



**PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON PADA UMUR 3, 7, 14, 21
DAN 28 HARI PADA BERBAGAI MUTU BETON UNTUK
MENDAPATKAN ANGKA KONVERSI UMUR**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Rakhmat Nurfathoni Arifiyanto
NIM. 081910301044

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015



**PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON PADA UMUR 3, 7, 14, 21
DAN 28 HARI PADA BERBAGAI MUTU BETON UNTUK
MENDAPATKAN ANGKA KONVERSI UMUR**

TUGAS AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) Teknik
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

Rakhmat Nurfathoni Arifiyanto
NIM. 081910301044

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini Saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta Bapak Umar Faruq dan Ibu Suryaningsih yang selalu mendoakan, mencurahkan kasih sayang dan perhatiannya selama ini hingga saya dapat menuntut ilmu sampai di Perguruan Tinggi sampai selesai;
2. Norma Aulia Narulita yang tercinta dan segenap kawan-kawan di Liga Mahasiswa Nasional untuk Demokrasi, kawan-kawan di Partai Rakyat Demokratik dan semua saudara-saudaraku yang terkasih senantiasa memberi motivasi dalam penyusunan skripsi ini;
3. Bapak dan Ibu guru dari SD sampai PT terhormat, yang memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. Kawan-kawan Teknik Sipil UNEJ, Iqbal, Armando, Anggik, Ono dan semua angkatan terutama angkatan 2008 yang memberikan support sampai terselesaikannya skripsi ini;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu saya junjung tinggi nilai-nilainya;

MOTTO

“Kalian boleh maju dalam pelajaran, mungkin mencapai deretan gelar kesarjanaan apa saja, tapi tanpa mencintai sastra, kalian tinggal hanya hewan yang pandai.”

(Pramoedya Ananta Toer)

“Sejuta orang tua hanya bisa melihat akan tetapi satu orang pemuda bisa mengubah dunia”

(Ir. Soekarno)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rakhmat Nurfathoni Arifiyanto

NIM : 081910301044

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 3, 7, 14, 21, dan 28 Hari Pada Berbagai Mutu Beton Untuk Mendapatkan Angka Konversi Umur adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 31 Agustus 2015

Yang Menyatakan,

Rakhmat Nurfathoni A.
NIM 081910301044

SKRIPSI

PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON PADA UMUR 3, 7, 14, 21 DAN
28 HARI PADA BERBAGAI MUTU BETON UNTUK
MENDAPATKAN ANGKA KONVERSI UMUR

Oleh

Rakhmat Nurfathoni Arifiyanto

NIM 081910301044

Pembimbing

Dosen Pembimbing I : Ketut Aswatama, ST., MT.

Dosen Pembimbing II : Ir. Hernu Suyoso, MT.

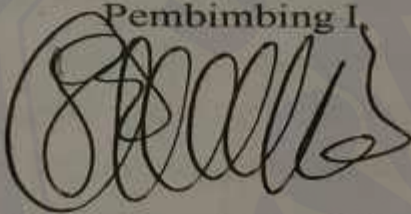
PENGESAHAN

Skripsi berjudul "*Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 3, 7, 14, 21, dan 28 Hari Pada Berbagai Mutu Beton Untuk Mendapatkan Angka Konversi Umur*" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Senin
Tanggal : 31 Agustus 2015
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

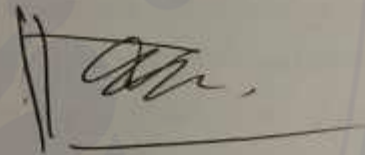
Tim Penguji

Pembimbing I,



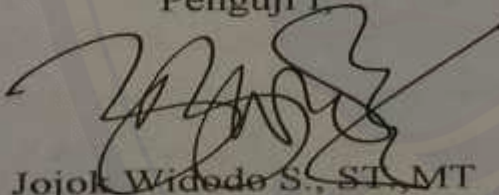
Ketut Aswatama, ST.,MT.
NIP 19700713 200012 1 001

Pembimbing II,



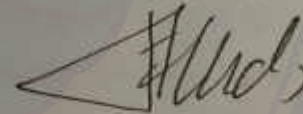
Ir. Hernu Suyoso, MT.
NIP 19551112 198702 1 001

Penguji I,



Jojok Widada S., ST.,MT
NIP 19700527 200003 1 001

Penguji II,



Ririn Endah B.,ST.,MT
NIP 1971205281 199802 2 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember



Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 3, 7, 14, 21, dan 28 Hari Pada Berbagai Mutu Beton Untuk Mendapatkan Angka Konversi Umur; Rakhmat Nurfathoni Arifiyanto; 081910301044; Agustus 2015; 55 halaman; Program Studi Strata 1 Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Beton sebagai bahan konstruksi harus dijaga kualitasnya dengan menguji kuat tekan pada beton yang direncanakan untuk menjaga kuat tekannya sesuai dengan kuat rencana. Demi menjaga waktu produksi dan kualitas beton maka waktu beton masih baru bisa diprediksi sesuai dengan angka konversi umurnya. Namun ada perbedaan antara angka konversi umur pada PBI 71 dan pada penelitian terdahulu. Dengan pabrikan beton yang dilakukan akan mampu menjawab perbandingan konversi umur beton pada berbagai mutu. Pabrikasi yang dimulai dengan pengujian material dan pengecoran disertai dengan perendaman dan pengujian kuat tekan pada hari ke 3, 5, 7, 14, 21 dan 28. Dari hasil kuat tekan dapat diperoleh angka konversi umur. selanjutnya angka konversi umur berbagai beton tersebut akan dibandingkan satu dengan yang lainnya. Dari hasil uji statistik didapat bahwa keempat mutu beton tersebut tidak mengalami perbedaan yang nyata. Hingga dihasilkan angka konversi umur keempat mutu beton tersebut 0,61; 0,73; 0,86; 0,95; 1. Namun jika dibandingkan dengan angka Konversi Umur Beton menurut PBI'71 mengalami perbedaan.

SUMMARY

Concrete Compressive Strength Testing At age 3, 7, 14, 21, and 28 Days In Various Quality Concrete For Getting Figures Conversion Age; Rachmat Nurfathoni Arifiyanto; 081910301044; August 2015; 55 pages; Study Program Tier 1 Department of Civil Faculty of Engineering, University of Jember.

Concrete as a construction material must be maintained its quality by testing the compressive strength of the concrete is planned to maintain a strong compressive strength according to plan. In order to maintain production time and quality of the concrete, the concrete is still new time can be predicted according to the conversion rate of its age. But there is a difference between the conversion rate at the age of 71, and the PBI previous research. With concrete manufacturing is done will be able to answer the conversion ratio of the life of the concrete in various quality. Manufacturing that began with the testing of materials and foundry accompanied by immersion and testing of compressive strength on day 3, 5, 7, 14, 21 and 28. From the results of the compressive strength obtainable conversion rate conversion rate umur.selanjutnya age of various concrete will be compared with each other. From the statistical test results obtained that the four concrete quality is not experiencing a noticeable difference. Until the age of four conversion rate resulting concrete quality is 0.61; 0.73; 0.86; 0.95; 1. However, when compared with the figure Conversion Age Concrete according PBI'71 experience the difference.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 3, 7, 14, 21, dan 28 Hari Pada Berbagai Mutu Beton Untuk Mendapatkan Angka Konversi Umur ini dapat terselesaikan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari kendala-kendala yang ada, namun berkat dukungan dan arahan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dr.Ir.Entin Hidayah, M.U.M selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
3. Dr.Anik Ratnaningsih, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
4. Ketut Aswatama, ST., MT. selaku dosen pembimbing I;
5. Ir. Hernu Suyoso, MT. selaku dosen pembimbing II;
6. Jojok Widodo S., ST., MT. selaku dosen penguji;
7. Ririn Endah B, ST., MT. selaku dosen penguji;
8. Dosen dan seluruh staf karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember;
9. Keluarga yang telah memberi dukungan dan doa;
10. Norma Aulia Narulita yang selalu mendukung dalam pekerjaan skripsi ini;
11. Kawan-kawan LMND dan PRD yang tiada hentinya memberi semangat;
12. Kawan sejawat di Teknik Sipil UNEJ, Iqbal, Armando, Anggik, Ono yang tiada hentinya memberi semangat;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Jember, 31 Agustus 2015

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN BIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	2
1.4 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Beton	4
2.2 Semen	5
2.3 Agregat Kasar (Kerikil)	6
2.4 Agregat Halus (Pasir)	6
2.5 Air	7
2.6 Sifat-Sifat Umum Beton	8
2.7 Kuat Tekan Beton	9
2.8 Pengaruh Umur Beton Terhadap Kuat Tekan	11
2.9 Perencanaan Campuran Beton	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	20
3.1 Studi kepustakaan	20
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.3 Persiapan Alat dan Bahan	20
3.4 Pengujian Material	20
3.4.1 Pengujian Agregat Kasar	21
3.4.2 Pengujian Agregat Halus	21
3.5 Melakukan Mix Design	22
3.6 Pembuatan Benda Uji	29

3.7 Perendaman	30
3.8 Pengujian Kuat Tekan	30
3.9 Analisis Dan Pembahasan	31
3.10 Kesimpulan	31
3.11 Bagan Alir Penelitian	32
BAB 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Data Pengujian Material	34
4.1.1 Pengujian Semen	34
4.1.2 Pengujian Agregat	35
4.2 Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Normal	38
4.3 Pembuatan Benda Uji	41
4.4 Pengujian Beton	41
4.4.1 Pengujian Slump	42
4.4.2 Perendaman	42
4.4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton	42
4.4.4 Uji Statistik Angka Konversi Umur Beton.....	52
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya	9
2.2 Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur	11
2.3 Perbandingan Kuat Tekan Beton menurut PBI '71 dan Lapangan.....	11
2.4 Faktor Perkalian Deviasi Standart	12
2.5 Nilai Deviasi Standart Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu.....	13
2.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen 0,50	14
2.7 Persyaratan Faktor air Semen Maksimum.....	15
2.8 Penetapan Nilai Slump	15
2.9 Perkiraan Kebutuhan air Per Meter Kubik Beton.....	16
3.0 Batas Gradasi Pasir	17
3.1 Faktor Perkalian Deviasi Standart	22
3.2 Nilai Deviasi Standart Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu.....	23
3.3 Perkiraan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen 0,50	25
3.4 Persyaratan Faktor air Semen Maksimum.....	25
3.5 Penetapan Nilai Slump	26
3.6 Perkiraan Kebutuhan air Per Meter Kubik Beton.....	26
3.7 Batas Gradasi Pasir	27
3.8 Jumlah Pembuatan Beton dan Pengujiannya	30
3.9 Jumlah Benda Uji Untuk Masing-Masing Perlakuan	31
4.1 Analisa Pengujian Semen PPC Gresik	34
4.2 Analisa Pengujian Agregat Halus.....	35
4.3 Analisa Pengujian Agregat Kasar.....	36
4.4 Mix Design Campuran Beton 15 Mpa Sesuai SNI-15-1990-03.....	38
4.5 Mix Design Campuran Beton 20 Mpa Sesuai SNI-15-1990-03.....	39
4.6 Mix Design Campuran Beton 25 Mpa Sesuai SNI-15-1990-03.....	39
4.7 Mix Design Campuran Beton 30 Mpa Sesuai SNI-15-1990-03.....	40
4.6 Hasil Pengujian Slump	41
4.7 Kuat Tekan Beton 15 Mpa.....	43
4.8 Angka Konversi Umur Beton 15 Mpa.....	44
4.9 Kuat Tekan Beton 20 Mpa.....	45
4.10 Angka Konversi Umur Beton 20 Mpa.....	47
4.11 Kuat Tekan Beton 25 Mpa.....	47
4.12 Angka Konversi Umur Beton 25 Mpa.....	49
4.13 Kuat Tekan Beton 30 Mpa.....	49
4.14 Angka Konversi Umur Beton 30 Mpa.....	51
4.15 Perbandingan Konversi Umur Beton.....	51

4.15	Rekapitulasi Hasil Uji T hitung	54
------	---------------------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
3.1	Bagan Alir Penelitian.....	32
4.1	Grafik Perkembangan Kuat Tekan Beton 15 Mpa	43
4.2	Grafik Perkembangan Kuat Tekan Beton 20 Mpa	45
4.2	Grafik Perkembangan Kuat Tekan Beton 25 Mpa	48
4.2	Grafik Perkembangan Kuat Tekan Beton 30 Mpa	50
4.2	Grafik Konversi Umur Beton	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Pengujian Semen	A-1
Lampiran B	Pengujian Agregat Halus (Pasir)	B-1
Lampiran C	Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)	C-1
Lampiran D	Perhitungan Mix Design	D-1
Lampiran E	Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-Rata	E-1
Lampiran F	Pengujian Kuat Tekan Beton Masing-Masing Sampel	F-1
Lampiran G	Dokumentasi Pengujian	

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah digunakan secara umum pada berbagai macam konstruksi. Beton terbentuk dari campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat(SNI 03-2847-2002). Dalam perkembangannya, beton dibagi menjadi beberapa mutu beton yang mewakili kekuatan untuk mendukung suatu konstruksi. Berdasarkan PBI '71 pasal 4.2.2 dijelaskan beton dibagi menjadi tiga kelas dimana dalam berbagai kelas tersebut ada beberapa mutu, yaitu sebagai berikut ; untuk kelas I adalah beton non struktural yang pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian tertentu. Sedangkan kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum dan dibagi menjadi beberapa mutu standar seperti B1, K 125, K175 dan K 225. Untuk beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural dimana dipakai mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm². Sedangkan berdasarkan SNI 03-2847-2002 beton dibagi atas dasar berat satuan, dimana bila kurang dari 1.900 kg/m³ merupakan beton ringan, jika berat satuannya 2.200 kg/m³ sampai 2.500 kg/m³ merupakan beton normal, dan apabila berat satuannya melebihi dari 2.500 kg/m³ merupakan beton berat.

Pada pembuatan beton selalu didasarkan pada perencanaan mutu sehingga perencanaan dan pelaksanaan menjadi linear. Dibutuhkan serangkaian pengujian untuk menjaga kualitas dan mutu beton tetap pada standarnya. Salah satu yang dilakukan adalah dengan pengujian kuat tekan beton. Kuat tekan beton adalah kemampuan beton dalam menahan gaya tekan yang ditentukan oleh perbandingan material pembentuk semen dan penentu kekuatan beton terletak pada perbandingan air terhadap semen. Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi

kekuatan tekan beton. Kuat tekan beton dapat diketahui dari uji tekan pada waktu beton mengeras.

Pengujian yang berdasarkan waktu beton mengeras dibagi menjadi beberapa waktu, yaitu 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton seperti yang tertuang pada peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971 diterangkan pada tabel 4.1.4 yang menjabarkan prosentase laju pengerasan beton. Pengerasan beton yang linear dengan umur beton setelah di cetak, dapat dirumuskan menjadi prosentase laju pengerasan beton. Fungsi daripada ketentuan PBI 71 tersebut adalah apabila suatu beton tidak ditentukan dengan percobaan-percobaan, maka untuk keperluan perhitungan-perhitungan kekuatan dan/atau pemeriksaan mutu beton, perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur terhadap beton yang berumur 28 dapat diambil menurut tabel 4.1.4.

Pada penelitian terdahulu, (Taufik,2011) menjelaskan tentang hasil perbandingan hasil konversi beton normal menurut PBI 1971 dengan hasil uji beton normal bahwasanya ada perbedaan diantaranya. Hasil uji pada beton k 225 memaparkan angka prosentase laju perkerasan beton lebih besar daripada angka prosentase laju perkerasan beton menurut PBI 1971.

1.2 Rumusan Masalah

Pada PBI 71 dijelaskan mengenai perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur beton, tidak menyeluruh pada tiap mutu beton. Hal ini mendorong suatu perumusan masalah berupa angka konversi umur pada beberapa mutu beton jika diuji pada 3, 7, 14, 21 dan 28 hari ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui angka konversi umur pada beberapa mutu beton yang berbeda mutu

2. Perbedaan angka konversi umur pada beton pada penelitian dengan PBI '71

1.4 Manfaat

Manfaat dari pengujian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang lebih jelas bagi perkembangan ilmu teknologi beton dan untuk mengetahui angka konversi umur pada mutu yang berbeda sehingga mampu menjadi acuan dilapangan selain dari PBI 71 (*Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*).

1.5 Batasan Masalah

Data yang diharapkan agar penelitian tidak menyimpang dari tujuannya. Maka penelitian akan dibatasi pada permasalahan sebagai berikut:

- a. Tidak menguji unsur kimia yang terkandung di dalam pasir tersebut.
- b. Tidak membahas perhitungan biaya.
- c. Tidak menggunakan semen kualitas I

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah, atau jenis agregat lain) dengan semen yang dipersatukan oleh air dengan perbandingan tertentu. Untuk menjamin agar beton yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang direncanakan, dianjurkan agar melakukan pengujian terlebih dahulu terhadap agregat yang akan digunakan, kemudian membuat uji coba beton atau campuran uji beton setelah rancangan campuran (*mix design*) dilakukan.

Bila dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya, beton mempunyai beberapa kelebihan, antara lain :

- a. Termasuk bahan yang awet, tahan keausan, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan murah.
- b. Kuat tekannya cukup tinggi.
- c. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan.

Namun meski beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga mempunyai kekurangan. Beberapa kekurangan itu antara lain:

- a. Bahan dasar penyusun beton (agregat halus maupun agregat kasar) bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam pula.
- b. Beton keras mempunyai beberapa kelas kekuatan sesuai dengan bagian bangunan yang dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaannya bermacam-macam pula.
- c. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas/rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara mengatasinya, misalnya

memberikan baju tulangan, serat dan sebagainya.(*Buku Ajar Teknologi Beton, Ir.Kardiyono Tjokrodimuljo,M.E:2004*).

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- a) Faktor air semen dan kepadatan
- b) Umur beton
- c) Jenis semen
- d) Jumlah semen
- e) Sifat agregat
- f) Cara pelaksanaan pembuatan beton.

2.2 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*kohesive*) yang memungkinkan melekatnya *fragmen-fragmen* mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air atau disebut juga semen hidraulis (*hidraulis semen*).

Semen Portland merupakan komponen utama dalam teknologi beton yang berfungsi sebagai perekat hidrolis untuk mengikat dan menyatukan agregat menjadi massa padat. Berbagai jenis semen Portland, melalui pengaturan rancangan bahan dasar, telah dikembangkan sesuai dengan jenis bangunan dan persyaratan lingkungan dimana beton akan digunakan. Yang umum digunakan untuk membuat beton adalah semen Portland tipe I (PPI). Semen jenis ini dipakai untuk bangunan-bangunan yang tidak memerlukan persyaratan khusus, seperti panas dan atau waktu hidrasi serta kondisi lingkungan agresif [SNI 15-0349-2004]. Dengan perkembangan teknologi dan juga usaha yang dilakukan untuk menghemat biaya dan energi produksi serta mengatasi permasalahan lingkungan, dewasa ini telah diproduksi semen Portland pozzolan (PPC) yang merupakan campuran dari klinker semen Portland dengan bahan yang mempunyai sifat pozzolan [SNI 15-0302-2004].

Kebutuhan semen minimum ini disyaratkan untuk menghindarkan beton dari kerusakan yang diakibatkan oleh adanya pengaruh lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, air laut dan sebagainya. Sifat-sifat yang berhubungan dengan kehalusan butiran semen Portland antara lain :

- a. Kekuatan awal tinggi
- b. Cepat mundurnya mutu semen jika dipengaruhi cuaca
- c. Reaksi kuat dengan bahan agregat reaktif
- d. Retak-retak
- e. Daya penyusutan tinggi
- f. Pengikatan yang cepat
- g. Kebutuhan air yang banyak
- h. Mengurangi bleeding

2.3 Agregat Kasar (kerikil)

Agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butiran tertinggal diatas ayakan dengan lubang 4,8 mm tetapi lolos ayakan 40 mm. Terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh kerikil agar dapat digunakan sebagai agregat beton, diantaranya: penyerapan air dalam agregat, kadar air dalam agregat, ketahanan terhadap cuaca, susunan besar butir atau gradasi, dan kadar lumpur yang terdapat pada agregat.

Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton sebenarnya tidak begitu besar karena pada umumnya kekuatan agregat lebih besar daripada kekuatan pastanya. Namun, jika dikehendaki kekuatan beton yang tinggi, diperlukan agregat yang kuat agar kekuatan agregat tidak lebih rendah dari kekuatan pastanya. Permukaan agregat akan berpengaruh terhadap kekuatan beton, sebab agregat yang memiliki permukaan kasar akan berpengaruh pada lekatan dan besar regangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Oleh karena itu, kekasaran permukaan agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton.

2.4 Agregat Halus (pasir)

Agregat halus adalah salah satu jenis agregat yang lolos dari ayakan No.4 (lebih kecil dari 3/16 inci). Adapun jenis-jenis pasir diantaranya:

- a) Pasir galian diperoleh langsung dari permukaan tanah atau menggali dari dalam tanah. Pasir ini umumnya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan.
- b) Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir ini umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat karena akibat proses gesekan yang terjadi.
- c) Pasir laut diperoleh langsung dari pantai. Bentuk butirannya halus dan bulat serta banyak mengandung garam oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan.

Didalam beton agregat kasar dan halus mengisi sebagian besar volume beton yaitu antara 50% sampai 80%, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu beton. (*Teknologi Beton, Dr. Wuryati Samekto, M. Pd, Candra Rahmadiyanto, S.T, 2001*).

Syarat-syarat pasir sebagai bahan bangunan (SK SNI S-04-1989-F:28):

- a. Agregat halus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $< 2,2$.
- b. Jika diuji dengan natrium sulfat bagian hancur maksimal 12%.
- c. Jika diuji dengan magnesium sulfat bagian halus maksimal 10%.
- d. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% apabila melebihi harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.
- e. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik dan garam terlalu banyak.
- f. Susunan besar butir pasir beraneka ragam dengan modulus halus antara 1,5 sampai 3,8.

2.5 Air

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 terhadap beton atau tulangan.

Air pencampur yang digunakan pada beton pratekan atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk:

- a) Bereaksi dengan semen Portland
- b) Menjadi bahan pelumas antara butir – butir agregat, agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang, dicetak dan dipadatkan)

Air yang digunakan untuk campuran beton biasanya sesuai dengan yang dipakai untuk minum. Biasanya jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan beton berkisar antara 25 % dari jumlah berat semen. Kelebihan air dalam adukan dapat membahayakan karena air bersama-sama dengan semen akan bergerak ke atas permukaan beton, dan ini dinamakan *Bleeding*.

Air yang mengandung kotoran akan mempengaruhi waktu ikatan pengadukan beton dan mengakibatkan lemahnya kekuatan beton setelah mengeras serta daya tahannya menurun.

Air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut (Standart SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A):

- a) Air harus bersih
- b) Tidak mengandung lumpur minyak, dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- c) Tidak mengandung unsur garam-garaman yang larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- d) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- e) Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

2.6 Sifat – Sifat Umum Beton

Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara, selebihnya adalah pasir dan kerikil. Beberapa sifat beton yang dipakai antara lain :

- a. Kekuatan
- b. Berat jenis
- c. Modulus elastisitas
- d. Kerapatan air
- e. Ketahanan terhadap keausan, cuaca, zat kimia, dsb.

2.7 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam penentuan kekuatan beton.

Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan tekan beton. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi di dalam proses pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan akan tetapi mempengaruhi kekuatan beton. Suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan slump (*slump test*).

Kekuatan tekan beton didapatkan dari uji tekan beton yang disesuaikan dengan waktu mengerasnya beton. Dalam peraturan uji tekan beton dapat dilakukan untuk waktu 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

Kuat tekan adalah kemampuan benda uji untuk menahan gaya tekan atau kemampuan maksimum benda uji dalam menahan gaya tersebut yang menyebabkan kehancuran. Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis (lihat table 2.1). Pada dasarnya kuat tekan beton tergantung pada 3 hal, yaitu :

1. Kekuatan air dan semen
2. Daya rekat antara pasta dan permukaan butir-butir agregat, dan
3. Kuat tekan agregat.

Tabel 2.1. beberapa jenis beton menurut kuat tekannya.

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)
Beton sederhana (plain concrete)	Sampai 10 MPa
Beton normal (beton biasa)	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80 MPa

Sumber: Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, M.E, 2004.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh faktor – faktor berikut:

- Umur beton
- Faktor air semen (FAS)
- Kepadatan
- Jumlah pasta semen
- Jenis semen
- Sifat agregat

Dimana kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f_c = \frac{\text{Pembacaan dial} \times 100}{A \times \text{koreksi hari}} \times 0.83 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan: f_c = Kuat tekan beton

A = Luas benda uji

Kuat tekan rata-rata adalah nilai rata-rata kuat tekan beton dari sejumlah beton yang sama jenisnya. Dimana kuat tekan rata-rata dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f_{cr} = \frac{\sum f_{ci}}{n} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan: f_{cr} = Kuat tekan rata-rata

f_{ci} = Jumlah nilai kuat tekan beton

n = Jumlah benda uji untuk satu jenis perlakuan

Kuat tekan karakteristik beton yang disyaratkan adalah kuat tekan beton karakteristik dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu sebesar 5% saja (artinya

5% dari beton yang akan dibuat boleh mempunyai kuat desak kurang dari kuat desak karakteristik).

Kuat tekan karakteristik dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f'ck = fcr - 1,34 s \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan: $f'ck$ = Kuat tekan karakteristik

fcr = Kuat tekan rata

s = Standart deviasi

Persamaan untuk perhitungan standart deviasi(s)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (fci - fcr)^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan: s = Standart deviasi

fci = Kuat tekan hancur

fcr = Kuat tekan hancur rata-rata

n = Jumlah benda uji

2.8 Pengaruh Umur Beton Terhadap Kuat Tekan

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain f.a.s dan suhu perawatan. Semakin tinggi f.a.s, semakin lambat kenaikan kekuatannya. Pada peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971, disebutkan perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur beton seperti pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0.4	0.65	0.88	0.95	1	1.2	1.35
Semen portland dengan kekuatan awal Yang tinggi	0.55	0.75	0.9	0.95	1	1.15	1.2

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971.

Pada penelitian terdahulu, diterangkan bahwa adanya perbedaan hasil perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur dengan hasil uji dilapangan. Prosentase laju pengerasan beton normal K225 terjadi perbedaan.

Tabel 2.3 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

Umur beton	Kuat Tekan	Menurut PBI 71		Hasil Uji	
		Konversi	Hasil	Konversi	Hasil
3	172.68	0.4	431.73	0.6	287.82
7	210.96	0.65	324.55	0.73	288.98
14	246.58	0.88	280.2	0.86	286.11
21	277.7	0.95	292.32	0.97	286.28
28	287.96	1	287.96	1	287.96

(Sumber : Pengujian Perkembangan Kuat Tekan Beton Menggunakan Superplasticizer untuk Memperoleh Angka Konversi Umur yang lebih Sesuai. Kurniawan, Taufik: 2006.)

2.9 Perencanaan Campuran Beton

Pembuatan benda uji menggunakan *mix design* dengan metode DOE (*Department of Environment*). Perencanaan dengan cara DOE ini dipakai sebagai standart perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia, dan dimuat standart SK.SNI.T-15-1990-03 dengan judul bukunya “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”. Langkah-langkah pembuatan *mix design* dengan metode DOE antara lain :

a. Penentuan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') pada umur tertentu

Kuat tekan beton yang isyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat. Di Indonesia, yang dimaksud dengan kuat tekan beton yang disyaratkan ialah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu hanya sebesar 5% saja.

b. Penetapan nilai deviasi standart (s)

Deviasi standart ditetapkan berdasarkan singkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Semakin baik mutu pelaksanaan semakin kecil nilai deviasi standartnya. Jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 benda uji, dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standart dengan suatu faktor perkalian,

seperti tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.4 Faktor Perkalian Deviasi Sandart

Jumlah data	30	25	20	15	<15
Faktor pengali	1.0	1.03	1.08	1.16	Tidak boleh

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan / pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil pengujian kurang dari 15 buah), nilai margin dapat langsung diambil 12 Mpa. Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, disini diberikan pedoman dengan melihat table 2.4 berikut :

Tabel 2.5 Nilai deviasi standart untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	SD (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5.6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8.4

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

c. Perhitungan nilai tambah (margin)

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 Mpa maka langsung kelangkah d. nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standart (s) maka dilakukan dengan rumus berikut :

$$M = k \times sd \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan : M = nilai tambah (Mpa)

$$k = 1.64$$

sd = standart deviasi (Mpa)

d. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus:

$$f_{cr} = f_c + M \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan : f_{cr} = kuat tekan rata-rata (Mpa)

f_c = kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

M = nilai tambah (Mpa)

e. Menetapkan jenis semen yang akan digunakan untuk pengujian

Menurut PUBI 1982 di Indonesia Semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. jenis I merupakan jenis semen biasa, adapun jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras.

f. Menetapkan jenis agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan untuk pengujian

Jenis agregat yang akan digunakan ditetapkan apakah akan menggunakan pasir alam dan kerikil alam, ataukah pasir alam dan batu pecah (*crushed aggregate*).

g. Menetapkan faktor air semen

1. Cara menetapkan faktor air semen berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder/kubus beton yang akan direncanakan pada umur tertentu.
2. Cara kedua berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen.

h. Menetapkan faktor air semen maksimum

Penetapan nilai faktor air semen maksimum perlu dilakukan dengan tujuan, misalnya agar beton tidak cepat rusak. Penetapan nilai f.a.s maksimum dilakukan dengan menggunakan tabel 2.6. Jika nilai f.a.s maksimum ini lebih rendah dari nilai

f.a.s dari langkah g, maka nilai f.a.s maksimum ini yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) dengan Faktor Air Semen 0.50

Jenis semen	Jenis agregat	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Benda uji
		Umur (hari)				
		3	7	28	91	
I,II,IV	Alami	17	23	33	40	Selinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Alami	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
III,IV	Alami	21	28	38	44	Selender
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Alami	25	21	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

Tabel 2.7 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis Pembetonan	fas maks
Beton didalam ruang bangunan	
a. keadaan keliling non korosif	0,60
b. keadaan keliling non korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton diluar ruang bangunan	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah	
a. mengalami keadaan kering dan basah berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	0,52
Beton selalu berhubungan dengan air tawar atau payau atau laut	0.52 - 0.75

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

i. Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan adukan dengan alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dari tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.8 Penetapan Nilai Slump (cm).

Pemakaian Beton	Max	Min
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan dalam	7,5	15,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

j. Penetapan besar butir agregat maksimum (kerikil)

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut :

1. Jarak bersih minimum antar baja tulangan atau berkas baja tulangan, atau tendon pra-tegang dikalikan perempat.
2. Sepertiga kali tebal plat.
3. Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan.

k. Menetapkan kebutuhan air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan. Lihat tabel 2.8

Tabel 2.9 Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik beton (liter).

Besar ukuran maks. Kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225

	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

l. Menghitung berat semen yang diperlukan

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah k) dengan faktor air semen yang diperoleh pada langkah (g) dan (h).

m. Kadar semen maksimum

Jika kadar semen maksimum tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

n. Kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus yang diakibatkan oleh adanya pengaruh lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, air laut dan sebagainya.

o. Penyesuaian kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh oleh langkah (l) ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum pada langkah (n) maka kebutuhan semen harus dipakai minimum (yang nilainya lebih besar).

p. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah (n) maka nilai faktor air semen berubah, dapat dilakukan dengan:

- a. Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
- b. Jumlah air disesuaikan dengan mengendalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.

Catatan: cara pertama akan menurunkan faktor air semen, sedangkan cara kedua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

q. Penentuan daerah gradasi agregat halus.

Berdasarkan gradasinya (hasil analisa ayakan) agregat halus yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi empat daerah. Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan dalam tabel 2.9 berikut.

Tabel 3.0 Batas Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Yang Lewat Ayakan			
	1	2	3	4
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	34 – 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 : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

r. Menentukan perbandingan agregat halus dan agregat kasar.

Perbandingan antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.

s. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dapat dihitung dengan rumus:

$$BJc = \frac{P}{100} x bjH + \frac{Ka}{100} x bjK \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan : Bjc = berat jenis agregat campuran

bj H = berat jenis agregat halus

bj K = berat jenis agregat kasar

P = persentase agregat halus terhadap agregat campuran

K_a = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2.60 untuk agregat tak pecah/alami dan 2.70 untuk agregat pecahan.

t. Penentuan berat jenis beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah (s) dan kebutuhan air tiap meter kubik beton yang telah ditetapkan pada langkah (k).

u. Menentukan kebutuhan agregat campuran

$$A_{gc} = P - (a + s) \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan: A_{gc} = agregat campuran

P = berat beton per m^3

a = kebutuhan air

s = Semen

v. Menentukan kebutuhan pasir

$$A_{gH} = a_{gc} \times PH \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan : A_{gH} = agregat halus

a_{gc} = agregat campuran

PH = persentase agregat halus terhadap agregat

w. Menentukan kebutuhan kerikil

$$A_{gK} = a_{gc} - a_{gH} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

Dengan : A_{gK} = kebutuhan agregat kasar

A_{gc} = agregat campuran

A_{gH} = agregat halus

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Studi Kepustakaan

Untuk memperoleh data-data dan informasi mengenai pengujian yang akan dilakukan maka hasil dari peneliti yang terdahulu atau dari SNI dan PBI'71 serta literatur-literatur lainnya yang berhubungan dengan penelitian proyek akhir yang dikerjakan. Studi kepustakaan akan dipakai sebagai landasan atau dasar penelitian proyek akhir.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

a. Tempat

Lokasi penelitian di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

b. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2014 sampai bulan Maret tahun 2015.

3.3 Persiapan alat dan bahan

Persiapan dari pengujian ini yaitu mempersiapkan alat dan bahan-bahan yang akan digunakan sebagai campuran beton. Adapun alat yang digunakan adalah alat mix design pada umumnya, untuk bahan yang diuji sebagai berikut ;

1. Semen PPC.
2. Agregat kasar (batu pecah) ukuran maksimal 10 mm.
3. Agregat halus (pasir) dengan kadar lumpur dan pasir Lumajang sebagai acuan.
4. Air bersih.

3.4 Pengujian material

Pengujian material ini dilakukan untuk memperoleh data-data spesifikasi material yang nantinya akan diperlukan dalam rancangan campuran beton. Pengujian material meliputi pengujian tentang agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), dan pengujian semen. Material yang akan diuji dibagi tiga macam.

3.4.1 Pengujian agregat kasar (kerikil)

Adapun serangkaian pengujian yang dilakukan pada agregat kasar adalah sebagai berikut;

1. Analisa saringan kerikil (ASTM C 136 - 76), tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir kerikil yang mengandung butir-butir yang tertahan saringan no. 10;
2. Kelembaban kerikil (ASTM C 556 - 72), adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kelembaban kerikil;
3. Berat jenis kerikil (ASTM C 128 - 73), adapun tujuan dari pengujian ini adalah menentukan berat jenis kerikil dalam kondisi SSD;
4. Air resapan kerikil (ASTM C 127 - 77), adapun tujuan dari pengujian ini adalah menentukan kadar air resapan pada kerikil;
5. Berat volume kerikil (ASTM C 29 - 78), adapun tujuan dari pengujian ini adalah menentukan berat volume kerikil dalam keadaan lepas dan dalam keadaan padat.

3.4.2 Pengujian agregat halus (pasir)

1. Analisa saringan pasir (ASTM C 139 - 76), tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir kerikil yang mengandung butir-butir yang tertahan saringan;
2. Kelembaban pasir (ASTM C 556 - 72), adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kelembaban kerikil;

3. Berat jenis pasir (ASTM C 128 - 78), adapun tujuan dari pengujian ini adalah menentukan berat jenis kerikil dalam kondisi SSD;
4. Air resapan pasir (ASTM C 128), adapun tujuan dari pengujian ini adalah menentukan kadar air resapan pada kerikil;
5. Berat volume pasir (ASTM C 129 - 78), adapun tujuan dari pengujian ini adalah menentukan berat volume kerikil dalam keadaan lepas dan dalam keadaan padat.

3.5 Melakukan *mix design*

Mix design ini sangat dibutuhkan sebelum melakukan pengecoran. Jadi sebelum melakukan pengecoran, kekuatan beton sudah ditentukan terlebih dahulu dan berapa banyaknya material yang dibutuhkan serta proporsi campurannya. Langkah-langkah *mix desain* dengan menggunakan metode DOE (*Department of Environment*) antara lain:

a. Penentuan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') pada umur tertentu

Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat. Di Indonesia, yang dimaksud dengan kuat tekan beton yang disyaratkan ialah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu hanya sebesar 5% saja. Dalam penelitian ini kuat tekan beton yang disyaratkan adalah 15 mpa, 20 mpa, 25 mpa dan 30 mpa.

b. Penetapan nilai deviasi standart (s)

Deviasi standart ditetapkan berdasarkan singkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standartnya. Jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 benda uji, dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standart dengan suatu faktor perkalian, seperti table 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Faktor Perkalian Deviasi Sandart

Jumlah data	30	25	20	15	<15
Faktor pengali	1.0	1.03	1.08	1.16	Tidak boleh

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan / pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil pengujian kurang dari 15 buah), nilai margin dapat langsung diambil 12 Mpa. Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, disini diberikan pedoman dengan melihat table 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Nilai deviasi standart untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	SD (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

c. Perhitungan nilai tambah (margin)

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 Mpa maka langsung kelangkah d. nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standart (s) maka dilakukan dengan rumus berikut :

$$M = k \times sd \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan : M = nilai tambah (Mpa)

$$k = 1.64$$

sd = standart deviasi (Mpa)

d. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus:

$$f_{cr} = f_c + M \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan : f_{cr} = kuat tekan rata-rata (Mpa)

f_c = kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

M = nilai tambah (Mpa)

e. Menetapkan jenis semen yang akan digunakan untuk pengujian

Menurut PUBLI 1982 di Indonesia Semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. jenis I merupakan jenis semen biasa, adapun jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras. Dalam penelitian ini menggunakan semen PPC.

f. Menetapkan jenis agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan untuk pengujian

Jenis agregat yang digunakan ditetapkan apakah pasir alam dan kerikil alam, atau pasir alam dan batu pecah (*crushed aggregate*). Pada penelitian ini menggunakan batu pecah ukuran maksimal 10 mm dan pasir alam.

g. Menetapkan faktor air semen

1. Cara menetapkan faktor air semen berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder/kubus beton yang akan direncanakan pada umur tertentu.
2. Cara kedua berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen.

h. Menetapkan faktor air semen maksimum

Penetapan nilai faktor air semen maksimum perlu dilakukan dengan tujuan, misalnya agar beton tidak cepat rusak. Penetapan nilai f.a.s maksimum dilakukan dengan menggunakan tabel 3.3. Jika nilai f.a.s maksimum ini lebih rendah dari nilai

f.a.s dari langkah g, maka nilai f.a.s maksimum ini yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 3.3 Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) dengan Faktor Air Semen 0.50

Jenis semen	Jenis agregat	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Benda uji
		Umur (hari)				
		3	7	28	91	
I,II,IV	Alami	17	23	33	40	Selinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Alami	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
III,IV	Alami	21	28	38	44	Selender
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Alami	25	21	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Tabel 3.4 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis Pembetonan	fas maks
Beton didalam ruang bangunan	
a. keadaan keliling non korosif	0,60
b. keadaan keliling non korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton diluar ruang bangunan	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah	
a. mengalami keadaan kering dan basah berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	0,52
Beton selalu berhubungan dengan air tawar atau payau atau laut	0.52 - 0.75

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyahanto, S.T, 2001

i. Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara

pengangkutan adukan beton aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan adukan dengan alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dari tabel 3.5 berikut ini:

Tabel 3.5 Penetapan Nilai Slump (cm).

Pemakaian Beton	Max	Min
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan dalam	7,5	15,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

j. Penetapan besar butir agregat maksimum (kerikil)

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut :

1. Jarak bersih minimum antar baja tulangan atau berkas baja tulangan, atau tendon pra-tegang dikalikan perempat.
2. Sepertiga kali tebal plat.
3. Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan.

k. Menetapkan kebutuhan air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan. Lihat tabel 3.6.

Tabel 3.6 Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik beton (liter).

Besar ukuran maks. Kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

l. Menghitung berat semen yang diperlukan

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah k) dengan factor air semen yang diperoleh pada langkah (g) dan (h).

m. Kadar semen maksimum

Jika kadar semen maksimum tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

n. Kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus yang diakibatkan oleh adanya pengaruh lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, air laut dan sebagainya.

o. Penyesuaian kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh oleh langkah (l) ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum pada langkah (n) maka kebutuhan semen harus dipakai minimum (yang nilainya lebih besar).

p. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah (n) maka nilai factor air semen berubah, dapat dilakukan dengan:

- a. Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
- b. Jumlah air disesuaikan dengan mengendalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.

Catatan: cara pertama akan menurunkan faktor air semen, sedangkan cara kedua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

q. Penentuan daerah gradasi agregat halus.

Berdasarkan gradasinya (hasil analisa ayakan) agregat halus yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi empat daerah. Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan dalam tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Batas Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Yang Lewat Ayakan			
	1	2	3	4
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	34 – 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 : Samekto, M.Pd. Dan Rahmadiyanto, S.T, 2001

r. Menentukan perbandingan agregat halus dan agregat kasar.

Perbandingan antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.

s. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dapat dihitung dengan rumus:

$$BJc = \frac{P}{100} x bjH + \frac{Ka}{100} x bjK \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan : Bjc = berat jenis agregat campuran

bj H = berat jenis agregat halus

$b_j K$ = berat jenis agregat kasar

P = persentase agregat halus terhadap agregat campuran

K_a = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2.60 untuk agregat tak pecah/alami dan 2.70 untuk agregat pecahan.

t. Penentuan berat jenis beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah (s) dan kebutuhan air tiap meter kubik beton yang telah ditetapkan pada langkah (k).

u. Menentukan kebutuhan agregat campuran

$$Agc = P - (a + s) \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan: Agc = agregat campuran

P = berat beton per m^3

a = kebutuhan air

s = Semen

v. Menentukan kebutuhan pasir

$$Ag H = ag c \times PH \dots\dots\dots(3.6)$$

Dengan : $Ag H$ = agregat halus

$ag c$ = agregat campuran

PH = persentase agregat halus terhadap agregat

w. Menentukan kebutuhan kerikil

$$Ag.K = agc - ag.H \dots\dots\dots(3.7)$$

Dengan : $Ag.K$ = kebutuhan agregat kasar

Agc = agregat campuran

$Ag.H$ = agregat halus

3.6 Pembuatan benda uji

Setelah melakukan perhitungan *mix design*, dilakukan pengecoran benda uji dengan material yang sesuai dengan apa yang ada pada *mix design* tersebut. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 15 Mpa, 20 Mpa, 25 Mpa dan 30 Mpa. Benda

uji menggunakan beton normal. Total jumlah benda uji sebanyak 150 buah benda uji untuk pengujian pada 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Jumlah benda uji pada setiap perlakuan yang akan diuji adalah 200 buah benda uji menggunakan silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 3.8 Jumlah Pembuatan Beton dan Pengujiannya

Kode Sampel	Beton Normal	Hari Pengujian				
		3	7	14	21	28
15 Mpa	50	10	10	10	10	10
20 Mpa	50	10	10	10	10	10
25 Mpa	50	10	10	10	10	10
30 Mpa	50	10	10	10	10	10

3.7 Perendaman

Beton yang sudah dikeluarkan dari cetakan kemudian direndam. Perendaman ini adalah salah satu cara untuk perawatan beton agar beton terhindar dari pengaruh cuaca karena beton dalam proses pengerasan dan juga dapat mempengaruhi kekuatan beton, perendaman ini dilakukan sesuai dengan umur yang sudah direncanakan, yaitu 28 hari.

3.8 Pengujian kuat tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah di buat, apakah sesuai dengan kekuatan yang rencanakan di dalam *mix design* atau lebih besar atau bahkan lebih rendah dari *mix design*. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan alat *compression test*.

1. Compression Test

Pengujian kuat tekan dihentikan setelah dial pembacaan pada alat *compression tes* berhenti. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan dari benda uji tersebut sudah maksimal. Tekanan dikerjakan pada bidang-bidang sisi yang rata.

Pengujian ini bertujuan untuk menguji dan mengetahui kuat tekan beton dengan benda uji sesuai tiap prosentasi laju pengerasan beton yaitu 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

3.9 Analisis dan Pembahasan

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa analisa dan pembahasan, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Analisis dan pembahasan hasil pengujian pasir sebagai agregat halus.
- b. Analisis dan pembahasan hasil pengujian kerikil sebagai agregat kasar.
- c. Analisis dan pembahasan hasil pengujian semen.
- d. Analisis dan pembahasan pembuatan dan perendaman benda uji.
- e. Analisis dan pembahasan hasil pengujian kuat tekan beton.

Pengujian kuat tekan dilakukan sampai pada umur 28 hari, rincian pengujian dapat dilihat pada tabel 3.9 berikut :

Tabel 3.9 Jumlah benda uji untuk masing-masing perlakuan

Benda uji	Sampel Pengujian			
	15 Mpa	20 Mpa	25 Mpa	30 Mpa
Beton silinder 10 cm x 20 cm	50	50	50	50

- f. Perhitungan kuat tekan rata-rata
Merupakan rata-rata dari catatan 8 benda uji yang sama (satu perlakuan).
- g. Hasil analisa akan dibuat berbentuk tabel, diagram dan grafik.

3.10 Kesimpulan

Kesimpulan harus singkat, mudah dimengerti, dan dapat menjawab apa yang telah dirumuskan dalam rumusan masalah. Kesimpulan diambil dari analisa dan

pembahasan terhadap data-data yang dihasilkan dalam penelitian. Diagram alir pelaksanaan Tugas Akhir ditampilkan pada gambar diagram alir berikut ini:

3.11 Diagram Alir Penelitian

