

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN KUAT DESAK DAN KUAT TARIK BETON ANTARA PASIR HITAM MERAPI DENGAN PASIR MERAH DARI SUNGAI KEDUANG KABUPATEN WONOGIRI

(Tinjauan Terhadap Agregat Kasar Dengan Menggunakan Batu Pecah Manual)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



SUMIRAT ANGGA PRABOWO

05.511.047

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2011**

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Pertama dan yang paling utama penulis panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, Shalawat serta salam ditujukan kepada nabi Muhammad SAW. sehingga tugas akhir yang berjudul ***“Analisis Perbandingan Kuat Desak Dan Kuat Tarik Beton Antara Pasir Hitam Merapi Dengan Pasir Merah Dari Sungai Keduang Wonogiri”*** (Tinjauan Terhadap Batu Pecah Manual) ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mencapai jenjang Strata Satu (S1), pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mohon maaf dan berharap akan ada pengembangan penelitian yang lebih baik dengan rekomendasi penelitian yang dikemukakan pada bagian akhir dari tugas akhir ini.

Dalam penyelesaian laporan ini penyusun telah mendapat banyak bantuan dan motifasi dari berbagai pihak, untuk itu penyusun ingin mengucapkan beribu terima kasih kepada :

1. **Ir. H. Suharyatmo, MT** selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas bimbingan, nasehat dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Keluarga saya tercinta atas doa, kasih sayang, nasehat, pengertian dan perhatian yang tulus serta dukungan baik moril maupun materiil hingga laporan ini selesai.
3. **Ir. H. Mochammad Teguh, MSCE, Ph.D** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII Yogyakarta.
4. **Ir. H. Suharyatmo, MT** dan **Ir. Tri Fajar Budiyo, MT** selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII Yogyakarta.

5. **Ir. H A Kadir Aboe, MS** dan **Ir. H Much. Samsudin, MT** selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk mengoreksi, memberikan nasehat dan masukan kepada penulis
6. **Ir. H A Kadir Aboe, MS** selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII Yogyakarta.
7. Seluruh dosen dan karyawan FTSP-UII, terutama **Pak Warno, Pak Ndaru, Pak Hari**, yang telah banyak membantu selama penelitian berlangsung. Serta **Pak Heri** dan **Pak Santoro**, terimakasih atas bantuannya yang telah memepmudah saya dalam pengurusan berkas-berkas tugas akhir.
8. Sahabat, teman terbaikkku terima kasih atas dorongan semangat, perhatian, dukungan dan bantuannya sehingga laporan tugas akhir ini selesai.
9. Semua pihak yang langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah membantu selama tugas akhir dan dalam penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan Tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun selalu penyusun harapkan. Semoga laporan ini, dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan bagi seluruh mahasiswa yang membutuhkan pada umumnya.

Wabillahittaufiq wal hidayah

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 2011

Hormat Penyusun

Sumirat Angga Prabowo

ABSTRAK

Sebagaimana telah kita ketahui bahwa masyarakat Indonesia sebagian besar menggunakan struktur beton dalam mendirikan bangunan. Banyaknya keanekaragaman sumber daya alam yang dimiliki oleh masing-masing daerah akan menghasilkan mutu beton yang bervariasi. Dengan tingkat kebutuhan ekonomi masyarakat semakin hari semakin tinggi termasuk harga material bangunan. Ini membuat mereka harus berpikir untuk menciptakan alternatif solusinya. Hal ini dialami masyarakat Wonogiri dimana dalam mendirikan bangunan mereka rata-rata menggunakan material pasir dari Merapi yang harganya bisa mencapai 4 kali lipat dari material pasir lokal yaitu pasir merah. Hal ini dikarenakan pasir Merapi kualitasnya sudah teruji, berbeda dengan pasir merah yang hanya menggunakan pengalaman dalam penggunaannya tanpa adanya uji kualitas terlebih dahulu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat karakteristik dari material yang berasal dari Wonogiri akan pengaruhnya terhadap sifat dan kekuatan beton. Sehingga kedepannya masyarakat Wonogiri akan mengetahui kekuatan dan keawetan bangunan tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan sample yang pasirnya berasal dari Merapi dan Wonogiri. Serta mengkombinasikan kedua pasir tersebut dengan variasi campuran BPW 0%, BPW 50%, BPW 75% dan BPW 100%. Agregat Kasar yang digunakan yaitu batu pecah manual ukuran 40 mm yang berasal dari Wonogiri. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan cara pengujian sample benda uji yang berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan metode campuran yang digunakan yaitu DOE (Departement Of Environment). Sample ini akan diuji kuat tekan dan kuat tariknya pada masing-masing umur beton yaitu 3, 7, 14, 21, dan 28 hari, untuk kuat tarik hanya pada umur 28 hari saja. Untuk masing-masing umur beton jumlah sample yang diuji 3 buah. Sebelum kedua pasir tersebut dibuat campuran beton akan diteliti terlebih dahulu yang meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air, kadar lumpur, berat isi gembur, berat isi padat, dan modulus halus butir.

Hasil pemeriksaan dari pasir Merapi yaitu, pasir masuk dalam zona 2 (dua) “agak kasar”, dan pasir merah masuk dalam zona 1 (satu) “kasar”. Kedua pasir tersebut memiliki kadar lumpur dibawah 5% yang berarti pasir tersebut dapat langsung dipakai tanpadicuci. Kuat tekan dari variasi beton BPW 0%, BPW 50%, BPW 75%, dan BPW 100% adalah sebesar 26,81 MPa, 26,00 MPa, 20,76 MPa dan 19,39 MPa. Sedangkan untuk kuat tariknya sebesar 2,53 MPa, 2,37 MPa, 2,28 MPa dan 2,13 MPa. Dari hasil diatas dapat dilihat kuat tekan dan kuat tarik optimumnya terdapat pada BPW 0% yang mana pasirnya berasal dari Merapi sedangkan yang paling rendah terdapat pada BPW 100% yang merupakan pasir merah. Untuk beton yang mengandung pasir merah kekuatan paling tinggi yaitu BPW 50% sebesar 26,00 MPa, beton tersebut kuat tekannya tidak terlalu jauh dari pasir Merapi sehingga beton tersebut dapat digunakan untuk struktur rumah sederhana.

Kata Kunci : Pasir Merapi, Pasir Merah, BPW 0%, BPW 50%, BPW 75% dan BPW 100%.

ABSTRACT

As we have seen that the Indonesian people mostly use in building concrete structures. The amount of diversity of natural resources owned by each region will produce concrete of varying quality. With the economic needs of society, including increasingly higher prices of building materials. This makes them have to think to create the solution alternatives. This is experienced by people in the building Wonogiri where the average use of sand material from Merapi that cost could reach four times that of local materials ie sand red sand. This is because sand quality Merapi has been tested, in contrast to the red sand that uses only the user without any experience in testing the quality first. The purpose of this study was to determine the nature of the characteristics of the material coming from Wonogiri will impact on the nature and strength of concrete. So that future people will know Wonogiri strength and durability of the building.

This research was conducted by comparing sand samples from Merapi and Wonogiri. And combine these two variations of a mixture of sand with 0% BPW, BPW 50%, 75% BPW and BPW100%. Coarse aggregate is crushed stone used manually size of 40 mm from Wonogiri. The research was conducted in the laboratory by testing samples of cylindrical test object with a diameter of 15 cm and height of 30cm and the method used is a mixture of DOE (Department Of Environment). This sample will be tested compressive strength and tensile strength at each age of concrete that is 3, 7, 14, 21, and 28 days, for the tensile strength only at 28 days. For each age concrete number of samples tested 3 pieces. Before the sand is made of concrete mixtures will be examined first, including examination of specific gravity and absorption of water, mud content, contents loose weight, weight of solid content, and modulus of fine grains.

The results of examination of Merapi sand, sand into the zone 2 (two) "rather rude", and enter the red sand in zone 1 (one) "rough". Both of these sands have a siltcontent below 5% which means the sand can be used directly without washing. Compressive strength of concrete variations of BPW 0% , BPW 50%, BPW 75% and BPW 100% is equal to 26.81 MPa, 26.00 MPa, 20.76 MPa and 19.39 MPa. As for the tensile strength of 2.53 MPa, 2.37 MPa, 2.28 Mpa and 2.13 MPa. From the results above can be seen compressive strength and tensile strength are optimum at 0% BPW where sand comes from Merapi, while the lowest found on the BPW 100% which is the red sand. For concrete containing red sand of the highest strength BPW 50% of 26.00 MPa, the concrete is strong compressed sand not too far away from Merapi, so that concrete can be used for simple structure of the house

Keywords: Merapi Sand, Red Sand, BPW 0%, 50% BPW, BPW BPW 75% and 100%.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Umum.....	5
2.2 Penelitian Terdahulu	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	8
3.1. Beton	8
3.2. Agregat.....	10
3.2.1 Agregat Halus.....	10
3.2.2 Agregat Kasar.....	13
3.3. Semen.....	14

3.3.1 PC (<i>Portland Cement</i>).....	15
3.3.2 PPC (<i>Portland Pozzoland Cement</i>).....	15
3.3.3 PCC (<i>Portland Composite Cement</i>).....	16
3.3.4 SSG (<i>Semen Serba Guna</i>).....	17
3.4. Air	17
3.5. Faktor Air Semen	18
3.6. Slump	18
3.7. Workability	19
3.8. Segregasi (Pemisahan Kerikil).....	19
3.9. Bleding	20
3.10. Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	21
3.11. Pengujian Sample Benda Uji.....	27
3.11.1 Penghitungan Berat Volume	27
3.11.2 Pengujian Kuat Desak	27
3.11.3 Pengujian Kuat Tarik	29
3.11.4 Modulus Elastis Beton	29
BAB IV METODE PENELITIAN	31
4.1 Tinjauan Umum	31
4.2 Persiapan Bahan Dan Alat	31
4.2.1 Bahan	32
4.2.2 Alat	35
4.3 Pemeriksaan Material Yang Digunakan.....	33
4.3.1 Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir.....	33
4.3.2 Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat.....	35
4.3.3 Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat	35
4.3.4 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air	
Agregat Halus.....	36
4.3.5 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air	
Agregat Kasar.....	38
4.3.6 Pemeriksaan Modulus Halus Butir.....	39

4.4	Perhitungan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	41
4.5	Pembuatan Campuran Beton.....	41
4.6	Pengujian <i>Slump</i>	41
4.7	Pembuatan Benda Uji.....	42
4.8	Perawatan Benda Uji.....	44
4.9	Pengujian Kuat Desak Beton	44
4.10	Pengujian Kuat Tarik Beton.....	45
4.11	Pengujian Modulus Elastis Beton	45
4.12	Pengolahan Data.....	46
4.13	Langkah-Langkah Penelitian	47
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	48
5.1	Umum	48
5.2	Uji Material Penyusun Beton	49
5.2.1	Gradasi Agregat Halus Dan Modulus Halus Butir.....	50
5.2.2	Gradasi Agregat Kasar Dan Modulus Halus Butir.....	53
5.3	Rencana Campuran Beton.....	55
5.4	Nilai Slump Dan Workability	55
5.5	Pemeriksaan Berat Volume Beton	57
5.6	Pemeriksaan Sifat-sifat Mekanik Beton.....	59
5.6.1	Kuat Tekan Beton	59
5.6.2	Kuat Tarik Beton.....	64
5.6.3	Tegangan Regangan Beton	66
5.6.4	Modulus Elastis Beton	68
5.7	Perbandingan Hasil Penelitian Antara Batu Pecah Manual Dengan Batu Pecah Mesin (AMP).....	70
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	74
6.1	Kesimpulan	74
6.2	Saran.....	75
	DAFTAR PUSTAKA	76
	LAMPIRAN.....	77

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Batas – Batas Gradasi Agregat Halus	12
Tabel 3.2 Batas – Batas Gradasi Agregat Kasar	13
Tabel 3.3 Nilai Slump	19
Tabel 3.4 Nilai Standar Deviasi (S)	22
Tabel 3.5 Perkiraan Kuat Tekan Beton Dengan FAS 0,50 Dan Jenis Semen Serta Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai Di Indonesia	23
Tabel 3.6 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m^3) Yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pekerjaan Adukan	24
Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan FAS Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus	25
Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji.....	42
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Material	49
Tabel 5.2 Modulus Halus Butir Pasir Merah Wonogiri.....	51
Tabel 5.3 Modulus Halus Butir Pasir Merah Merapi.....	52
Tabel 5.4 Modulus Halus Butir Kerikil 40 mm	54
Tabel 5.5 Rencana Campuran Beton Menggunakan Metode <i>Departement Of Environment</i> (DOE).....	55
Tabel 5.6 Hasil Nilai Slump.....	56
Tabel 5.7 Rekapitulasi Berat Volume Beton	57
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rearata Beton	59
Tabel 5.9 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 3 Hari.....	62
Tabel 5.10 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari	62
Tabel 5.11 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 hari.....	62
Tabel 5.12 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 21 Hari	63
Tabel 5.13 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari.....	63
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tarik Rearata Beton.....	64
Tabel 5.15 Perbandingan Modulus Elastisitas Antara Hasil Uji Dengan Rumus Empiris	69
Tabel 5.16 Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 3 Hari.....	70

Tabel 5.17	Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 7 Hari.....	71
Tabel 5.18	Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 14 Hari.....	71
Tabel 5.19	Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 21 Hari.....	71
Tabel 5.20	Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 28 Hari.....	71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan fas Untuk Benda Uji Silinder (diameter 150 mm x 300 mm).....	23
Gambar 3.2 Grafik persentasi jumlah pasir yang dianjurkan untuk daerah susunan butir 1, 2, 3, dan 4 dengan butir mak. agregat 40 mm.	26
Gambar 3.3 Grafik perkiraan berat jenis beton basah yang dimampatkan secara penuh.....	26
Gambar 3.4 Pengujian Kuat Desak Beton	28
Gambar 3.5 Pengujian Kuat Tarik Beton.....	29
Gambar 4.1 Pengukuran Nilai <i>Slump</i>	42
Gambar 4.2 Sistematika Metodologi Penelitian	47
Gambar 5.1 Kurva Gradasi Pasir Merah Wonogiri.....	51
Gambar 5.2 Kurva Gradasi Pasir Hitam Merapi.....	52
Gambar 5.3 Kurva Gradasi Kerikil Ukuran 40 mm.....	54
Gambar 5.4 Grafik Nilai <i>Slump</i>	56
Gambar 5.5 Grafik Berat Volume Beton Pada Umur 3, 7, 14, 21 dan 28 Hari.....	58
Gambar 5.6 Grafik Hasil Rekap Kuat Tekan Rerata Beton.....	60
Gambar 5.7 Grafik Kuat Tarik Rerata Beton Pada Umur 28 Hari.....	65
Gambar 5.8 Grafik Tegangan-Regangan BPW 0%	66
Gambar 5.9 Grafik Tegangan-Regangan BPW 50%.	67
Gambar 5.10 Grafik Tegangan-Regangan BPW 75%.	67
Gambar 5.11 Grafik Tegangan-Regangan BPW 100%.	68
Gambar 5.12 Perbandingan Modulus Elastis Uji Dengan Rumus Empiris. ...	69
Gambar 5.13 Perbandingan Kuat Tekan Antara Batu Pecah Manual Dengan Batu Pecah Mesin (AMP).....	72
Gambar 5.14 Perbandingan Kuat Tarik Antara Batu Pecah Manual Dengan Batu Pecah Mesin (AMP)....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kartu Peserta Tugas Akhir
Lampiran 2	Hasil Pengujian Material.
Lampiran 3	Hasil Mix Desain.
Lampiran 4	Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton
Lampiran 5	Hasil Pengujian Tegangan-Regangan dan Modulus Elastisitas Beton
Lampiran 6	Gambar Dokumentasi

DAFTAR NOTASI

A	: Luas penampang benda uji, cm^2 .
B_v	: Berat volume silinder, kg/cm^3 .
D	: Diameter benda uji, mm.
E_c	: Modulus elastisitas
f'_c	: Kuat tekan beton, Mpa.
f_{ct}	: Kuat tarik belah beton.
f'_{cr}	: Kuat tekan rata-rata benda uji, Mpa.
K	: Tetapan statistik yang nilainya tergantung prosentase hasil uji.
L	: Panjang benda uji, mm.
m	: Nilai tambah/margin, Mpa.
N	: Jumlah benda uji yang diperiksa.
P	: Beban maksimum, Kg.
s	: Standar deviasi
ε	: Regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ).
σ	: Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji.
W_h	: Perkiraan jumlah air untuk agregat alami, kg/m^3 .
W_k	: Perkiraan jumlah air untuk batu pecah, kg/m^3 .
$BPW\ 0\%$	: Beton berkadar pasir Wonogiri 0 % atau beton berkadar pasir hitam Yogyakarta secara keseluruhan.
$BPW\ 50\%$	: Beton berkadar pasir Wonogiri 50 % dan berpasir hitam dan Yogyakarta 50%.
$BPW\ 75\%$	: Beton berkadar pasir Wonogiri 75 % dan berpasir hitam Yogyakarta 25%.
$BPW\ 100\%$	: Beton berkadar pasir Wonogiri 100 % atau berkadar pasir hitam Yogyakarta 0 %

THANK TO..

“Kupersembahkan karyaku yang sederhana ini sebagai ungkapan syukurku kepada...”

“Allah SWT atas ijin-Nya aku bisa menyelesaikan karyaku yang sederhana ini, dan telah memilihkan jalan yang terbaik untukku...”

“Ayah dan Almarhumah Ibu yang tersayang yang entah dengan apa ananda tak akan pernah bisa membalas segala kasih sayang, dukungan dan bimbingan serta do’a yang selama ini diberikan tanpa henti...”

*“Mbak Bir, Mas Dimar dan Mbak Ndun, Terima kasih atas segala support dan semangatnya, juga sindiran-sindirannya yang selalu bisa membakar semangatku yang sering hilang...
..we’re the one sist..”*

“For my big lovely family at Purwodadi and Klaten, terima kasih atas senyum dan tawa kalian, atas semangat dan wejangan-wejangannya yang menambah motivasiku untuk menyelesaikan karyaku yang sederhana ini..”

*“Temen-temen kontrakanku...Wawan, Borni, Nanda, Ian, Eric, Aik, Yesika,
Tika, Ivan, Rizal..
Jogja jadi asyik karena kalian bro..
Terima kasih sudah menjadi sahabatku selama di perantauan ini
Don’t worry to be happy and share the smiles with a friend..
All for one – one for All..hee..”*

“Si Megz (Motor Mega Pro) yang setia menemani perjalanan kuliahku di Jogja ini..”

“Temen-temen seperjuangan CIVIL 05 yang tidak dapat aku sebutkan satu persatu..Sukses buat kita semua..”

Amiennnnn..”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman sekarang ini, pembangunan mengalami kemajuan yang sangat pesat, baik di bidang jalan, jembatan ataupun gedung bertingkat. Beton merupakan suatu pilihan atau alternatif sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Beton dalam pengertian umum adalah campuran bahan bangunan berupa pasir dan kerikil atau koral kemudian diikat semen bercampur air

Struktur beton banyak digunakan sebagai struktur utama, dikarenakan bahannya relatif lebih murah, mudah digunakan, mudah dalam pembuatannya, tahan terhadap korosi serta tahan terhadap kebakaran. Kelebihan beton yang lain adalah, ekonomis (dalam pembuatannya menggunakan bahan dasar lokal yang mudah diperoleh), dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki, mampu menerima gaya tekan dengan baik, tahan aus, rapat air, awet dan mudah perawatannya, maka beton sangat populer dipakai baik untuk struktur-struktur besar maupun kecil. Selain itu, hal yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektivitas dan tingkat efisiensinya. Untuk itu bahan konstruksi ini dianggap sangat penting untuk terus dikembangkan dengan berbagai bahan dasar dari berbagai macam agregat dari daerah setempat.

Tetapi beton juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu lemah terhadap kuat tarik. Nilai kuat tarik beton hanya sekitar 9–15 % dari kuat desaknya (Dipohusodo, 1994). Setiap usaha perbaikan mutu tekan beton hanya disertai peningkatan kuat tariknya kecil.

Sebagaimana telah kita ketahui bahwa masyarakat Indonesia sebagian besar menggunakan struktur beton dalam mendirikan bangunan. Banyaknya keanekaragaman sumber daya alam yang dimiliki oleh masing-masing daerah akan menghasilkan mutu beton yang bervariasi. Tetapi banyak dari mereka menggunakan pasir yang didatangkan dari luar daerah mereka, karena yang telah teruji kualitasnya,.

Dengan tingkat kebutuhan ekonomi masyarakat yang semakin hari semakin tinggi, membuat mereka harus berpikir untuk menciptakan alternatif solusi guna memenuhi kebutuhan ekonomi tersebut. Salah satu hal yang harus mereka perhatikan adalah biaya untuk pembangunan konstruksi. Hal ini adalah masalah pokok dan mendasar karena harus ditunjang dari beberapa unsur terutama dalam masalah materi. Perlu kita ketahui harga material setiap harinya semakin naik seiring dengan tingginya kebutuhan ekonomi.

Peristiwa seperti ini dialami oleh masyarakat Wonogiri, dimana tingkat harga material untuk pasir dan batu pecahnya semakin tinggi. Hal ini dikarenakan material yang digunakan terutama pasirnya menggunakan pasir Merapi. Untuk masyarakat ekonomi atas mungkin itu tidak menjadi sebuah permasalahan, tetapi untuk level ekonomi menengah ke bawah mereka berpikir dua kali untuk menggunakan pasir tersebut. Hal itu dikarenakan harga pasir Merapi empat kali lipat harga pasir lokal dengan volume yang sama. Untuk pasir merapi memang kualitasnya sudah teruji, tetapi untuk pasir lokal mereka bermodalkan pengalaman dengan melihat apa yang telah dikerjakan sebelumnya. Sehingga dibutuhkan penelitian untuk mengetahui kualitas material tersebut

Beberapa hal yang mungkin mereka pertimbangkan pada beton dengan agregat lokal ini adalah:

- 1) Kualitas dan kuantitasnya yang belum teruji.
- 2) Kuat tekan beton yang mungkin hasilnya tidak sesuai dengan yang mereka harapkan.
- 3) Kandungan lumpur yang mungkin akan mempengaruhi kualitas beton
- 4) Masalah *mix design/proportion* untuk memperoleh mutu tertentu dengan kelayakan yang memadai, untuk itu perlu diteliti.

Pada penelitian ini akan digunakan pasir lokal atau pasir merah dari sungai Keduang, dan agregat kasar atau batu pecah yang dipecah secara manual oleh tenaga manusia. yang berasal dari sungai Karangturi Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah, yang biasanya digunakan masyarakat Wonogiri untuk membuat campuran beton apabila mereka tidak menggunakan material dari Merapi. Adanya penelitian ini diharapkan dapat mengetahui seberapa besar kuat desak dan kuat tarik beton

tersebut. Dari pertimbangan-pertimbangan yang telah dilakukan maka penulis akan melakukan penelitian tentang:

“ANALISIS KUAT DESAK DAN KUAT TARIK BETON ANTARA PASIR HITAM MERAPI DENGAN PASIR MERAH DARI SUNGAI KEDUANG WONOGIRI” (Tinjauan Terhadap Agregat kasar Dengan Menggunakan Batu Pecah Manual)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang dapat diteliti yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penggantian pasir merapi dengan pasir lokal sungai keduang terhadap kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik beton dengan ukuran agregat kasar maksimal 40 mm dan dengan campuran beton normal.
2. Bagaimana karakteristik agregat lokal dari sungai keduang yang digunakan sebagai campuran beton di wonogiri dan pengaruhnya terhadap sifat dan kekuatan beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat karakteristik dari material yang berasal dari sungai Keduang akan pengaruhnya terhadap sifat dan kekuatan beton. Sehingga kedepannya masyarakat Wonogiri akan mengetahui kekuatan dan keawetan bangunan tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton khususnya pada daerah Wonogiri.
2. Dengan penelitian ini diharapkan bisa mengetahui kualitas mutu beton yang memakai agregat lokal.

3. Dengan penelitian ini diharapkan masyarakat bisa menggunakan pasir lokal sebagai pengganti atau campuran pasir merapi jika hasilnya mutu betonnya baik..

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini agar dapat terarah sesuai dengan penelitian sehingga perlu diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan benda uji bentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter 15 cm.
2. Rencana campuran uji menggunakan metode DOE
3. Penelitian dilakukan dengan rencana kuat desak beton (f'_c) sebesar 20 MPa.
4. Semen yang digunakan adalah semen Tiga Roda yang memiliki kuat tekan semen (σ) = 500 kg/cm²
5. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat dari sungai Keduang Wonogiri yang lolos saringan 40 mm. Dan air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil UII.
6. Pasir (agregat halus) yang digunakan adalah pasir merah yang berasal dari sungai Keduang Wonogiri dan pasir hitam Merapi Yogyakarta.
7. Nilai slump yang direncanakan 75 - 150 mm.
8. Pengujian dilakukan pada masing-masing umur beton 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dengan sample sebanyak 3 sample untuk masing-masing umur beton, dan khusus untuk umur 28 hari sample ditambah 3 untuk uji tarik dan 3 untuk tegangan regangan.
9. Penelitian dibatasi pada kuat desak dan tarik beton saja.
10. Perawatan terhadap benda uji baik silinder dilaksanakan dengan cara merendamnya dalam bak air.
11. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi jurusan Teknik Sipil UII

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Beton adalah batuan buatan yang terjadi sebagai hasil pengerasan suatu campuran tertentu dari semen, air dan agregat (batu pecah, kerikil, dan pasir) dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Tjokrodimulyo, 1992).

Untuk menghasilkan beton dengan kualitas baik, diperlukan takaran-takaran tertentu atau biasa disebut *mix design*. Selain itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi *segregasi*. Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan peletakan. Sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi semen berhidrasi, mengelem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk material seperti-batu. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, fondasi, jalan, jembatan penyeberangan, struktur parkir, dasar untuk pagar/gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok. Nama lama untuk beton adalah batu cair.

Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain sangat bergantung pada sifat-sifat bahan dasarnya, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan perawatan selama proses pengerasan. Luasnya pemakaian beton disebabkan oleh karena terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu.

Ketika air dan semen dicampur, partikel-partikel semen cenderung berkumpul menjadi gumpalan yang dikenal sebagai gumpalan semen.

Penggumpalan mencegah pencampuran antara semen dan air yang menghasilkan kehilangan kemampuan kerja (*loss of workability*) dari campuran beton sebagaimana hal tersebut mencegah campuran hidrasi yang sempurna. Ini berarti bahwa pengurangan kekuatan potensial penuh dari pasta semen akan ditingkatkan. Pada beberapa kejadian dalam 28 hari perawatan hanya 50% kandungan semen sudah terhidrasi **(Smith and Andreas,1989)**

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah sebagai berikut:

1. Kualitas semen.
2. Prporsi terhadap campuran.
3. Kekeuatan dan kebersihan agregat.
4. Faktor Air Semennya.
5. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat.
6. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.
7. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton.
8. Perawatan beton.
9. Kandungan klorida tidak melebihi 0.15% dalam beton yang dekspos dan 1% bagi beton yang tidak dikspos (Nawy, 1985), dalam buku Mulyono (2003).

Pada proses pengecoran bagian permukaan beton uji silinder biasanya permukaan ujung yang cembung menghasilkan pengurangan kekuatan dibandingkan permukaan yang cekung (Neville, 1994).

Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat sipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton langsung (Jackson, 1997) dalam Mulyono (2003), serta Murdock dan Brook (1991) yang mengatakan: “kecepatan tenaga kerja adalah salah satu faktor penting dalam produksi suatu bangunan yang bermutu, dan kunci keberhasilan untuk mendapatkan tenaga kerja yang cakap adalah untuk pengetahuan dan daya tarik pada pekerjaan yang sedang dikerjakan”.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian pembuatan beton dengan menggunakan variasi dari mana asal agregat kasar maupun agregat halus (pasir) berada sudah pernah dilakukan sebelumnya dan dijadikan referensi pada penelitian sekarang. Adapun beberapa penelitian tentang agregat kasar dan halus (pasir) yang pernah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Gunawan dan Banta Chairullah (1996)

Dalam penelitian “Analisis Kuat Desak Beton Dengan Gradasi pasir dari Sungai Krasak dan Sungai Progo Yogyakarta”, disimpulkan bahwa kuat desak beton dapat dipengaruhi dari mana asal pasir tersebut berasal karena adanya perbedaan gradasi dan kandungan lumpur yang ada dalam pasir tersebut.

2. Marsidi dan Banis

Dalam penelitian “Uji Komparasi Kuat Desak Dan Kuat Tarik Beton Dengan Agregat Halus (Pasir) Asal Yogyakarta Dan Pasir Putih Asal Lampung”, disimpulkan asal pasir/agregat juga mempengaruhi kuat desak dan kuat tarik beton itu dipengaruhi oleh kadar lumpur, nilai MHB, dan gradasi pasir/agregat tersebut.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang sering digunakan dalam pembangunan gedung, jembatan, jalan ,dll. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapat dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) atau jenis agregat lain dan air, dengan semen Portland dan semen hidrolis yang lain, kadang – kadang dengan bahan tambah (aditif) yang bersifat kimiawi atau fisikal pada perbandingan tertentu sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena reaksi kimia semen dengan air.

Beton yang mengeras bisa juga dikatakan sebagai batu tiruan, dengan rongga–rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah), dan diisi oleh batuan kecil (agregat halus atau pasir), dan pori–pori antara agregat diisi oleh semen dan air (pasta semen). Pasta semen juga berfungsi sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan. Sehingga butiran-butiran agregat saling terikat kuat maka terbentuklah satuan yang padat dan tahan lama.

Membuat beton sebenarnya tidaklah sederhana hanya sekedar mencampurkan bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana sering terlihat pada pembanguna sederhana. Tetapi jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh campuran adukan beton yang segar dan baik dan mebghasilkan beton keras yang baik pula. Beton segar yang baik adalah beton yang dapat diaduk, dapat diangkat, dapat dituang dan dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo 1996:2)

Beton memiliki kekurangan dan kelebihan sebagai berikut (Tjokrodinulyo1996:2):

Kelebihan:

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

Kekurangan:

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

3.2 Agregat

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

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

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

Jenis agregat yang digunakan dalam campuran beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

3.2.1 Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir terbesat 5,00 mm (SK SNI 03-2847-2002).

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Ukurannya bervariasi antara lolos saringan no 4 dan no 100 untuk saringan berstandar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, pertikel yang lebih kecil dari saringan no 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton (Edward G. nawy).

Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat keringnya, apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka pasir harus dicuci. Lumpur pada pasir dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak, bahan-bahan organik itu dapat mengadakan reaksi dengan senyawa-senyawa dari Portland semen, hingga berakibat berkurangnya kualitas adukan (SNI 03-4142-1996).

Agregat halus (pasir) mempunyai ukuran butiran lebih kecil dari 4,75 mm atau lolos pada saringan dengan diameter lubang 4,8 mm. Pasir yang digunakan

untuk pembuatan mortar atau beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut. (Tjokrodimulyo, 1996) :

1. Pasir tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lolos ayakan 0,075 mm lebih dari 5%. Apabila ternyata lebih maka terlebih dahulu pasir dicuci dengan air bersih.
2. Pasir harus memiliki variasi butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit (modulus halus antara 2,5-3,8). Pasir yang seperti ini hanya memerlukan sedikit pasta semen.
3. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca. Sifat kekal tersebut jika di uji dengan larutan jenuh garam sulfat, yaitu Natrium Sulfat dan Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10% - 15%.

Berikut ini adalah beberapa karakteristik pasir yang harus kita ketahui untuk beton dengan kualitas yang baik :

1. Berat Jenis Pasir.

Berat jenis pasir adalah rasio antara massa padat pasir dengan massa air yang mempunyai volume yang sama pada suhu yang sama. Berdasarkan berat jenisnya, Agregat secara umum dibedakan menjadi (Tjokrodimulyo, 1996) :

- a. Agregat normal yaitu agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basalt, dan kuarsa.
- b. Agregat berat yaitu agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 misalnya magnetit (Fe_3O_4), barit (BaSO_4) atau serbuk besi.
- c. Agregat ringan memiliki berat jenis kurang dari 2 dan biasanya digunakan untuk bagian non struktural.

2. Berat Satuan Pasir.

Berat satuan pasir adalah berat pasir dalam satu satuan volume yang dinyatakan dalam satuan kg/liter atau ton/liter. Berat satuan dihitung berdasarkan berat pasir dalam suatu tempat tertentu. Sehingga yang dihitung adalah volume padat atau volume lepas, meliputi pori tertutup dan pori terbukanya. Pasir memiliki berat satuan diantara 1,2 sampai 1,6.

3. Gradasi Pasir

Gradasi pasir adalah distribusi ukuran butiran pada pasir. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentase dari berat butiran yang tertinggal atau yang lolos dari suatu ayakan. Gradasi agregat akan memberikan variasi ukuran butiran sehingga akan memberikan pengaruh pada penempatan yang tinggi sejalan dengan peningkatan kekuatannya. Butiran kecil akan mengisi pori-pori yang terbentuk didalam cetakan beton.

Sesuai dengan pengertian pasir yang telah dijelaskan diatas maka susunan ayakan untuk menentukan gradasi pasir berturut-turut adalah ayakan dengan lubang 10 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,6 mm dan 0,15 mm. Menurut SK SNI T-15-1990-0,3 kekasaran pasir dapat dibedakan menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus, dan pasir halus. Adapaun untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.1 Batas Gradasi Untuk Agregat Halus/Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	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
1,25	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 : SK SNI T-15-1990-03

Keterangan : Daerah I = Pasir kasar
Daerah II = Pasir agak kasar
Daerah III = Pasir agak halus
Daerah IV = Pasir halus

3.2.2 Agregat Kasar

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

Menurut Tjokrodimulyo (1992), beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan agregat untuk pekerjaan campuran beton antara lain :

1. Bentuk agregat
2. Tekstur permukaan butir
3. Berat jenis agregat
4. Berat satuan dan kepadatan
5. Ukuran maksimum agregat
6. Gradasi agregat
7. Kadar air agregat
8. Keawetan dan keuletan agregat

Tabel 3.2 Batas – Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Prosentase Berat Butir Lewat Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95 - 100	100
20	30 - 70	95 – 100
10	10 _ 35	25 – 55
4,8	0 - 5	0 – 10

3.3 Semen

Semen adalah bahan hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982).

Ada empat macam senyawa kimia yang penting yaitu Trikalsium Silikat (C_3S), Dikalsium Silikat (C_2S), Trikalsium Aluminat (C_3A) dan Trikalsium Aluminoferrit (C_4AF) seperti yang dijelaskan berikut ini.

1. Trikalsium Silikat (C_3S)

Senyawa ini jika terkena air akan cepat bereaksi dan menghasilkan panas. Panas tersebut akan mempengaruhi kecepatan mengeras sebelum hari ke 14. Jika kandungan C_3S lebih banyak maka akan membentuk semen dengan kekuatan awal yang tinggi dan panas hidrasi yang tinggi.

2. Dikalsium Silikat (C_2S)

Senyawa ini lebih lambat bereaksi dengan air dan hanya berpengaruh terhadap semen setelah umur 7 hari. Senyawa ini memberikan ketahanan terhadap serangan kimia dan mempengaruhi susut terhadap panas akibat lingkungan.

3. Trikalsium Aluminat (C_3A)

Senyawa ini bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan awal sangat cepat pada 24 jam pertama. Unsur ini berpengaruh pada nilai panas hidrasi tertinggi, baik pada saat awal maupun pada saat pengerasan berikutnya.

4. Tetraalkalsium Aluminoferrit (C_4AF)

Senyawa ini kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton sehingga kontribusinya dalam peningkatan kekuatan kecil.

Macam-macam jenis semen yaitu PC (*Partlan Cemen*), PPC (*Portland Pozzoland Cement*), PCC (*Portland Composite Cement*) dan SSG (*Semen Serba Guna*) seperti yang dijelaskan dibawah ini :

3.3.1 PC (*Portland Cement*)

Semen portland ini merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan jalan menghaluskan terak yang mengandung senyawa-senyawa kalsium silikat yang bersifat hidrolis bersama bahan tambahan biasanya gypsum. dan biasanya juga mengandung satu atau lebih senyawa-senyawa kalsium sulfat yang ditambahkan pada penggilingan akhir.

Senyawa-senyawa kimia dari semen Portland tidak stabil secara termodinamis sehingga cenderung bereaksi dengan air, membentuk produk hidrasi yang stabil. Sifat-sifat hidrasi dan kecepatan bereaksi dengan air dari tiap komponen berbeda-beda. Tipe-tipe semen Portland berdasarkan pemakaiannya :

1. Tipe I : Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II : Semen *Portland* yang penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III : Semen *Portland* yang penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV : Semen *Portland* dengan hidrasi rendah.
5. Tipe V : Semen *Portland* dengan ketahanan sulfat tinggi.

3.3.2 PPC (*Portland Pozzoland Cement*)

Semen Portland Pozzoland adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran homogen antara semen Portland dan Pozzoland halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan Pozzoland bersama-sama atau mencampur secara rata bubuk semen Portland dan Pozzoland dimana kadar Pozzoland 15 s.d 40% massa semen Portland Pozzoland.

Pozollan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina, dimana bahan pozollan itu sendiri tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air maka senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kapur bebas (kalsium hidroksida) pada suhu biasa, membentuk senyawa yang memiliki sifat-sifat seperti semen (kalsium

silikat dan kalsium aluminat hidrat). Bahan Pozzolan tersusun atas 45-72 % SiO₂, 10-18 % Al₂O₃, 1-6% Fe₂O₃, 0,5-3% MgO, 0,3-1,6 % SO₃.

Menurut SNI 15-0302-1994, jenis-jenis semen Portland Pozzolan digolongkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

1. Semen Portland Pozzolan jenis A

Yaitu semen Portland Pozzolan yang dapat dipergunakan untuk semua jenis tujuan pembuatan adukan beton serta tahan sulfat sedang dan panas hidrasinya sedang.

2. Semen Portland Pozzolan jenis B

Yaitu semen Portland Pozzolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan adukan beton dimana kekuatan awal yang tinggi tidak disyaratkan, serta adukan beton tersebut tahan sulfat sedang dan panas hidrasinya sedang.

3.3.3 PCC (*Portland Composite Cement*)

Portland Composite Cement adalah semen hidrolis yang bahan pengikatnya dari penggilingan bersama-sama terak semen Portland dan Gypsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen portland komposit. (Sumber : SNI 15-7064-2004, Semen Portland Komposit)

Terak tanur tinggi (*blast furnace slag*) adalah terak (*slag*), bahan sisa dari pengecoran besi (pig iron), di mana prosesnya memakai dapur (*furnance*) yang bahan bakarnya dari udara yang ditiupkan (*blast*). Material penyusun slag adalah kapur, silika, dan alumina yang bereaksi pada temperatur 1600°C dan berbentuk cairan. Bila cairan ini didinginkan secara lambat maka akan terjadi kristal yang tidak berguna sebagai campuran semen dan dapat dipakai sebagai pengganti agregat. Namun bila cairan tersebut didinginkan secara cepat dan mendadak, maka akan membentuk kristal yang sangat reaktif. Bijih dari *blast furnace* tersebut kemudian digiling hingga halus, dapat dipakai sebagai bahan pengganti

semen pada pembuatan beton. (Sumber : Teknologi Beton, Paul Nugraha & Antoni)

Semen Portland Komposit memenuhi persyaratan SNI 15-7064-2004.

Kegunaan semen jenis ini adalah:

- a. Konstruksi beton umum
- b. Pasangan batu dan batu bata
- c. Plesteran dan acian
- d. Selokan
- e. Jalan
- f. Pagar dinding
- g. Pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (paving block) dan sebagainya.

3.3.4 SSG (*Semen Serba Guna*)

Semen Serba Guna adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggunakan klinker semen dan gypsum yang mengandung kalsium alumina silica dibuat dari bahan utama limestone yang mengandung *kalsium oksida* (CaO), dan lempung yang mengandung *silica dioksida* (SiO_2) serta *dialuminium trioksida* (Al_2O_3).

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen merk Tiga Roda jenis PCC tetapi dalam mix desain dianggap sebagai semen tipe 1.

3.4 Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk membuat pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Air yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur dan bahan melayang lainnya lebih dari 2 gram per liter.
2. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik lainnya lebih dari 15 gram per liter.
3. Tidak mengandung klorida lebih dari 1 gram per liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter.

3.5 Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan (FAS) merupakan perbandingan antara berat air dengan semen dalam adukan beton (L.J Murdock dan K.M Brook, 1986). Penggunaan air dalam campuran beton harus memenuhi persyaratan tertentu, karena air yang berlebihan akan menyebabkan banyak gelembung, sedangkan air yang terlalu sedikit bisa menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai, akibatnya beton berkurang kekuatannya. Sehingga perbandingan factor air semen dengan semen. Umumnya nilai fas minimum yang diberikan sekitar 0,4 – 0,65. Rata – rata ketebalan lapisan yang memisahkan antara partikel dalam beton sangat bergantung pada factor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya (Tri Mulyono, 2004).

3.6 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecekan suatu adukan beton. Tingkat kelecekan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*). Makin besar nilai slump berarti semakin cair adukan betonnya, sehingga adukan beton sudah dikerjakan. Adapun nilai slump dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Nilai Slump

Pemakaian jenis Elemen	Max (cm)	Min (cm)
Dinding pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Dinding telapak tidak bertulang kaison dan struktur bawah pondasi	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

3.7 Workability

Campuran beton segar dapat dikatakan mempunyai sifat yang baik bila memenuhi persyaratan utama campuran yaitu mempunyai kemampuan kemudahan pengerjaan (*workability*). Campuran beton segar dikatakan mempunyai sifat kemudahan pengerjaan bila campuran tersebut tetap bertahan seragam ketika berlangsung proses pengangkutan, pengecoran dan pemadatan, (Sjafei Amri, 2005).

3.8 Segregasi (Pemisahan Kerikil)

Segregasi adalah kecenderungan dari butir-butir kasar lepas dari campuran beton, hal ini akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi disebabkan oleh beberapa hal yaitu, (Nugraha dan Antoni, 2007) :

1. Ukuran partikel yang lebih besar dari 25 mm.
2. Berat jenis agregat kasar yang berbeda dengan agregat halus.
3. Kurangnya jumlah material halus dalam campuran.
4. Tinggi jatuh penuangan beton.

Selain dari keempat penyebab diatas, segregasi dipengaruhi oleh kondisi dari material penyusun beton baik itu agregat halus ataupun agregat kasar. Apabila agregat kasar atau agregat halus terlalu kering, maka pada campuran beton yang dibuat akan kekuarangan air dan menyebabkan segregasi dikarenakan air akan banyak diserap oleh oleh agregat tersebut. dan juga sebaliknya apabila

agregatnya terlalu basah saat dilakukan pencampuran, maka campuran beton akan encer dan dapat menyebabkan terjadinya segregasi.

3.9 *Bleeding*

Bleeding adalah kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput *laitance*.

Beberapa faktor yang menyebabkan terjadi *bleeding*, (Tri Mulyono, 2005) :

1. Susunan butir agregat
Jika komposisi sesuai kemungkinan untuk terjadi *bleeding* kecil.
2. Banyaknya air
Semakin banyak air kemungkinan terjadinya *bleeding* semakin besar.
3. Kecepatan hidrasi
Semakin cepat beton mengeras terjadinya *bleeding* akan kecil.
4. Proses pemadatan
Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

Bleeding terjadi karena bahan-bahan padat pada adukan beton mengendap dan bahan susun kurang mengikat air campuran. Resiko *bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Air campuran yang dipakai sesuai hitungan *mix design*.
2. Pasir yang dipakai mempunyai bentuk yang beragam dan memiliki nilai modulus halus butir yang kecil.
3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai.
4. Keadaan agregat harus benar-benar SSD jangan terlalu basah dan kering.

3.10 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Rencana campuran bertujuan untuk menentukan jumlah bagian dari masing-masing bahan, dalam hal ini semen, pasir dan kerikil. Pada penelitian ini, metode perencanaan beton menggunakan perencanaan cara Inggris atau dikenal dengan metode Departemen Pekerjaan Umum yang tertuang dalam SK-SNI-T-15-1990-03 "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal" yang merupakan adopsi dari cara *Departement of Environment (DOE), Building Research Establishment*, (Britain, 1975). Metode ini digunakan untuk mendapatkan beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi (minimal sesuai dengan rencana), mudah dikerjakan (*workability*), tahan lama atau awet (*durability*), murah (*aspect economic cost*), kedap air, tahan sulfat, dan serangan terhadap ion-ion klorida.

Tahapan perhitungan perencanaan campuran beton berdasarkan metode SK-SNI-T-15-1990-03, (Tri Mulyono, 2005), adalah sebagai berikut :

1. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Nilai standar deviasi ditentukan dengan rumus :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'_{c_i} - f'_{cr})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

s = standar deviasi

f'_{c_i} = kuat tekan beton

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata

n = jumlah data

Tabel 3.4 Nilai Standar Deviasi (S)

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

2. Nilai tambah atau margin

Nilai tambah atau margin dihitung menurut rumus :

$$m = k \times s \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

m = Nilai tambah

k = Tetapan statistik yang nilainya tergantung pada prosentase
hasil uji yang lebih rendah dari f'_c (dalam hal ini diambil 1,64)

s = Standar deviasi

$$m = 1,64s \dots\dots\dots(3.3)$$

Jadi kuat tekan rencana rata-rata yang ditargetkan :

$$f'_{cr} = f'_c + 1,64s \dots\dots\dots(3.4)$$

3. Pemilihan Faktor Air Semen

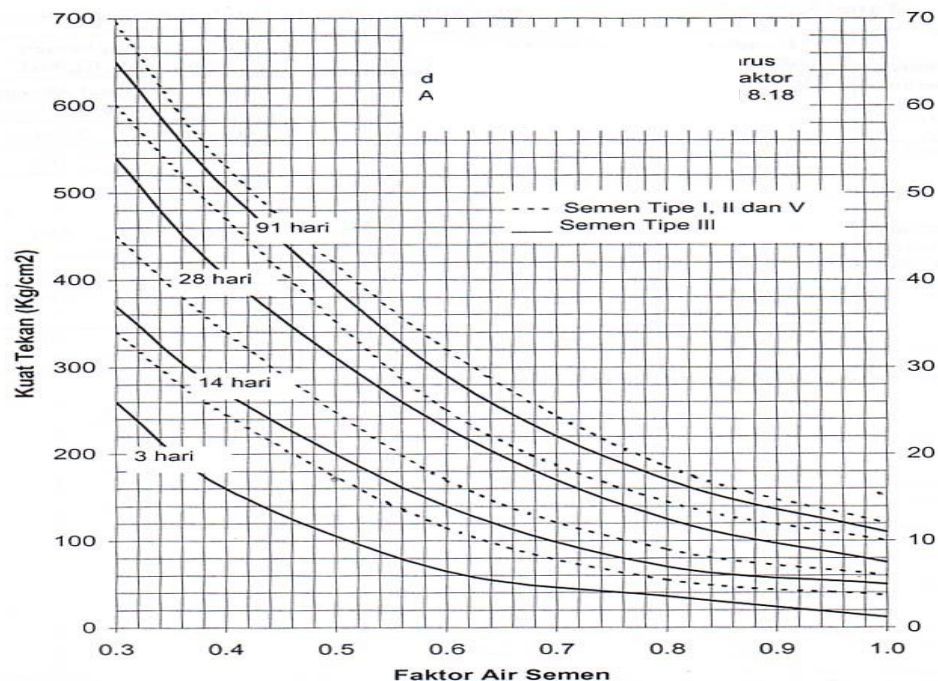
Faktor air semen diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan. Pedoman pemilihan FAS digunakan Tabel 3.5 :

Tabel 3.5 Perkiraan Kuat Tekan Beton Dengan FAS 0,50 Dan Jenis Semen Serta Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai Di Indonesia, (SNI.T-15-1990-03:06)

JENIS SEMEN	JENIS AGREGAT KASAR	KUAT TEKAN (MPa), PADA UMUR (HARI)				BENTUK BENDA UJI
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I atau Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecah (alami)	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecah (alami)	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah (alami)	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah (alami)	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

Menentukan faktor air semen (FAS) digunakan **Gambar 3.1**



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan FAS Untuk Benda Uji Silinder (Diameter 150 mm x 300 mm)

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005 : 186)

4. Menentukan nilai *Slump*

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan dipadatkan.

5. Menentukan Besar Butir Agregat Maksimum

Besar agregat maksimum dihitung berdasarkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan.
- Sepertiga dari tebal plat.
- Tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

6. Menentukan Kadar Air Bebas

Kadar air bebas ditentukan dengan menggunakan Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m^3) Yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pekerjaan Adukan, (SNI.T-15-1990-03:13)

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat	<i>Slump</i> (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
30 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

7. Menghitung kebutuhan semen dengan cara kadar air bebas dibagi faktor air semen (FAS).

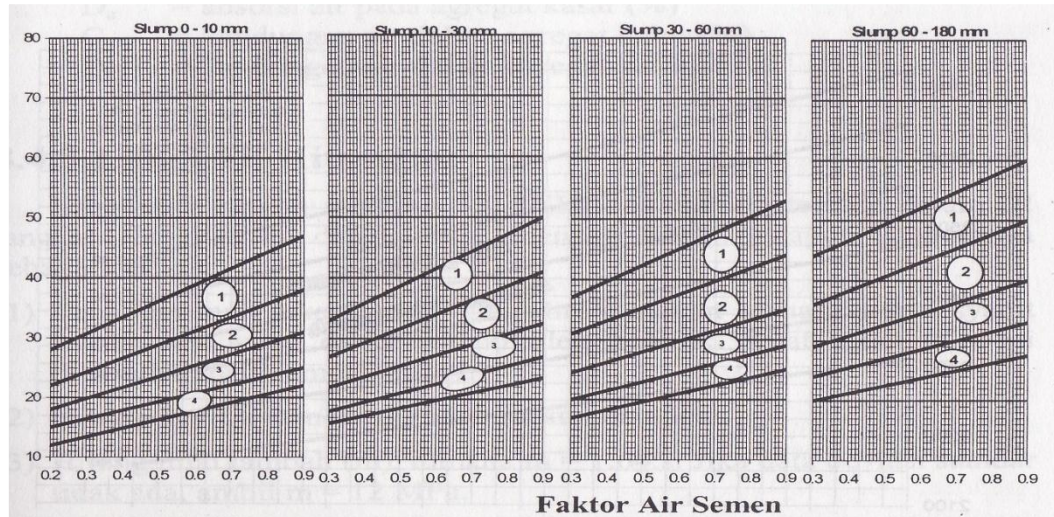
8. Menentukan jumlah semen minimum dengan Tabel 3.7

Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan FAS Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus

Deskripsi	Jumlah semen minimal dalam 1 m ³ beton (kg)	FAS
Beton didalam ruangan bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	325	-
Beton yang terus menerus berhubungan dengan air		
a. Air tawar	-	-
b. Air laut	-	-

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

9. Menentukan jenis pasir yang digunakan dalam adukan beton.
10. Menentukan proporsi agregat halus berdasarkan nilai ukuran butir maksimum yang dipakai, FAS dan nilai *slump* serta zona gradasi agregat halus. Yang kemudian di plotkan kedalam Gambar 3.2.

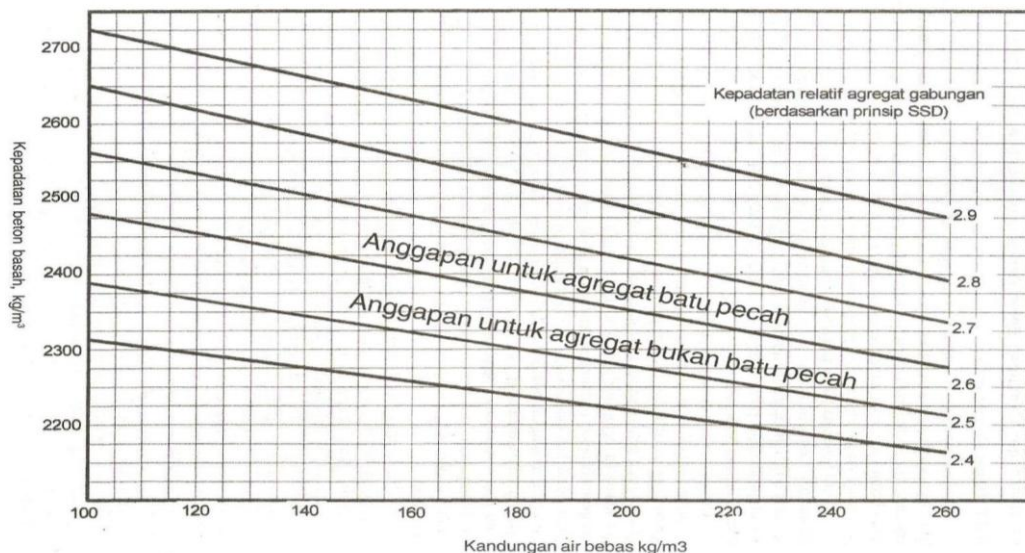


Gambar 3.2 Grafik Persentasi Jumlah Pasir Yang Dianjurkan Untuk Daerah Susunan Butir 1, 2, 3, dan 4 Dengan Butir Maksimum Agregat 40 mm.

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

11. Menghitung berat jenis relatif agregat didapatkan berdasarkan hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dapat dihitung dengan persamaan :
 Berat jenis (BJ) agregat gabungan = [%agregat halus x BJ agregat halus] + [% agregat kasar x BJ agregat kasar]

Nilai agregat gabungan kemudian diplotkan kedalam Gambar 3.3 untuk mendapatkan berat jenis beton dalam keadaan basah.



Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

Gambar 3.3 Grafik Perkiraan Berat Jenis Beton Basah Yang Dimampatkan Secara Penuh

12. Menghitung kadar agregat gabungan dapat dicari dengan :

Kadar agregat gabungan = berat jenis beton - [kebutuhan semen + kadar air bebas].

13. Menghitung kadar agregat halus dihitung dengan :

Kadar agregat halus = kadar agregat gabungan x susunan butir agregat halus

14. Menghitung kadar agregat kasar dihitung dengan :

Kadar agregat kasar = kadar agregat gabungan - kadar agregat halus

3.11 Pengujian Sampel Benda Uji

Setelah dilakukan pengujian bahan dasar panel dan menentukan perencanaan campuran, maka pengujian selanjutnya adalah pengujian sampel setelah berumur 28 hari, yaitu pengukuran berat volume panel dan dua jenis pengujian, meliputi uji desak dan uji tarik.

3.11.1 Penghitungan Berat Volume

Pengujian berat volume panel adalah untuk mengetahui berat volume panel tersebut. Dimana nilai dari berat volume ini dipakai untuk mencari korelasinya dengan nilai kekuatan panel per satu satuan volume. Perhitungan berat volume panel dapat dihitung dengan persamaan :

$$BV = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

BV = berat volume silinder (kg/cm³)

m = berat silinder (kg)

v = volume silinder (cm³)

3.11.2 Pengujian Kuat Desak

Kuat desak beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya desak tertentu. Pada umumnya beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi. Karena mutu beton hanya ditinjau dari kuat tekannya saja.

Umur beton berpengaruh pada kuat tekan beton (Kardiyono, 1992). Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat benda uji pada saat pengadukan beton berlangsung. Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran 150 mm dan tinggi 300 mm, benda uji umur 28 hari ini kemudian ditekan dengan mesin penekan sampai pecah. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang silinder maka diperoleh nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan dinyatakan dalam MPa atau kg/cm² dihitung dengan rumus sebagai berikut (kardiyono, 1992):

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$f'_{cr} = \frac{\sum_1^n f'_c}{N} \dots\dots\dots(3.7)$$

dimana:

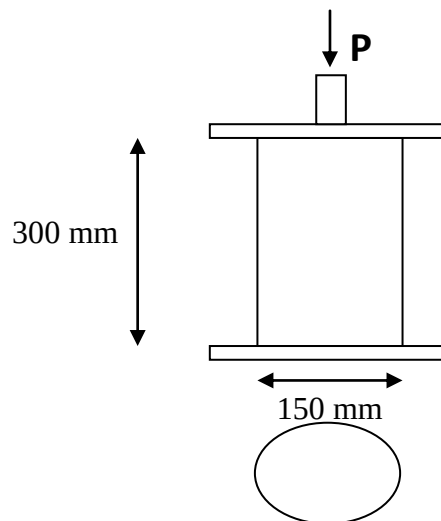
f'_c : kuat desak karakteristik (MPa)

P : beban maksimum (N)

A : luas penampang benda uji (mm²)

f'_{cr} : kuat desak beton rata-rata (MPa)

N : jumlah benda uji



Gambar 3.4 Pengujian Kuat Desak Beton

3.11.3 Pengujian Kuat Tarik

Perhitungan kuat tarik dari benda uji dihitung sampai dengan ketelitian 0,05 MPa menurut SK SNI M-60-1990-03 dengan menggunakan rumus

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(3.8)$$

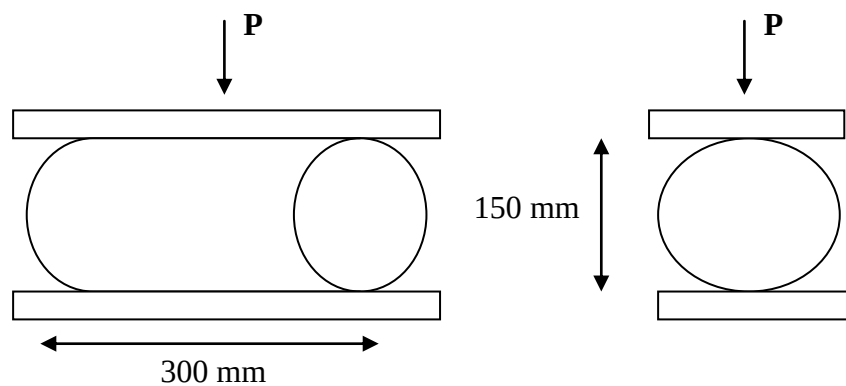
dimana :

f_{ct} : kuat tarik

P : beban maksimum

L : panjang benda uji dalam mm

D : diameter benda uji dalam mm



Gambar 3.5 Pengujian Kuat Tarik Beton

3.11.4 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas hubungan linier antara tegangan dan regangan yang sangat penting dan banyak digunakan. Kemiringan garis yang melalui titik $0.4 f'_c$ didefinisikan sebagai modulus sekan (*secant modulus*), yang lebih umum diambil sebagai modulus elastisitas beton (E_c).

$$\text{Modulus Elastisitas } (E_c) = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(3.9)$$

dimana: σ = tegangan pada 0,4 kuat tekan uji (kg/cm^2)

ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan

SK SNI 03-XXX-2002 menetapkan nilai modulus E_c , ini sebagai nilai variable yang tergantung dari mutu beton, dan dirumuskan sebagai :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad (\text{MPa}) \dots\dots\dots(3.10)$$

dimana: E_c = Modulus Elastisitas teoritis (MPa)

f'_c = Kuat desak beton uji (MPa)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini merupakan uji laboratorium yang dilakukan untuk mencari kuat desak dan kuat tarik benda uji tersebut. Agar diharapkan hasil penelitian yang memuaskan maka digunakan metode penelitian dalam pelaksanaannya. Pelaksanaan metode penelitian yang dilakukan meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Pengumpulan data awal.
2. Alat-alat yang digunakan.
3. Pemeriksaan material yang digunakan.
4. Perencanaan campuran beton.
5. Pembuatan benda uji.
6. Pelaksanaan perawatan, dan
7. Pengujian kuat desak dan tarik benda uji.

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

Sebelum melaksanakan penelitian perlu diadakan persiapan bahan dan alat yang digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian.

4.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen
Semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* (PCC) merk Tiga Roda.
2. Agregat Kasar dan Halus
Agregat kasar yang digunakan berasal dari sungai Karangturi Wonogiri, Jawa Tengah dan merupakan batu pecah dengan besar ukuran agregat sebesar 40 mm.

Agregat halus yang digunakan adalah pasir merah yang berasal dari sungai Keduang Wonogiri Jawa Tengah

3. Air

Air yang digunakan berdasarkan pengamatan secara visual tampak jernih, tak berbau, dan tak berwarna. Air yang digunakan penelitian ini diambil dari instalasi air di Laboratorium Bahan Konstruksi (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.2.2 Alat

Untuk kelancaran penelitian ini diperlukan beberapa peralatan penelitian yang digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun alat-alat yang digunakan sebagai berikut:

1. Saringan

Saringan ini digunakan untuk menyaring pasir dan kerikil agar diperoleh diameter yang dibutuhkan

2. Timbangan

Timbangan yang dipakai untuk menimbang berat bahan ada 2 yaitu timbangan halus untuk menimbang bahan halus dan timbangan kasar untuk menimbang bahan kasar dan berat. Pada penelitian ini dipakai timbangan merk *Ohaus* dengan kapasitas 20 kg dan 5 kg, sedangkan timbangan merk *Fagani* dengan kapasitas 500 kg

3. Mistar dan Kaliper

Mistar dan kaliper digunakan untuk mengukur benda uji. Mistar juga digunakan untuk mengukur penurunan nilai *slump* yang terjadi.

4. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton atau pasta semen. Kapasitas gelas ukur yang dipakai adalah 1000 cc.

5. Kerucut Abrams

Kerucut ini digunakan untuk mengukur kelayakan pada percobaan *slump*. Kerucut ini mempunyai dua lubang pada ujungnya, dengan diameter atas 100 mm dan diameter bawah 200 mm, serta tinggi 300

mm. alat ini dilengkapi tongkat pemadat dari baja dengan panjang 600 mm dan diameter 16 mm yang ujungnya berbentuk bulat.

6. Cetok, Talam Baja dan Ember

Cetok digunakan sebagai alat untuk memasukan adukan benda uji kedalam kerucut Abrams dan cetakan benda uji. Talam digunakan sebagai alas pengujian *slump* dan menampung adukan beton dari mesin pengaduk (molen). Ember digunakan sebagai wadah pengambilan dan penimbangan bahan-bahan adukan beton.

7. Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji terbuat dari pelat baja. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Cetakan benda uji ini mempunyai baut pada sisi luarnya, sehingga memudahkan pelepaannya.

8. Pengaduk Beton (Molen)

Mesin ini berfungsi untuk mengaduk bahan penyusun beton sehingga menjadi adukan beton yang homogen. mesin ini digerakkan dengan generator listrik.

9. Mesin Uji Desak Beton

Mesin uji desak beton merk controls digunakan untuk menguji kuat desak beton dengan beban yang dapat dibaca pada skala pembenanan. Kapasitas mesin ini adalah 2000 kN.

10. Mesin Uji Kuat Tarik

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan kuat leleh tulangan baja. Dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Machine (UTM)* merk *Shimatsu* type UMH 30 dengan kapasitas 30 ton.

4.3 Pemeriksaan Material Yang Digunakan

4.3.1 Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat yang lewat saringan no.200 dengan cara pencucian.

•) **Alat yang digunakan :**

- 1). Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- 2). Oven dengan pengatur suhu.
- 3). Saringan no.200 (0,075 mm).
- 4). Pan (loyang).

•) **Bahan yang digunakan :**

Bahan yang digunakan adalah agregat dari lapangan.

•) **Prosedur Pengujian :**

- a). Timbang pan tanpa benda uji.
- b). Masukkan benda uji kedalam pan, kemudian timbang benda uji dalam pan.
- c). Masukkan benda uji kedalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ selama 24 jam.
- d). Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam sampai tiga jam, kemudian ambil benda uji seberat 500 gram, yang ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram (W_1).
- e). Tuang benda uji kedalam saringan no.200 (0,075), kemudian siram dengan air dan diaduk-aduk, lakukan beberapa kali sampai bersih dan pastikan tidak ada lagi material yang lewat saringan no.200 (0,075).
- f). Masukkan benda uji kedalam pan.
- g). Masukkan benda uji kedalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ selama 24 jam.
- i). Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam sampai tiga jam, kemudian timbang benda uji dengan ketelitian 0,1 gram (W_2).

•) **Perhitungan :**

$$\text{- Berat yang lewat ayakan no.200} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

Tujuannya adalah untuk mengetahui kadar lumpur yang dikandung dalam agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan adukan beton. Pada agregat ini kandungan lumpurnya tidak boleh lebih dari 5 %.

4.3.2 Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi gembur agregat yang mengisi silinder benda uji dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

•) **Alat yang digunakan :**

- 1). Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram, kapasitas 20 kg.
- 2). Cetakan silinder beton ukuran 150mm x 300mm.
- 3). Cetok.
- 4). Pan (loyang).

•) **Bahan yang digunakan :**

Bahan yang digunakan adalah agregat kondisi jenuh kering muka.

•) **Prosedur Pengujian :**

- a). Timbang dan tentukan berat cetakan silinder beton (W1).
- b). Isi cetakan silinder beton hingga penuh dengan agregat kondisi jenuh kering muka, kemudian ratakan dengan cetok.
- c). Timbang dan tentukan berat cetakan silinder beton yang telah diisi agregat kondisi jenuh kering muka (W2).
- d). Timbang pan tanpa benda uji.
- e). Tuang agregat kedalam pan, kemudian timbang dengan ketelitian 0,1 gram dan tentukan berat agregat bersih (W3).
- f). Hitung volume tabung silinder beton (V).

•) **Perhitungan :**

$$\text{- Berat isi gembur} = \frac{W3}{V} \dots\dots\dots(4.2)$$

4.3.3 Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi padat agregat halus yang mengisi silinder benda uji dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

•) **Alat yang digunakan :**

- 1). Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram, kapasitas 20 kg.
- 2). Cetakan silinder beton ukuran 150mm x 300mm.
- 3). Tongkat besi penumbuk.
- 4). Pan (loyang).

•) **Bahan yang digunakan :**

Agregat dalam kondisi jenuh kering muka.

•) **Prosedur Pengujian :**

- a). Timbang dan tentukan berat cetakan silinder beton (W1).
- b). Isi cetakan silinder beton dengan agregat kondisi jenuh kering muka sedikit demi sedikit, setelah silinder terisi kurang lebih 1/3 bagian kemudian tumbuk dengan tongkat penumbuk sebanyak 25 tumbukan, kemudian isi kembali dengan agregat hingga mencapai kurang lebih 2/3 bagian dan tumbuk sebanyak 25 tumbukan, kemudian isi kembali dengan agregat hingga penuh dan tumbuk sebanyak 25 kali dan ratakan.
- c). Timbang dan tentukan berat cetakan silinder beton yang telah diisi agregat halus kondisi jenuh kering muka (W2).
- d). Timbang pan tanpa benda uji.
- e). Tuang agregat halus kedalam pan, kemudian timbang dengan ketelitian 0,1 gram dan tentukan berat agregat bersih (W3).
- f). Hitung volume tabung silinder beton (V).

•) **Perhitungan :**

$$\text{- Berat isi padat} = \frac{W3}{V} \dots\dots\dots(4.3)$$

4.3.4 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat kering permukaan jenuh (SSD). Dimana berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

•) **Alat yang digunakan :**

- 1). Piknometer.
- 2). Tempat air.
- 3). Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram kapasitas 5 kg.

- 4). Oven yang dilengkapi pengatur suhu.
- 5). Pan (loyang).
- 6). Saringan no.4 (4,75 mm).

•) **Bahan yang digunakan :**

Benda uji adalah agregat halus yang lewat saringan no.4 sebanyak kurang lebih 500 gram.

•) **Prosedur Pengujian :**

- a). Keringkan benda uji didalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air pada suhu ruang selama 24 jam.
- b). Buang air perendaman dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas nampan , keringkan di udara panasdengan cara membalik-balikan benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai jenuh permukaan kering (SSD).
- c). Setelah tercapai kondisi SSD ambil benda uji sebanyak ± 500 gram masukan dalam piknometer. Masukan air suling sebanyak 90% dari isi Piknometer (dari tanda batas), putar sambil diguncang-guncang agar gelembung udara yang tersekap didalamnya dapat keluar. Lakukan berkali-kali hingga air dalam piknometer sudah terlihat jernih
- d). Timbang piknometer berisi air dan benda uji samapai ketelitian 0,1 gram (Bt).
- e). Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ samapai berat tetap, kenudian dinginkan benda uji, setelah benda uji kering kemudian timbnang (Bk).
- f). Timbang piknometer berisi air (B).

•) **Perhitungan :**

$$\text{- Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \dots\dots\dots(4.4)$$

(bulk specific gravity)

$$\text{- Berat jenis kering-permukaan jenuh} = \frac{500}{(B+500-Bt)} \dots\dots\dots(4.5)$$

(saturated surface dry)

$$\text{- Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots(4.6)$$

(apparent specific gravity)

$$\text{- Penyerapan air 100\%} = \frac{(500-Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots(4.7)$$

(water absorb)

4.3.5 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat kering permukaan jenuh (SSD). Dimana berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

•) **Alat yang digunakan :**

- 1). Keranjang kawat ukuran 3.35mm atau 2.36 mm dengan kapasitas 5kg.
- 2). Tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai pengujian.
- 3). Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram kapasitas 20 kg. dilengkapi dengan alat penggantung keranjang
- 4). Oven yang dilengkapi pengatur suhu.
- 5). Pan (loyang).

•) **Bahan yang digunakan :**

Benda uji adalah agregat kasar sebanyak kurang lebih 5 kg.

•) **Prosedur Pengujian :**

- a). Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar 25° C selama 24 jam
- b.) Batu pecah dimasukan dalam keranjang, kemudian dimasukan kedalam bak perendam dan goncang-goncangkan agar udara yang tersekap dapat keluar. Kemudian ditimbang beratnya dalam air (Ba).

- c). Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering), untuk butir yang besar pengeringan harus dilakukan satu persatu
- c). Batu pecah ditimbang dalam keadaan kering permukaan jenuh (Bj).
- d). Masukkan benda uji kedalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai kering.
- e). Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,1 gram (Bk)

•) **Perhitungan :**

$$\text{- Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \dots\dots\dots(4.8)$$

(bulk specific gravity)

$$\text{- Berat jenis kering-permukaan jenuh} = \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \dots\dots\dots(4.9)$$

(saturated surface dry)

$$\text{- Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \dots\dots\dots(4.10)$$

(apparent specific gravity)

$$\text{- Penyerapan air 100\%} = \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots(4.11)$$

(water absorb)

4.3.6 Pemeriksaan Modulus Halus Butir

Analisis saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Dari analisis saringan yang dilakukan diperoleh modulus halus butiran agregat halus. Modulus halus diperoleh dari jumlah persen kumulatif dari butiran agregat yang tertinggal di atas (satu set ayakan dan kemudian dibagi seratus (1 set ayakan #40, #20, #10,

#4,8, #2,4, #1,2, #0,60, #0,30 dan #0,15 mm). Semakin besar nilai mhb, semakin besar butiran agregatnya.

•) **Alat yang digunakan :**

- 1). Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- 2). Satu set saringan.
- 3). Mesin getar saringan.
- 4). Pan (loyang).
- 5). Sikat halus / kuas / sikat saringan.
- 6). Oven dengan pengatur suhu.

•) **Bahan yang digunakan :**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus dari lapangan sebanyak 2 kg dan 5 kg untuk agregat kasarnya/ kerikil

•) **Prosedur Pengujian :**

- a). Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$, sampai berat tetap.
- b). Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan digoncang dengan tangan atau mesin penggoncang saringan selama 15 menit.
- c). Timbang berat agregat halus yang terdapat pada masing-masing ayakan.
- d). Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

•) **Perhitungan :**

$$\text{- MHB} = \frac{\sum \% \text{ tertahan kumulatif diatas ayakan } 0,15 \text{ mm}}{100} \dots (4.12)$$

4.4 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Tata cara ini hanya berlaku untuk beton berkekuatan tinggi yang diproduksi dengan menggunakan bahan dan metode produksi konvensional. Metode perhitungan yang digunakan adalah SK-SNI-T-15-1990-03 "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal" Dalam perhitungan ini, nilai-nilai yang perlu diketahui sebelum perhitungan yaitu: Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari, modulus halus butir pasir yang digunakan (pasir merapi dan pasir sungai kedua), dan agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah, ukuran maksimum agregat dibatasi 40 mm dengan pemecah batu dengan cara manual.

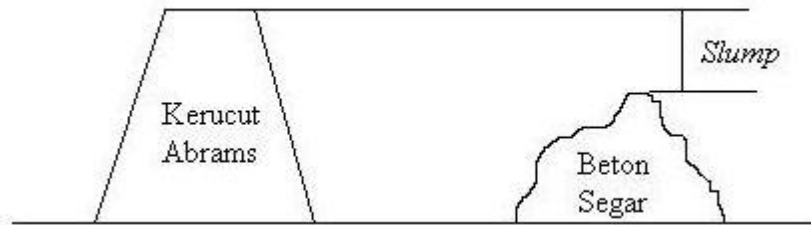
4.5 Pembuatan Campuran Beton

Pembuatan campuran beton dalam penelitian ini berpedoman pada SK-SNI T-28-1991-03 tentang cara pengadukan dan pengecoran beton. Pembuatan campuran dilakukan dengan molen. Cara pembuatan campuran dimulai dari persiapan bahan dan alat sesuai dengan persyaratan dan kebutuhan material pada saat perhitungan campuran beton (*Mix Design*). Apabila nilai *slump* telah memenuhi *slump* yang direncanakan, pelaksanaan pengecoran siap dilaksanakan. Beton yang telah memenuhi persyaratan tersebut ditumpahkan pada bak penampungan adukan beton dan ditampung dengan ember untuk dibawa ketempat cetakan.

4.6 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams, pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat workabilitas (kemudahan dalam pengerjaan) dari campuran beton yang telah dibuat. Tabung kerucut Abrams bagian dalam dibasahi dengan air dan disiapkan diatas talam. Beton segar dimasukan kedalam tabung kerucut dan setiap 1/3 volumenya ditumbuk sebanyak 25 kali dengan penumbuk baja sampai isi kerucut Abrams penuh. Beton diratakan permukaannya dan diamankan sebentar, selanjutnya corong kerucut diangkat pelan-pelan secara vertical tanpa ada gaya horizontal. Tabung kerucut diletakan

disebelahnya, pengukuran *slump* dilakukan dari bagian tertinggi beton segar sampai ujung atas kerucut Abrams. Nilai yang didapat merupakan nilai *slump* pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengukuran Nilai *Slump*

4.7 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dalam penelitian ini berpedoman pada SK-SNI T-28-1991-03 tentang cara pengadukan dan pengecoran beton. Pembuatan campuran dilakukan dengan mesin molen. Pembuatan campuran dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan sesuai dengan persyaratan dan kebutuhan material pada saat perhitungan campuran beton (*mix design*). Apabila nilai *slump* telah memenuhi *slump* yang direncanakan, pelaksanaan pengecoran siap dilaksanakan.

Pada penelitian ini dibuat 84 buah benda uji berbentuk silinder dengan menggunakan cetakan silinder diameter 15 cm dengan ketinggian 30 cm, dengan perincian seperti terlihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji

Variasi	Uji Kuat Tekan					Uji Tarik	Uji Teg - Reg
	Umur Beton					Umur Beton	Umur Beton
	3	7	14	21	28	28	28
BPW 0 %	3	3	3	3	3	3	3
BPW 50%	3	3	3	3	3	3	3
BPW 75%	3	3	3	3	3	3	3
BPW 100%	3	3	3	3	3	3	3

Keterangan:

1. BPW 0 % : Beton berkadar pasir Wonogiri 0 % atau beton berkadar pasir hitam Yogyakarta secara keseluruhan
2. BPW 50 % : Beton berkadar pasir Wonogiri 50 % dan berpasir hitam Yogyakarta 50 %
3. BPW 75 % : Beton berkadar pasir Wonogiri 75 % dan berpasir hitam Yogyakarta 25 %
4. BPW 100 % : Beton berkadar pasir Wonogiri 100 % atau berkadar pasir hitam Yogyakarta 0 %

Adapun langkah-langkah pembuatan benda uji:

- 1) Melakukan penimbangan bahan-bahan, seperti semen, pasir kerikil sesuai dengan kebutuhan rencana campuran adukan beton.
- 2) Memasukan semen, pasir, kerikil, air, sedikit demi sedikit ke dalam molen, dilancarkan dengan menghidupkan molen.
- 3) Pada saat molen mulai berputar diusahakan selalu dalam keadaan miring 45° , agar terjadi adukan beton yang merata.
- 4) Setelah adukan beton terlihat merata, kemudian dituang secukupnya dan dilakukan pengujian nilai *slump* dengan menggunakan kerucut Abrams.
- 5) Mempersiapkan cetakan-cetakan silinder yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi oli.
- 6) Mengeluarkan adukan beton dari molen, dan ditampung pada talam.
- 7) Memasukan adukan kedalam cetakan dengan memakai cetok, dilakukan sedikit demi sedikit sambil ditumbuk-tumpuk supaya tidak keropos.
- 8) Adukan yang telah dicetak diletakkan di tempat yang terlindungi dari sinar matahari dan hujan, diamankan selama ± 24 jam.
- 9) Cetakan dapat dibuka dengan memberikan kode atau keterangan pada beton.

4.8 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton sangat perlu dilakukan agar permukaan beton tetap dalam keadaan lembab. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga dapat mengakibatkan proses hidrasi berjalan tidak sempurna., penguapan dengan konsekuensinya berkurangnya kekuatan beton. Penguapan dapat juga menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, sehingga berakibattimbulnya tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan regangan.

Oleh karena itu direncanakan suatu perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari dan bahkan beberapa minggu (Murdock dan Brook, 1986).

Pada penelitian ini, perawatan beton dilakukan dengan cara merendam semua benda uji sampai sehari sebelum benda uji tersebut dilakukan pengujian. Perawatan yang baik terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya. Disamping lebih kuat dan awet terhadap agresi kimia, beton ini juga lebih tahan terhadap aus dan lebih kedap air.

4.9 Pengujian Kuat Desak Beton

Pengujian kuat desak beton dilakukan dengan benda uji silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- a. Mencatat dimensi benda uji yaitu diameter dan tingginya.
- b. Menimbang benda uji.
- c. Memasang alat ukur regangan pada posisi yang telah ditentukan untuk umur 28 hari.
- d. Meletakkan benda uji diatas mesin desak, lalu dihidupkan dan dilakukan pembebanan secara berangsur-angsur sampai silinder runtuh.
- e. Mencatat beban maksimum yang terjadi, ketika benda uji mengalami kehancuran.

- f. Mencatat regangan, khususnya untuk pengujian kuat desak hingga mencapai pembebanan maksimal pada umur 28 hari.

4.10 Pengujian Kuat Tarik Beton

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pengujian kuat tarik beton adalah:

- a. Timbang dan ukurlah benda uji
- b. Pemberian tanda pada benda uji. Tarik garis tengah pada setiap sisi ujung benda uji dengan menggunakan alat bantu yang sesuai, sehingga dapat memastikan bahwa kedua garis tengah berada dalam bidang aksial yang sama.
- c. Letakkan sebuah pelat atau batang penekan tambahan diatas meja tekan bagian bawah mesin uji tekan secara simetris.
- d. Letakkan benda uji dalam posisi rebah pada mesin tekan, atur posisi pengujian hingga tercapai kondisi proyeksi dari bidang yang ditandai oleh garis tengah pada kedua benda uji tepat berpotongan dengan titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin uji.
- e. Jalankan mesin benda uji dengan pemberian beban dilakukan secara terus menerus, tanpa sentakan, dengan kecepatan pembebanan 0,7 sampai 1,4 kg/cm² perdetik sampai benda uji hancur /terbelah

4.11 Pengujian Modulus Elastis Beton

Pengujian Modulus Elastisitas Beton adalah nilai tegangan dibagi regangan beton dalam kondisi elastis, dimana tegangan mencapai 40% dari kuat tekan maksimum.

Langkah-langkah pengujian Modulus Elastisitas beton adalah sebagai berikut.

1. Timbang dan ukurlah benda uji

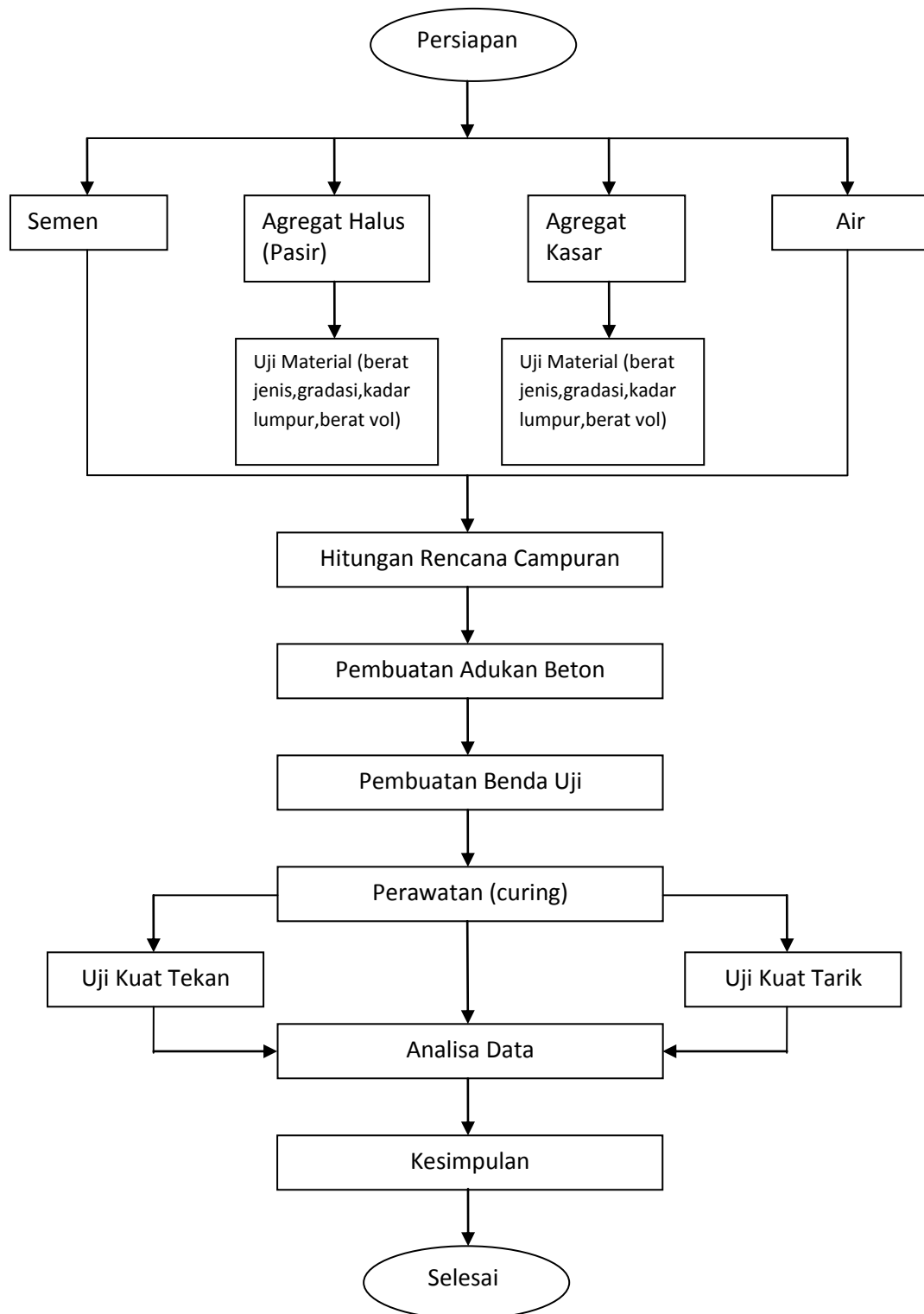
2. Pasang alat kompresometer-ekstensometer pada benda uji dengan benar dan kokoh, kemudian pasang alat pengukur deformasi (dial-gauge) pada posisi yang tepat.
3. Letakkan benda uji yang telah diberi alat ukur deformasi (dial gauge) pada mesin uji tekan dengan kedudukan simetris.
4. Jalankan mesin uji tekan dan berikan pembebanan yang teratur dengan kecepatan antara 207 sampai dengan 275 kPa/detik, sampai benda uji hancur atau sampai mesin uji tidak memberikan beban lagi.

Catatlah regangan/deformasi setiap peningkatan 10 kN dan catat beban tekan pada saat regangan tercapai 50.10^{-6} serta catat regangan yang dicapai pada saat pembebanan mencapai 40% beban maksimum.

4.12 Pengolahan Data

Setelah bahan dan alat uji siap, serta sampel uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data – data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui hubungan/korelasi antara satu pengujian dengan yang lainnya. Pada akhirnya nanti akan diketahui pengaruh kawat bendrat dan zat aditif pada mutu beton dan workability beton.

4.13 Langkah – Langkah Penelitian



Gambar 4.2 Sistematika Metodologi Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium, dalam pelaksanaannya dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pengujian terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton yang bahan penyusunnya menggunakan material pasir yang diambil dari wonogiri yaitu pasir merah dari Sungai Keduang Kabupaten Wonogiri, dan kerikilnya menggunakan batu pecah manual dari Wonogiri dengan ukuran maksimal 40 mm. Dengan mengikuti prosedur yang berlaku diharapkan benda-benda uji tersebut cukup mewakili sifat-sifat beton.

Sebelum pengujian dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan pengukuran dimensi dan berat sampel benda uji beton untuk mengetahui berat volume beton. Uji kuat tekan dilakukan dengan meletakkan benda uji pada mesin uji tekan kemudian diberi beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu sampai beban maksimum. Pengujian kuat tekan beton digunakan mesin tekan (*Compression Testing Machine*) dengan mesin uji tekan merek ELLE tipe ADR 3000 dengan kapasitas 3000 KN.

Hal terpenting yang perlu diperhatikan dalam semua pengujian yang akan dilakukan adalah kondisi permukaan benda uji. Permukaan yang rata akan menghasilkan nilai kuat tekan, kuat tarik, tegangan regangan dan modulus elastisitas yang baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan benda uji. Hasil penelitian yang merupakan data kasar dari percobaan yang dilakukan, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui berapa besar pengaruh asal agregat halus dan ukuran maksimum agregat kasar terhadap kuat tekan dan tarik beton.

5.2 Uji Material Penyusun Beton

Uji material dimaksudkan untuk mengetahui data awal mengenai material pakai. Data awal itu antara lain kandungan lumpur dalam pasir, modulus halus butir, berat jenis, penyerapan air, berat isi gembur dan berat isi padat. Data-data yang didapat akan dipergunakan sebagai acuan perhitungan campuran beton. Dalam uji material ada syarat-syarat yang perlu dipenuhi seperti kadar lumpur agregat harus kurang dari 5%. Adapun hasil dari uji material secara lengkap dapat dilihat pada lampiran sedangkan pada tabel 5.1 berikut merupakan rekap uji material.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Material

No	Uji Material	Satuan	Pasir		Krikil
			Merah	Merapi	
1	Berat jenis	-	2,40	2,58	2,48
2	Penyerapan Air	%	9,22	2,11	2,34
3	Berat Isi Padat	gr/cm ³	1,83	2,229	1,323
4	Berat Isi Gembur	gr/cm ³	1,683	2,003	1,209
5	Kadar Lumpur	%	3,05	2,1	0,96
6	MHB	-	4,2	3,303	7,47
7	Ukuran Agregat Max	mm	-	-	40
8	Daerah Gradasi	-	Daerah 1	Daerah 2	-

Dari hasil pengujian material pada tabel 5.1 didapat berat jenis pasir pada kondisi SSD yaitu sebesar 2,40 gr/cm³ untuk pasir merah Wonogiri dan sebesar 2,58 gr/cm³ untuk pasir Merapi sehingga dari hasil tersebut terlihat bahwa berat jenis kedua pasir mengalami perbedaan yang dapat mempengaruhi kekuatan beton. Berat jenis agregat akan mempengaruhi besarnya berat jenis beton itu sendiri, semakin tinggi berat jenis beton maka kekuatannya akan lebih besar. Pada umumnya berat jenis beton yang ringan akan diperoleh kekuatan yang rendah, kekuatan yang lebih besar dapat dicapai dengan mempergunakan campuran yang lebih “kaya” semen serta memadatkannya sampai berat jenis beton yang lebih besar (Murdock dan Brook, 1986).

Penyerapan air pada penelitian ini untuk pasir merah Wonogiri sebesar 9,22% dan 2,11% untuk pasir hitam Merapi. Semakin besar penyerapan air menandakan bahwa pori yang dimiliki agregat semakin banyak yang akan mempengaruhi besarnya fas, yang berpengaruh pada pencampuran beton sehingga semakin tinggi penyerapan air pada agregat akan didapat kekuatan beton yang rendah dikarenakan fas yang lebih besar. Apabila dalam pencampuran adukan beton agregat tidak dalam kondisi SSD. Menurut Murdock dan Brook (1986) factor air semen yang tinggi akan diperoleh kekuatan beton yang rendah.

Persentase kandungan lumpur pada pasir merah Wonogiri sebesar 3,05% dan pasir hitam Merapi sebesar 2,1%. Kadar lumpur dari kedua jenis pasir tersebut memenuhi syarat PBUI 1982 yaitu maksimum sebesar 5% dan tidak perlu dicuci terlebih dahulu, serta kadar lumpur yang tinggi akan diperoleh kekuatan beton yang rendah. Lumpur dalam jumlah yang cukup banyak dapat mengurangi kekuatan beton, karena dapat menghambat hidrasi semen, serta keadaannya menjadi lebih buruk bilamana lumpur membentuk lapisan yang menyelimuti agregat sehingga mencegah adhesi semen (Murdock dan Brook, 1986).

5.2.1 Gradasi Agregat Halus Dan Modulus Halus Butir

Gradasi agregat dinyatakan dengan nilai persentase banyaknya agregat yang tertahan atau lolos suatu susunan ayakan tertentu dan untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Dari pemeriksaan analisa saringan juga diperoleh hasil modulus halus butir dan kandungan lumpur agregat halus, makin besar nilai mhb suatu agregat menunjukkan makin besar ukuran agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai mhb sekitar 1,5 – 3,8 (Tri Mulyono 2003). Adapun data-data yang diperoleh dari uji analisis gradasi agregat halus yang telah dilakukan oleh peneliti dapat dilihat dalam Tabel 5.2 berikut :

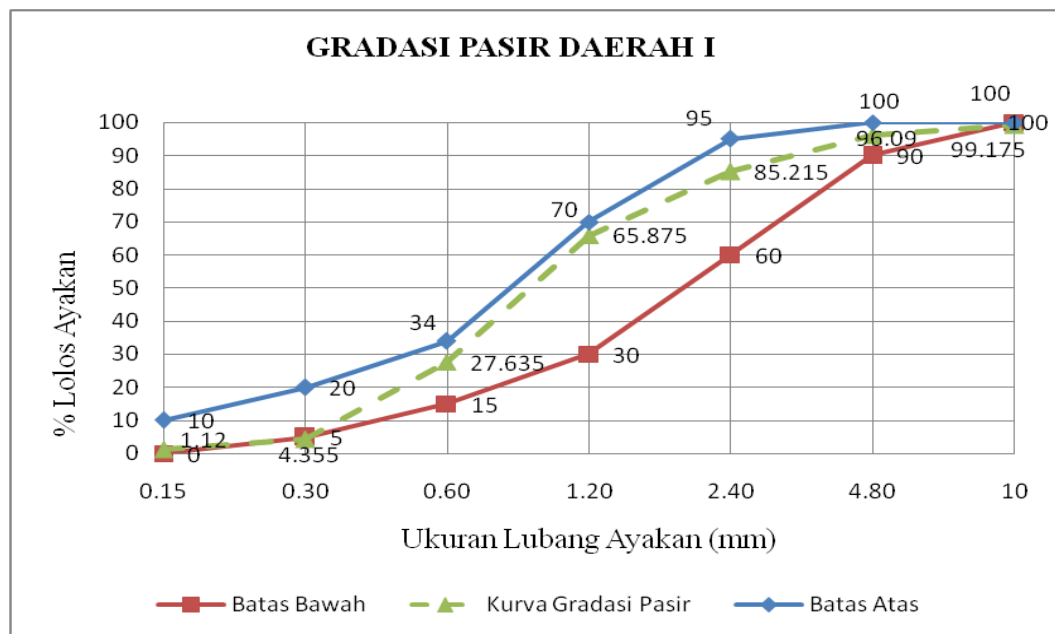
Tabel 5.2 Modulus Halus Butir Pasir Merah Wonogiri

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	16.5	0.83	0.83	100.00
4.80	61.7	3.09	3.91	96.09
2.40	217.5	10.88	14.79	85.22
1.20	386.8	19.34	34.13	65.88
0.60	764.8	38.24	72.37	27.64
0.30	465.6	23.28	95.65	4.36
0.15	64.7	3.24	98.88	1.12
Sisa	22.4	1.12	100.00	0
Jumlah	2000	100.00	420.54	

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) :

$$MHB = \frac{\% \text{ Kumulatif Berat Tertahan}}{\% \text{ Berat Tertahan}} = \frac{420.54}{100} = 4.205$$

Grafik kurva gradasi agregat halus alami ini dapat dilihat pada Grafik 5.1 berikut :



Gambar 5.1 Kurva Gradasi Pasir Merah Wonogiri

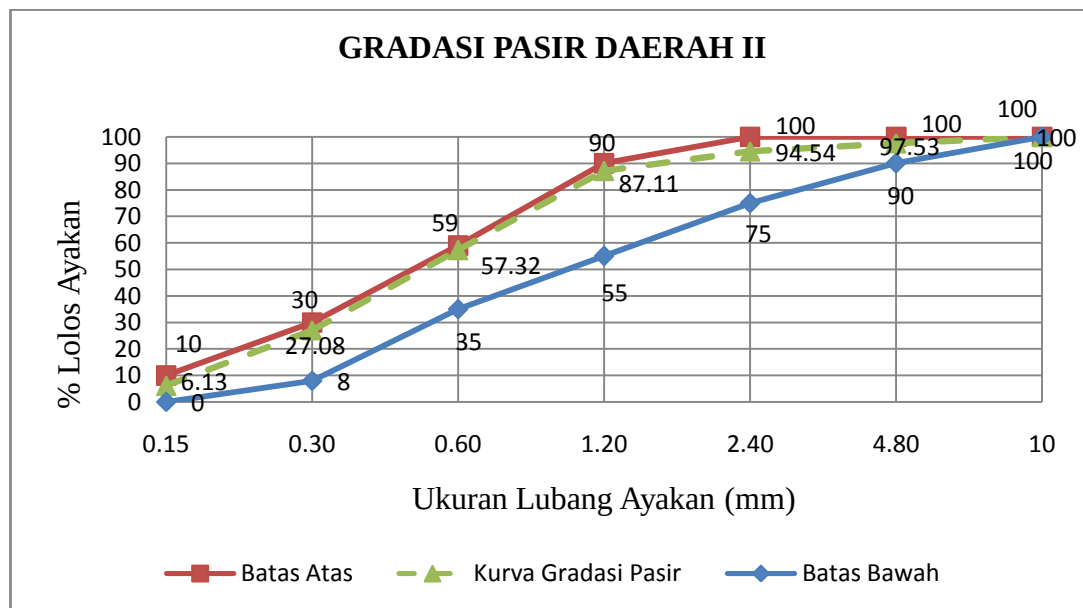
Tabel 5.3 Modulus Halus Butir Pasir Hitam Merapi

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	0	0.00	0.00	100.00
4.80	49.5	2.48	2.48	97.53
2.40	59.7	2.99	5.46	94.54
1.20	148.7	7.44	12.90	87.11
0.60	595.7	29.79	42.68	57.32
0.30	604.8	30.24	72.92	27.08
0.15	419	20.95	93.87	6.13
Sisa	122.6	6.13	100.00	0
Jumlah	2000	100.00	330.30	

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) :

$$MHB = \frac{\% \text{ Kumulatif Berat Tertahan}}{\% \text{ Berat Tertahan}} = \frac{330.30}{100} = 3.303$$

Grafik kurva gradasi agregat halus alami ini dapat dilihat pada Grafik 5.2 berikut :



Gambar 5.2 Kurva Gradasi Pasir Hitam Merapi

Hampir semua faktor yang berkenaan dengan suatu agregat, dalam hal ini pasir sungai, selalu berhubungan dengan sejarah geologi dari daerah sekitarnya. Proses geologis yang membentuk deposit (endapan) atau modifikasi yang berurutan menentukan ukuran gradasi, kebulatan/ketajaman dan sejumlah faktor lain yang berkaitan dengan pertanyaan tentang penggunaannya.

Dilihat dari kurva gradasi yang dihasilkan dari penelitian ini pada gambar 5.1 dan gambar 5.2 tampak bahwa kedua jenis pasir tersebut sangat berbeda dimana pasir merah Wonogiri memiliki MHB sebesar 4,205 ini lebih besar dari MHB pasir pada umumnya yaitu 1,5-3,8 ini dikarenakan pasir tersebut butirannya agak besar dan tercampur dengan kerikil halus sehingga mengakibatkan MHB pasir tersebut besar. Sehingga pasir tersebut masuk pada zona pasir daerah I yaitu pasir “Kasar”. Sedangkan untuk pasir hitam Merapi memiliki MHB sebesar 3,303 yang masuk kriteria MHB pasir pada umumnya. Oleh karena itu pasir tersebut tergolong pada zona pasir daerah II yaitu pasir “Agak Kasar”. Adanya nilai gradasi pasir yang bervariasi dari kedua jenis pasir tersebut, berpengaruh pada volume pori yang dihasilkan sehingga diperoleh kemampuan yang berbeda dari kedua jenis beton tersebut, yang akan menghasilkan kekuatan beton yang lebih berbeda pula.

5.2.2 Gradasi Agregat Kasar Dan Modulus Halus Butir

Agregat kasar/kerikil yang digunakan pada penelitian ini sudah ditentukan yaitu batu pecah manual dengan ukuran butir maksimal 40 mm dan berasal dari Wonogiri. Adapun hasil pengujian agregat kasar/kerikil yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini :

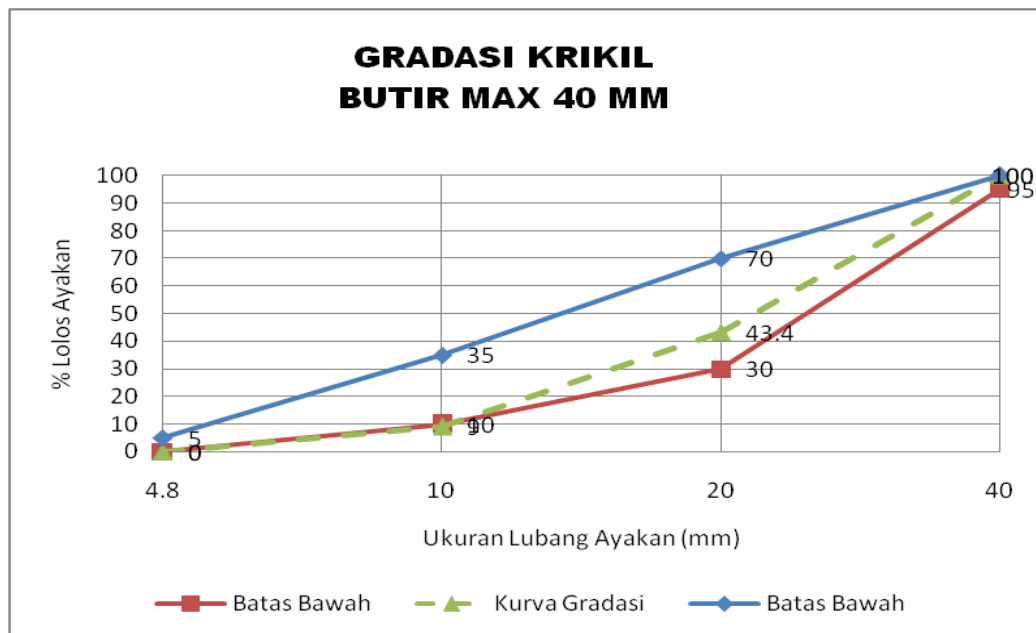
Tabel 5.4 Modulus Halus Butir Kerikil 40 mm

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00	0.00	0.00	0.00	100.00
20.00	2830.00	56.60	56.60	43.40
10.00	1720.00	34.40	91.00	9.00
4.80	450.00	9.00	100.00	0.00
2.40	0.00	0.00	100.00	0.00
1.20	0.00	0.00	100.00	0.00
0.60	0.00	0.00	100.00	0.00
0.30	0.00	0.00	100.00	0.00
0.15	0.00	0.00	100.00	0.00
Sisa	0.00	0.00	-	-
Jumlah	5000.00	100.00	747.60	152.40

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) :

$$MHB = \frac{\% \text{ Kumulatif Berat Tertahan}}{\% \text{ Berat Tertahan}} = \frac{747.60}{100} = 7.476$$

Grafik kurva gradasi agregat kasar alami ini dapat dilihat pada Grafik 5.3 berikut :



Gambar 5.3 Kurva Gradasi Kerikil Ukuran 40 mm

Dari gambar kurva gradasi krikil di atas dapat di lihat, mterial krikil ukuran 40 mm yang digunakan pada penelitian ini, memenuhi batas standart kurva gradasi agregat kasar. Dan untuk nilai MHBnya yaitu 7,785yang memenuhi syarat nilai MHB krikil pada umumnya yaitu 5-8. Dari nilai-nilai tersebut juga dapat dipakai sebagai dasar untuk mencari perbandingan dari campuran agregat.

5.3 Rencana Campuran Beton

Rencana campuran beton dilakukan dengan menggunakan metode *DepartementOfEnvirontment(DOE)*. Dari perhitungan Mix Design diperoleh komposisi kebutuhan material beton yaitu semen, air, pasir dan kerikil. Komposisi kebutuhan material untuk 1 kali adukan beton berjumlah 21 benda uji dan komposisinya sesudah ditambah 15% dari perhitungan kebutuhan material yang seharusnya pada Mix Design. Ini dilakukan untuk mengantisipasi kekurangan bahan material pada saat pelaksanaan pencampuran atau pembuatan adukan beton segar, karena kemungkinan ada material yang menempel pada molen dan pada alat-alat lain yang dipakai.

Tabel 5.5 Rencana Campuran Beton Menggunakan Metode *DepartementOfEnvirontment(DOE)*.

No	Kode	Semen (kg)	Air (liter)	Pasir (kg)		Kerikil (kg)
				Merapi	Merah	
1	BPW 0 %	45.54	23.68	93.1	0	133.98
2	BPW 50%	45.54	23.68	46.55	46.55	133.98
3	BPW 75%	45.54	23.68	23.28	69.83	133.98
4	BPW 100%	45.54	23.68	0	93.1	133.98
Jumlah		182.16	94.72	162.925	209.475	535.92

Takaran untuk semua variasi beton tidak ada perbedaan, pada percobaan ini tidak ada penambahan dan pengurangan air.

5.4 Nilai Slump dan Workability

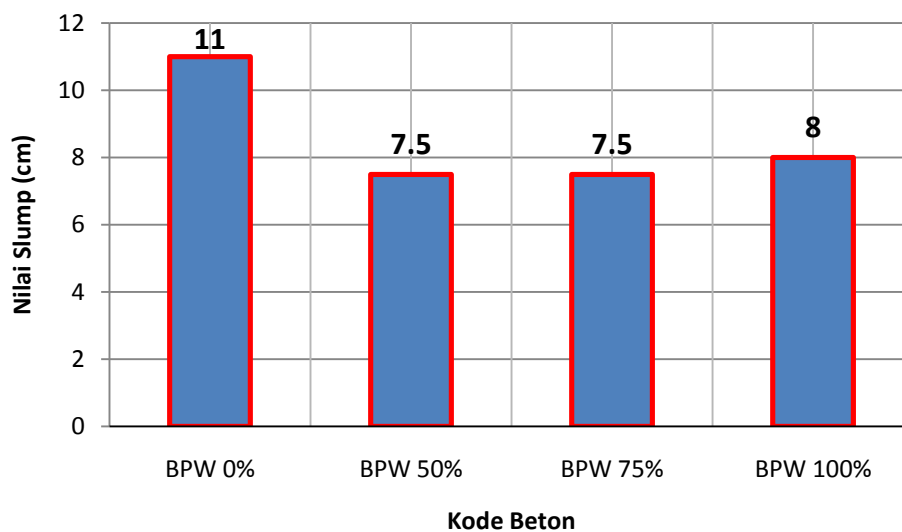
Dalam penelitian ini, nilai slump yang direncanakan yaitu 7,5-15 cm. Karena pada penelitian ini menggunakan dua jenis pasir yaitu pasir merah Wonogiri dan pasir hitam Merapi maka tingkat *workability*-nya juga akan bermacam-macam. Semakin tinggi nilai slumpnya maka *workability*-nya juga

meningkat begitu juga sebaliknya. Nilai slump dari berbagai variasi dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut :

Tabel 5.6 Hasil Nilai Slump

No	Kode	Nilai Slump (cm)
1	BPW 0%	11
2	BPW 50%	7.5
3	BPW 75%	7.5
4	BPW 100%	8

Hasil pengukuran nilai slump pada Tabel 5.6 dapat juga dilihat dalam bentuk Grafik 5.4 berikut:



Gambar 5.4 Grafik Nilai Slump

Dari Gambar 5.4 diatas terlihat bahwa BPW 50%, BPW 75% dan BPW 100% nilai slumpnya lebih kecil dari BPW 0% ini dikarenakan material penyusunnya terdapat pasir merah yang dimana pasir merah memiliki butiran dan kekasaran permukaannya lebih tinggi dari pasir Merapi sehingga luas permukaan butirannya juga lebih besar dan berakibat kebutuhan airnya lebih banyak, karena

air dalam adukan beton selain berfungsi sebagai perekat bersama dengan semen, air juga berfungsi sebagai pelumas agregat dan semen. Selain itu penyerapan air pasir merah yang besar juga mempengaruhi kebutuhan air dalam adukan. Karena pada saat pengecoran untuk mencapai kondisi pasir benar-benar SSD memang susah. Disini hasil uji *slump* juga tidak bisa konstan, hal ini dikarenakan kurangnya ketelitian dalam pelaksanaan uji *slump*. Misalnya dalam penumbukan uji slump, semakin keras penumbukannya semakin padat pula betonnya sehingga mengakibatkan nilai slumpnya kecil. Karena untuk mendapatkan kuat penumbukan yang sama tidak mudah dalam pelaksanaannya.

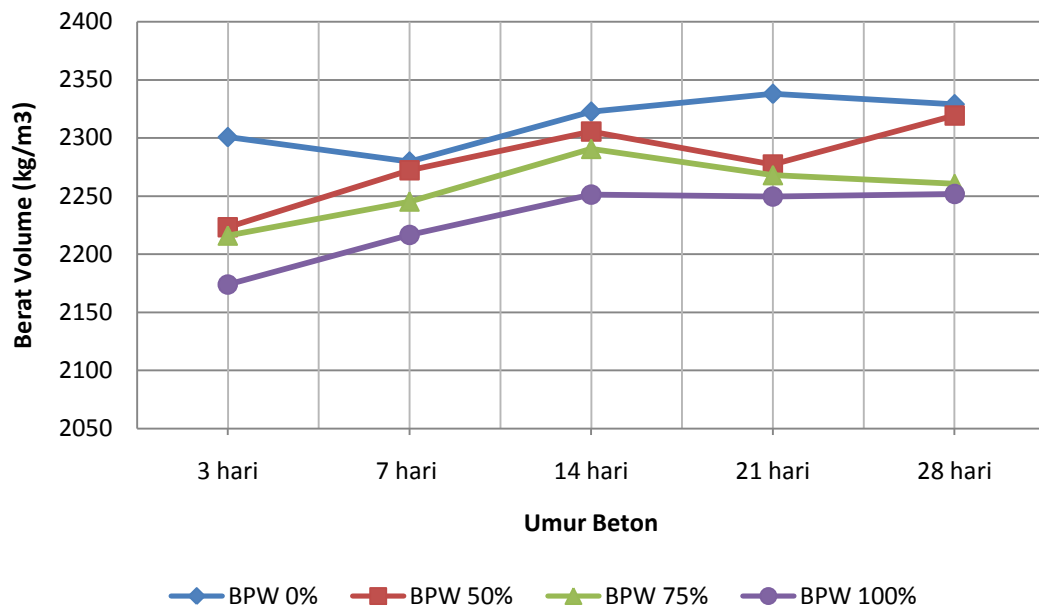
5.5 Pemeriksaan Berat Volume Beton

Berat volume adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Untuk menentukan berat volume beton keras pada benda uji silinder, dapat dicari dengan membagi berat beton terhadap volume silinder. Pengujian berat volume pada penelitian ini dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 setiap benda uji dan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Hasil pengujian berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 5.7 dibawah ini dan untuk selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Berat Volume Beton

Umur Beton	Berat Volume Rerata Beton (kg/m ³)			
	BPW 0%	BPW 50%	BPW 75%	BPW 100%
3 hari	2300.641	2223.292	2216.123	2173.871
7 hari	2279.605	2272.236	2245.426	2216.466
14 hari	2322.526	2305.568	2290.704	2251.217
21 hari	2337.868	2277.091	2268.153	2249.679
28 hari	2328.887	2319.321	2260.614	2251.806

Hasil perhitungan berat volume pada Tabel 5.7 dapat juga dilihat berupa kolom pada gambar 5.5 berikut:



Gambar 5.5 Grafik Berat Volume Beton Pada Umur 3, 7, 14, 21 dan 28 Hari

Terlihat pada umur beton 3, 7, 14, 21 dan 28 hari dapat dilihat pada gambar 5.5 s/d 5.9, BPW 0% mempunyai berat volume yang lebih besar dari semua variasi jenis campuran, ini dikarenakan pada BPW 0% menggunakan pasir Merapi 100% sebagai agregat halus yang dimana pasir Merapi mempunyai berat jenis lebih besar dan mempunyai butiran lebih halus daripada pasir merah Wonogiri. Dengan jumlah yang sama antara pasir Merapi dan pasir Wonogiri apabila ditimbang maka pasir Merapi akan lebih berat, ini dikarenakan pasir merapi yang memiliki butiran lebih halus cenderung butirannya rapat saat dipadatkan, dibandingkan dengan pasir Wonogiri yang butirannya kasar akan mengakibatkan rongga antar butirannya semakin banyak karena butiran yang kecil tidak cukup mengisi butiran yang lebih besar sehingga berat volumenya juga akan berkurang. Ini dapat dilihat pada pengujian material pasir (berta isi padat, berat isi gembur) Tabel 5.1. Pada grafik diatas juga dapat dilihat kenaikan berat volume tiap penambahan umur tidak konstan, hal ini bias diakibatkan karena kurangnya ketelitian pada saat proses pencetakan beton. Misal pada saat pemadatan beton kurang maksimal sehingga berakibat kurang padatnya beton tersebut dan berimbas pada turunnya nilai berat volumenya.

5.6 Pemeriksaan Sifat-Sifat Mekanik Beton

Beton adalah material struktur bangunan yang mempunyai kelebihan mampu menahan gaya desak yang tinggi, tetapi kuat tariknya rendah hanya 9-15% dari kuat desaknya. Hasil pengujian kuat desak, kuat tarik dan tegangan regangan serta modulus elastisitasnya akan kita ketahui pada sub bab berikut.

5.6.1 Kuat Tekan Beton

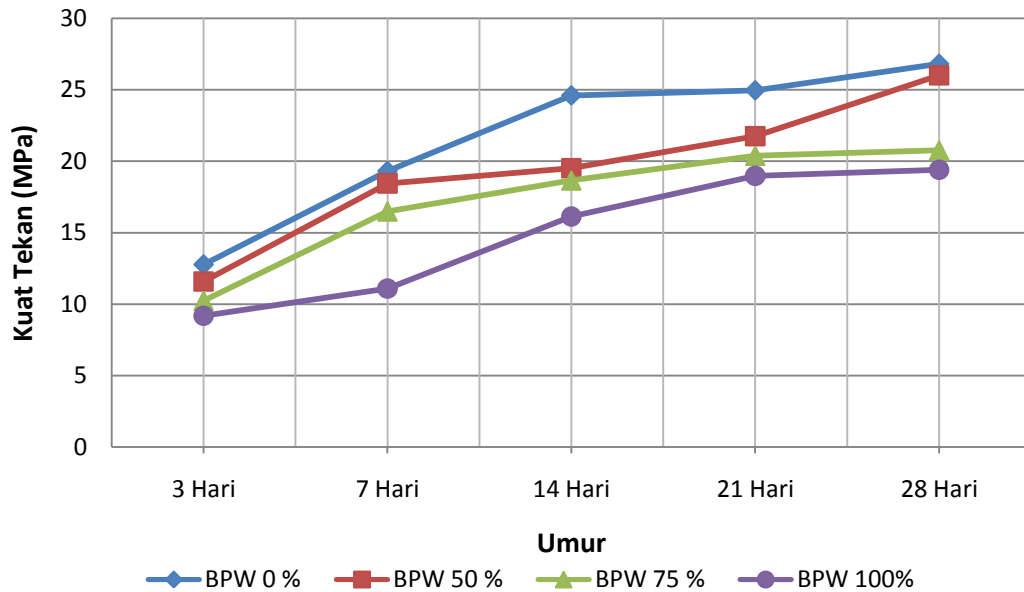
Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, dimana benda uji silinder diletakkan secara vertikal kemudian diberi beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji silinder (diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm) dan sampel di uji setelah berumur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton pada tiap variasi asal pasir dan variabel krikilnya. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Tiap-tiap umur beton diwakili oleh 3 buah benda uji, dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.8 dibawah ini dan data selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rerata Beton

Umur Beton	Kuat Tekan (MPa)			
	BPW 0 %	BPW 50 %	BPW 75 %	BPW 100%
3 Hari	12,77	11,58	10,24	9,18
7 Hari	19,31	18,44	16,48	11,08
14 Hari	24,60	19,50	18,65	16,12
21 Hari	24,96	21,74	20,38	18,96
28 Hari	26,81	26,00	20,76	19,39

Hasil kuat tekan rerata pada tabel 5.8 dapat juga dilihat berupa colume pada gambar 5.6 berikut:



Gambar 5.6 Grafik Hasil Rekap Kuat Tekan Rerata Beton

Dilihat dari grafik f'_c beberapa variabel variasi diatas dapat diketahui bahwa kuat tekan *optimum* terjadi pada beton pasir Merapi dan kuat tekan terendah adalah pasir merah Wonogiri. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pasir Merapi lebih bagus dari pasir merah Wonogiri. Hal ini juga dapat dimungkinkan karena adanya perbedaan sifat dan karakteristik pasir Merapi dan Pasir merah Wonogiri dalam hal gradasi butiran dimana keduaanya memiliki nilai yang bervariasi dan akan berpengaruh terhadap pengisian rongga-rongga pada campuran beton, sehingga didapat kemampuan yang berbeda. Disini kemampuan pasir Merapi cenderung lebih tinggi dari pasir merah wonogiri, hal ini disebabkan karena pasir Merapi yang digunakan masuk pada zona/ daerah II yaitu “Agak Kasar” dimana butirannya cenderung agak halus sehingga butiran-butirannya mampu mengisi rongga-rongga dengan baik dengan kata lain kerapatan antar butiran lebih tinggi. Berbeda dengan pasir merah Wonogiri yang masuk zona I yaitu “Kasar” dimana butiran-butirannya cenderung lebih besar dan bila dipegang terasa kasar sehingga kecenderungan rongga-rongga antar butiran akan semakin banyak dan berakibat kerapatannya kurang. Dapat disimpulkan bahwa semakin

tinggi kemampatan suatu pasir semakin tinggi pula kuat desaknya begitu juga sebaliknya. Selain itu kadar lumpur 3,05 untuk pasir merah dan 2,1 untuk pasir Merapi juga mempengaruhi ikatan agregat dengan semen, semakin tinggi kadar lumpur maka semakin rendah ikatan antar semen dengan agregat sehingga berakibat berkurangnya kekuatan beton tersebut. Selain itu berat jenis juga mempengaruhi, dimana berat jenis pasir Merapi sebesar 2.58 dan 2.40 untuk pasir merah yang dapat disimpulkan semakin besar berat jenis suatu bahan semakin padat pula susunan pasir tersebut sehingga semakin tinggi pula kekuatannya.

Kekuatan beton dipengaruhi oleh sifat dan karakteristik agregat halus (pasir) baik kehalusan butir, ukuran gradasi maupun sifat-sifat lainnya (Gunawan dan bantah, 1996) dalam buku murdock dan brook (1986).

Hasil yang telah telah didapat dari pengujian menunjukan bahwa dengan proporsi yang sama (jumlah semen, jumlah pasir, jumlah kerikil, dan jumlah air), kuat tekan pasir merapi lebih besar daripada kuat tekan pasir merah yang telah dikombinasikan dengan pasir merapi, selain itu untuk umur 28 hari kuat tekan beton pasir merapi atau BPW 0% sudah sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan. Begitu juga dengan BPW 50% dan BPW 75% yang kuat tekannya juga masuk dalam rencana. Sedangkan BPW 100% terlihat pada grafik kuat tekan rerata yang belum memenuhi syarat kuat tekan yang direncanakan yaitu 20 Mpa. Hal ini dikarenakan pada waktu *mix design* dasar hitungan menggunakan menggunakan pasir Merapi. Sehingga apabila ingin menggunakan pasir merah sebagai agregat halus dalam adukan beton dasar hitungan harus menggunakan data dari pasir merah tersebut.

Dari gambar 5.6 juga dapat dilihat dari semua variasi dari umur 3,7, 14, 21 dan 28 hari terus mengalami kenaikan kuat tekan betonnya, yang berarti semakin lama umur beton maka semakin tinggi kuat tekan beton tersebut.

Dari hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton ternyata dari BPW 0% sampai BPW 100% disetiap umur pengujian mengalami penurunan kuat tekannya, maka diperoleh prosentase penurunan kuat tekan rata-rata yang terjadi pada benda uji berupa silinder yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.9 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 3 Hari

No	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Umur 3 hari (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (MPa)	Presentase Penurunan (%)
1	BPW 0%	12,77	0,00	0,00
2	BPW50%	11,58	1,19	9,32
3	BPW 75%	10,24	2,53	19,81
4	BPW 100%	9,18	3,59	28,11

Tabel 5.10 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

No	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Umur 7 hari (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (MPa)	Presentase Penurunan (%)
1	BPW 0%	19,31	0,00	0,00
2	BPW50%	18,44	0,87	4,49
3	BPW 75%	16,48	2,83	14,64
4	BPW 100%	11,08	8,23	42,61

Tabel 5.11 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 hari

No	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Umur 14 hari (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (MPa)	Presentase Penurunan (%)
1	BPW 0%	24,60	0,00	0,00
2	BPW50%	19,50	5,10	20,73
3	BPW 75%	18,65	5,95	24,19
4	BPW 100%	16,12	8,48	34,47

Tabel 5.12 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 21 Hari

No	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Umur 21 hari (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (MPa)	Presentase Penurunan (%)
1	BPW 0%	24,96	0,00	0,00
2	BPW50%	21,74	3,22	12,90
3	BPW 75%	20,38	4,58	18,35
4	BPW 100%	18,96	6,00	24,04

Tabel 5.13 Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

No	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Umur 28 hari (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (MPa)	Presentase Penurunan (%)
1	BPW 0%	26,81	0,00	0,00
2	BPW50%	26,00	0,81	3,02
3	BPW 75%	20,76	6,05	22,57
4	BPW 100%	19,39	7,42	27,68

Pada tabel diatas diketahui bahwa penurunan kuat desak yang sangat signifikan terjadi pada umur 7 dan 14 hari. Penurunan yang terjadi dari beton pasir Merapi (BPW 0%) terhadap BPW 50%, 75% dan 100% secara berturut-turut adalah sebesar 4,49%, 14,64%, 42,61% untuk umur 7 hari dan 20,73%, 24,19%, 34,47% untuk umur 14 hari. Kenapa umur 7 dan 14 hari penurunan kuat tekannya lebih besar dari umur 3 hari, hal ini disebabkan pada umur 3 hari semua variasi beton tersebut pengerasannya belum sempurna sehingga perbedaan kuat tekannya belum terlalu signifikan.

Untuk umur 7 dan 14 hari penurunannya sangat tinggi ini bisa disebabkan karena proses pengerasan dari beton pasir merah memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan beton pasir Merapi. Sedangkan pasir Merapi dari umur

3 hari menuju umur 7 dan 14 hari peningkatan kuat tekan betonnya sangat tinggi ini dikarenakan proses pengerasan betonnya sangat bagus dan cepat, sehingga untuk pasir Merapi tidak memerlukan waktu lama untuk menegeras.

Untuk umur 21 dan 28 hari penurunan kuat tekan beton dari pasir Merapi terhadap pasir merah lebih kecil dari umur beton lainnya, dikarenakan beton pasir merah pada umur tersebut proses pengerasannya sudah mulai sempurna dan pasir Merapi menaikkan kuat tekannya sudah mulai konstan sehingga perbedaan kuat tekannya tidak terlalu jauh. Penurunan kuat tekan ini semakin memperjelas bahwa kualitas pasir merah dibawah dari pasir Merapi. Dari segi karakteristiknya meliputi berat jenis, gradasi agregat, kadar lumpur pasir Merapi lebih unggul dari pasir merah. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1

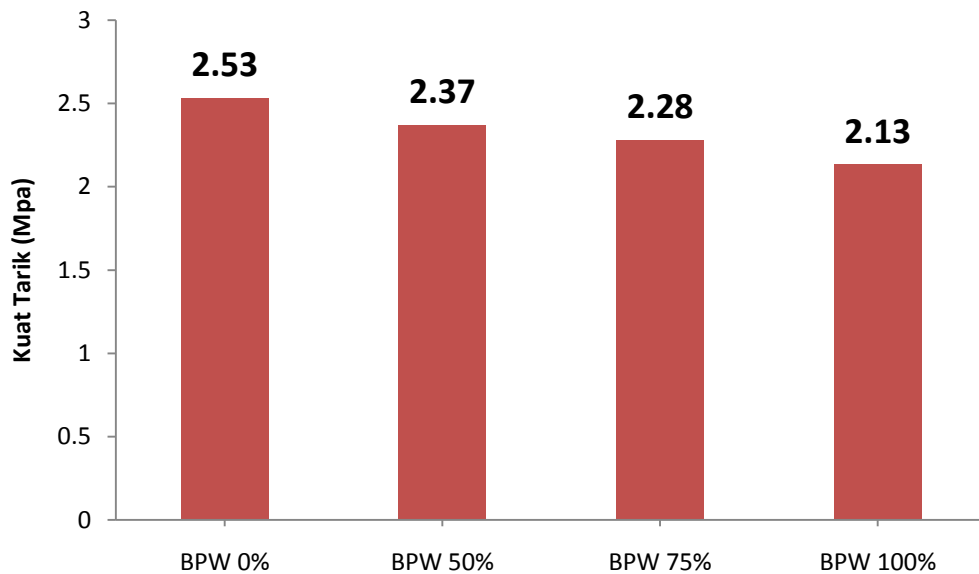
5.6.2 Kuat Tarik Beton

Beton merupakan material yang mempunyai kuat tekan tinggi, ini merupakan kelebihan beton, sedang kuat tariknya rendah hanya 9-15% kuat tekan. Karena itu mutu beton ditentukan berdasarkan kuat tekannya. Uji Kuat tarik dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Pengujian tarik silinder beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Untuk setiap variasi diambil 3 buah benda uji. Pengujian tarik dilakukan dengan uji belah silinder. Kuat tarik beton diperoleh dengan cara meletakkan benda uji silinder pada arah memanjang diatas alat penguji, dan ditekan. Besarnya gaya tekan akan menyebabkan benda uji terbelah menjadi dua bagian. Hasil kuat tekannya adalah sebagai berikut :

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tarik Rerata Beton

No	Keterangan/ Kode Benda Uji	Kuat Tarik (MPa)
1	BPW 0%	2,53
2	BPW 50%	2,37
3	BPW 75%	2,28
4	BPW 100%	2,13

Hasil kuat tarik belah rerata pada tabel 5.14 dapat juga dilihat berupa grafik pada gambar 5.7 berikut :



Gambar 5.7 Grafik Kuat Tarik Rerata Beton Pada Umur 28 Hari

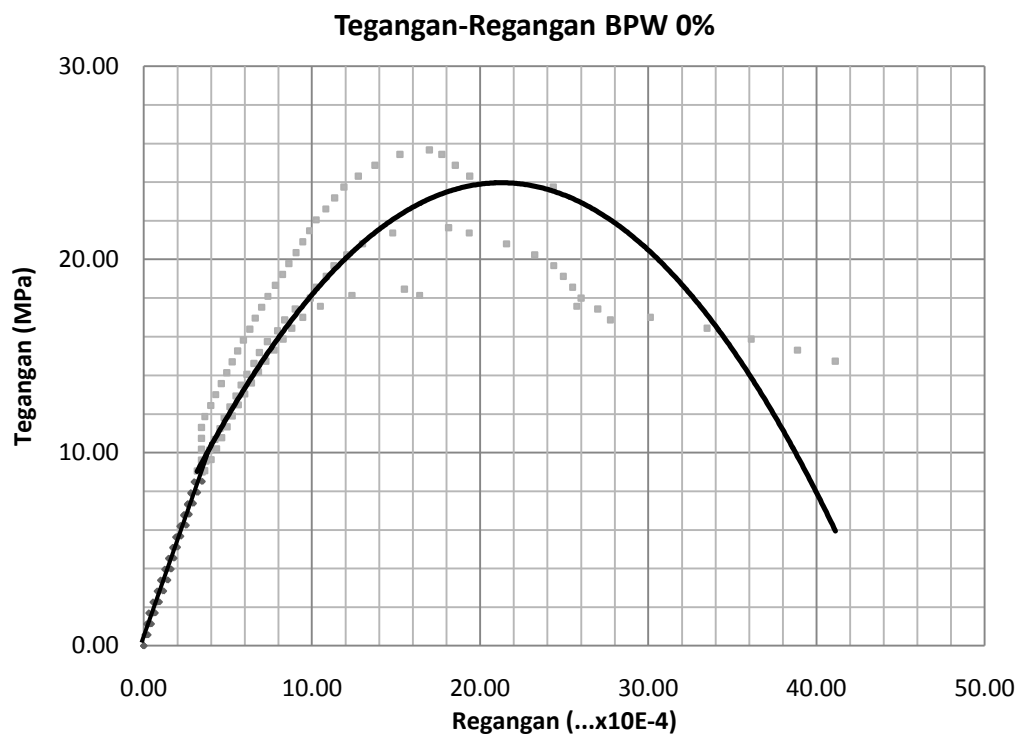
Dari Gambar 5.16 diatas dapat dilihat kuat tarik rerata beton mengalami penurunan dengan penambahan pasir merah Wonogiri dengan variasi BPW 0%, BPW 50%, BPW 75% dan BPW 100%. Kuat tarik rerata paling tinggi terdapat pada variasi BPW 0% (beton Pasir Merapi) sedangkan paling rendah terletak pada BPW 100% (beton pasir merah). Ini dikarenakan beton pasir Merapi butirannya lebih halus dan terdistribusi dengan baik sehingga kerapatan butirannya menjadi lebih tinggi karena kerapatan butiran yang lebih tinggi maka bidang singgung antar butiran dengan pasta semen menjadi lebih besar dan hal tersebut yang menyebabkan kuat tarik belahnya lebih tinggi.

Dari hasil pengujian kuat tarik beton, hampir semua benda uji terlihat kondisi agregat kasarnya yang ikut terbelah. Tetapi ada juga yang hanya lepas dari pasta. Hal ini diakibatkan karena jenis bahan baku agregat kasar (batu) yang beraneka ragam. Sehingga kualitas untuk untuk agregat kasarnya itu sendiri juga berbeda. Hal ini bagus karena antara batu yang terbelah dan ada yang lepas ini mengindikasikan daya rekat pasta dengan agregat kasar cukup bagus. Apabila dari hasil kuat tarik belah banyak batu yang terlepas dari pasta, ini menjelaskan beton tersebut kurang bagus karena daya rekat pasta dengan agregat jelek sehingga

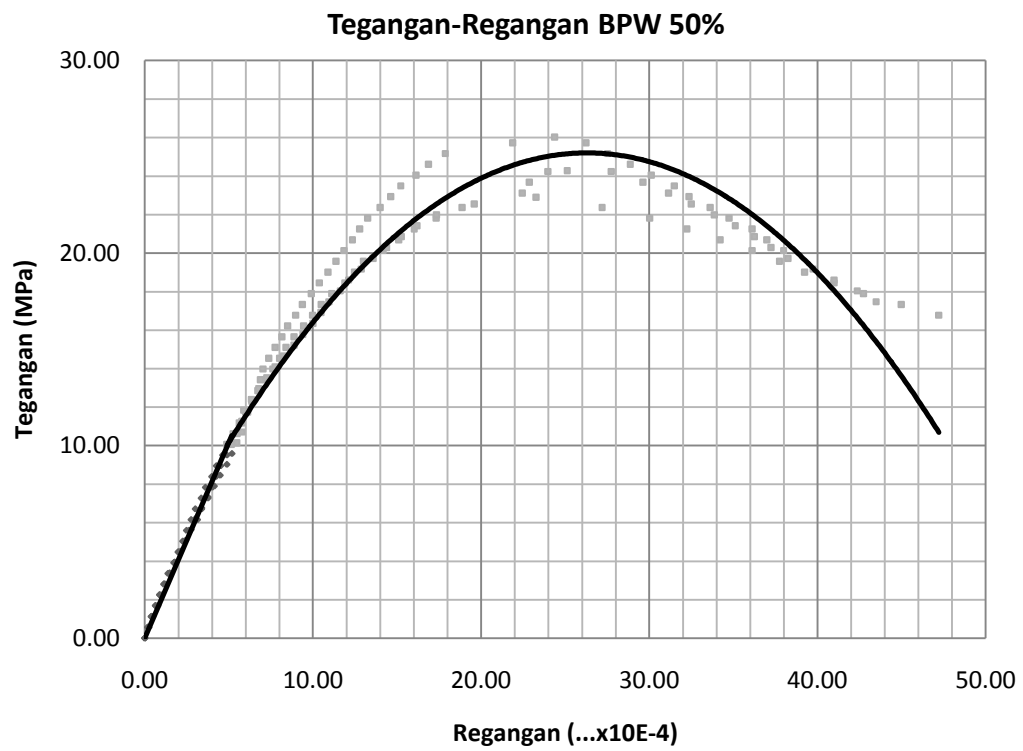
kecenderungan beton tersebut jelek kualitasnya. Bila dari hasil kuat tarik belah terlihat batunnya semua terbelah, dapat disimpulkan batu tersebut kualitasnya kurang bagus, apabila digunakan sebagai campuran beton maka beton tersebut kurang maksimal hasilnya.

5.6.3 Tegangan-Regangan Beton

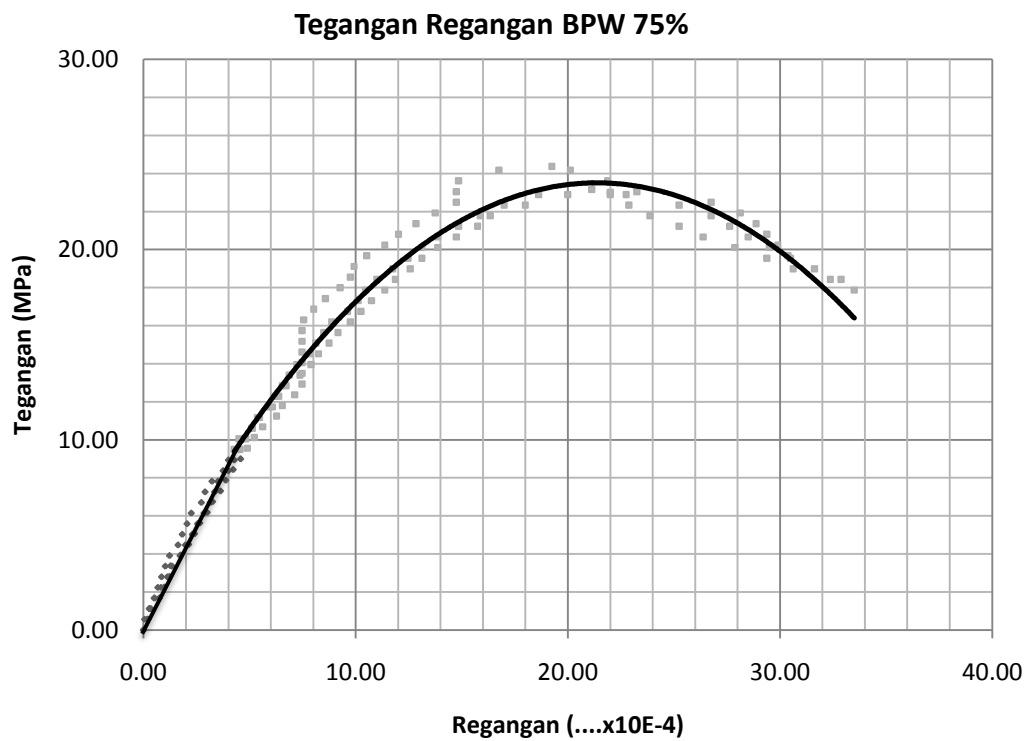
Setiap bahan akan mengalami perubahan bentuk apabila mendapat bebanan apabila perubahan bentuk terjadi maka gaya internal didalam bahan tersebut akan menahannya, gaya internal ini disebut gaya dalam. Bila suatu bahan mengalami tegangan, maka bahan itu akan mengalami perubahan bentuk yang dikenal dengan regangan (**M. J Smith**, 1985). Pengujian tegangan regangan tidak dilakukan terhadap seluruh benda uji, diambil 3 sampel dari setiap variasi. Seluruh pengujian tegangan regangan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UIL. Di bawah ini adalah grafik hasil perhitungan tegangan-regangan dari semua sampel benda uji/silinder masing-masing variasi.



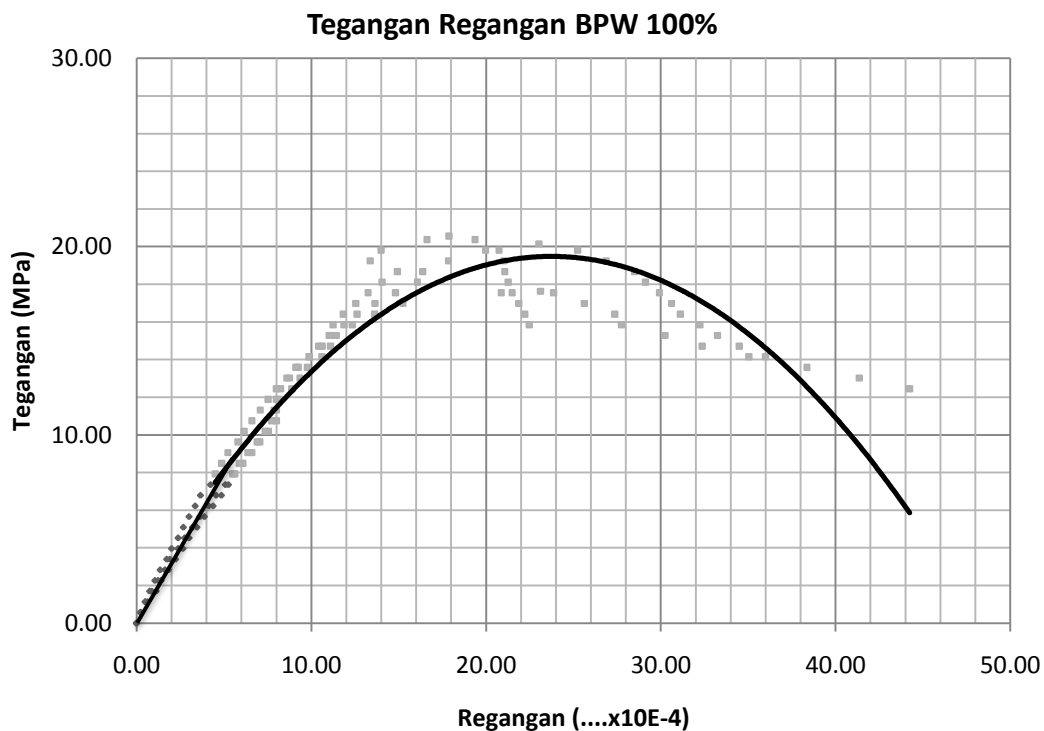
Gambar 5.8 Grafik Tegangan-Regangan BPW 0%



Gambar 5.9 Grafik Tegangan-Regangan BPW 50%



Gambar 5.10 Grafik Tegangan-Regangan BPW 75%



Gambar 5.11 Grafik Tegangan-Regangan BPW 100%

Dari gambar hubungan tegangan regangan pada gambar 5.8 s/d 5.11 diatas dapat dilihat bahwa kurva berbentuk lengkung. Hal ini menandakan nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangan. Dan berarti bahwa beton tidak sepenuhnya elastis. Dari grafik dapat diketahui bahwa luasan dibawah kurva tegangan regangan menunjukkan besarnya energi yang dapat diserap selama proses pembebanan. Semakin besar luasan kurva maka semakin besar pula energi yang mampu diserap oleh beton, hal ini menunjukkan bahwa semakin *ductile* pula beton tersebut. Dimana daktilitas adalah kemampuan dari material/struktur untuk menahan tegangan tanpa terjadinya penurunan akibat adanya tegangan tersebut.

5.6.4 Modulus Elastisitas

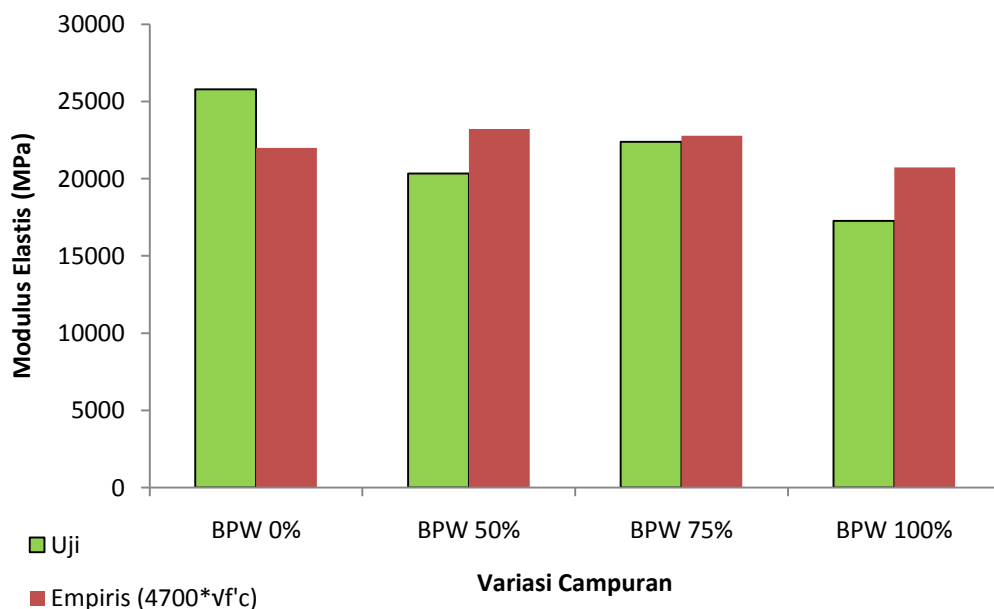
Modulus elastis beton adalah kemiringan kurva tegangan regangan beton pada kondisi linier dan mendekati linier. Besarnya modulus elastis menunjukkan tingkat elastisitas suatu bahan, semakin besar harga modulus elastisitas bahan maka bahan tersebut akan memiliki kekuatan yang tinggi pula. Besaran modulus

elastisitas dapat ditentukan dengan cara mencari bagian dari kurva tegangan regangan yang berada pada kondisi linier atau mendekati linier (sekitar 0,4 f'c). Sedangkan secara empiris dihitung dengan $4700\sqrt{f'c}$. Nilai modulus elastisitas merupakan kemiringan kurva tersebut. Adapun perbandingan modulus elastisitas antara hasil uji dengan empiris adalah sebagai berikut :

Tabel 5.15 Perbandingan Modulus Elastisitas Antara Hasil Uji Dengan Rumus Empiris

Benda Uji	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10-4)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Empiris ($4700\sqrt{f'c}$)
BPW 0%	21.92	8.77	3.40	25788.24	22004.84
BPW 50%	24.40	9.76	4.80	20332.18	23215.63
BPW 75%	23.51	9.40	4.20	22391.21	22789.32
BPW 100%	19.44	7.78	4.50	17280.01	20722.69

Dari hasil perbandingan Modulus Elastisitas antara hasil uji dengan Rumus Empiris pada tabel 5.15 diatas, dapat juga dilihat berupa colum pada gambar 5.12 berikut :



Gambar 5.12 Perbandingan Modulus Elastis Uji Dengan Rumus Empiris

Dari gambar 5.12 dapat dilihat perbedaan modulus elastisitasnya. Dimana dari semua variasi beton selisih antara hasil uji dengan rumus empiris kecil, ini menandakan rumus empiris berlaku untuk menghitung modulus elastisitas beton tersebut. Dari gambar diatas dapat juga dilihat beton dengan pasir Merapi mempunyai modulus elastisitas paling tinggi. Ini menandakan Kualitas pasir Merapi lebih tinggi dari pasir merah.

Hal ini tidak sependapat dengan teori yang mengatakan bahwa semakin tinggi kuat tekan maka akan semakin tinggi juga tingkat ketahanan terhadap perubahan bentuk yang dialami. Tetapi dari hasil pengujian yang diperoleh, semakin tinggi kuat tekan beton tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan modulus elastisitasnya. Besarnya nilai modulus elastis yang dihasilkan merupakan besarnya kemiringan dari diagram regangan beton.

5.7 Perbandingan Hasil Penelitian Antara Batu Pecah Manual Dengan Batu Pecah Mesin (AMP)

Kuat tekan dan kuat tarik yang dihasilkan dari penelitian ini akan kami bandingkan dengan penelitian yang sama tetapi agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah mesin. Berikut ini adalah tabel perbandingan hasil kuat tekan dan kuat tarik antara BPM batu pecah manual dan BPM batu pecah mesin:

Tabel 5.16 Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 3 Hari

No	Benda Uji	Umur	Kuat Tekan (f'c)	
			BP. Manual	BP. Mesin
1	BPW 0%	3	12,77	15,2
2	BPW 50%	3	11,58	10,06
3	BPW 75%	3	10,24	9,29
4	BPW 100%	3	9,18	8,99

Tabel 5.17 Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 7 Hari

No	Benda Uji	Umur	Kuat Tekan (f'c)	
			BP. Manual	BP. Mesin
1	BPW 0%	7	19,31	18,23
2	BPW 50%	7	18,44	13,23
3	BPW 75%	7	16,48	12,85
4	BPW 100%	7	11,08	12,06

Tabel 5.18 Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 14 Hari

No	Benda Uji	Umur	Kuat Tekan (f'c)	
			BP. Manual	BP. Mesin
1	BPW 0%	14	24,6	21,98
2	BPW 50%	14	19,15	17,07
3	BPW 75%	14	18,65	15,09
4	BPW 100%	14	16,12	14,27

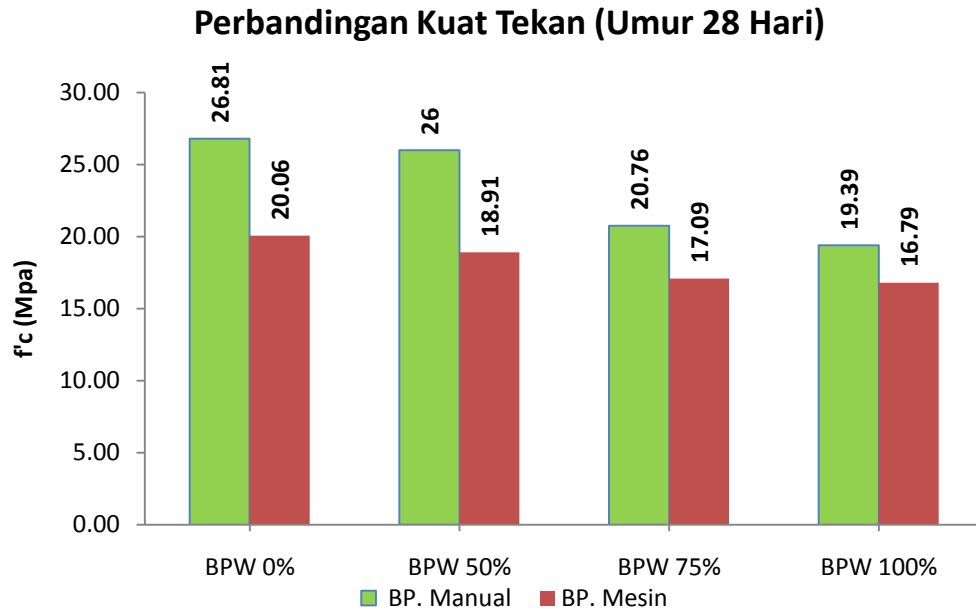
Tabel 5.19 Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 21 Hari

No	Benda Uji	Umur	Kuat Tekan (f'c)	
			BP. Manual	BP. Mesin
1	BPW 0%	21	24,96	18,96
2	BPW 50%	21	21,74	17,28
3	BPW 75%	21	20,38	16,71
4	BPW 100%	21	18,96	15,39

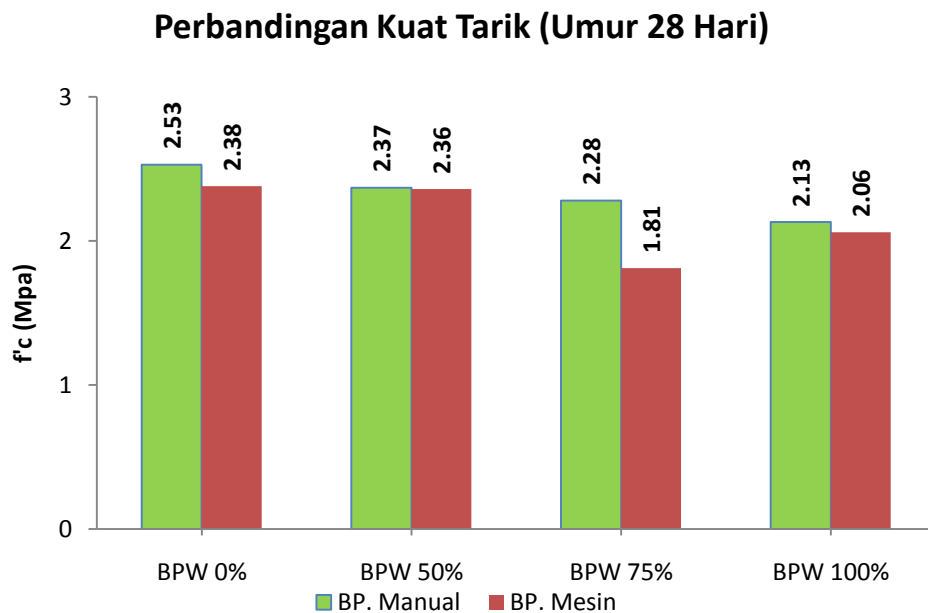
Tabel 5.20 Perbandingan Hasil Pengujian Pada Umur 28 Hari

No	Benda Uji	Umur	Kuat Tekan (f'c)		Kuat Tarik	
			BP. Manual	BP. Mesin	BP. Manual	BP. Mesin
1	BPW 0%	3	26,81	20,06	2,53	2,38
2	BPW 50%	3	26,00	18,91	2,37	2,36
3	BPW 75%	3	20,76	17,09	2,28	1,81
4	BPW 100%	3	19,39	16,79	2,13	2,06

Dari tabel 5.20 diatas dapat dilihat juga dalam bentuk colum pada gambar 5.13 dan 5.14 berikut :



Gambar 5.13 Perbandingan Kuat Tekan Antara Batu Pecah Manual Dengan Batu Pecah Mesin (AMP)



Gambar 5.14 Perbandingan Kuat Tarik Antara Batu Pecah Manual Dengan Batu Pecah Mesin (AMP)

Dari semua data pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton di atas, bisa disimpulkan bahwa beton dengan agregat kasar batu pecah manual mempunyai kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan beton dengan agregat kasar batu pecah mesin. Ini disebabkan agregat kasar batu pecah manual pemecahannya menggunakan tenaga manusia dengan bantuan alat palu, sehingga agregat yang dihasilkan beragam bentuknya dengan kata lain gradasinya bervariasi. Oleh karena bentuknya beragam, butiran yang lebih kecil dapat mengisi rongga-rongga dengan baik sehingga didapatkan kemampatan yang tinggi. Semakin tinggi kemampatan beton semakin tinggi pula kuat tekan beton tersebut. Berbeda dengan batu pecah mesin dimana gradasi dari batu tersebut hampir seragam dan pada penelitian ini cenderung pipih bentuknya. Karena bentuk agregat kasar pipih cenderung mudah patah dan apabila pada saat pengecoran posisi batunya tertidur dia akan menghambat keluarnya gelembung air yang berada didalam beton sehingga apabila beton tersebut sudah mengeras gelembung tersebut akan membentuk pori-pori, semakin banyak pori-pori semakin kecil pula kemampatan dari beton tersebut dan mengakibatkan kecilnya kuat tekan beton tersebut. Hal ini bisa dilihat pada hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton pada tabel diatas, tetapi pada pengujian kuat tekan beton tidak semuanya kuat tekan yang dihasilkan BPM batu pecah manual lebih besar dibandingkan BPM batu pecah mesin. Ada dua buah benda uji yang f'_c nya lebih rendah dari BPM batu pecah mesin, yaitu pada BPW 0% umur 3 hari dan BPW 100% pada umur 7 hari. Hal itu bisa terjadi mungkin dikarenakan kurangnya ketelitian dalam pengerjaan karena jika kita melihat dan membandingkan hasilnya secara keseluruhan seharusnya f'_c yang dihasilkan BPW 0% umur 3 hari dan BPW 100% umur 7 hari lebih besar.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil Pemeriksaan Terhadap lolos saringan no 200 menunjukkan bahwa untuk kedua jenis pasir dapat digunakan untuk pembuatan beton normal karena memiliki kandungan lumpur dibawah 5%. Dan semuanya layak digunakan tanpa dicuci.
2. Gradasi pasir merah yang termasuk zona 1 (pasir kasar) mempunyai kecenderungan kebutuhan air lebih banyak, karena permukaan pasirnya yang kasar sehingga luas permukaan butirannya juga lebih besar dan berakibat membutuhkan lebih banyak air sebagai pelumas berbeda dengan pasir merapi yang lebih halus. Selain itu juga dikarenakan penyerapan airnya yang besar. Sehingga nilai slump yang dihasilkan akan jauh lebih kecil dibandingkan pasir merapi dan kurangnya ketelitian pada saat pengujian juga dapat mempengaruhi nilai slumpnya.
3. Kuat tekan dan kuat tarik yang dihasilkan pasir Merapi lebih besar bila dibandingkan dengan beton pasir merah karena dari semua sample benda uji kuat tekan dan kuat tarik optimum terletak pada BPW 0%
4. Pada BPW 100% kinerja semen dalam beton agak sedikit lambat, sehingga pengerasan benda uji memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan BPW 0% (Pasir Merapi). Hal ini bisa dilihat pada hasil kuat tekan pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28. Perbandingan hasil kuat tekan pada masing-masing umur terlihat berbeda dari setiap kali pengujian dan penurunan kuat tekan yang terjadi semakin kecil.
5. Batu pecah manual lebih baik dari batu pecah mesin karena memiliki bentuk yang lebih beragam sehingga akan memiliki kepadatan yang tinggi berbeda

dengan batu pecah mesin yang kebanyakan bentuknya pipih, kekuatannya relatif rendah dikarenakan agregat tersebut mempunyai kecenderungan mudah patah sehingga dapat mempengaruhi gradasi, *interlocking* dan menyebabkan porositas.

6. Pasir Merah wonogiri dapat digunakan sebagai material pembuat beton. dengan catatan harus memperhatikan kondisi pasir tersebut seperti penyerapan air yang besar dan gradasinya yang kasar.

6.2 Saran

Dari uraian di atas dengan merujuk pada pembahasan dan hasil penelitian ternyata masih banyak kekurangan dari penelitian ini, maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi diperlukan saran-saran yang bersifat membangun seperti yang disebutkan sebagai berikut:

1. Pada saat perhitungan mix design beton pasir merah hendaknya memperhitungkan kebutuhan air, karena pasir merah membutuhkan lebih banyak air sebagai pelumas butirannya karena luas permukaannya yang besar.
2. Untuk mendapatkan sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan, karena apabila dalam pemadatan tidak baik, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi hasil uji.
3. Pada saat pembuatan benda uji harus dengan ketelitian yang tinggi agar hasil yang diperoleh bisa maksimal.
4. Pada saat akan pengecoran, diusahakan semua agregat harus sudah kering permukaan (SSD).
5. Penggunaan agregat kasar dalam campuran beton harus mempertimbangkan bentuk dan tekstur agregat tersebut karena akan berpengaruh terhadap kuat tekan dan kuat tarik yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- A.Antono, Prof.Ir. 1988, *Teknologi Beton*
Buku Panduan Praktikum, Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP UII
- Edward G. Nawy, *Reinfoced Concrete a Fundamental Approach*, Terjemah, PT.
Eresco, Bandung 1990
- Kardiono Tjokrodimulyo, *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta, 1992
- L.J. Murdock dan L.M. Brock, *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Stephanus
Hendarko, Erlangga, Jakarta, 1991
- SNI 03-2824-1993 : *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*.
- Tri Mulyono 2003-2005, *Teknologi Beton*, Yogyakarta : Perbit Andi
- Danu Prastowo Aji, 2011, *Analisis Perbandingan Uji Kuat Desak Dan Kuat Tarik
Beton Pasir Merah Wonogiri Dan Pasir Hitam Merapi (Tinjauan Mengenai
Batu Pecah Dengan Mesin AMP)*

LAMPIRAN 1

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FM-UII-AA-FPU-09

UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA	NO. MHS.	SIDANG STUDI
SUMIRAT ANGGA PRABOWO	05511047	TEKNIK SIPIL

PERIODE KE : 2 (Desember 2010 - Mei 2011)

No.	Kegiatan	BULAN KE:					
		DES	JAN	FEB	MAR	APR	MEI
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang-Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : SUHARYATMO, Ir. MT. H

Dosen Pembimbing II : SUHARYATMO, Ir. MT. H

JUDUL TUGAS AKHIR

Uji Kuat Desak Dan Kuat Tarik Beton Menggunakan Agregat Dari Sungai Keduang Wonorejo



Yogyakarta,

21/12/2011

dan Deyan

Ir. H. Suharyatmo, MT

Catatan:

Seminar :

Sidang :

Pendadaran :

TA/TA di pembimbing
sampai dengan tanggal 20/12/2011

TRI HERI M



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FM-UII-AA-FPU-09

UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI
TUGAS AKHIR MAHASISWA**

PERIODE KE : 2 (Desember 2010 - Mei 2011)

NAMA MAHASISWA	NO. MHS.	BIDANG STUDI
SUMIRAT ANGGA PRABOWO	05511047	TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

Uji Kuat Desak Dan Kuat Tarik Beton Menggunakan Agregat Dari Sungai Keduang Wonogiri

Dosen Pembimbing I : SUHARYATMO, Ir. MT. H
Dosen Pembimbing II: SUHARYATMO, Ir. MT. H



Catatan:
Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

KP/TA diperpanjang
sampai dengan tgl. JULI 2011

TR HERI M

LAMPIRAN 2

HASIL PENGUJIAN MATERIAL



HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P.
Pasir asal : Pasir Merah Wonogiri
Keperluan : Tugas Akhir

Di uji tanggal : 23 Maret 2011

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	455.4	460.2	457.8
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram (ssd)	500	500	500
Berat piknometer+pasir+air, gram (Bt)	1155	1159	1157
Berat piknometer+air, gram (B)	865	865	865
Berat jenis curah, ...(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2.17	2.23	2.20
Berat jenis jenuh kering muka, ...(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2.38	2.43	2.40
Berat jenis semu(3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2.75	2.77	2.76
Penyerapan Air(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	9.79	8.65	9.22

Keterangan:

500 = Berat benda uji dalam keadaan SSD, dalam gram

Kesimpulan:

Berat jenis jenuh kering muka pasir (SSD) = 2.40 gr/cm³

Disahkan

Yogyakarta, 23 Maret 2011

Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P



HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P.
Pasir asal : Pasir Hitam Merapi
Keperluan : Tugas Akhir

Di uji tanggal : 23 Maret 2011

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	488.8	490.5	489.65
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram (ssd)	500	500	500
Berat piknometer+pasir+air, gram (Bt)	986	981	983.5
Berat piknometer+air, gram (B)	677	677	677
Berat jenis curah, ...(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2.56	2.50	2.53
Berat jenis jenuh kering muka, ...(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2.62	2.55	2.58
Berat jenis semu(3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2.72	2.63	2.67
Penyerapan Air(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	2.29	1.94	2.11

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam keadaan SSD, dalam gram

Kesimpulan :

Berat jenis jenuh kering muka pasir (SSD) = 2.58 gr/cm³

Disahkan

Yogyakarta, 23 Maret 2011

Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.



HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR KERIKIL

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P.
Krikil asal : Giriwoyo, Wonogiri
Ukuran Krikil : 40 mm

Di uji tanggal : 23 Maret 2011

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Krikil kering mutlak, gram (Bk)	4883.6	4888.2	4885.9
Berat Krikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat krikil dalam air, gram (Ba)	2980	2987	2983.5
Berat jenis curah, ...(1) Bk / (Bj - Ba)	2.42	2.43	2.42
Berat jenis jenuh kering muka, ...(2) Bj / (Bj - Ba)	2.48	2.48	2.48
Berat jenis semu(3) Bk / (Bk - Ba)	2.57	2.57	2.57
Penyerapan Air(4) (Bj - Bk) / Bk x 100%	2.38	2.29	2.34

Keterangan :

5000 = Berat benda uji dalam keadaan SSD, dalam gram

Kesimpulan :

Berat jenis jenuh kering muka kerikil

(SSD) = 2.48 gr/cm³

Disahkan

Yogyakarta, 23 Maret 2011

Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR PASIR

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P. Di uji tanggal : 24 Maret 2011
Pasir asal : Pasir Hitam Merapi dan Pasir Merah
Keperluan : Tugas Akhir

Pasir Merapi

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven, gram (W1)	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci, gram (W2)	488	491	489.5
Berat yang lewat ayakan No.200, persen $((W1 - W2) / W1) * 100\%$	2.40	1.80	2.10

Pasir Merah

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven, gram (W1)	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci, gram (W2)	483.9	485.6	484.75
Berat yang lewat ayakan No.200, persen $((W1 - W2) / W1) * 100\%$	3.22	2.88	3.05

Keterangan :

Menurut PUBLI - 1982 berat yang lewat ayakan no.200 (0.075 mm) :

- Untuk pasir maksimum 5% (lima persen)
- Untuk krikil maksimum 1% (satu persen)

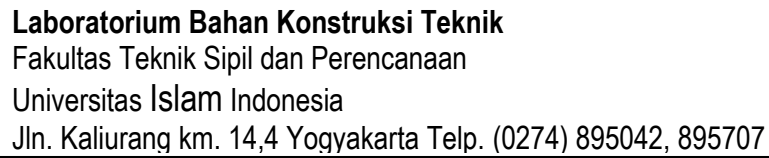
Disahkan

Yogyakarta, 24 Maret 2011

Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.



No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Ukuran Krikil : 40 mm

Sumirat Angga P.



HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR VOLUME AGREGAT HALUS "PASIR"

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P.
Di uji tanggal : 25 Maret 2011
Pasir asal : Pasir Merah Wonogiri dan Pasir Merapi
Keperluan : Tugas Akhir

Pasir Merah

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Tabung (W_1), gram	5264	5264	5264
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	7592	7599	7595.5
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	2328	2335	2331.5
Volume Tabung (V), cm^3	1385.44	1385.44	1385.44
Berat Isi Gembur (W_3 / V), gram/cm^3	1.680	1.685	1.683

Pasir Merapi

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Tabung (W_1), gram	5226	5226	5226
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	8009	7993	8001
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	2783	2767	2775
Volume Tabung (V), cm^3	1385.44	1385.44	1385.44
Berat Isi Gembur (W_3 / V), gram/cm^3	2.009	1.997	2.003

Disahkan

Yogyakarta, 25 Maret 2011

Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT VOLUME AGREGAT HALUS "PASIR"

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P.
Di uji tanggal : 25 Maret 2011
Pasir asal : Pasir Merah dan Merapi
Keperluan : Tugas Akhir

Pasir Merah

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Tabung (W_1), gram	5264	5264	5264
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	7797	7801	7799
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	2533	2537	2535
Volume Tabung (V), cm^3	1385.44	1385.44	1385.44
Berat Isi Padat (W_3 / V), gram/cm^3	1.828	1.831	1.830

Pasir Merapi

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Tabung (W_1), gram	5226	5226	5226
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	8331	8298	8314.5
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	3105	3072	3088.5
Volume Tabung (V), cm^3	1385.44	1385.44	1385.44
Berat Isi Padat (W_3 / V), gram/cm^3	2.241	2.217	2.229

Disahkan

Yogyakarta, 25 Maret 2011

Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR DAN PADAT AGREGAT KASAR "KERIKIL"

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P.
Di uji tanggal : 24 maret 2011
Krikil asal : Giriwoyo, Wonogiri
Ukuran Krikil : 40 mm

Isi Gembur

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Tabung (W_1), gram	10025	10025	10025
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	16435	16439	16437
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	6410	6414	6412
Volume Tabung (V), cm^3	5301.43	5301.43	5301.43
Berat Isi Gembur (W_3 / V), gram/cm^3	1.209	1.210	1.209

Isi Padat

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Tabung (W_1), gram	10025	10025	10025
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	17033	17043	17038
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	7008	7018	7013
Volume Tabung (V), cm^3	5301.43	5301.43	5301.43
Berat Isi Padat (W_3 / V), gram/cm^3	1.322	1.324	1.323

Disahkan

Yogyakarta, 24 Maret 2011

Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS "PASIR"

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P.

Di uji tanggal : 24 Maret 2011

Pasir asal : Pasir Merah Wonogiri

Keperluan : Tugas Akhir

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	16.5	0.83	0.83	100.00
4.80	61.7	3.09	3.91	96.09
2.40	217.5	10.88	14.79	85.22
1.20	386.8	19.34	34.13	65.88
0.60	764.8	38.24	72.37	27.64
0.30	465.6	23.28	95.65	4.36
0.15	64.7	3.24	98.88	1.12
Sisa	22.4	1.12	100.00	-
Jumlah	2000	100.00	420.54	

Keterangan :

Modulus Halus Butir (MHB) = 4.205

GRADASI PASIR

Lubang ayakan (mm)	Persen butir agregat yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.80	90-100	90-100	90-100	95-100
2.40	60-95	75-100	85-100	95-100
1.20	30-70	55-90	75-100	90-100
0.60	15-34	35-59	60-79	80-100
0.30	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan : Daerah I : Pasir kasar
Daerah II : Pasir agak kasar
Daerah III : Pasir agak halus
Daerah IV : Pasir halus

Dari Hasil analisa saringan, maka termasuk daerah : 1 (satu)

Jenis Pasir : kasar

Disahkan

Yogyakarta, 24 Maret 2011

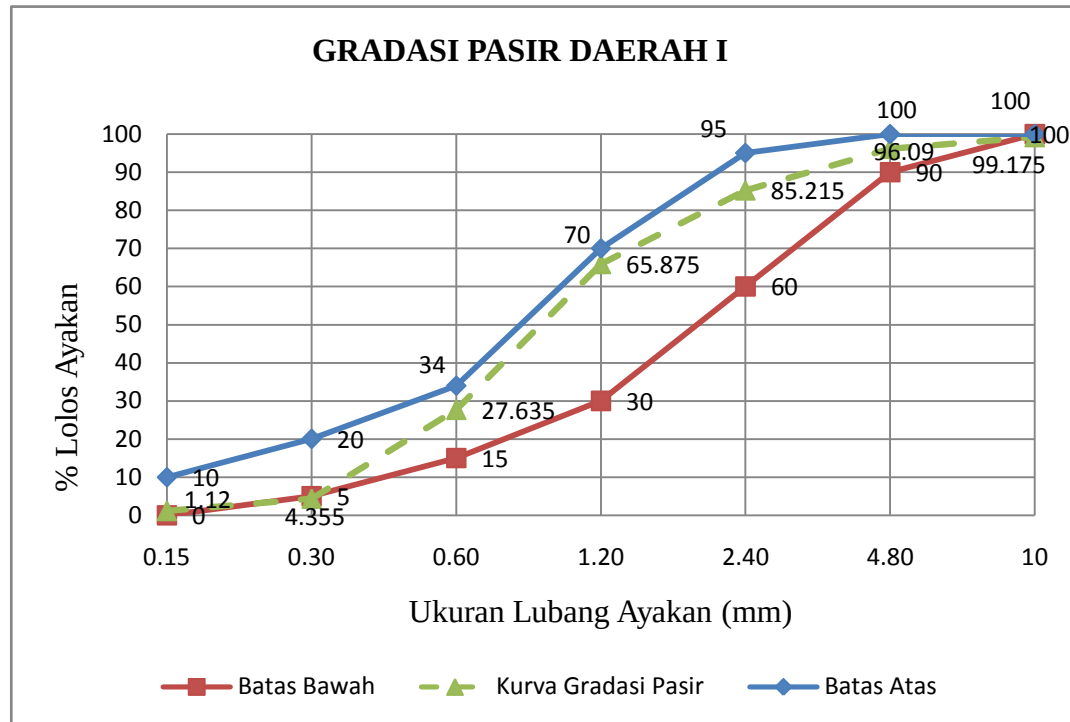
Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS "PASIR MERAH"

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011



Disahkan

Yogyakarta, 24 Maret 2011
 Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS "PASIR"

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P.
Pasir asal : Pasir Hitam Merapi
Keperluan : Tugas Akhir

Di uji tanggal : 24 Maret 2011

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	0	0.00	0.00	100.00
4.80	49.5	2.48	2.48	97.53
2.40	59.7	2.99	5.46	94.54
1.20	148.7	7.44	12.90	87.11
0.60	595.7	29.79	42.68	57.32
0.30	604.8	30.24	72.92	27.08
0.15	419	20.95	93.87	6.13
Sisa	122.6	6.13	100.00	-
Jumlah	2000	100.00	330.30	

Keterangan :

Modulus Halus Butir (MHB) = 3.303

GRADASI PASIR

Lubang ayakan (mm)	Persen butir agregat yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.80	90-100	90-100	90-100	95-100
2.40	60-95	75-100	85-100	95-100
1.20	30-70	55-90	75-100	90-100
0.60	15-34	35-59	60-79	80-100
0.30	5 -20	8 -30	12 -40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan : Daerah I : Pasir kasar
Daerah II : Pasir agak kasar
Daerah III : Pasir agak halus
Daerah IV : Pasir halus

Dari Hasil analisa saringan, maka termasuk daerah : 2 (dua)

Jenis Pasir : agak kasar

Disahkan

Yogyakarta, 24 Maret 2011

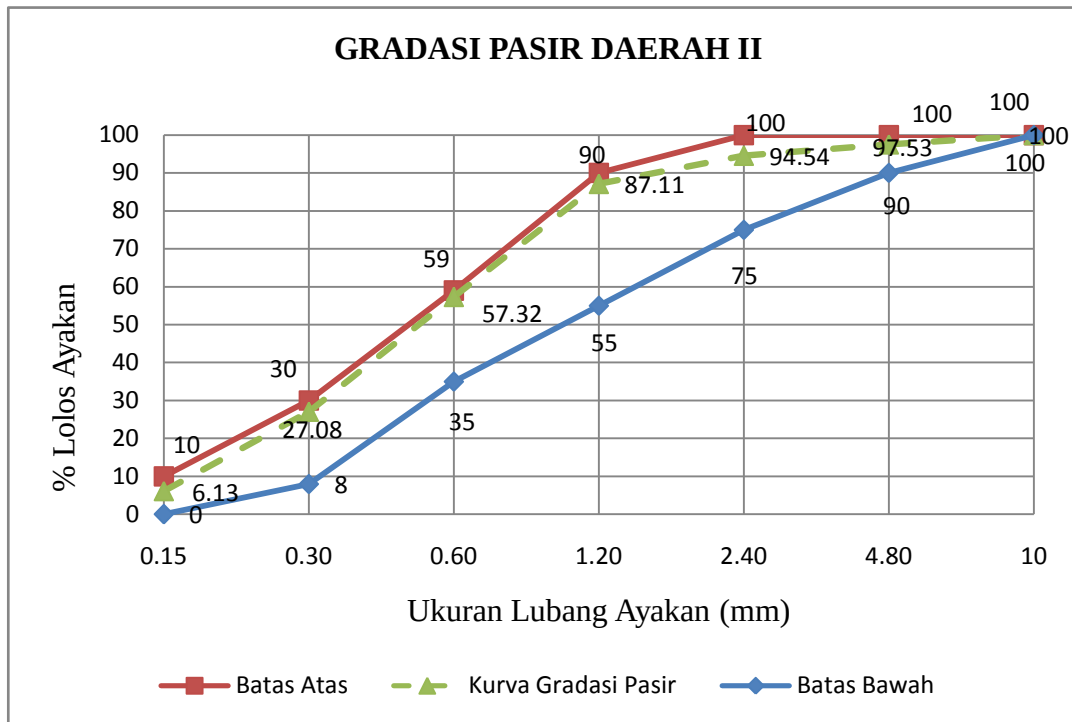
Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS "PASIR MERAPI"

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011



Disahkan

Yogyakarta, 24 Maret 2011
 Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.



DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT KASAR "KRIKIL"

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011

Penguji : Sumirat Angga P.
Krikil asal : Giriwoyo, Wonogiri
Keperluan : Tugas Akhir

Di uji tanggal : 24 Maret 2011

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00	0.00	0.00	0.00	100.00
20.00	2830.00	56.60	56.60	43.40
10.00	1720.00	34.40	91.00	9.00
4.80	450.00	9.00	100.00	0.00
2.40	0.00	0.00	100.00	0.00
1.20	0.00	0.00	100.00	0.00
0.60	0.00	0.00	100.00	0.00
0.30	0.00	0.00	100.00	0.00
0.15	0.00	0.00	100.00	0.00
Sisa	0.00	0.00	-	-
Jumlah	5000.00	100.00	747.60	152.40

Keterangan :

Modulus Halus Butir (MHB) = 7.476

GRADASI KRIKIL

Lubang ayakan (mm)	Persen butir agregat yang lewat ayakan	
	40 mm	20 mm
40.00	95 - 100	100
20.00	30 - 70	95 - 100
10.00	10 - 035	25 - 55
4.80	0 - 5	0 - 10

Dari Hasil analisa saringan, maka ukuran butiran max : 40 mm

Disahkan

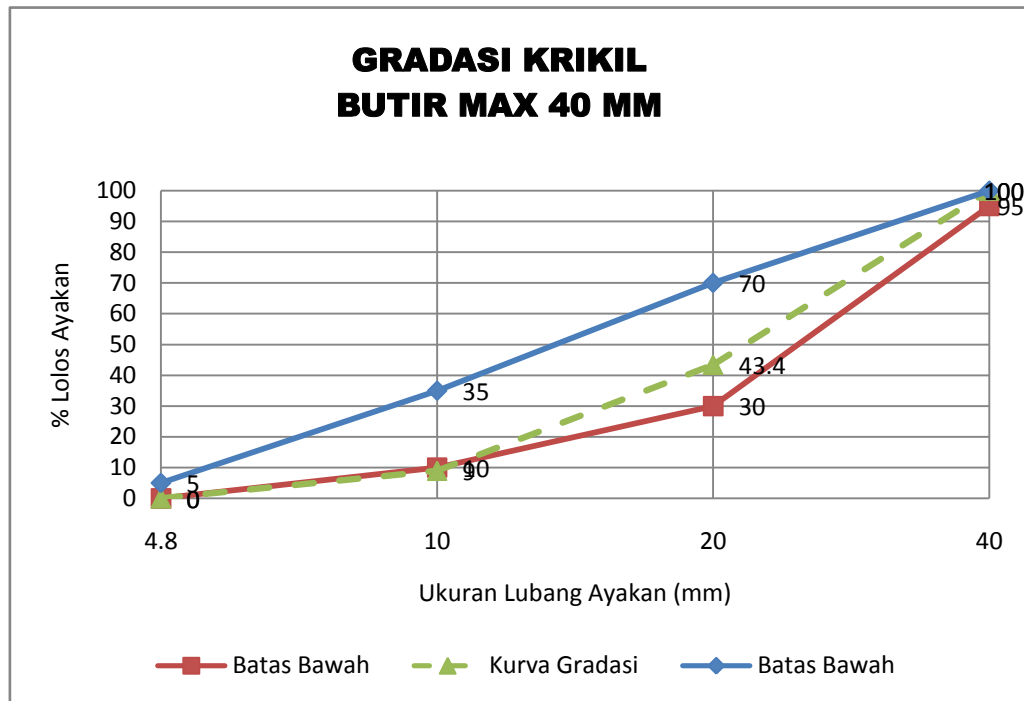
Yogyakarta, 24 Maret 2011
Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR "KRIKIL"

No. / Ka. Ops / LBKT / / 2011



Disahkan

Yogyakarta, 24 Maret 2011
Dikerjakan oleh

Lab.BKT

Sumirat Angga P.

LAMPIRAN 3

HASIL PERHITUNGAN MIX DESIGN



PERHITUNGAN CAMPURAN BETON (MIX DESIGN)

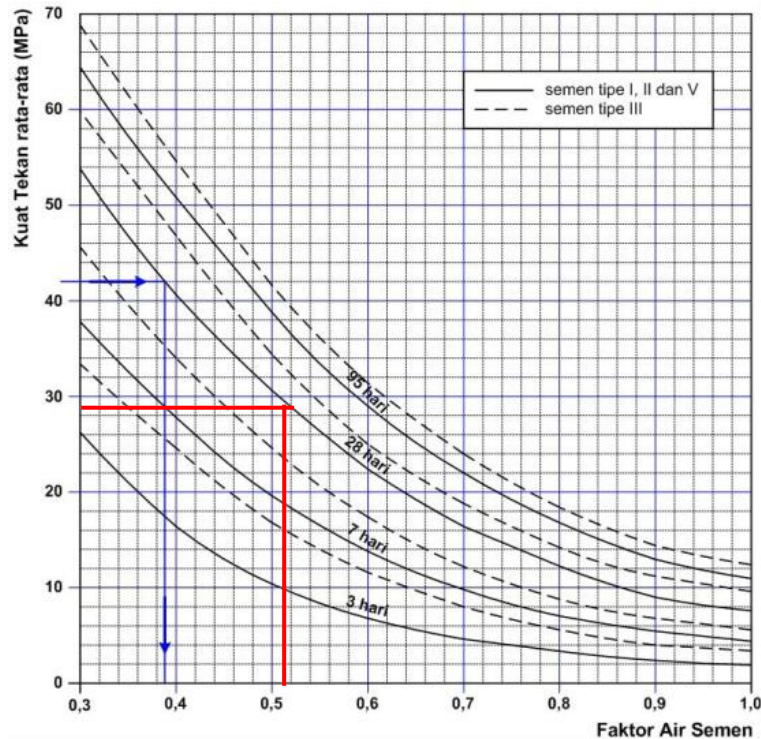
Perencanaan campuran adukan dengan metode DOE (Departement of environment) adalah sebagai berikut ini :

Kuat desak rencana	: 20 Mpa
Jenis semen	: Merk Tiga Roda diasumsikan semen Tipe I
Jenis pasir	: Agak kasar (masuk gradasi II)
Jenis krikil	: Batu pecah
Nilai slump	: 75 mm – 150 mm
Berat jenis pasir	: 2,58 kg/m ³
Berat jenis krikil	: 2,48 kg/m ³

Langkah-langkah perencanaan :

1. Kuat tekan beton disyaratkan pada 28 hari = 20 Mpa
2. Deviasi standart $S = 5,6$ Mpa
3. Nilai tambah atau margin = 9,18 Mpa
4. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan, $f'_{cr} = 20 + 9,1840 = 29,18$ Mpa
5. Menetapkan jenis semen : semen type 1
6. Menetapkan jenis agregat yang digunakan (agregat halus = alami, agregat kasar = pecahan)
7. Menetapkan faktor air semen (FAS)

a. Menentukan faktor air semen (FAS) digunakan grafik dibawah ini



Gambar 2.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan Fas untuk benda uji silinder (diameter 150 mm x 300 mm)

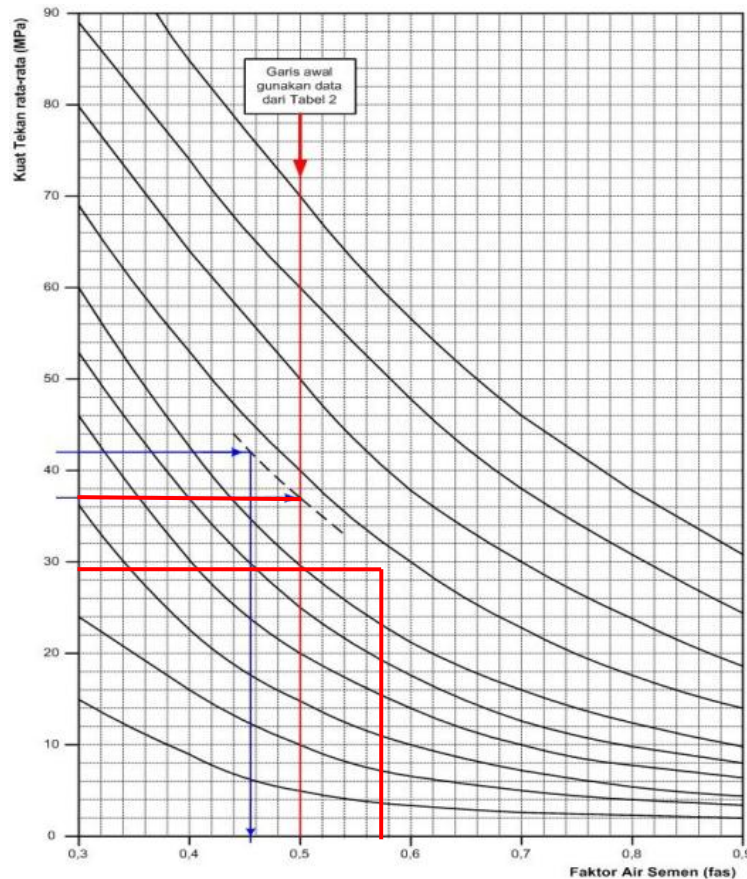
Dari grafik di atas didapat FAS = 0,52

b. Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0,50 dan jenis semen serta agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

JENIS SEMEN	JENIS AGREGAT KASAR	KUAT TEKAN (MPa), PADA UMUR (HARI)				BENTUK BENDA UJI
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I atau Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecah (alami)	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecah (alami)	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah (alami)	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah (alami)	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari, jenis semen type I, agregat kasar pecahan, bentuk benda uji silinder, didapat kuat tekannya sebesar 37 Mpa.



Gambar 2.2 Grafik hubungan kuat tekan dan FAS.

Dari grafik di atas didapat FAS = 0,57

- c. Persyaratan jumlah semen minimum dan FAS maksimum untuk berbagai macampembetonan dalam lingkungan khusus

Deskripsi	FAS
Beton didalam ruangan bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,6
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
Beton diluar ruang bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6

Beton yang masuk kedalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	-
Beton yang terus menerus berhubungan dengan air	-
a. Air tawar	-
b. Air laut	-

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

Didapat FAS maksimum = 0,6

Dari ketiga nilai FAS diatas maka dipakai FAS paling terendah yaitu 0,52

8. Menetapkan nilai slam = 7,5 cm – 15 cm

Penetapan nilai slum (cm)

Jenis Konstruksi	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi, pondasi bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

9. Ukuran butiran nominal agregat maksimum, 40 mm Menetapkan kebutuhan air

Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan.

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : Teknologi Beton, (Tri Mulyono, 2005)

$$= \left(\frac{2}{3} \times 175 \right) + \left(\frac{1}{3} \times 205 \right) = 185 \text{ kg/m}^3$$

10. Menentukan kebutuhan semen

$$= \frac{\text{air}}{\text{faktor air semen}} = \frac{185}{0,52} = 355,77 \text{ kg}$$

11. Kebutuhan semen minimum = 325 kg

Deskripsi	Jumlah semen minimal dalam 1 m ³ beton (kg)
Beton didalam ruangan bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	275
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325
Beton diluar ruang bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk kedalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	325

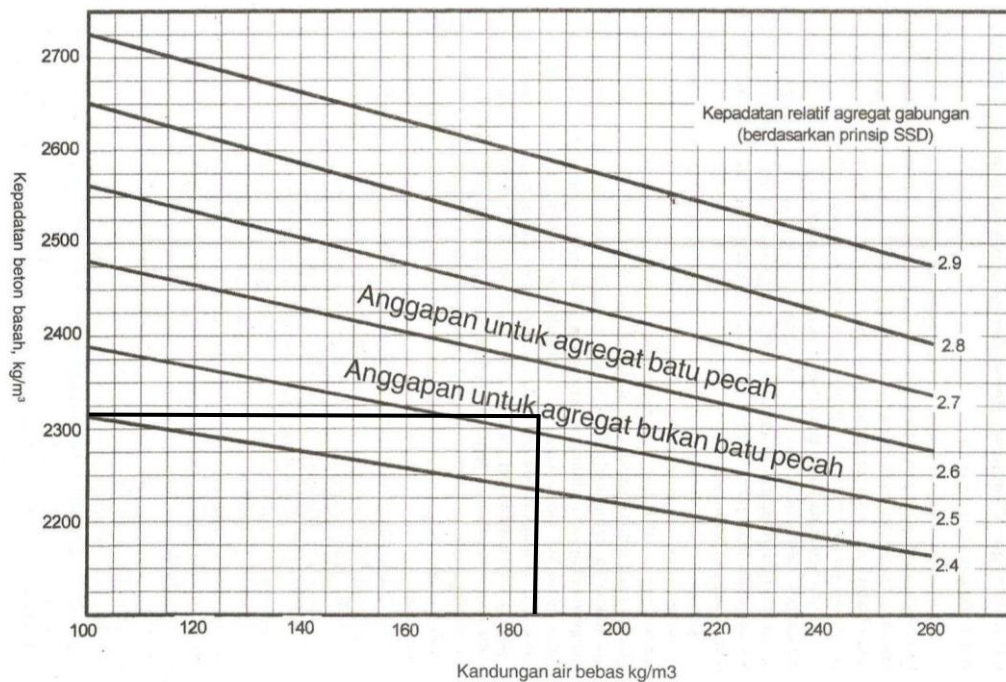
Dari dua kebutuhan semen diatas dipakai kebutuhan semen terbesar yaitu 355,77 kg

12. Persentase pasir dan krikil = 41 % dan 59 % (Grafik hubungan fas, slump dan ukuran butir maksimum)

13. Menentukan berat jenis agregat campuran pasir dan krikil

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P}{100} \times b_j \text{ agregat halus} + \frac{K}{100} \times b_j \text{ agregat kasar} \\
 &= \left(\frac{41}{100} \times 2,58 \right) + \left(\frac{59}{100} \times 2,48 \right) \\
 &= 1,06 + 1,46 \\
 &= 2,52
 \end{aligned}$$

14. Menentukan berat jenis beton = 2315 kg/m³



Gambar 2.3 Grafik perkiraan berat jenis beton basah yang dimampatkan secara penuh

15. Menentukan kebutuhan berat pasir dan krikil :

Berat pasir + kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen

$$\begin{aligned}W_{psr} + W_{krkl} &= W_{btn} - A - S \\&= 2315 - 185 - 355,77 \\&= 1774.23 \text{ kg}\end{aligned}$$

16. Menentukan kebutuhan pasir :

$$\begin{aligned}W_{psr} &= \frac{41}{100} \times 1774.23 \\&= 727.43 \text{ kg}\end{aligned}$$

17. Menentukan kebutuhan kerikil :

$$\begin{aligned}W_{krkl} &= 1774.23 - 727.43 \\&= 1046.80 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kesimpulan :

❖ Untuk 1 m³ beton dibutuhkan :

- a. Air = 185 liter
- b. Semen = 355,77kg
- c. Pasir = 727.43 kg
- d. Krikil = 1046.80 kg

❖ Kebutuhan material untuk pengecoran

Cetakan silinder

$$\begin{aligned}\text{Tinggi} &= 0,3 \text{ m} \\ \text{Diameter} &= 0,15 \text{ m} \\ \text{Volume silinder} &= 0,0053 \text{ m}^3\end{aligned}$$

❖ Kebutuhan material untuk tiap variasi :

$$\begin{aligned}\text{a. Air} &= 185 \times 0,0053 \times 21 = 20.59 + (15\% \times 20.59) = 23,68 \text{ liter}\end{aligned}$$

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

- b. Semen = $355,77 \times 0,0053 \times 21 = 39.60 + (15\% \times 39.60) = 45,54 \text{ kg}$
- c. Pasir = $727,43 \times 0,0053 \times 21 = 80.96 + (15\% \times 80.96) = 93,10 \text{ kg}$
- d. Krikil = $1046,80 \times 0,0053 \times 21 = 116.50 + (15\% \times 116.50) = 133,98 \text{ kg}$

❖ Kebutuhan material keseluruhan :

No	Kode	Semen (kg)	Air (liter)	Pasir (kg)		Kerikil (kg)
				Merapi	Merah	
1	BPW 0 %	45.54	23.68	93.1	0	133.98
2	BPW 50%	45.54	23.68	46.55	46.55	133.98
3	BPW 75%	45.54	23.68	23.28	69.83	133.98
4	BPW 100%	45.54	23.68	0	93.1	133.98
Jumlah		182.16	94.72	162.925	209.475	535.92

LAMPIRAN 4

HASIL UJI KUAT TEKAN DAN TARIK BETON



LABORATORIUM KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14.5 Telepon (0274) 898444 eks 3250 dan 3259 Yogyakarta

Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 3 Hari

Keterangan/ Kode Benda Uji	No	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimu m (kN)	Kuat Desak (Mpa)	Kuat Desak Beton rata- rata
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)							
BPW 0 %	1	3	150.4	300.1	17756.83	0.00533	12.4	2326.968	233.2	13.13	12.77
	2	3	151.58	303.4	18036.55	0.00547	12.4	2265.962	237.5	13.17	
	3	3	150.26	303	17723.78	0.00537	12.4	2308.993	212.8	12.01	
BPW 50 %	1	3	151.68	300.9	18060.36	0.00543	12.1	2226.573	218.5	12.10	11.58
	2	3	150.6	300.6	17804.08	0.00535	11.8	2204.821	209	11.74	
	3	3	150.8	300.3	17851.40	0.00536	12	2238.482	194.4	10.89	
BPW 75 %	1	3	150.41	302	17759.19	0.00536	12	2237.439	180.3	10.15	10.24
	2	3	150.1	302.9	17686.06	0.00536	11.9	2221.348	211.9	11.98	
	3	3	150.8	301.89	17851.40	0.00539	11.8	2189.581	153.3	8.59	
BPW 100 %	1	3	151.19	300.98	17943.86	0.00540	11.7	2166.369	171.5	9.56	9.18
	2	3	150.5	304.1	17780.45	0.00541	11.8	2182.343	155.8	8.76	
	3	3	151.2	302.6	17946.23	0.00543	11.8	2172.901	165.2	9.21	

Dikerjakan Oleh

Sumirat Angga Prabowo

Disahkan oleh

Ka. Lab BKT



LABORATORIUM KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14.5 Telepon (0274) 898444 eks 3250 dan 3259 Yogyakarta

Hasil Kuat Desak Beton Umur 7 Hari

Keterangan/ Kode Benda Uji	No	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (Mpa)	Kuat Desak Beton rata- rata
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)							
BPW 0 %	1	7	151.1	302.61	17922.50	0.00542	12.5	2304.773	340.3	18.99	19.31
	2	7	151	299.1	17898.79	0.00535	12	2241.513	362.6	20.26	
	3	7	150.55	301.55	17792.26	0.00537	12.3	2292.528	332.3	18.68	
BPW 50 %	1	7	149.75	300	17603.67	0.00528	12	2272.253	286.9	16.30	18.44
	2	7	150.5	301.8	17780.45	0.00537	12.3	2292.151	319.6	17.97	
	3	7	151.3	303.9	17969.98	0.00546	12.3	2252.303	378.4	21.06	
BPW 75 %	1	7	150.8	302.76	17851.40	0.00540	12.2	2257.299	255.6	14.32	16.48
	2	7	150.36	303	17747.38	0.00538	12	2231.538	319.5	18.00	
	3	7	150.7	299.5	17827.73	0.00534	12	2247.441	305.2	17.12	
BPW 100 %	1	7	151.2	300.7	17946.23	0.00540	11.8	2186.630	267.1	14.88	11.08
	2	7	150.2	300.2	17709.63	0.00532	11.9	2238.344	170.1	9.60	
	3	7	150.64	302.84	17813.54	0.00539	12	2224.425	155.9	8.75	

Dikerjakan Oleh

Sumirat Angga Prabowo

Disahkan oleh

Ka. Lab BKT



LABORATORIUM KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14.5 Telepon (0274) 898444 eks 3250 dan 3259 Yogyakarta

Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Keterangan/ Kode Benda Uji	No	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (Mpa)	Kuat Desak Beton rata- rata
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)							
BPW 0 %	1	14	150.6	300	17804.08	0.00534	12.5	2340.287	421.3	23.66	24.60
	2	14	150	302.7	17662.50	0.00535	12.5	2338.005	443.4	25.10	
	3	14	151.08	302.3	17917.76	0.00542	12.4	2289.285	448.7	25.04	
BPW 50 %	1	14	150.98	301.9	17894.04	0.00540	12.3	2276.845	291.3	16.28	19.15
	2	14	149.7	300.14	17591.92	0.00528	12.4	2348.467	323.7	18.40	
	3	14	150.5	301.9	17780.45	0.00537	12.3	2291.392	404.9	22.77	
BPW 75 %	1	14	150.25	303	17721.42	0.00537	12.3	2290.677	259.1	14.62	18.65
	2	14	150	300.35	17662.50	0.00530	12.1	2280.896	366.1	20.73	
	3	14	149.75	301.25	17603.67	0.00530	12.2	2300.538	362.8	20.61	
BPW 100 %	1	14	150.5	302	17780.45	0.00537	12.1	2253.387	266.5	14.99	16.12
	2	14	149.75	300.25	17603.67	0.00529	11.8	2232.522	303	17.21	
	3	14	149	301.1	17427.79	0.00525	11.9	2267.744	281.7	16.16	

Dikerjakan Oleh

Sumirat Angga Prabowo

Disahkan oleh

Ka. Lab BKT



LABORATORIUM KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14.5 Telepon (0274) 898444 eks 3250 dan 3259 Yogyakarta

Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

Keterangan/ Kode Benda Uji	No	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (Mpa)	Kuat Desak Beton rata- rata
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)							
BPW 0 %	1	21	150.25	303	17721.42	0.00537	12.4	2309.300	410.3	23.15	24.96
	2	21	150	300.5	17662.50	0.00531	12.5	2355.122	420.7	23.82	
	3	21	150	301.26	17662.50	0.00532	12.5	2349.180	492.9	27.91	
BPW 50 %	1	21	151	302	17898.79	0.00541	12.2	2256.988	423.3	23.65	21.74
	2	21	149.5	299.25	17544.95	0.00525	12	2285.573	370.4	21.11	
	3	21	151.45	300.9	18005.63	0.00542	12.4	2288.713	368.4	20.46	
BPW 75 %	1	21	150	302	17662.50	0.00533	12.1	2268.435	444.9	25.19	20.38
	2	21	150.1	302.3	17686.06	0.00535	12.2	2281.869	375.2	21.21	
	3	21	150.1	301	17686.06	0.00532	12	2254.155	260.5	14.73	
BPW 100 %	1	21	150	301	17662.50	0.00532	12	2257.161	327.5	18.54	18.96
	2	21	150.5	301	17780.45	0.00535	12	2242.188	383.1	21.55	
	3	21	150	302	17662.50	0.00533	12	2249.687	296.8	16.80	

Dikerjakan Oleh

Sumirat Angga Prabowo

Disahkan oleh

Ka. Lab BKT



LABORATORIUM KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14.5 Telepon (0274) 898444 eks 3250 dan 3259 Yogyakarta

Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Keterangan/ Kode Benda Uji	No	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (Mpa)	kuat desak beton rata- rata
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)							
BPW 0 %	1	28	150	301	17662.50	0.00532	12.4	2332.400	480.3	27.19	26.81
	2	28	151.4	301	17993.74	0.00542	12.6	2326.391	501.5	27.87	
	3	28	150.7	301.2	17827.73	0.00537	12.5	2327.871	452.3	25.37	
BPW 50 %	1	28	149.4	300	17521.48	0.00526	12.3	2339.985	468.4	26.73	26.00
	2	28	149.9	299.8	17638.96	0.00529	12.1	2288.131	439.4	24.91	
	3	28	149.6	300.5	17568.43	0.00528	12.3	2329.849	463.1	26.36	
BPW 75 %	1	28	150	299.5	17662.50	0.00529	12	2268.466	367.6	20.81	20.76
	2	28	151.3	300.3	17969.98	0.00540	12	2223.711	437.5	24.35	
	3	28	149.7	300.4	17591.92	0.00528	12.1	2289.666	301.3	17.13	
BPW 100 %	1	28	149.4	300.4	17521.48	0.00526	11.8	2241.874	325.3	18.57	19.39
	2	28	150.4	301	17756.83	0.00534	12.1	2263.881	374.6	21.10	
	3	28	150.5	300	17780.45	0.00533	12	2249.662	329	18.50	

Dikerjakan Oleh

Sumirat Angga Prabowo

Disahkan oleh

Ka. Lab BKT



LABORATORIUM KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang Km 14.5 Telepon (0274) 898444 eks 3250 dan 3259 Yogyakarta

Kuat Tarik Beton Umur 28 Hari

Keterangan/ Kode Benda Uji	No	Umur Beton (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tarik Beton rata- rata
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)							
BPW 0 %	1	28	151.2	303.6	17946.23	0.00545	12.5	2294.220	172.6	2.39	2.53
	2	28	150.9	302	17875.09	0.00540	12.8	2371.127	193.5	2.70	
	3	28	151.2	300.4	17946.23	0.00539	12.3	2281.560	176.7	2.48	
BPW 50 %	1	28	150.1	302	17686.06	0.00534	12.1	2265.413	162.1	2.28	2.37
	2	28	151	303	17898.79	0.00542	12.2	2249.540	156.3	2.18	
	3	28	152.2	302.5	18184.40	0.00550	12.3	2236.046	191.4	2.65	
BPW 75 %	1	28	151.2	303	17946.23	0.00544	12	2206.812	158.2	2.20	2.28
	2	28	149.8	300.2	17615.43	0.00529	12	2269.224	161.9	2.29	
	3	28	149.5	301	17544.95	0.00528	12	2272.285	166.9	2.36	
BPW 100 %	1	28	151.6	304	18041.31	0.00548	12	2187.961	155.5	2.15	2.13
	2	28	149.2	302.1	17474.60	0.00528	12	2273.124	164.1	2.32	
	3	28	148.5	304	17311.02	0.00526	11.9	2261.262	137	1.93	

Dikerjakan Oleh

Sumirat Angga Prabowo

Disahkan oleh

Ka. Lab BKT

LAMPIRAN 5

HASIL UJI TEGANGAN REGANGAN BETON



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Hasil Uji Tegangan Regangan (BPW 0%)

Kode	No	D (cm)	T (cm)	A (mm ²)	Beban Max (kN)	F'c (MPa)	F'c rerata (Mpa)
BPW 0%	1	15.05	30.36	17789.46	384.90	21.64	21.92
	2	15.01	29.99	17695.03	454.10	25.66	
	3	14.99	30.00	17647.90	325.70	18.46	

Beban		Dial (...x10 ⁻³ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Regangan 0.5ΔL / Lo(...x10 ⁻⁴ mm)
KN	Kg			
0	0	0	0	0
10	1,019.37	5	0.56	0.13
20	2,038.74	13	1.12	0.33
30	3,058.10	22	1.69	0.55
40	4,077.47	30	2.25	0.75
50	5,096.84	37	2.81	0.93
60	6,116.21	45	3.37	1.13
70	7,135.58	54	3.93	1.35
80	8,154.94	61	4.50	1.53
90	9,174.31	70	5.06	1.75
100	10,193.68	76	5.62	1.90
110	11,213.05	86	6.18	2.15
120	12,232.42	95	6.75	2.38
130	13,251.78	104	7.31	2.60
140	14,271.15	113	7.87	2.83
150	15,290.52	124	8.43	3.10
160	16,309.89	139	8.99	3.48
170	17,329.26	148	9.56	3.70
180	18,348.62	157	10.12	3.93
190	19,367.99	169	10.68	4.23
200	20,387.36	181	11.24	4.53
210	21,406.73	191	11.80	4.78
220	22,426.10	205	12.37	5.13
230	23,445.46	219	12.93	5.48
240	24,464.83	231	13.49	5.78
250	25,484.20	245	14.05	6.13
260	26,503.57	262	14.62	6.55



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

270	27,522.94	275	15.18	6.88
280	28,542.30	294	15.74	7.35
290	29,561.67	318	16.30	7.95
300	30,581.04	335	16.86	8.38
310	31,600.41	360	17.43	9.00
320	32,619.78	396	17.99	9.90
330	33,639.14	410	18.55	10.25
340	34,658.51	434	19.11	10.85
350	35,677.88	452	19.67	11.30
360	36,697.25	483	20.24	12.08
370	37,716.62	520	20.80	13.00
380	38,735.98	592	21.36	14.80
384.9	39,235.47	725	21.64	18.13
380	38,735.98	774	21.36	19.35
370	37,716.62	863	20.80	21.58
360	36,697.25	930	20.24	23.25
350	35,677.88	975	19.67	24.38
340	34,658.51	998	19.11	24.95
330	33,639.14	1020	18.55	25.50
320	32,619.78	1040	17.99	26.00
310	31,600.41	1080	17.43	27.00
300	30,581.04	1110	16.86	27.75
0	0.00	0.00	0.00	0.00
10	1,019.37	3	0.57	0.08
20	2,038.74	7	1.13	0.18
30	3,058.10	12	1.70	0.30
40	4,077.47	22	2.26	0.55
50	5,096.84	32	2.83	0.80
60	6,116.21	40	3.39	1.00
70	7,135.58	50	3.96	1.25
80	8,154.94	59	4.52	1.48
90	9,174.31	69	5.09	1.73
100	10,193.68	80	5.65	2.00
110	11,213.05	88	6.22	2.20
120	12,232.42	96	6.78	2.40
130	13,251.78	105	7.35	2.63
140	14,271.15	112	7.91	2.80

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

150	15,290.52	120	8.48	3.00
160	16,309.89	127	9.04	3.18
170	17,329.26	137	9.61	3.43
180	18,348.62	137	10.17	3.43
190	19,367.99	137	10.74	3.43
200	20,387.36	137	11.30	3.43
210	21,406.73	145	11.87	3.63
220	22,426.10	159	12.43	3.98
230	23,445.46	171	13.00	4.28
240	24,464.83	184	13.56	4.60
250	25,484.20	197	14.13	4.93
260	26,503.57	210	14.69	5.25
270	27,522.94	223	15.26	5.58
280	28,542.30	237	15.82	5.93
290	29,561.67	252	16.39	6.30
300	30,581.04	265	16.95	6.63
310	31,600.41	280	17.52	7.00
320	32,619.78	295	18.08	7.38
330	33,639.14	313	18.65	7.83
340	34,658.51	330	19.21	8.25
350	35,677.88	345	19.78	8.63
360	36,697.25	362	20.34	9.05
370	37,716.62	378	20.91	9.45
380	38,735.98	394	21.47	9.85
390	39,755.35	410	22.04	10.25
400	40,774.72	433	22.61	10.83
410	41,794.09	454	23.17	11.35
420	42,813.46	476	23.74	11.90
430	43,832.82	510	24.30	12.75
440	44,852.19	550	24.87	13.75
450	45,871.56	609	25.43	15.23
454.1	46,289.50	679	25.66	16.98
450	45,871.56	709	25.43	17.73
440	44,852.19	741	24.87	18.53
430	43,832.82	775	24.30	19.38
420	42,813.46	800	23.74	20.00
410	41,794.09	917	23.17	22.93

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

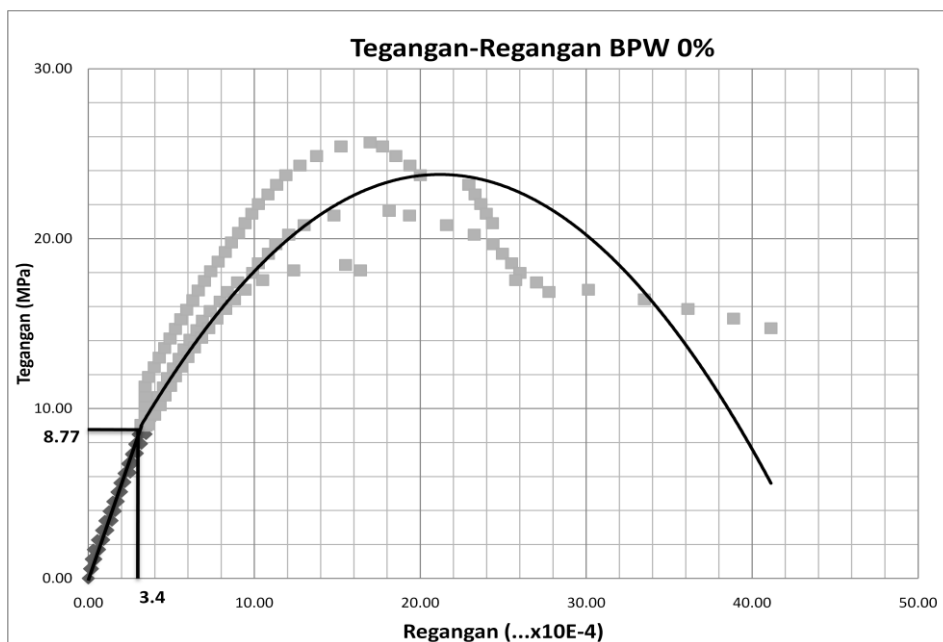
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

400	40,774.72	932	22.61	23.30
390	39,755.35	946	22.04	23.65
380	38,735.98	959	21.47	23.98
370	37,716.62	974	20.91	24.35
0	0	0	0.00	0.00
10	1,019.37	10	0.57	0.25
20	2,038.74	18	1.13	0.45
30	3,058.10	27	1.70	0.68
40	4,077.47	37	2.27	0.93
50	5,096.84	47	2.83	1.18
60	6,116.21	57	3.40	1.43
70	7,135.58	65	3.97	1.63
80	8,154.94	72	4.53	1.80
90	9,174.31	80	5.10	2.00
100	10,193.68	88	5.67	2.20
110	11,213.05	101	6.23	2.53
120	12,232.42	108	6.80	2.70
130	13,251.78	118	7.37	2.95
140	14,271.15	128	7.93	3.20
150	15,290.52	139	8.50	3.48
160	16,309.89	145	9.07	3.63
170	17,329.26	160	9.63	4.00
180	18,348.62	173	10.20	4.33
190	19,367.99	185	10.77	4.63
200	20,387.36	198	11.33	4.95
210	21,406.73	210	11.90	5.25
220	22,426.10	225	12.47	5.63
230	23,445.46	240	13.03	6.00
240	24,464.83	256	13.60	6.40
250	25,484.20	273	14.17	6.83
260	26,503.57	290	14.73	7.25
270	27,522.94	310	15.30	7.75
280	28,542.30	331	15.87	8.28
290	29,561.67	352	16.43	8.80
300	30,581.04	378	17.00	9.45
310	31,600.41	420	17.57	10.50
320	32,619.78	495	18.13	12.38

325.7	33,200.82	620	18.46	15.50
320	32,619.78	656	18.13	16.40
310	31,600.41	1030	17.57	25.75
300	30,581.04	1205	17.00	30.13
290	29,561.67	1340	16.43	33.50
280	28,542.30	1445	15.87	36.13
270	27,522.94	1555	15.30	38.88
260	26,503.57	1645	14.73	41.13



Kombinasi	σ maks (Mpa)	0.4 σ max (Mpa)	ϵ (10-4)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Empiris ($4700 \cdot \sqrt{f'_c}$)
BPW 0%	21.92	8.77	3.40	25786.05	22003.90

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Hasil Uji Tegangan Regangan (BPW 50%)

Kode	No	D (cm)	T (cm)	A (mm ²)	Beban Max (kN)	F'c (Mpa)	F'c rerata
BPW 50%	1	15.09	29.98	17884.15	409.50	22.90	24.40
	2	15.09	30.29	17884.15	465.40	26.02	
	3	15.03	30.00	17742.22	430.70	24.28	

Beban		Dial (...x10 ⁻³ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Regangan 0.5ΔL / Lo(...x10 ⁻⁴ mm)
KN	Kg			
0	0	0	0	0
10	1,019.37	10	0.56	0.25
20	2,038.74	19	1.12	0.48
30	3,058.10	31	1.68	0.78
40	4,077.47	40	2.24	1.00
50	5,096.84	49	2.80	1.23
60	6,116.21	58	3.35	1.45
70	7,135.58	69	3.91	1.73
80	8,154.94	79	4.47	1.98
90	9,174.31	90	5.03	2.25
100	10,193.68	99	5.59	2.48
110	11,213.05	110	6.15	2.75
120	12,232.42	120	6.71	3.00
130	13,251.78	134	7.27	3.35
140	14,271.15	144	7.83	3.60
150	15,290.52	159	8.39	3.98
160	16,309.89	170	8.95	4.25
170	17,329.26	185	9.51	4.63
180	18,348.62	195	10.06	4.88
190	19,367.99	210	10.62	5.25
200	20,387.36	225	11.18	5.63
210	21,406.73	240	11.74	6.00
220	22,426.10	255	12.30	6.38
230	23,445.46	271	12.86	6.78
240	24,464.83	288	13.42	7.20
250	25,484.20	305	13.98	7.63
260	26,503.57	321	14.54	8.03
270	27,522.94	336	15.10	8.40
280	28,542.30	355	15.66	8.88
290	29,561.67	378	16.22	9.45
300	30,581.04	399	16.77	9.98

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

310	31,600.41	420	17.33	10.50
320	32,619.78	445	17.89	11.13
330	33,639.14	476	18.45	11.90
340	34,658.51	499	19.01	12.48
350	35,677.88	520	19.57	13.00
360	36,697.25	567	20.13	14.18
370	37,716.62	604	20.69	15.10
380	38,735.98	641	21.25	16.03
390	39,755.35	693	21.81	17.33
400	40,774.72	755	22.37	18.88
409.5	41,743.12	931	22.90	23.28
400	40,774.72	1088	22.37	27.20
390	39,755.35	1201	21.81	30.03
380	38,735.98	1290	21.25	32.25
370	37,716.62	1369	20.69	34.23
360	36,697.25	1445	20.13	36.13
350	35,677.88	1510	19.57	37.75
340	34,658.51	1570	19.01	39.25
330	33,639.14	1640	18.45	41.00
320	32,619.78	1710	17.89	42.75
310	31,600.41	1800	17.33	45.00
300	30,581.04	1889	16.77	47.23
0	0.00	0	0.00	0.00
10	1,019.37	7	0.56	0.18
20	2,038.74	15	1.12	0.38
30	3,058.10	26	1.68	0.65
40	4,077.47	36	2.24	0.90
50	5,096.84	45	2.80	1.13
60	6,116.21	55	3.35	1.38
70	7,135.58	70	3.91	1.75
80	8,154.94	80	4.47	2.00
90	9,174.31	94	5.03	2.35
100	10,193.68	105	5.59	2.63
110	11,213.05	125	6.15	3.13
120	12,232.42	135	6.71	3.38
130	13,251.78	150	7.27	3.75
140	14,271.15	160	7.83	4.00
150	15,290.52	169	8.39	4.23
160	16,309.89	180	8.95	4.50
170	17,329.26	195	9.51	4.88
180	18,348.62	206	10.06	5.15

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

190	19,367.99	220	10.62	5.50
200	20,387.36	231	11.18	5.78
210	21,406.73	245	11.74	6.13
220	22,426.10	255	12.30	6.38
230	23,445.46	269	12.86	6.73
240	24,464.83	275	13.42	6.88
250	25,484.20	281	13.98	7.03
260	26,503.57	295	14.54	7.38
270	27,522.94	310	15.10	7.75
280	28,542.30	326	15.66	8.15
290	29,561.67	340	16.22	8.50
300	30,581.04	359	16.77	8.98
310	31,600.41	375	17.33	9.38
320	32,619.78	396	17.89	9.90
330	33,639.14	415	18.45	10.38
340	34,658.51	436	19.01	10.90
350	35,677.88	455	19.57	11.38
360	36,697.25	474	20.13	11.85
370	37,716.62	494	20.69	12.35
380	38,735.98	511	21.25	12.78
390	39,755.35	530	21.81	13.25
400	40,774.72	560	22.37	14.00
410	41,794.09	585	22.93	14.63
420	42,813.46	609	23.48	15.23
430	43,832.82	645	24.04	16.13
440	44,852.19	675	24.60	16.88
450	45,871.56	715	25.16	17.88
460	46,890.93	875	25.72	21.88
465.4	47,441.39	975	26.02	24.38
460	46,890.93	1050	25.72	26.25
450	45,871.56	1101	25.16	27.53
440	44,852.19	1155	24.60	28.88
430	43,832.82	1205	24.04	30.13
420	42,813.46	1260	23.48	31.50
410	41,794.09	1295	22.93	32.38
400	40,774.72	1345	22.37	33.63
390	39,755.35	1390	21.81	34.75
380	38,735.98	1445	21.25	36.13
370	37,716.62	1480	20.69	37.00
360	36,697.25	1520	20.13	38.00
0	0	0	0.00	0.00

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

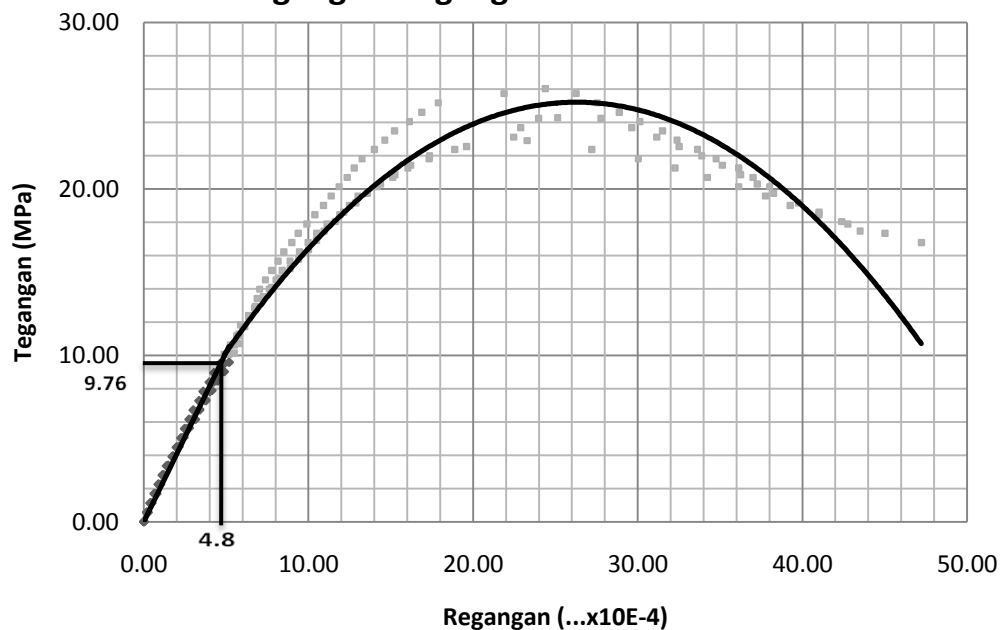
Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

10	1,019.37	7	0.56	0.18
20	2,038.74	16	1.13	0.40
30	3,058.10	25	1.69	0.63
40	4,077.47	35	2.25	0.88
50	5,096.84	46	2.82	1.15
60	6,116.21	59	3.38	1.48
70	7,135.58	71	3.95	1.78
80	8,154.94	85	4.51	2.13
90	9,174.31	97	5.07	2.43
100	10,193.68	110	5.64	2.75
110	11,213.05	120	6.20	3.00
120	12,232.42	135	6.76	3.38
130	13,251.78	150	7.33	3.75
140	14,271.15	165	7.89	4.13
150	15,290.52	179	8.45	4.48
160	16,309.89	195	9.02	4.88
170	17,329.26	207	9.58	5.18
180	18,348.62	219	10.15	5.48
190	19,367.99	231	10.71	5.78
200	20,387.36	231	11.27	5.78
210	21,406.73	235	11.84	5.88
220	22,426.10	254	12.40	6.35
230	23,445.46	271	12.96	6.78
240	24,464.83	290	13.53	7.25
250	25,484.20	310	14.09	7.75
260	26,503.57	330	14.65	8.25
270	27,522.94	355	15.22	8.88
280	28,542.30	376	15.78	9.40
290	29,561.67	400	16.35	10.00
300	30,581.04	419	16.91	10.48
310	31,600.41	438	17.47	10.95
320	32,619.78	465	18.04	11.63
330	33,639.14	485	18.60	12.13
340	34,658.51	515	19.16	12.88
350	35,677.88	543	19.73	13.58
360	36,697.25	575	20.29	14.38
370	37,716.62	610	20.85	15.25
380	38,735.98	648	21.42	16.20
390	39,755.35	694	21.98	17.35
400	40,774.72	784	22.55	19.60
410	41,794.09	898	23.11	22.45

420	42,813.46	915	23.67	22.88
430	43,832.82	959	24.24	23.98
430.7	43,904.18	1005	24.28	25.13
430	43,832.82	1110	24.24	27.75
420	42,813.46	1185	23.67	29.63
410	41,794.09	1246	23.11	31.15
400	40,774.72	1300	22.55	32.50
390	39,755.35	1355	21.98	33.88
380	38,735.98	1405	21.42	35.13
370	37,716.62	1450	20.85	36.25
360	36,697.25	1490	20.29	37.25
350	35,677.88	1530	19.73	38.25
340	34,658.51	1590	19.16	39.75
330	33,639.14	1640	18.60	41.00
320	32,619.78	1695	18.04	42.38
310	31,600.41	1740	17.47	43.50

Tegangan-Regangan BPW 50%



Kombinasi	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10 ⁻⁴)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Empiris (4700* $\sqrt{f_c}$)
BPW 50%	24.40	9.76	4.80	20332.18	23215.63



Hasil Uji Tegangan Regangan (BPW 75%)

Kode	No	D (cm)	T (cm)	A (mm ²)	Beban Max (kN)	F'c (Mpa)	F'c rerata
BPW 75%	1	15.10	29.96	17907.86	414.80	23.16	23.51
	2	15.10	30.04	17907.86	412.20	23.02	
	3	15.05	30.26	17789.46	433.20	24.35	

Beban		Dial (...x10 ⁻³ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Regangan 0.5ΔL / Lo(...x10 ⁻⁴ mm)
KN	Kg			
0	0	0	0	0
10	1,019.37	2	0.56	0.05
20	2,038.74	11	1.12	0.28
30	3,058.10	21	1.68	0.53
40	4,077.47	33	2.23	0.83
50	5,096.84	45	2.79	1.13
60	6,116.21	54	3.35	1.35
70	7,135.58	69	3.91	1.73
80	8,154.94	79	4.47	1.98
90	9,174.31	92	5.03	2.30
100	10,193.68	102	5.58	2.55
110	11,213.05	114	6.14	2.85
120	12,232.42	126	6.70	3.15
130	13,251.78	134	7.26	3.35
140	14,271.15	140	7.82	3.50
150	15,290.52	160	8.38	4.00
160	16,309.89	171	8.93	4.28
170	17,329.26	182	9.49	4.55
180	18,348.62	193	10.05	4.83
190	19,367.99	205	10.61	5.13
200	20,387.36	215	11.17	5.38
210	21,406.73	234	11.73	5.85
220	22,426.10	249	12.29	6.23
230	23,445.46	262	12.84	6.55
240	24,464.83	275	13.40	6.88
250	25,484.20	289	13.96	7.23
260	26,503.57	315	14.52	7.88
270	27,522.94	325	15.08	8.13
280	28,542.30	340	15.64	8.50
290	29,561.67	355	16.19	8.88
300	30,581.04	385	16.75	9.63
310	31,600.41	405	17.31	10.13
320	32,619.78	419	17.87	10.48



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

330	33,639.14	440	18.43	11.00
340	34,658.51	470	18.99	11.75
350	35,677.88	499	19.54	12.48
360	36,697.25	525	20.10	13.13
370	37,716.62	555	20.66	13.88
380	38,735.98	594	21.22	14.85
390	39,755.35	635	21.78	15.88
400	40,774.72	680	22.34	17.00
410	41,794.09	745	22.89	18.63
414.8	42,283.38	845	23.16	21.13
410	41,794.09	880	22.89	22.00
400	40,774.72	915	22.34	22.88
390	39,755.35	955	21.78	23.88
380	38,735.98	1010	21.22	25.25
370	37,716.62	1055	20.66	26.38
360	36,697.25	1115	20.10	27.88
350	35,677.88	1175	19.54	29.38
340	34,658.51	1225	18.99	30.63
330	33,639.14	1295	18.43	32.38
320	32,619.78	1340	17.87	33.50
0	0.00	0	0.00	0.00
10	1,019.37	7	0.56	0.18
20	2,038.74	14	1.12	0.35
30	3,058.10	20	1.68	0.50
40	4,077.47	27	2.23	0.68
50	5,096.84	34	2.79	0.85
60	6,116.21	41	3.35	1.03
70	7,135.58	49	3.91	1.23
80	8,154.94	65	4.47	1.63
90	9,174.31	73	5.03	1.83
100	10,193.68	82	5.58	2.05
110	11,213.05	90	6.14	2.25
120	12,232.42	109	6.70	2.73
130	13,251.78	116	7.26	2.90
140	14,271.15	129	7.82	3.23
150	15,290.52	150	8.38	3.75
160	16,309.89	160	8.93	4.00
170	17,329.26	171	9.49	4.28
180	18,348.62	180	10.05	4.50
190	19,367.99	205	10.61	5.13
200	20,387.36	219	11.17	5.48
210	21,406.73	243	11.73	6.08
220	22,426.10	255	12.29	6.38
230	23,445.46	269	12.84	6.73
240	24,464.83	295	13.40	7.38



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

250	25,484.20	316	13.96	7.90
260	26,503.57	330	14.52	8.25
270	27,522.94	350	15.08	8.75
280	28,542.30	367	15.64	9.18
290	29,561.67	390	16.19	9.75
300	30,581.04	410	16.75	10.25
310	31,600.41	430	17.31	10.75
320	32,619.78	455	17.87	11.38
330	33,639.14	475	18.43	11.88
340	34,658.51	503	18.99	12.58
350	35,677.88	525	19.54	13.13
360	36,697.25	555	20.10	13.88
370	37,716.62	590	20.66	14.75
380	38,735.98	630	21.22	15.75
390	39,755.35	654	21.78	16.35
400	40,774.72	720	22.34	18.00
410	41,794.09	800	22.89	20.00
412.2	42,018.35	880	23.02	22.00
410	41,794.09	910	22.89	22.75
400	40,774.72	1010	22.34	25.25
390	39,755.35	1070	21.78	26.75
380	38,735.98	1105	21.22	27.63
370	37,716.62	1140	20.66	28.50
360	36,697.25	1180	20.10	29.50
350	35,677.88	1220	19.54	30.50
340	34,658.51	1265	18.99	31.63
330	33,639.14	1315	18.43	32.88
0	0	0	0.00	0.00
10	1,019.37	8	0.56	0.20
20	2,038.74	11	1.12	0.28
30	3,058.10	30	1.69	0.75
40	4,077.47	39	2.25	0.98
50	5,096.84	49	2.81	1.23
60	6,116.21	51	3.37	1.28
70	7,135.58	70	3.93	1.75
80	8,154.94	85	4.50	2.13
90	9,174.31	96	5.06	2.40
100	10,193.68	106	5.62	2.65
110	11,213.05	120	6.18	3.00
120	12,232.42	130	6.75	3.25
130	13,251.78	145	7.31	3.63
140	14,271.15	155	7.87	3.88
150	15,290.52	169	8.43	4.23
160	16,309.89	183	8.99	4.58
170	17,329.26	196	9.56	4.90

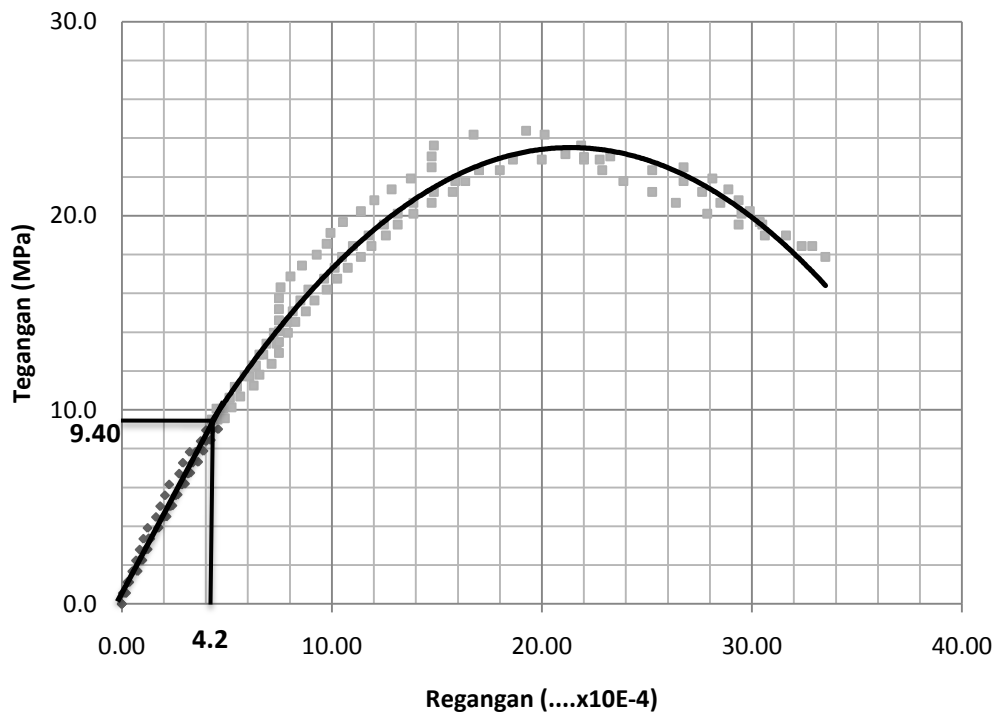
**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

180	18,348.62	209	10.12	5.23
190	19,367.99	225	10.68	5.63
200	20,387.36	251	11.24	6.28
210	21,406.73	262	11.80	6.55
220	22,426.10	285	12.37	7.13
230	23,445.46	299	12.93	7.48
240	24,464.83	299	13.49	7.48
250	25,484.20	299	14.05	7.48
260	26,503.57	299	14.62	7.48
270	27,522.94	299	15.18	7.48
280	28,542.30	299	15.74	7.48
290	29,561.67	302	16.30	7.55
300	30,581.04	321	16.86	8.03
310	31,600.41	343	17.43	8.58
320	32,619.78	371	17.99	9.28
330	33,639.14	390	18.55	9.75
340	34,658.51	397	19.11	9.93
350	35,677.88	421	19.67	10.53
360	36,697.25	455	20.24	11.38
370	37,716.62	481	20.80	12.03
380	38,735.98	514	21.36	12.85
390	39,755.35	550	21.92	13.75
400	40,774.72	590	22.49	14.75
410	41,794.09	590	23.05	14.75
420	42,813.46	594	23.61	14.85
430	43,832.82	670	24.17	16.75
433.6	44,199.80	770	24.37	19.25
430	43,832.82	805	24.17	20.13
420	42,813.46	875	23.61	21.88
410	41,794.09	930	23.05	23.25
400	40,774.72	1070	22.49	26.75
390	39,755.35	1125	21.92	28.13
380	38,735.98	1155	21.36	28.88
370	37,716.62	1175	20.80	29.38
360	36,697.25	1196	20.24	29.90
350	35,677.88	1215	19.67	30.38



Kombinasi	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10-4)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Empiris ($4700 \cdot \sqrt{f_c}$)
BPW 75 %	23.51	9.40	4.20	22391.21	22789.32

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Hasil Uji Tegangan Regangan (BPW 100%)

Kode	No	D (cm)	T (cm)	A (mm ²)	Beban Max (kN)	F'c (Mpa)	F'c rerata
BPW 100%	1	15.00	29.96	17671.46	363.30	20.56	19.44
	2	15.00	30.16	17671.46	311.40	17.62	
	3	15.00	30.18	17671.46	355.90	20.14	

Beban		Dial (...x10 ⁻³ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Regangan 0.5ΔL / Lo(...x10 ⁻⁴ mm)
KN	Kg			
0	0	0	0	0
10	1,019.37	10	0.57	0.25
20	2,038.74	25	1.13	0.63
30	3,058.10	35	1.70	0.88
40	4,077.47	49	2.26	1.23
50	5,096.84	65	2.83	1.63
60	6,116.21	76	3.40	1.90
70	7,135.58	95	3.96	2.38
80	8,154.94	110	4.53	2.75
90	9,174.31	128	5.09	3.20
100	10,193.68	145	5.66	3.63
110	11,213.05	165	6.22	4.13
120	12,232.42	182	6.79	4.55
130	13,251.78	203	7.36	5.08
140	14,271.15	220	7.92	5.50
150	15,290.52	243	8.49	6.08
160	16,309.89	264	9.05	6.60
170	17,329.26	282	9.62	7.05
180	18,348.62	302	10.19	7.55
190	19,367.99	320	10.75	8.00
200	20,387.36	320	11.32	8.00
210	21,406.73	320	11.88	8.00
220	22,426.10	330	12.45	8.25
230	23,445.46	350	13.02	8.75
240	24,464.83	370	13.58	9.25
250	25,484.20	395	14.15	9.88
260	26,503.57	417	14.71	10.43
270	27,522.94	441	15.28	11.03
280	28,542.30	450	15.84	11.25
290	29,561.67	473	16.41	11.83

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

300	30,581.04	502	16.98	12.55
310	31,600.41	530	17.54	13.25
320	32,619.78	562	18.11	14.05
330	33,639.14	597	18.67	14.93
340	34,658.51	535	19.24	13.38
350	35,677.88	560	19.81	14.00
360	36,697.25	665	20.37	16.63
363.3	37,033.64	715	20.56	17.88
360	36,697.25	775	20.37	19.38
350	35,677.88	830	19.81	20.75
340	34,658.51	841	19.24	21.03
330	33,639.14	843	18.67	21.08
320	32,619.78	851	18.11	21.28
310	31,600.41	860	17.54	21.50
300	30,581.04	875	16.98	21.88
290	29,561.67	889	16.41	22.23
280	28,542.30	899	15.84	22.48
0	0.00	0	0.00	0.00
10	1,019.37	10	0.57	0.25
20	2,038.74	20	1.13	0.50
30	3,058.10	30	1.70	0.75
40	4,077.47	42	2.26	1.05
50	5,096.84	54	2.83	1.35
60	6,116.21	69	3.40	1.73
70	7,135.58	80	3.96	2.00
80	8,154.94	95	4.53	2.38
90	9,174.31	107	5.09	2.68
100	10,193.68	120	5.66	3.00
110	11,213.05	134	6.22	3.35
120	12,232.42	146	6.79	3.65
130	13,251.78	169	7.36	4.23
140	14,271.15	180	7.92	4.50
150	15,290.52	195	8.49	4.88
160	16,309.89	209	9.05	5.23
170	17,329.26	232	9.62	5.80
180	18,348.62	246	10.19	6.15
190	19,367.99	264	10.75	6.60
200	20,387.36	283	11.32	7.08
210	21,406.73	301	11.88	7.53
220	22,426.10	320	12.45	8.00

**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

230	23,445.46	344	13.02	8.60
240	24,464.83	365	13.58	9.13
250	25,484.20	396	14.15	9.90
260	26,503.57	425	14.71	10.63
270	27,522.94	457	15.28	11.43
280	28,542.30	494	15.84	12.35
290	29,561.67	545	16.41	13.63
300	30,581.04	610	16.98	15.25
310	31,600.41	835	17.54	20.88
311.4	31,743.12	925	17.62	23.13
310	31,600.41	955	17.54	23.88
300	30,581.04	1025	16.98	25.63
290	29,561.67	1095	16.41	27.38
280	28,542.30	1110	15.84	27.75
270	27,522.94	1210	15.28	30.25
260	26,503.57	1295	14.71	32.38
250	25,484.20	1402	14.15	35.05
240	24,464.83	1535	13.58	38.38
230	23,445.46	1655	13.02	41.38
220	22,426.10	1770	12.45	44.25
0	0	0	0.00	0.00
10	1,019.37	9	0.57	0.23
20	2,038.74	20	1.13	0.50
30	3,058.10	45	1.70	1.13
40	4,077.47	56	2.26	1.40
50	5,096.84	73	2.83	1.83
60	6,116.21	89	3.40	2.23
70	7,135.58	106	3.96	2.65
80	8,154.94	120	4.53	3.00
90	9,174.31	138	5.09	3.45
100	10,193.68	155	5.66	3.88
110	11,213.05	175	6.22	4.38
120	12,232.42	194	6.79	4.85
130	13,251.78	210	7.36	5.25
140	14,271.15	225	7.92	5.63
150	15,290.52	235	8.49	5.88
160	16,309.89	255	9.05	6.38
170	17,329.26	276	9.62	6.90
180	18,348.62	294	10.19	7.35
190	19,367.99	309	10.75	7.73

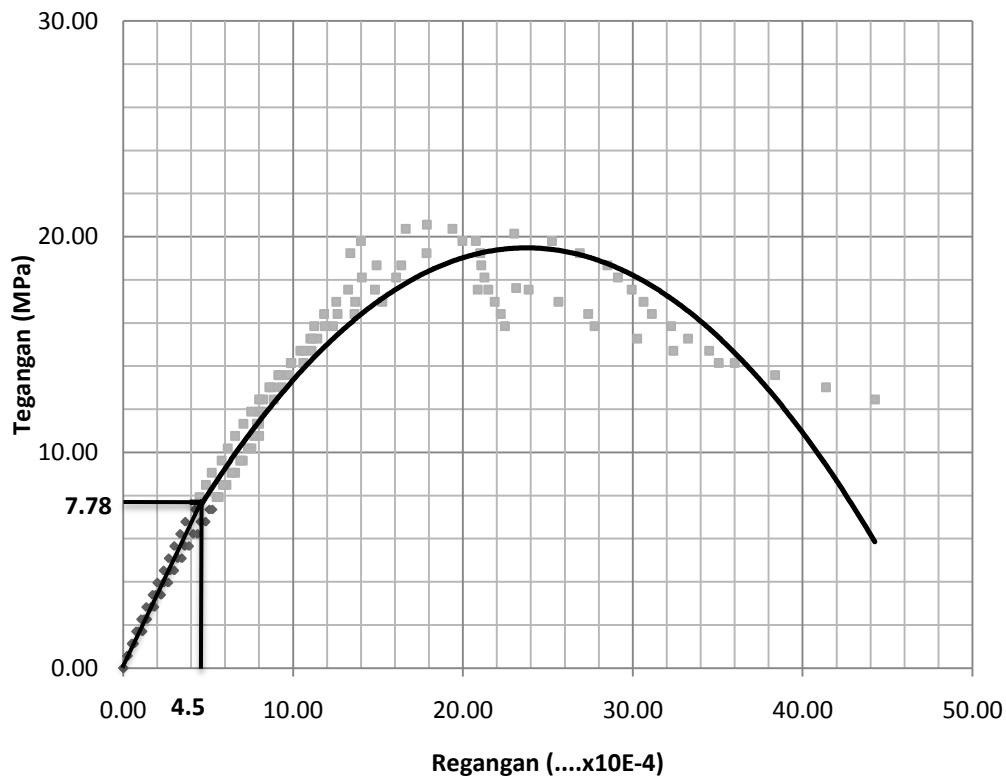
**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

200	20,387.36	315	11.32	7.88
210	21,406.73	327	11.88	8.18
220	22,426.10	355	12.45	8.88
230	23,445.46	374	13.02	9.35
240	24,464.83	391	13.58	9.78
250	25,484.20	424	14.15	10.60
260	26,503.57	444	14.71	11.10
270	27,522.94	445	15.28	11.13
280	28,542.30	475	15.84	11.88
290	29,561.67	505	16.41	12.63
300	30,581.04	546	16.98	13.65
310	31,600.41	593	17.54	14.83
320	32,619.78	643	18.11	16.08
330	33,639.14	655	18.67	16.38
340	34,658.51	714	19.24	17.85
350	35,677.88	799	19.81	19.98
355.9	36,279.31	921	20.14	23.03
350	35,677.88	1010	19.81	25.25
340	34,658.51	1075	19.24	26.88
330	33,639.14	1140	18.67	28.50
320	32,619.78	1165	18.11	29.13
310	31,600.41	1197	17.54	29.93
300	30,581.04	1225	16.98	30.63
290	29,561.67	1245	16.41	31.13
280	28,542.30	1290	15.84	32.25
270	27,522.94	1330	15.28	33.25
260	26,503.57	1380	14.71	34.50
250	25,484.20	1440	14.15	36.00



Kombinasi	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10-4)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Empiris ($4700 \cdot \sqrt{f_c}$)
BPW 100%	19.44	7.78	4.50	17280.01	20722.69

LAMPIRAN 6

Gambar-Gambar Dokumentasi



Gambar 7.1 Jenis Pasir Merah Wonogiri



Gambar 7.2 Jenis Pasir Hitam Merapi



Gambar 7.3 Batu Pecah Manual Ukuran 40 mm



Gambar 7.4 Semen Tiga Roda Jenis PCC



Gambar 7.5 Air Dari Laboratorium BKT UI



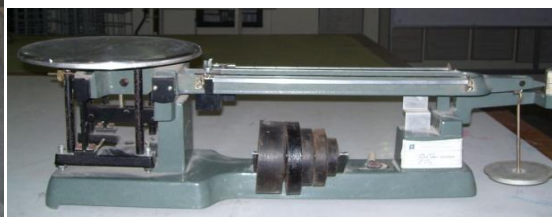
Gambar 7.6 Mistar dan Caliper



Gambar 7.7 Satu Set Saringan



Gambar 7.8 Oven



Gambar 7.9 Timbangan



Gambar 7.10 Mesin uji Desak Tipe ADR 3000



Gambar 7.11 Molen/ Mesin Pengaduk Campuran Beton



Gambar 7.12 Cetakan Beton



Gambar 7.13 Gelas Ukur



Gambar 7.14 Alat slump Test



Gambar 7.15 Proses Pencampuran Material



Gambar 7.16 Proses Pencetakan Beton



Gambar 7.17 Beton Sebelum Dibuka Bekisting



Gambar 7.18 Beton Setelah Dibuka Bekisting



Gambar 7.19 Tempat Perendaman Beton



Gambar 7.20 Pengujian Kuat Tekan dan Kuat tarik Beton



Gambar 7.21 Pengujian Tegangan Regangan Beton



Gambar 7.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik