10

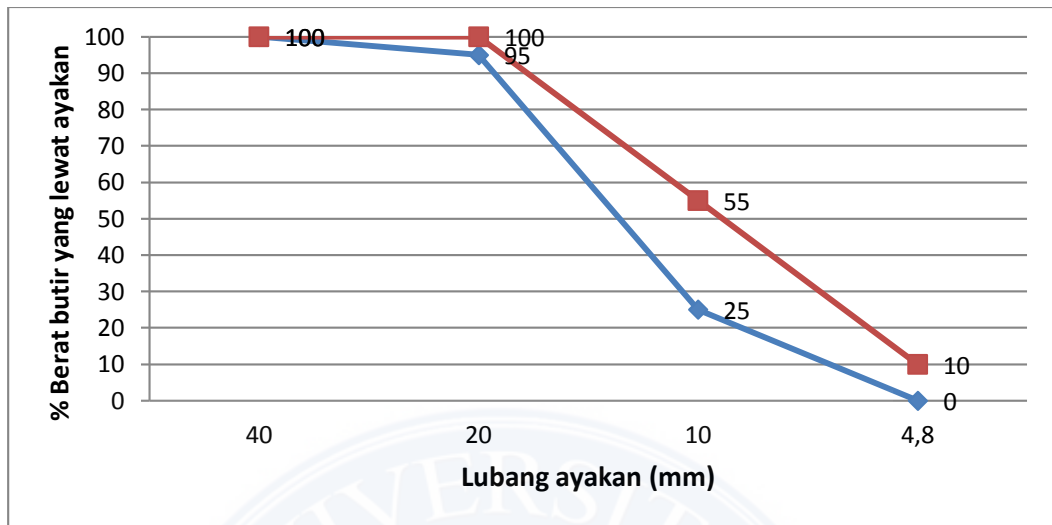
Sumber : Teknologi Beton, Ir Tri Mulyono MT

Gambar 2.3.a Batas Gradasi Agregat Kasar dengan Diameter Butir Maks 40mm



Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, ME

Gambar 2.3.b Batas Gradasi Agregat Kasar dengan Diameter Butir Maks 20mm



Gradasi yang baik kadang sulit didapatkan langsung dari suatu tempat. Dalam praktek biasanya dilakukan pencampuran agar didapat gradasi yang baik antara agregat kasar dan agregat halus. Adapun batasan gradasi agregat campuran dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.4.a Batas-batas Agregat Campuran pada Butir Maksimum 40 mm

Lubang ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	50	59	67	75
9.6	36	44	52	60
4.8	24	32	40	47
2.4	18	25	31	38
1.2	12	17	24	30
0.6	7	12	17	23
0.3	3	7	11	15
0.15	0	0	2	5

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, ME

Tabel 2.4.b Batas-batas Agregat Campuran pada Butir Maksimum 30mm

Lubang ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3
38	100	100	100
19	74	86	93
9.6	47	70	82
4.8	28	52	70
2.4	18	40	57
1.2	10	30	46
0.6	6	21	32
0.3	4	11	19
0.15	0	1	4

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, ME

Tabel 2.4.c Batas-batas Agregat Campuran pada Butir Maksimum 20mm

Lubang ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	100	100	100	100
9.6	45	55	65	75
4.8	30	35	42	48
2.4	23	28	35	42
1.2	16	21	28	34
0.6	9	14	21	27
0.3	2	3	5	12
0.15	0	0	0	2

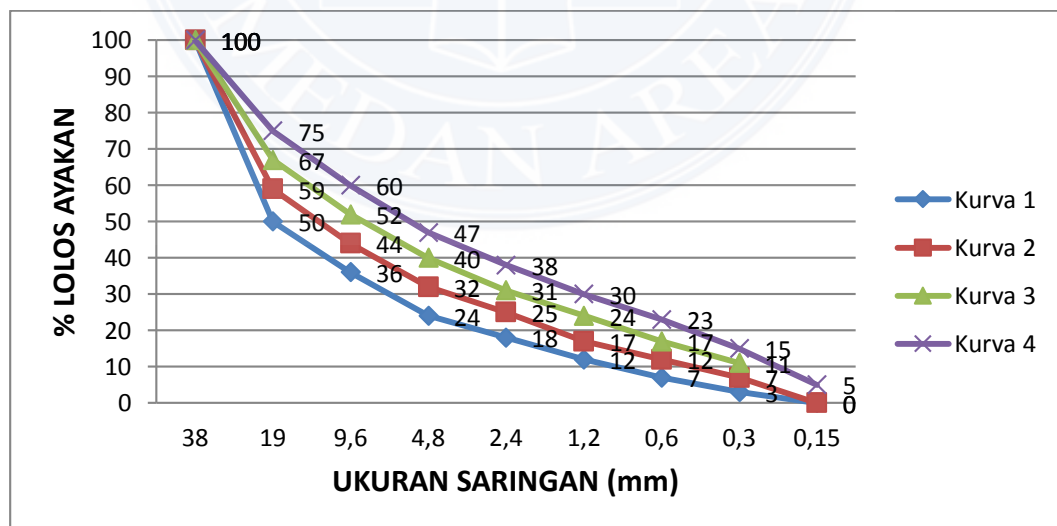
Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, ME

Tabel 2.4.d Batas-batas Agregat Campuran pada Butir Maksimum 10mm

Lubang ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	100	100	100	100
9.6	100	100	100	100
4.8	30	45	60	75
2.4	20	33	46	60
1.2	16	26	37	46
0.6	12	19	28	34
0.3	4	8	14	20
0.15	0	1	3	6

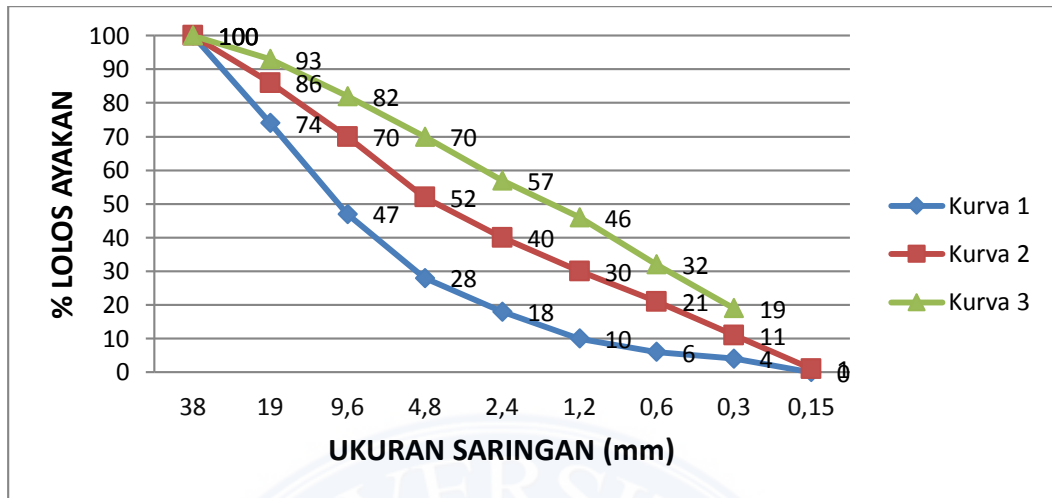
Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodikuljo, ME

Gambar 2.4.a Gradasi Agregat Campuran dengan Butir Maksimum 40mm



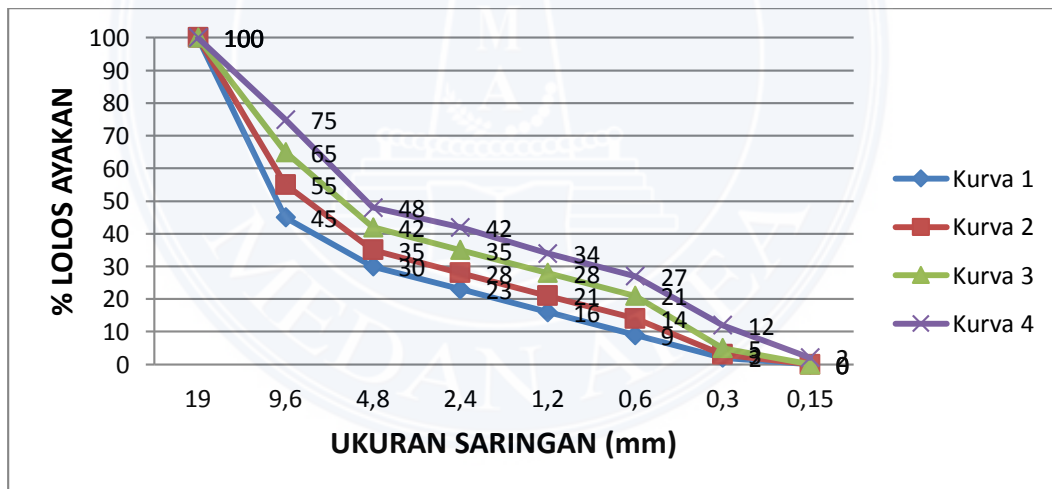
Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodikuljo, ME

Gambar 2.4.b Gradasi Agregat Campuran dengan Butir Maksimum 30mm



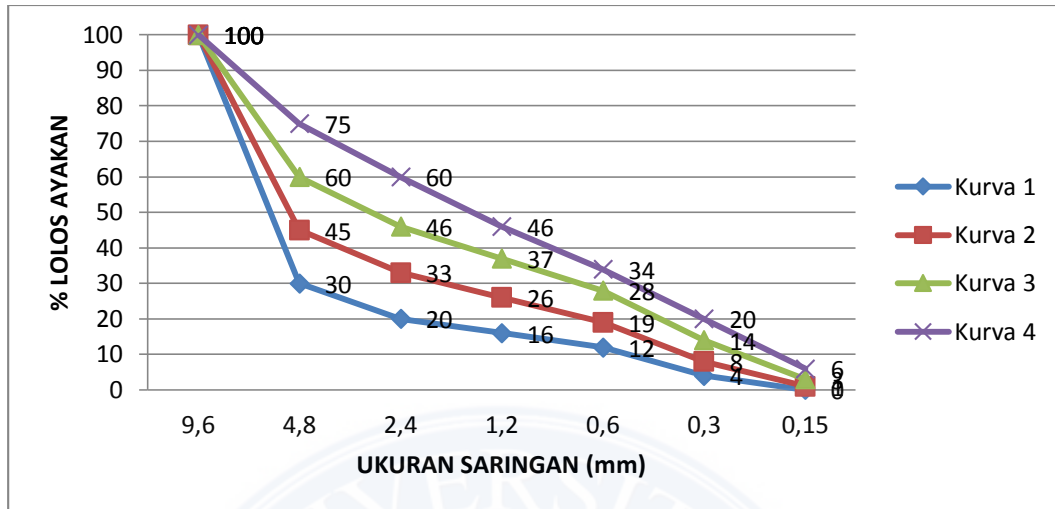
Sumber : Teknologi Beton, Ir.Kardiyono Tjokrodinuljo, ME

Gambar 2.4.c Gradasi Agregat Campuran dengan Butir Maksimum 20mm



Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, ME

Gambar 2.4.d Gradasi Agregat Campuran dengan Butir Maksimum 10mm



Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, ME

2.2.2.4 Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran agregat.

Modulus halus butir ini didefinisikan sebagai jumlah persen (%) kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu set ayakan dan kemudian dibagi 100 (seratus). Susuan lubang ayakan itu adalah sebagai berikut : 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.60 mm, 0.30 mm dan 0.15 mm.

Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir memiliki modulus halus butir antara 1.5 sampai 3.8 sedangkan untuk kerikil dan batu pecah biasanya 5 sampai 8.

2.2.2.5 Ketahanan Kimia

Pada umumnya beton tidak tahan terhadap serangan kimia. Adapun bahan kimia yang biasanya menyerang beton yaitu serangan alkali dan serangan sulfat.

Bahan-bahan kimia pada dasarnya bereaksi dengan komponen-komponen tertentu dari pasta semen yang telah mengeras sebagian besar tergantung pada jenis semen yang digunakan, seperti yang diuraikan dibagian semen Portland. Ketahanan terhadap serangan kimia bertambah dengan bertambahnya kedapan terhadap air.

2.2.2.6 Kekekalan

Sifat ketahanan agregat terhadap perubahan cuaca disebut ketahanan cuaca atau kekekalan. Sifat ini merupakan petunjuk kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebihan yang diakibatkan perubahan-perubahan pada kondisi lingkungan, misalnya pembekuan dan pencairan, perubahan suhu, musim kering dan musim hujan yang berganti-ganti.

Syarat mutu untuk agregat normal adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus jika diuji dengan larutan garam sulfat (Natrium Sulfat, NaSO_4), bagiannya yang hancur maksimum 10% dan jika diujidengan Magnesium Sulfat (MgSO_4) bagiannya yang hancur maksimum 15%.
2. Agregat halus jika diuji dengan larutan garam sulfat (Natrium Sulfat, NaSO_4), bagiannya yang hancur maksimum 12% dan jika diuji dengan Magnesium Sulfat (MgSO_4) bagiannya yang hancur maksimum 18%

2.2.2.7 Perubahan Volume

Faktor utama yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan dalam volume adalah kombinasi reaksi kimia antar semen dengan air seiring dengan mengeringnya beton. Jika agregat mengandung senyawa kimia yang dapat mengganggu proses hidrasi pada semen, maka beton yang berbentuk akan mengalami keretakan. ASTM C.330, “*Specification For Lightweight Aggregates For Structural Concrete*” memberikan ketentuan bahwa susut kering untuk agregat tidak boleh melebihi 0.10%.

2.2.2.8 Kotoran Organik

Bahan-bahan organik yang biasa dijumpai terdiri dari daun-daunan yang membusuk, humus dan asam. Apabila agregat terlalu banyak mengandung bahan-bahan organik maka proses hidrasi akan terganggu sehingga dapat menyebabkan penurunan mutu pada beton yang dihasilkan.

2.3 Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan sebagai bahan didalam perencanaan campuran beton adalah merupakan butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butir terletak antara 0.075-4.75 mm.

Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

a. Pasir galian

Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam.

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat akibat proses gesekan.

c. Pasir pantai

Pasir pantai berasal dari sungai yang mengendap di muara sungai (dipantai) atau hasil gerusan air di dasar laut yang terbawa air laut dan mengendap di pantai. Pasir pantai biasanya berbutir halus dan banyak mengandung garam. Sehingga pasir laut diteliti terlebih dahulu sebelum dipakai.

Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71), bahwa agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan alat – alat pemecah batu.
- Agregat halus yang digunakan harus terdiri dari butir – butiran yang tajam, keras serta bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka agregat halus harus dicuci.

- Agregat halus tidak boleh mengandung bahan – bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abram – Harder (dengan larutan NaOH)
- Agregat halus harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut :
 - Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat.
 - Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat.
 - Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.

2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal pada ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71) bahwa agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
- Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir – butir yang pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir – butir yang pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir

- butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang reaktif alkali.
- Kekerasan dari butir – butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20T, dengan harus memenuhi syarat – syarat berikut :
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22%.

Atau dengan mesin pengaus Los Angeles, dengan tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.

- Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut :
 - Sisa diatas ayakan 31.5 mm harus 0% berat.

- Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90 – 98% berat.
- Selisih antara sisa – sisa komulatif diatas 2 ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada 1/5 jarak terkecil antara bidang – bidang samping dari cekatan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak bersih minimum diantara batang – batang atau berkas – berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara – cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang – sarang kerikil.

2.5 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa – senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan mengurangi mutu beton, bahkan dapat mengubah sifat – sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi perbandingan air dengan semen atau biasa disebut *Faktor Air*

Semen. Penggunaan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

Air yang diperlukan pada campuran beton dipengaruhi oleh faktor – faktor dibawah ini :

- a. Ukuran agregat maksimum semakin besar maka kebutuhan air menurun.
- b. Bentuk butir, untuk bentuk bulat maka kebutuhan air menurun sedangkan untuk batu pecah diperlukan lebih banyak air.
- c. Gradasi agregat, dimana bila gradasi baik kebutuhan air akan menurun untuk kelecakan yang sama.
- d. Kotoran dalam agregat, makin banyak kotoran pada agregat maka kebutuhan air meningkat.
- e. Jumlah agregat halus, jika agregat halus sedikit maka kebutuhan air semakin menurun.

Menurut SNI – 03 – 2847 – 2002 bahwa air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan – bahan lainnya yang merugikan beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang

terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut :

- Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

2.6 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekanan per satuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Pengujian kuat tekan biasanya digunakan pada benda uji silinder dan kubus.

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.5 Beberapa Jenis Beton menurut Kuat Tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton Sederhana (Plain Concrete)	Sampai 10
Beton Normal (Beton Biasa)	15 – 30
Beton Prategang	30 – 40
Beton Kuat Tekan Tinggi	40 – 80
Beton Kuat Tekan sangat Tinggi	>80

Untuk pengujian laboratorium perlu diketahui bentuk benda uji yang akan dibuat. Setiap bentuk benda akan memiliki faktor bentuk yang berbeda – beda. Faktor bentuk benda uji dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai bentuk Benda uji

Benda Uji	Perbandingan Kuat Tekan
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1.00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0.95
Silinder Ø 15 cm, h = 30 cm	0.83

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71)

Rumus – rumus yang digunakan pada perhitungan kuat tekan beton :

$$\sigma_b = \frac{P}{A.F_u.F_b} \dots\dots\dots \text{pers 2.1}$$

- Dimana
- σ_b = Kekuatan Tekan
 - P = Beban
 - A = Luas Penampang Benda Uji
 - F_u = Faktor Umur
 - F_b = Faktor Bentuk

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_1^N \sigma_b}{A.F_u.F_b} \dots\dots\dots \text{pers 2.2}$$

Dimana σ'_{bm} = Kuat Tekan Beton Rata – rata

N = Jumlah Benda Uji

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - k.S \dots\dots\dots pers 2.3$$

Dimana σ'_{bk} = Kuat Tekan Beton Karakteristik

k = Bilangan yang tergantung pada banyaknya Benda Uji

S = Standar Deviasi

Faktor – faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu :

Umur Beton

Kuat tekan beton akan semakin bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksudkan disini adalah sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula – mula cepat, lama – kelamaan laju kenaikan tersebut semakin lambat. Sehingga sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Tabel 2.7 Rasio Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur (PBI 1971)

Umur Beton (Hari)	3	7	14	21	28	365
Semen Portland Biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1	1.35
Semen Portlan dengan kekuatan awal yang tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1	1.20

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, ME

Faktor Air Semen

Faktor air semen ialah perbandingan berat antara air dan semen Portland didalam campuran adukan beton. Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut :

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5x}} \dots\dots\dots \text{pers 2.4}$$

Dimana $f'c$ = Kuat Tekan Beton

X = fas (Faktor Air Semen)

A,B = Konstanta

Tabel 2.8 Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen (ACI 211.1)

Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Faktor Air - Semen	
	Beton Biasa	Beton Air – entrain
45	0.38	0.3
40	0.42	0.34
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT

Kepadatan

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang.

Jumlah Pasta Semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir – butir agregat. Sehingga jika pasta semen terlalu sedikit maka rekatan antar butir kurang kuat yang menyebabkan kuat tekan beton berkurang.

Jenis Semen

Jenis semen sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Seperti pada pembahasan sebelumnya, bahwa semen Portland memiliki sifat tertentu. Misalnya cepat mengeras dan sebagainya yang sangat mempengaruhi kuat tekan beton.

Sifat Agregat

Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton :

1. Kekasaran Permukaan.
2. Bentuk Agregat
3. Kuat Tekan Agregat

2.7 Standar Deviasi

Standar deviasi adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan pembetonan. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masukan pada perencanaan campuran beton.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cr})^2}{N-1}} \dots \dots \dots \text{pers 2.8}$$

Rumus standar deviasi :

Dengan : S = Deviasi Standar

- F_c = Kuat tekan masing-masing silinder beton
- F_{cr} = Kuat tekan rata-rata
- N = Banyaknya nilai Kuat tekan beton

Tabel 2.9 Nilai Standar Deviasi

Volume Pekerjaan	Mutu Pelaksanaan (MPa)		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000 m ³)	$4.5 < s.d \leq 5.5$	$5.5 < s.d \leq 6.5$	$6.5 < s.d \leq 8.5$
Sedang (1000 – 3000 m ³)	$3.5 < s.d \leq 4.5$	$4.5 < s.d \leq 5.5$	$5.5 < s.d \leq 6.5$
Besar (>3000 m ³)	$2.5 < s.d \leq 3.5$	$3.5 < s.d \leq 4.5$	$4.5 < s.d \leq 5.5$

Sumber : *Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, ME*

2.8 Bahan Tambahan

2.8.1 Umum

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama percampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Admixture atau bahan tambah yang didefinisikan dalam *Standard Definitions of terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) adalah sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik

dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi. Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton.

Di Indonesia bahan tambah telah banyak dipergunakan. Manfaat dari penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang akan dipakai di lapangan. Dalam hal ini bahan yang dipakai sebagai bahan tambah harus memenuhi ketentuan yang diberikan oleh SNI. Untuk bahan tambah yang merupakan bahan tambah kimia harus memenuhi syarat yang diberikan dalam ASTM C.494, “*Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete*”.

Untuk memudahkan pengenalan dan pemilihan *admixture*, perlu diketahui terlebih dahulu kategori dan penggolongannya, yaitu :

1. *Air Entraining Agent* (ASTM C 260), yaitu bahan tambah yang ditujukan untuk membentuk gelembung-gelembung udara berdiameter 1 mm atau lebih kecil didalam beton atau mortar selama pencampuran, dengan maksud mempermudah pengerjaan beton pada saat pengecoran dan menambah ketahanan awal pada beton.
2. *Chemical Admixture* (ASTM C 494), yaitu bahan tambah cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan (memperlambat atau mempercepat), mereduksi kebutuhan air, menambah kemudahan pengerjaan beton, meningkatkan nilai *slump* dan sebagainya.

3. *Mineral Admixture* (bahan tambah mineral), merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Pada saat ini, bahan tambah mineral ini lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja tekan beton, sehingga bahan ini cenderung bersifat penyemenan. Keuntungannya antara lain :

memperbaiki kinerja *workability*, mempertinggi kuat tekan dan keawetan beton, mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah pozzolan, *fly ash*, *slang*, dan *silica fume*.

4. *Miscellaneous Admixture* (bahan tambah lain), yaitu bahan tambah yang tidak termasuk dalam ketiga kategori diatas seperti bahan tambah jenis polimer (*polypropylene*, *fiber mash*, serat bambu, serat kelapa dan lainnya), bahan pencegah pengaratan dan bahan tambahan untuk perekat (*bonding agent*).

2.8.2 Alasan Penggunaan Bahan Tambahan

Penggunaan bahan tambahan harus didasarkan pada alasan-alasan yang tepat misalnya untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu pada beton. Pencapaian kekuatan awal yang tinggi, kemudahan pekerjaan, menghemat harga beton, memperpanjang waktu pengerasan dan pengikatan, mencegah retak dan lain sebagainya. Para pemakai harus menyadari hasil yang diperoleh tidak akan sesuai dengan yang diharapkan pada kondisi pembuatan beton dan bahan yang kurang baik. Keuntungan penggunaan bahan tambah pada sifat beton, antara lain:

- a. Pada Beton Segar (*fresh concrete*)

- Memperkecil faktor air semen
- Mengurangi penggunaan air.
- Mengurangi penggunaan semen.
- Memudahkan dalam pengecoran.
- Memudahkan *finishing*.

b. Pada Beton Keras (*hardened concrete*)

- Meningkatkan mutu beton.
- Kedap terhadap air (*low permeability*).
- Meningkatkan ketahanan beton (*durability*).
- Berat jenis beton meningkat.

2.8.3 Perhatian Penting dalam Penggunaan Bahan Tambahan

Penggunaan bahan tambah di lapangan sering menimbulkan masalah-masalah tidak terduga yang tidak menguntungkan, karena kurangnya pengetahuan tentang interaksi antara bahan tambahan dengan beton. Untuk mengurangi dan mencegah hal yang tidak terduga dalam penggunaan bahan tambah tersebut, maka penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus dikonfirmasi dengan standar yang berlaku dan yang terpenting adalah memperhatikan dan mengikuti petunjuk dalam manualnya jika menggunakan bahan “paten” yang diperdagangkan.

- a. Mempergunakan bahan tambahan sesuai dengan spesifikasi ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dan ACI (*American Concrete International*).

Parameter yang ditinjau adalah :

- Pengaruh pentingnya bahan tambahan pada penampilan beton.
- Pengaruh samping (*side effect*) yang diakibatkan oleh bahan tambahan. Banyak bahan tambahan mengubah lebih dari satu sifat beton, sehingga kadang-kadang merugikan.
- Sifat-sifat fisik bahan tambahan.
- Konsentrasi dari komposisi bahan yang aktif, yaitu ada tidaknya komposisi bahan yang merusak seperti klorida, sulfat, sulfide, fosfat, juga nitrat dan amoniak dalam bahan tambahan.
- Bahaya yang terjadi terhadap pemakai bahan tambahan.
- Kondisi penyimpanan dan batas umur kelayakan bahan tambahan.
- Persiapan dan prosedur pencampuran bahan tambahan pada beton segar.
- Jumlah dosis bahan tambahan yang dianjurkan tergantung dari kondisi struktural dan akibatnya bila dosis berlebihan.
- Efek bahan tambah sangat nyata untuk mengubah karakteristik beton misalnya FAS, tipe dan gradasi agregat, tipe dan lama pengadukan.

- a. Mengikuti petunjuk yang berhubungan dengan dosis pada brosur dan melakukan pengujian untuk mengontrol pengaruh yang didapat.
- b. Biasanya percampuran bahan tambahan dilakukan pada saat percampuran beton. Karena kompleksnya sifat bahan tambahan beton terhadap beton, maka interaksi pengaruh bahan tambahan pada beton, khususnya interaksi pengaruh bahan tambahan pada semen sulit diprediksi. Sehingga diperlukan percobaan pendahuluan untuk menentukan pengaruhnya terhadap beton secara keseluruhan.

2.8.4 Jenis Admixture

Secara umum *Admixture* yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi 2 (dua) bagian yaitu *admixture* yang bersifat kimiawi (*Chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*addictive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan pada saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah *addictive* yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan.

Bahan tambah ini biasanya merupakan bahan tambah kimia yang dimaksudkan lebih banyak mengubah perilaku beton saat pelaksanaan pekerjaan jadi dapat dikatakan bahwa bahan tambah kimia (*chemical admixture*) lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Bahan tambah *addictive* merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan tambah *addictive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatan.

2.8.5 Silika Fume (Sica Fume)

Uap silika terpadatkan (*Condensed Silica Fume*, CSF) adalah produk samping dari proses fusi (smelting) dalam produksi silikon metal dan amalgam ferrosilikon (pada pabrik pembuatan mikrochip untuk komputer). Juga disebut *siliks fume* (SF), *microsilika*, *silica fume dust*, *amorphous silica*, dan sebagainya. Namun SF yang dipakai untuk beton adalah yang mengandung lebih dari 75% silikon. Secara umum, SF mengandung SiO₂ 86-96%, ukuran butir rata-rata 0,1-0,2 micrometer, dan strukturnya amorphous (bersifat reaktif dan tidak terkristalisasi).

Ukuran silika fume ini lebih halus dari pada asap rokok. Silika fume berbentuk seperti fly ash tetapi ukurannya lebih kecil sekitar seratus kali lipatnya. SF bisa didapat dalam bentuk bubuk, dipadatkan atau cairan yang dicampurkan dengan air 50%.

Berat jenisnya sekitar 2,20 tetapi bulk density hanya 200-300 kg/m³. Specific surface area sangat besar, yaitu 15-25 m²/g. SF bisa dipakai sebagai pengganti sebagian semen, meskipun tidak ekonomis. Kedua sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki sifat beton, baik beton segar maupun beton keras.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Standard Penelitian

Standar yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Standar Nasional Indonesia tentang tata cara perhitungan struktur bangunan untuk gedung (SK – SNI 03 – 2847 – 2002).
2. Peraturan Beton Bertulang 1971 (PBI '71)
3. American Society For Testing Materials (ASTM)

Pemeriksaan bahan-bahan penyusunan beton menurut standar nasional Indonesia antara lain :

- SNI 15 – 2530 – 1991 tentang Metode Pengujian Kehalusan Semen
- SNI 15 – 2531 – 1991 tentang Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland
- SNI 03 – 1968 – 1990 tentang Metode Pengujian Analisis Agregat halus dan Agregat kasar
- SNI 03 – 1969 – 1990 tentang Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar
- SNI 03 – 1970 – 1990 tentang Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus
- SNI 03 – 1971 – 1990 tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat

- SNI 03 – 2417 – 1991 tentang Metode Pengujian Kehausan Agregat dengan Mesin Los Angeles.

3.2 Penelitian Di Laboratorium

Penelitian dilakukan dengan melaksanakan pengujian laboratorium dan dilengkapi dengan literature-literature. Prosedur pelaksanaan baik dalam pengujian bahan, perencanaan campuran, pembuatan sample dan pengujian sample (benda uji) mengikuti prosedur peraturan-peraturan yang berlaku pada peraturan beton yang ada.

Tipe penelitian adalah pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan benda uji silinder 15 x 30 cm, untuk beton normal pengujian dilakukan dengan menggunakan campuran dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air sedangkan untuk beton porous pengujian dilakukan dengan menggunakan campuran dari semen, agregat kasar, dan air tanpa menggunakan agregat halus dan ditambah dengan zat additive (*sika fume*®).

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Bahan

Pada penelitian di laboratorium, langkah pertama yang harus dilakukan adalah pemeriksaan bahan-bahan penyusun beton yang akan digunakan. Adapun bahan yang akan digunakan dalam penelitian adalah :

a. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini adalah air bersih yang berasal dari instalasi air bersih laboratorium Konstruksi/Beton Universitas HKBP Nomensen (UHN) Medan.

b. Semen Portland

Pada penelitian ini digunakan semen Portland, merek semen Padang dalam kemasan per zak adalah 40 kg.

c. Pasir

Pasir yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir yang bebas dari kotoran organik dan non organik.

d. Batu Pecah.

Agregat Kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah Batu Pecah yang diproduksi dari PT. ADHI KARYA, Patumbak. Ukuran batu 10 mm, 20 mm, dan 30 mm.

3.3.2 Peralatan

Sedangkan peralatan – peralatan yang digunakan adalah :

a. Saringan

yang berfungsi untuk mengayak sample untuk mengetahui kehalusan semen Portland, saringan yang digunakan pada analisa saringan semen adalah No. 100 dan No.200. sedangkan pada agregat kasar dan agregat halus, saringan berfungsi untuk mengayak sample agar dapat modulus halus butir dan gradasi perbutiran. Ukuran saringan yang digunakan

untuk analisa saringan agregat halus adalah 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, dan 0.15 mm. sedangkan ukuran saringan untuk analisa saringan agregat kasar adalah 40 mm, 20 mm, 10 mm dan 4.8 mm.

b. Timbangan

yang berfungsi sebagai penimbang berat sample sesuai dengan yang dibutuhkan.

c. Botol Le Chatelier

Yang berfungsi sebagai wadah semen pada penelitian berat jenis semen.

d. Thermometer

yang berfungsi untuk menentukan suhu air dalam percobaan berat jenis.

e. Mould

yang berfungsi sebagai wadah benda uji pada penelitian berat isi.

f. Tongkat Pematik

Yang berfungsi untuk memadatkan benda uji dalam mould.

g. Mistar

yang berfungsi untuk meratakan benda uji didalam mould.

h. Vibrator

yang berfungsi untuk penggetar saringan pada uji analisa saringan.

i. Picnometer

yang berfungsi sebagai wadah agregat halus pada percobaan berat jenis

- j. Oven
yang berfungsi untuk mengeringkan sample.
- k. Talam
berfungsi sebagai wadah untuk mengeringkan sample sampai pada kondisi SSD.
- l. Sekop
yang berfungsi untuk mengocok adukan campuran beton rencana.
- m. Scrap
yang berfungsi meratakan permukaan beton yang sudah di cetak.
- n. Mollen
yang berfungsi sebagai wadah untuk mengaduk bahan-bahan yang sudah dicampur agar menjadi rata.
- o. Cetakan
yang dipakai yaitu berbentuk silinder.
- p. Kerucut Abrams
Yang berfungsi sebagai wadah untuk slump test beton.
- q. Bak Air
Yang berfungsi sebagai tempat perendaman benda uji yang telah dilepas dari cetakan.
- r. Mesin uji Kuat Tekan dan Kuat Lentur
Yang digunakan adalah dari merk Controls Italy yang berfungsi sebagai alat untuk menguji kuat tekan dan kuat lentur beton yang akan di test.

3.3.3 Pemeriksaan Bahan – bahan Penyusun Beton

Pemeriksaan bahan – bahan yang digunakan pada campuran beton yang meliputi semen Portland, Agregat kasar, Agregat halus dilakukan untuk mengetahui kondisi sifat – sifat bahan yang digunakan. Dengan adanya pengujian bahan – bahan di laboratorium maka perencanaan campuran beton (mix design concrete) diharapkan lebih akurat sehingga proporsi campuran yang direncanakan dapat digunakan dan dapat menghasilkan beton dengan mutu yang diharapkan. Adapun pengujian material penyusun beton meliputi.

a. Pemeriksaan Kehalusan Semen

Kehalusan semen sangat menentukan pada proses pengikatan agregat dalam campuran beton. Semakin halus semen, maka pengikatannya menjadi lebih sempurna dan juga mempercepat proses pengerasan beton. Pemeriksaan kehalusan semen dimaksudkan untuk mendapatkan semen standar sebagai bahan pengikat dalam campuran beton.

b. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Berat jenis adalah perbandingan antara berat isi kering semen pada suhu kamar. Pemeriksaan berat jenis semen bertujuan untuk menentukan berat persatuan volume dari semen yang akan dipergunakan dalam perencanaan campuran beton.

c. Analisa Saringan

Penguraian susunan butiran agregat (gradasi) bertujuan untuk menilai agregat halus yang digunakan pada produksi beton. Pada

pelaksanaannya perlu ditentukan batas maksimum dan minimum butiran sehubungan pengaruh terhadap sifat pekerjaan, penyusutan, kepadatan, kekuatan dan juga faktor ekonomis dari beton. Tujuan dari analisa saringan adalah untuk mendapatkan nilai modulus halus (*fineness modulus*) butir agregat dan gradasi perbutiran agregat.

d. Kadar Air

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terdapat dalam agregat dalam satuan berat dibandingkan dengan berat keseluruhan agregat. Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat dalam pasir (*agregat halus*) saat akan diaduk menjadi campuran beton. Dengan diketahui kandungan air, maka air campuran beton dapat disesuaikan agar faktor air semen yang diambil konstan.

e. Berat Isi

Adalah perbandingan berat sample dengan volume sample. Pemeriksaan berat isi dibagi menjadi 3 (tiga) cara yaitu :

- Cara Lepas
- Cara Penggoyangan
- Cara Pengrojokan

f. Berat Jenis dan Penyerapan

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat sejumlah volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap berat air pada volume yang sama. Penyerapan adalah perbandingan antara berat air yang terserap

agregat pada kondisi jenuh permukaan dengan agregat dalam keadaan kering oven.

g. Pemeriksaan Kehausan Agregat Kasar

Bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles. Persyaratan kehausan agregat adalah harus lebih kecil dari 50%.

3.4 Perancangan Campuran Beton (Mix Design Concrete)

Langkah – langkah pokok perencanaan adukan beton normal menurut Metode Standar Nasional Indonesia (SK - SNI 03 – 2847 – 2002) adalah :

1. Perhitungan nilai Deviasi Standar (s)

Deviasi standar dihitung dengan cara yang tercantum dalam lampiran.

2. Perhitungan nilai tambah (Margin), m

Nilai tambah (m) dihitung dengan cara yang tercantup pada lampiran

3. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) pada umur tertentu.

a. Kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dalam buku Rencana Karya dan syarat – syarat (RKS)

b. Kuat tekan minimum beton diperoleh dari lampiran

c. Untuk langkah selanjutnya kuat tekan beton dari poin (a) dan (b) diambil yang terbesar.

4. Kuat tekan rata – rata (f'_{cr})

Kuat tekan rata – rata perlu diperoleh dengan persamaan 2.2

5. Penetapan Jenis semen Portland

Pada langkah ini dipilih, akan dipakai semen biasa atau semen cepat mengeras. Jika beton terkena pengaruh lingkungan yang mengandung sulfat perhatikan juga jenis semennya.

6. Penetapan Jenis Agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, apakah berupa agregat alami (kerikil alami atau pasir alami) atau agregat buatan (batu pecah atau pasir buatan).

7. Penetapan nilai faktor air semen

- a. Faktor air semen ditetapkan dengan cara yang tercantum dalam lampiran
- b. Nilai faktor air semen maksimum diperoleh dari lampiran
- c. Untuk perhitungan selanjutnya faktor air semen dari (a) dan (b) diambil yang terkecil.

8. Penetapan nilai Slump

Penetapan nilai slump dilakukan dengan cara yang tertera pada lampiran.

9. Penetapan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir maksimum agregat dilakukan dengan cara pada lampiran

10. Jumlah air yang diperlukan per meter kubik

Jumlah air yang per meter kubik beton diperoleh dari lampiran

11. Jumlah semen per meter kubik beton dihitung dengan

Berat jenis per meter kubik beton dihitung dengan :

$$W_{smn} = \frac{1}{f_{as}} \times W_{air}$$

.....Pers 3.1

Dengan :

f_{as} = Nilai fas dari langkah (8)

W_{air} = Berat air per meter kubik beton dari langkah (10)

12. Penetapan jenis agregat halus

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis yaitu :

- Pasir Halus
- Pasir agak Halus
- Pasir agak Kasar
- Pasir Kasar

Penentuan jenis agregat halus yaitu didasarkan dari grafik analisa saringan agregat halus.

13. Proporsi berat agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari lampiran.

14. Berat jenis relatif agregat

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$b_{j\text{ camp}} = \frac{kh}{100} + b_{j\text{ h}} + \frac{kk}{100} + b_{j\text{ k}}$$

.....Pers 3.

Dengan :

$b_{j\text{ camp}}$ = Berat jenis agregat campuran

$b_{j\text{ h}}$ = Berat jenis agregat halus

b_{jk} = Berat jenis agregat kasar

k_h = Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

k_k = Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari pemeriksaan laboratorium, namun jika belum ada maka dapat diambil sebesar :

b_j = 2.6 untuk agregat tak dipecah / alami

b_j = 2.7 untuk agregat pecahan

15. Perkiraan berat beton

Perkiraan berat beton dari lampiran

16. Dihitung kebutuhan berat agregat

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$W_{agr. Camp} = W_{btn} - W_{air} \dots\dots\dots \text{Pers 3.3}$$

Dengan :

$W_{agr.camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg)

W_{btn} = berat beton per meter kubik beton (kg)

W_{air} = berat air per meter kubik beton (kg)

W_{smn} = berat semen per meter kubik beton (kg)

17. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (16)

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus :

$$\boxed{Wagr\ halus = Kh \cdot Wagr.camp} \dots\dots\dots Pers\ 3.4$$

Dengan :

Kh = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

Wagr.camp = kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg)

18. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (16)

Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus :

$$\boxed{Wagr.kasar = Kk \cdot Wagr.camp} \dots\dots\dots Pers\ 3.5$$

Dengan :

Kk = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

Wagr.camp = kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg)

19. Koreksi proporsi campuran dilakukan apabila agregat tidak dalam kondisi SSD.

Rumus :

$$\boxed{Air = B - (Ck - Ca) \cdot C/100 - (Dk - Da) \cdot D/100} \dots\dots\dots Pers\ 3.6$$

$$\boxed{Agregat\ Halus = C + (Ck - Ca) \cdot C/100} \dots\dots\dots Pers\ 3.7$$

$$\boxed{Agregat\ Kasar = D + (Dk - Da) \cdot D/100} \dots\dots\dots Pers\ 3.8$$

Keterangan :

- B = jumlah air (kg/m^3)
C = jumlah agregat halus (kg/m^3)
D = jumlah kerikil (kg/m^3)
Ca = absorsi air pada agregat halus (%)
Ck = kadar air dalam agregat halus (%)
Da = absorsi air pada agregat kasar (%)
Dk = kadar air dalam agregat kasar (%)

3.5 Pembuatan Benda Uji

Pelaksanaan pengecoran untuk pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (mollen).

Adapun langkah – langkah pembuatan benda uji :

1. Mempersiapkan bahan – bahan campuran adukan beton yaitu semen, batu pecah dengan diameter (\emptyset) maksimum 20 mm, dan zat addictive dengan persentase yang telah ditentukan
2. Masing – masing bahan ditimbang menurut beratnya sesuai dengan berat masing – masing bahan yang diperlukan menurut dari perhitungan volume campuran
3. Mempersiapkan alat pengukur nilai slump, mollen, sekop, dan alat – alat lainnya seperti cetakan silinder dan cetakan balok.

4. Batu pecah dimasukkan kedalam pengaduk (mollen) untuk diaduk sekitar 5 menit.
5. Lalu semen dimasukan untuk diaduk sampai merata.
6. Kemudian air dimasukan secara perlahan – lahan dan bertahap.
7. Beton segar dituang kedalam bak penampungnya.
8. Selanjutnya adalah pengukuran nilai slump dengan cara memasukan beton segar kedalam kerucut abrams. Tiap lapisan diisi kira –kira 1/3 isi cetakan. Setiap lapisan dirojok dengan memakai tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Setelah selesai pengrojokan ratakan permukaannya. Lalu cetakan ditarik tegak lurus keatas dengan hati – hati. Letakkan lerucut abrams dengan posisi disamping benda uji dan ukur selisih tinggi kerucut dengan benda uji.
9. Setelah dapat nilai slump, berarti adukan beton segar sudah dapat dituangkan kedalam cetakan silinder dan balok. Adukan beton segar dimasukkan secara berlapis kira – kira 1/3 isi cetakan tiap lapisan dan dirojok dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali dan ratakan permukaan benda uji.
10. Sampel yang sudah dicetak disimpan selama 24 jam atau 1 hari. Lalu cetakan dapat dibuka untuk selanjutnya direndam.
11. Lakukan langkah seperti diatas untuk pengecoran campuran dengan variasi penambahan *sika fume* sebanyak 0.5, 1% , 1,5 dan 2%.

3.6 Slump

Slump adalah suatu percobaan untuk mengukur kelecakan adukan beton. Cara mendapatkan nilai slump adalah dengan memasukan adukan beton kedalam corong baja berbentuk conus berlubang pada kedua ujungnya, bagian bawah diameter 20 cm dan bagian atas 10 cm dengan tinggi 30 cm, kemudian sejumlah adukan yang dimasukkan sekitar 1/3 volume corong (*kerucut abrams*).

Setelah adukan telah masuk ke dalam corong lalu adukan di rojok sebanyak 25 kali dengan tongkat pemadat. Kemudian adukan kedua yang kira – kira volumenya sama dengan yang pertama dimasukan dan dirojok. Rojokan jangan sampai menembus adukan lapisan pertama. Kemudian adukan ketiga dimasukkan dan dirojok sama seperti yang sebelumnya. bila adukan ketiga telah selesai dirojok maka permukaan adukan beton diratakan sama dengan permukaan corong. Setelah itu ditunggu 60 detik dan selanjutnya tarik corong tegak lurus keatas. Ukurlah penurunan permukaan atas adukan beton setelah corong ditarik, besar penurunan itulah yang disebut dengan nilai slump (*kardiyono tjokrodimuljo*). Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituang dan dipadatkan atau dapat memenuhi syarat workability. *Dimana semakin besar nilai slump berarti beton segar makin encer dan ini berarti makin mudah dikerjakan.*

3.7 Perawatan benda uji

Setelah beton dilepas dari cetakan maka langkah selanjutnya adalah perawatan beton. Perawatan beton ini dilakukan dengan cara menaruh beton kedalam air. Beton

yang baru dilepas dari cetakan dimasukkan kedalam bak perendaman sampai pada saat mau pengujian beton.

Fungsi utama dari perawatan beton adalah untuk menghindarkan beton dari :

1. Kehilangan air – semen yang banyak pada saat – saat setting time concrete
2. Kehilangan air akibat penguapan pada hari – hari pertama.
3. Perbedaan suhu beton dengan lingkungan terlalu besar.

3.8 Beton Ringan

Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan pada umumnya merupakan hasil pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu – bara, dan masih banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekira – kiranya 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440 - 1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17.2 Mpa (**ACI – 318**).

3.9 Sika Fume

Uap silika terpadatkan (*Condensed Silica Fume*, CSF) adalah produk samping dari proses fusi (smelting) dalam produksi silikon metal dan amalgam ferrosilikon (pada pabrik pembuatan mikrochip untuk komputer). Juga disebut *siliks fume* (SF), *microsilika*, *silica fume dust*, *amorphous silica*, dan sebagainya. Namun SF yang dipakai untuk beton adalah yang mengandung lebih dari 75% silikon. Secara umum,

SF mengandung SiO₂ 86-96%, ukuran butir rata-rata 0,1-0,2 micrometer, dan strukturnya amorphous (bersifat reaktif dan tidak terkristalisasi).

Ukuran silika fume ini lebih halus dari pada asap rokok. Silika fume berbentuk seperti fly ash tetapi ukurannya lebih kecil sekitar seratus kali lipatannya. SF bisa didapat dalam bentuk bubuk, dipadatkan atau cairan yang dicampurkan dengan air 50%.

Berat jenisnya sekitar 2,20 tetapi bulk density hanya 200-300 kg/m³. Specific surface area sangat besar, yaitu 15-25 m²/g. SF bisa dipakai sebagai pengganti sebagian semen, meskipun tidak ekonomis. Kedua sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki sifat beton, baik beton segar maupun beton keras.

Tabel. Komposisi kimia dan fisika *silica fume*®

KIMIA	BERAT DALAM PERSEN (%)
SiO ₂	92.0 – 94.0
Karbon	3.0 – 5.0
Fe ₂ O ₃	0.10 – 0.50
CaO	0.10 – 0.15
Al ₂ O ₃	0.20 – 0.30
MgO	0.10 – 0.20
MnO	0.008
K ₂ O	0.10
Na ₂ O	0.10
FISIKA	BERAT DALAM PERSEN (%)
Berat Jenis	2.02

Rata-rata ukuran partikel, μm	0.10
Lolos ayakan No.325 dalam %	99.00
Keasaman pH (10% air dalam slurry)	7.30

(Sumber : Yogendran., et al., ACI Material Journal, Maret-April, 1987.

3.10 Kuat Tekan Beton

Kekuatan suatu material didefinisikan sebagai kemampuan dalam menahan pembebanan atau gaya – gaya mekanis sampai terjadi kegagalan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar. Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton bergantung pada :

- Faktor air semen
- Umur beton
- Jenis semen
- Gradasi agregat
- Bentuk agregat
- Cara pengerjaan (campuran, pengangkutan, pemadatan, dan perawatan)

Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton, semakin rendah perbandingan air terhadap beton maka makin tinggi kekuatan yang akan dihasilkan beton dan sebaliknya semakin tinggi perbandingan air terhadap beton maka semakin rendah kekuatan beton yang akan dihasilkan.

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis seperti pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton Sederhana (Plain Concrete)	Sampai 10
Beton Normal (Beton Biasa)	15 – 30
Beton Prategang	30 – 40
Beton Kuat Tekan Tinggi	40 – 80
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	> 80

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, M.E

Untuk pengujian laboratorium perlu diketahui bentuk benda uji yang akan dibuat. Setiap bentuk benda akan memiliki faktor bentuk yang berbeda – beda.

Faktor bentuk benda uji dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Bentuk Benda Uji

Benda Uji	Perbandingan Kuat Tekan
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1.00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0.95
Silinder ϕ 15 cm h = 30 cm	0.83

Sumber : Peraturan Beton Indonesia '71 (PBI 1971)

Rumus – rumus yang digunakan pada perhitungan kuat tekan beton.

$$\sigma_b = \frac{P}{A \cdot F_u \cdot F_b} \dots\dots\dots \text{Pers 3.9}$$

Dimana :

σ_b = Kekuatan Tekan

P = Beban

A = Luas Penampang Benda Uji

F_u = Faktor Umur

F_b = Faktor Bentuk

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_1^N \sigma_b}{N} \dots\dots\dots \text{Pers 4.0}$$

Dimana :

σ'_{bm} = Kuat Tekan Beton Rata – rata

N = Jumlah Benda Uji

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - k.S \dots\dots\dots \text{Pers 4.1}$$

Dimana :

σ'_{bk} = Kuat Tekan Beton Karakteristik

k = Bilangan yang tergantung pada banyaknya benda uji

S = Standar Deviasi

Sebagai gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu beton, disini diberikan pedoman yang biasa dipakai di Inggris yaitu.

Dengan tabel 3.3 sebagai berikut :

Tabel 3.3 Nilai Deviasi standar untuk berbagi tingkat pengendalian mutu pekerjaan pembetonan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Deviasi Standar (Mpa)
Memuaskan	2.8
Hampir Memuaskan	3.5
Sangat Baik	4.2
Baik	5.7
Sedang	6.5
Buruk	7.0

Sumber : Kardiyono 2007

Faktor – faktor yang mempengaruhi Kekuatan tekan beton yaitu :

a. Umur Beton

Kuat tekan beton akan semakin bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksudkan disini adalah sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula – mula cepat, lama – kelamaan laju kenaikan tersebut semakin lambat. Sehingga sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Tabel 3.4 Rasio Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur (PBI 1971)

Umur Beton	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00	1.20	1.35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1.00	1.15	1.20

Sumber : *Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, M.E*

b. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dan semen Portland didalam campuran adukan beton.

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

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5x}} \dots\dots\dots \text{Pers 4.2}$$

Dimana :

$F'c$ = Kuat tekan Beton

X = Faktor Air Semen (fas)

A,B = Konstanta

Tabel 3.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen (ACI 211.1)

Kuat Tekan 28 Hari (Mpa)	Faktor Air - Semen	
	Beton Biasa	Beton Air - Entrain
45	0.38	0.30
40	0.42	0.34
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT

c. Kepadatan

Kepadatan atau porositas yaitu kemampuan agregat mengisi pori.

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang.

d. Jumlah Pasta Semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir – butir agregat. Pada umumnya beton mengandung pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40% (Ir. Tri Mulyono, MT, 2003) sehingga jika pasta semen terlalu sedikit maka rekatan antar butir kurang kuat yang akan menyebabkan kuat tekan beton berkurang.

e. Jenis Semen

Jenis semen sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Seperti pada pembahasan, bahwa semen Portland memiliki sifat tertentu misalnya cepat mengeras dan sebagainya yang sangat mempengaruhi kuat tekan beton.

f. Sifat Agregat

Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton :

1. Kekasaran Permukaan
2. Bentuk Agregat
3. Kuat Tekan Agregat

3.11 Pengujian Kekuatan tekan (SNI 03 – 6815 – 2002)

Pengujian kuat tekan beton dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas beton yang dihasilkan. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Adapun pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah : pengujian kuat tekan dan beton. Benda uji (beton) yang telah siap ditentukan kuat tekannya dengan mesin kuat tekan yang dapat diatur kecepatan penekanannya. Kuat tekan didapat dengan menghitung beban maksimum yang diterima mortar berbanding luas bidang tekan, yang dinyatakan dalam satuan kg/cm^2 .

3.12 Pengetesan Benda Uji (Beton)

Benda uji yang telah mencapai masa pengetesan dikeluarkan dari bak perendam untuk diberikan beban. Tujuannya adalah untuk mengetahui dari masing – masing

benda uji. Pengetesan benda uji dilakukan pada umur 28 hari. Dengan alat “Compressio Test”

Adapun langkah – langkah pengetesan benda uji adalah :

- Benda uji yang telah cukup umur dikeluarkan dari bak perendaman dan dibiarkan kering sampai kering permukaan.
- Sebelum benda uji diberi beban. diukur kembali diameter dan tingginya serta ditimbang kembali berat benda uji tersebut.
- Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentries (level)
- Jalankan mesin penekan (Controls – Italy) dengan penambahan beban yang konstan.
- Lakukan pembebanan yang terbaca pada jarum mesin kuat tekan (Controls – Italy).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kekuatan yang terjadi pada beton yang disebabkan penambahan Sika Fume® kekuatan mengalami kenaikan setiap sekali perlakuan atau setiap penambahan Sika Fume® dan karakteristik beton porous pada umur ke 21 hari baru memiliki karakteristik seperti beton normal.
2. Pada umur 7 hari beton porous tidak dapat dipakai karna memiliki kuat tekan dan yang sangat rendah.
3. Persentase porositas yang terjadi pada penelitian adalah 20% dari seluruh permukaan, berarti dengan kata lain persentase porositas cukup baik dan memenuhi syarat dari pada beton porous.
4. Permeabilitas air mengalami sangat cepat peresapannya dikarenakan porositas yang cukup baik. Peresapan air membutuhkan waktu hingga 15 menit untuk dapat mengembalikan air kedalam tanah dari permukaan tanah.

5.2 Saran

1. Sebaiknya pada campuran beton porous umur 7 s/d 14 hari lebih baik ditambahi sedikit pasir sebagai filler dan untuk mendapatkan kuat tekan yang diharapkan.
2. Beton porous pada umur 21 – 28 hari sudah dapat digunakan sebagai bahan konstruksi untuk bangunan rumah .

3. Sudah dapat digunakan sebagai beton penutup pada setiap saluran drainase pada daerah yang sering dilanda banjir.



DAFTAR PUSTAKA

1. Ir. Tri Mulyono, MT, 2005 “Teknologi Beton”, Penerbit Andi, Yogyakarta.
2. Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, M.E, 2007 “Teknologi Beton”, Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
3. Paul Nugraha dan Antoni, 2007 “Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton kinerja Tinggi”, Penerbit Andi, Surabaya.
4. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 71), Departemen Pekerjaan Umum, 1971.
5. Standar Nasional Indonesia, 2002, (SNI 03 – 2847 – 2002), Bandung.
6. Ir. Hotman Marpaung, 2000. “Beton dan Pengujian”, Medan.
7. Petunjuk Praktikum Laboratorium Beton Universitas Medan Area, (UMA)
8. Deddy Misdarpon, 2006, “Pemanfaatan Batu Berangkal Kapur sebagai Agregat untuk Beton Non Pasir”.
9. Antoni, 2008, “Green Concrete : Porous Concrete Pelajaran dari LKTB 2008”, Universitas Kristen Petra.
10. Ir. J. Honing, 1977, “Konstruksi Beton”, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
11. <http://creativeconcrete4you.com/Pervious.aspx>

DOKUMENTASI



Pembuatan Sampel



Pembuatan Sampel



Pengujian Nilai Slump



Pengukuran nilai slump



Pencetakan benda uji (Sampel)



Benda Uji Dalam cetakan



Benda uji beton porous



Pengujian permeabilitas air



Pengujian permeabilitas air



Pengujian Kuat Tekan Beton



Pengujian Kuat Tekan Beton



PERANCANGAN CAMPURAN BETON (MIX DESIGN CONCRETE).

FORMULIR PERANCANGAN CAMPURAN ADUKAN BETON NORMAL

Dengan Diagram Hubungan :

JUMLAH SEMEN, FAS, SLUMP, DAN KUAT TEKAN BETON

1.	Deviasi Standar (S)	5 Mpa
2.	Nilai Tambah (m, lampiran)	8.2 Mpa
3.	Kuat Tekan Beton yang diisyaratkan, pada umur 28 hari (fc')	25 Mpa
4.	Kuat Tekan Rata – rata perlu ($f_{cr}'=f_c'+m$)	33.2 Mpa
5.	Jenis Semen yang dipakai dalam Penelitian	Semen Padang
6.	a. Jenis Agregat Halus b. Jenis Agregat Kasar	Alami Pecahan
7.	Faktor Air Semen	0.48
8.	Nilai Slump	10 ± 2 cm
9.	Ukuran Maksimum butir agregat	30 mm
10.	Kebutuhan Air (/m ³)	215
11.	Kebutuhan Semen Portland (/m ³)	406
12.	Jenis Agregat Halus yang dipakai	Pasir dari Adhi Karya
13.	Proporsi berat agregat halus terhadap campuran	30 %
14.	Berat Jenis agregat campuran	2.65
15.	Perkiraan berat beton (/m ³)	2380
16.	Kebutuhan agregat campuran (/m ³) beton	1711.07
17.	Kebutuhan agregat halus (/m ³) beton	684.35
18.	Kebutuhan agregat kasar (/m ³) beton	1026.72

Kesimpulan :

Rencana Pembuatan Beton Normal		Kebutuhan Bahan Dasar Beton			
Volume	Berat	Air	Semen	Ag.Halus	Ag.Kasar
1 m ³	2380	215 lt	406 kg	684.35 kg	1026.72 kg

Kondisi lapangan campuran beton per meter kubik yaitu

Kadar air agregat kasar = 4.20 %

Penyerapan agregat kasar = 2.16 %

Kadar air agregat halus = 10.1 %

Penyerapan agregat halus = 6.81 %

- Kadar air < penyerapan maka perlu penambahan air
- Kadar air > penyerapan maka perlu pengurangan air

Koreksi proporsi campuran beton normal sesuai dengan kondisi lapangan

$$\begin{aligned} \text{Agregat Halus} &= C + (C_k - C_a) \times C / 100 \\ &= 684.35 + (10.1 - 6.81) \times 684.35 / 100 \\ &= 684.35 + 22.515 \\ &= 706.86 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat Kasar} &= D + (D_k - D_a) \times D / 100 \\ &= 1026.72 + (4.2 - 2.16) \times 1026.72 / 100 \\ &= 1026.72 + 20.94 \\ &= 1047.66 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times C / 100 - (D_k - D_a) \times D / 100 \\ &= 215 - 22.515 - 20.94 \\ &= 171.545 \text{ kg} \end{aligned}$$

Komposisi campuran beton normal kondisi lapangan :

Rencana Pembuatan Beton Normal		Kebutuhan Bahan Dasar Beton			
Volume	Berat	Air	Semen	Ag.Halus	Ag.Kasar
1 m ³	2380	171.545 kg	406 kg	706.86 kg	1047.66 kg

FORMULIR PERANCANGAN CAMPURAN ADUKAN BETON POROUS

Dengan Diagram Hubungan :

JUMLAH SEMEN, FAS, SLUMP, DAN KUAT TEKAN BETON

Beton Porous (Beton Non Pasir)	
Bahan – bahan yang dipakai :	
1.	Semen = Semen Padang (Portland Composite Cement)
2.	Agregat = Batu pecah (dari Adhi Karya, Patumbak) (10 – 30 mm)
3.	Air = dari Laboratorium Universitas HKBP Nommensen, Medan
4.	Faktor Air Semen = 0.46
5.	Berat Jenis Air = 1
6.	Berat Jenis Batu Pecah = 2.6
7.	Berat Satuan Semen (BS Semen) = 1250 kg/m ³
8.	Berat Satuan Agregat (BS Agregat) = 1585 kg/m ³
9.	Diameter Silinder (d) = 1.5 dm
10.	Tinggi Silinder (h) = 3 dm
11.	Volume Silinder (v) = 5.304 dm ³ = 0.0053036 m ³
12.	Slump = 0 – 5 cm
13.	Zat Addictive yang dipakai = Sika Fume (<i>silica fume</i>)
Komposisi Campuran Beton Porous	
Perbandingan Volume PC : AG = 1 : 3	
Kebutuhan Bahan per 1 m ³	
1.	Semen = $\frac{1}{3} \times 1250 = 416.67$ kg
2.	Agregat = $1 \times 1585 = 1585$ kg
3.	Air = $0.46 \times 416.67 = 191.67$ liter
Berat = 2193.34 kg/m ³	

Koreksi proporsi campuran beton normal sesuai dengan kondisi lapangan

$$\begin{aligned} \text{Agregat Kasar} &= D + (D_k - D_a) \times D / 100 \\ &= 1585 + (4.2 - 2.16) \times 1585 / 100 \\ &= 1585 + 32.33 \\ &= 1617.33 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (D_k - D_a) \times D / 100 \\ &= 191.67 - 32.33 \\ &= 159.34 \text{ kg} \end{aligned}$$

Penambahan Zat Addictive (Sika Fume).

$$\begin{aligned} \text{Variasi} &= 0.5 \% = 0.5 \% \times \text{Berat Total} \\ &= 0.5 \% \times 2193.34 \text{ kg} \\ &= 10.96 \text{ kg} \\ 1 \% &= 1 \% \times \text{Berat Total} \\ &= 1 \% \times 2193.34 \text{ kg} \\ &= 21.93 \text{ kg} \\ 1.5 \% &= 1.5 \% \times \text{Berat Total} \\ &= 1.5 \% \times 2193.34 \text{ kg} \\ &= 32.9 \text{ kg} \\ 2 \% &= 2 \% \times \text{Berat Total} \\ &= 2 \% \times 2193.34 \text{ kg} \\ &= 43.87 \text{ kg} \end{aligned}$$

Komposisi Campuran Beton Porous dilapangan :

Rencana Pembuatan Beton Porous		Kebutuhan Bahan Dasar Beton			Zat Addictive
Volume	Berat	Air	Semen	Ag.Kasar	Sika Fume
1 m ³	2193.34	159.34 kg	416.67 kg	1617.33 kg	Variasi (%)

Jadi didapat proporsi campuran, untuk campuran beton normal perbandingan 1 : 1.74 : 2.58 dan fas = 0.48 dan untuk campuran beton porous perbandingan 1 : 3.8 dan fas = 0.46. dari proporsi campuran yang didapat maka selanjutnya menghitung jumlah penggunaan bahan untuk pelaksanaan.

Volume 1 buah silinder = 0.0053 m³

Volume 1 buah balok = 0.01688 m³

Tabel A 1.1 Perhitungan Campuran untuk 8 buah Silinder Beton Normal

Volume 8 Silinder	Semen	Ag.Halus	Ag.Kasar	Air
0.0424 m ³	17.21 kg	29.97 kg	44.421 kg	7.27 kg

Tabel A 1.2 Perhitungan Campuran untuk 16 buah Silinder Beton Porous Variasi (0.5%)

Volume 16 Silinder	Semen	Ag.Kasar	Air	Sika Fume
0.0848 m ³	35.33 kg	137.15 kg	13.5 kg	0.93 kg

Tabel A 1.3 Perhitungan Campuran untuk 16 buah Silinder Beton Porous Variasi (1%)

Volume 16 Silinder	Semen	Ag.Kasar	Air	Sika Fume
0.0848 m ³	35.33 kg	137.15 kg	13.5 kg	1.86 kg

Tabel A 1.4 Perhitungan Campuran untuk 16 buah Silinder Beton Porous Variasi (1.5%)

Volume 16 Silinder	Semen	Ag.Kasar	Air	Sika Fume
0.0848 m ³	35.33 kg	137.15 kg	13.5 kg	2.789 kg

Tabel A 1.5 Perhitungan Campuran untuk 16 buah Silinder Beton Porous Variasi (2%)

Volume 16 Silinder	Semen	Ag.Kasar	Air	Sika Fume
0.0848 m ³	35.33 kg	137.15 kg	13.5 kg	3.72 kg

