

TUGAS AKHIR

**PENGARUH WAKTU PERAWATAN TERHADAP
KUAT DESAK BETON MUTU TINGGI
(*THE EFFECT OF CURING TIME ON THE
COMPRESSIVE STRENGTH OF HIGH STRENGTH
CONCRETE*)**

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



Ivanov Pratama

13511210

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2020

TUGAS AKHIR

PENGARUH WAKTU PERAWATAN TERHADAP KUAT DESAK BETON MUTU TINGGI (THE EFFECT OF CURING TIME ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF HIGH STRENGTH CONCRETE)

Disusun oleh

Ivanov Pratama

13511210

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

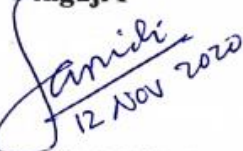
Diuji pada tanggal 15 Juli 2020

Oleh Dewan Penguji

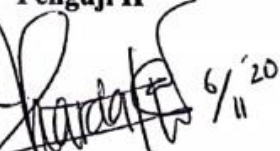
Pembimbing


Harsovo, Dr. Ir., M.Sc.
NIK: 835110202
6/11/2020

Penguji I


Sarwidi, Prof. Ir., MSCE., Ph.D.
NIK: 845110101
12 Nov 2020

Penguji II


Astriana Wardawati S.T., M.Eng.
NIK: 165111301
6/11/20

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Sri Azzahra Yuni Astuti, Dr. Ir., M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proposal tugas akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.



Yogyakarta, 1 Agustus 2019
Yang membuat pernyataan



Ivanov Pratama
(13511210)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah Subhanahuwata'ala, shalawat serta salam tak lupa penulis junjungkan kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabatnya, Alhamdulillah penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Waktu Perawatan Terhadap Kuat Desak Beton Mutu Tinggi. Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan ini penulis banyak mendapatkan bantuan, semangat dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga memudahkan dalam menyelesaikan tugas akhir yang disusun oleh penulis, dan pada kesempatan perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
3. Dr. Ir. Harsoyo, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dan membimbing penulis selama proses penyusunan berlangsung.
4. Kedua orang tua yang tidak henti-hentinya memanjatkan doa dan memberi memotivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Saudara-saudara sederah saya yang selalu memotivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Saudara-saudara Teknik Sipil 2013 yang telah menjadi rekan dan saudara selama menjalani masa kuliah.
7. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh sebab itu penulis mohon maaf. Semoga tugas akhir yang berjudul Pengaruh Waktu Perawatan Terhadap Kuat Desak Beton Mutu Tinggi dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Yogyakarta, 1 Agustus 2019

Penulis,



Ivanov Pratama

(13511210)



DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	xiv
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan penelitian	3
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Beton dan Bahan Tambah	5
2.3 Penelitian Terdahulu	6
2.4 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian Terdahulu	8
2.5 Keaslian Penelitian	12
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Beton	13
3.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton	13
3.3 Bahan Penyusun Beton	14
3.3.1 Agregat	14
3.3.2 Air	15
3.3.3 Semen Portland	16

3.4	Bahan Tambah	17
3.4.1	<i>Superplasticizer</i>	19
3.5	Perencanaan Campuran Beton	20
3.6	Kuat Desak Beton	25
3.7	Kuat Tarik Belah Beton	25
3.8	Umur beton	26
3.9	Waktu Perawatan	26
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		26
4.1	Tinjauan Umum	27
4.2	Bahan yang Digunakan	27
4.3	Alat yang Digunakan	29
4.4	Pengujian Material	34
4.5	Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	35
4.6	Pembuatan Benda Uji	37
4.7	Pengujian Beton	38
4.6.1	Kuat Desak Beton	38
4.6.2	Kuat Tarik Belah Beton	39
4.8	Tahapan Penelitian	39
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		45
5.1	Umum	45
5.2	Pengujian Agregat Halus	45
5.2.1	Berat Jenis dan Penyerapan Air	45
5.2.2	Modulus Halus Butir	47
5.2.3	Berat Volume Agregat Halus	49
5.2.4	Kadar Lumpur Agregat Halus	50
5.3	<i>Pengujian Agregat Kasar</i>	51
5.3.1	Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	52
5.3.2	Modulus Halus Butir	53
5.3.3	Berat Volume Agregat Kasar	55
5.4	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	57
5.5	Hasil Pengujian Nilai Slump dan <i>Workability</i>	58

5.6	Kuat Desak Beton	59
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		68
6.1	Kesimpulan	68
6.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN		71



DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian	9
Tabel 3 1 Rasio (<i>w/c</i>) Maksimum yang disarankan (Tanpa <i>Superplasticizer</i>)	21
Tabel 3 2 Rasio (<i>w/c</i>) Maksimum yang disarankan (Dengan <i>Superplasticizer</i>)	22
Tabel 3 3 Fraksi Volume Agregat Kasar yang Disarankan	23
Tabel 3 4 Estimasi Pertama Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Beton Segar Berdasarkan Pasir dengan 35% Rongga Udara	24
Tabel 5 1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	45
Tabel 5 2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	48
Tabel 5 3 Spesifikasi Gradasi Pasir Daerah II	48
Tabel 5 4 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur	49
Tabel 5 5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat	50
Tabel 5 6 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur pada Agregat Halus	51
Tabel 5 7 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	52
Tabel 5 8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	54
Tabel 5 9 Spesifikasi Gradasi Kerikil dengan Besar Butir Maksimum 20 mm	55
Tabel 5 10 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar	56
Tabel 5 11 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	56
Tabel 5 12 Proporsi Kebutuhan Material Penyusun Beton per m ³	58
Tabel 5 13 Proporsi Kebutuhan Material Penyusun Beton per 10 Sampel	58
Tabel 5 14 Hasil Nilai Slump Dengan Menggunakan <i>Superplasticizer</i>	59
Tabel 5 15 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 Hari	60
Tabel 5 16 Persentasi Perubahan Kuat Desak Rata-Rata Terhadap Kuat Desak Tanpa Perawatan	64
Tabel 5 17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari	64
Tabel 5 18 Persentasi Perubahan Kuat Tarik Belah Rata-Rata Terhadap Kuat Tarik Belah Tanpa Perawatan	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Saringan Agregat	29
Gambar 4.2	Timbangan	30
Gambar 4.3	Neraca Ohaus	30
Gambar 4.4	Piknometer	31
Gambar 4.5	Oven	31
Gambar 4.6	Mesin Pengaduk Beton	32
Gambar 4.7	Sekop Semen	32
Gambar 4.8	Kerucut Abrams	33
Gambar 4.9	Cetakan Silinder	33
Gambar 4.10	Mesin Kuat Desak dan Tarik Belah	34
Gambar 4.11	Flowchart Tahap-tahap Penelitian	42
Gambar 5.1	Piknometer	46
Gambar 5.2	Saringan Agregat	47
Gambar 5.3	Mesin Pengguncang Agregat Halus	47
Gambar 5.4	Gradasi Agregat Halus	49
Gambar 5.5	Saringan No.200	51
Gambar 5.6	Keranjang Air	52
Gambar 5.7	Saringan Agregat Kasar	53
Gambar 5.8	Mesin Pengguncang Agregat Kasar	54
Gambar 5.9	Gradasi Agregat Kasar	55
Gambar 5.10	Grafik Hasil Analisis Pengujian Kuat Desak	61
Gambar 5.11	Grafik Hasil Analisis Persentasi Perubahan Kuat Desak	61
Gambar 5.12	Grafik Hasil Analisis Pengujian Kuat Tarik Belah	65
Gambar 5.13	Grafik Hasil Analisis Persentasi Perubahan Kuat Tarik Belah	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	71
Lampiran 2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	72
Lampiran 3	Modulus Halus Butir Agregat Halus	73
Lampiran 4	Gradasi Pasir	74
Lampiran 5	Gambar Analisa Saringan Agregat Halus	75
Lampiran 6	Modulus Halus Butir Agregat Kasar	76
Lampiran 7	Gradasi Kerikil	77
Lampiran 8	Gambar Analisa Saringan Agregat Kasar	78
Lampiran 9	Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Halus	79
Lampiran 10	Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Halus	80
Lampiran 11	Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Kasar	81
Lampiran 12	Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Kasar	82
Lampiran 13	Pemeriksaan Butiran Lolos Ayakan No. 200	83
Lampiran 14	Perhitungan Proporsi Campuran	84
Lampiran 15	Laporan Hasil Pengujian Desak dan Tarik Belah Beton	89
Lampiran 16	Foto Benda Uji	95

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$f'c$	= Kuat Tekan Yang Disyaratkan (MPa)
$f'cr$	= Kuat Tekan Rata-Rata yang Direncanakan (MPa)
M	= Nilai Tambah (MPa)
Sd	= Deviasi Standar Rencana (MPa)
Wh	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
Wk	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
BJ_{AG}	= Berat Jenis Agregat Gabungan
BJ_{AH}	= Berat Jenis Agregat Halus
BJ_{AK}	= Berat Jenis Agregat Kasar
$\%AH$	= Persentase Agregat Halus
$\%AK$	= Persentase Agregat Kasar
P	= Beban Maksimum
A	= Luas Penampang Yang Menerima Beban
fas	= Faktor Air Semen
SNI	= Standard Nasional Indonesia
PBI	= Peraturan Beton Indonesia
PCC	= <i>Portland Composite Cement</i>
MHB	= Modulus Halus Butir

ABSTRAK

Sektor konstruksi di Indonesia menempati posisi ketiga setelah sektor industri dan sektor perdagangan dalam kontribusinya sebagai sumber pertumbuhan ekonomi negara. Oleh karena itu, beton sebagai bahan konstruksi yang sering digunakan harus dipastikan kualitasnya. Berbagai macam bahan tambah dapat dicampurkan agar menghasilkan beton yang sesuai dengan target yang telah ditentukan. Apabila beton yang dibuat tidak mendapat perawatan yang tepat, maka kualitas beton yang dihasilkan menjadi tidak sesuai dengan target yang telah ditentukan.

Material campuran beton menggunakan agregat halus berupa pasir yang berasal dari Merapi, agregat kasar berupa batuan pecah yang berasal dari Clereng, dan *superplasticizer* berjenis *sika viscocrete 3115N*. Perencanaan campuran menggunakan metode SNI 03-6368-2000 dengan kuat tekan desak rencana sebesar 42 MPa. Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 28 hari.

Penelitian yang dilakukan adalah perendaman dengan waktu perawatan selama 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 26 hari, dan tanpa perawatan. Setiap variasi dicampurkan *superplasticizer* berjenis *sika viscocrete 3115N* secara konsisten sebesar 0,6% dari berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat desak beton yang optimum terdapat pada perawatan beton dengan perendaman selama 7 hari yaitu sebesar 45,26 MPa dan untuk kuat tarik belah beton yang optimum terdapat pada perawatan beton dengan perendaman selama 7 hari yaitu sebesar 3,09 MPa.

Kata Kunci : Waktu perawatan, beton mutu tinggi, *superplasticizer*, kuat desak, kuat tarik belah

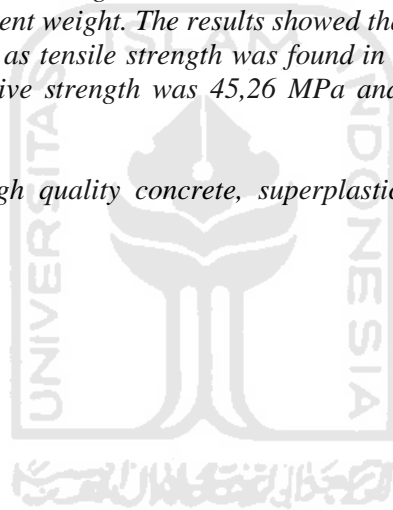
ABSTRACT

The construction sector in Indonesia gets third rank after the industrial sector and the trade sector in its contribution as the growth of economic source for the country. Therefore, the quality of concrete as a construction material that is often used must be ensured. Various kinds of added ingredients can be mixed to produce concrete in accordance with the specified targets. If the concrete does not get proper curing, the quality of the concrete will not be in accordance with the specified target.

Concrete mixture materials are fine aggregate in the form of sand from Merapi, split coarse aggregate from Clereng, and superplasticizer, sika's type viscoconcrete 3115N. Mixed design based on SNI 03-6368-2000 method, for high strength concrete 42 MPa. Testing is done after the concrete reaches in 28 days age.

The research conducted with curing time by soaking for 3 days, 7 days, 14 days, 21 days, 26 days, and without curing. Each variation is mixed with the viscoconcrete sika's type 3115N 0.6% of the cement weight. The results showed that the optimum compressive strength of concrete as well as tensile strength was found in the curing of concrete by 7 days, the optimum compressive strength was 45,26 MPa and tensile strength was 3,09 MPa

Keywords: *Curing time, high quality concrete, superplasticizer, solid pressure, solid tensile strength.*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang berkembang dalam dunia konstruksi baik itu sarana maupun prasarana sebagai fasilitas bagi masyarakat. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Nasional (2016), mengenai sumber pertumbuhan ekonomi Indonesia, sektor konstruksi menempati urutan ketiga dengan kontribusi 0,51% setelah sektor industri dan sektor perdagangan. Hal ini tentu sangat menjelaskan betapa pentingnya sektor konstruksi sebagai penyokong pertumbuhan ekonomi bangsa. Oleh karena itu, pembangunan konstruksi tentunya membutuhkan bahan-bahan untuk pelaksanaan konstruksi, salah satu bahan yang sering digunakan yaitu beton.

Beton adalah hasil dari pencampuran antara air, semen, agregat kasar dan agregat halus yang di dalamnya terdapat interaksi secara mekanis dan kimiawi (Mulyono, 2003). Beton sering digunakan dalam konstruksi karena memiliki banyak keunggulan yaitu, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, memiliki kuat desak yang tinggi, dan tahan terhadap perubahan cuaca. Namun dibalik kelebihanannya juga terdapat kekurangan, beton memiliki sifat getas (tidak daktil), apabila terjadi kesalahan dalam perhitungan komposisi bahan, kesalahan dalam pelaksanaan maupun kesalahan perhitungan beban, akan menyebabkan kegagalan konstruksi.

Beton mutu tinggi adalah beton dengan void (rongga) yang sedikit, membentuk beton yang padat sehingga kadar udara dalam beton mengecil, hal inilah yang menyebabkan kuat desak beton meningkat daripada beton mutu normal. Tujuan penggunaan beton mutu tinggi adalah memperkecil dimensi beton yang akan digunakan. Banyak cara untuk meningkatkan mutu beton, salah satunya yaitu dengan penambahan *superplasticizer*. Zat ini berfungsi untuk meningkatkan *workability* pada beton dan dapat meningkatkan kuat desak beton. Penambahan *superplasticizer* secara spesifik berguna untuk mengurangi penggunaan air pada beton hingga 20% maksimum, yang mana zat kimia ini mampu mendispersi molekul semen menjadi lebih merata sehingga akan menghasilkan reaksi hidrasi

beton yang lebih sempurna. Hal ini yang membuat molekul pada beton menjadi kompak dan padat sehingga daya ikatnya semakin baik (Razak, 2018). Akan tetapi, apabila campurannya melebihi dosis akan menyebabkan turunnya kuat desak beton.

Untuk mendapatkan beton dengan kualitas yang baik, maka perawatan (*curing time*) pada beton perlu dilakukan. Pada saat ini sering ditemui dalam pelaksanaan proyek, perawatan beton belum begitu diperhatikan, karena hal ini hanya menambah durasi pekerjaan. Beton normal dengan perawatan perendaman, tanpa perawatan dan perawatan pada *elevated temperature*, didapati bahwa, beton dengan perawatan perendaman memiliki kuat desak terbesar, yaitu 31,32 MPa sedangkan pada beton tanpa perawatan 18,40 MPa dengan pengujian kuat desak pada hari ke 28 (Angjaya, 2013). Oleh karena itu, penelitian kali ini ingin mengetahui bagaimana dampak perawatan (*curing time*) terhadap kuat desak beton mutu tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka rumusan masalah yang diperoleh adalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana kuat desak optimum beton mutu tinggi dengan variasi hari perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 26 hari dan tanpa perendaman?
2. Bagaimana kuat tarik belah optimum beton mutu tinggi dengan variasi hari perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 26 hari perendaman dan tanpa perendaman?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dilaksanakan yaitu untuk mengetahui hal-hal sebagai berikut ini.

1. Mengetahui kuat desak optimum beton mutu tinggi dengan variasi hari perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 26 hari dan tanpa perendaman.
2. Mengetahui kuat tarik belah optimum beton mutu tinggi dengan variasi hari perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 26 hari dan tanpa perendaman.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Memberikan kontribusi dalam perkembangan ilmu bahan dan struktur.
2. Memberikan informasi yang valid tentang manfaat (*curing time*) pada beton mutu tinggi untuk bahan acuan proyek.
3. Menjadi referensi mengenai pengaruh *curing time* terhadap kuat desak beton mutu tinggi untuk penelitian selanjutnya dengan variasi lainnya.

1.5 Batasan penelitian

Batasan penelitian diperlukan sebagai pedoman agar penelitian yang akan dilakukan dapat terarah dan tidak meluas. Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* (PCC) merk Tiga Roda.
2. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah yang berasal dari Clereng.
3. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Merapi.
4. Penelitian dilakukan pada beton mutu tinggi dengan kuat tekan beton rencana ($f'c$) = 42 MPa.
5. Benda uji berbentuk silinder dengan \varnothing 15 cm x 30 cm.
6. Metode perencanaan campuran adukan beton berpedoman pada SNI 03-6468-2000.
7. *Superplasticizer* yang digunakan merk *Sika Viscocrete 3115 N* (Polycarboxylate) yang diproduksi oleh PT. Sika Indonesia dengan kadar 0,6% dari berat semen.
8. Variasi hari perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 26 hari dan tanpa perendaman.
9. Sampel yang digunakan untuk pengujian kuat desak dan kuat tarik belah yaitu 5 buah untuk setiap variasi hari
10. Pengujian beton dilakukan pada umur 28 hari meliputi uji kuat desak dan uji kuat tarik belah.

11. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
12. Perawatan benda uji beton dilakukan dengan cara merendam dalam bak air sesuai variasi hari.
13. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.



BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan sebagai material dalam pelaksanaan konstruksi baik dalam skala kecil ataupun besar. Hal ini dikarenakan beton mampu menahan beban yang besar selain itu beton juga sangat mudah dibuat karena sumber daya bahan-bahan pembuatannya masih sangat banyak dan mudah dicari. Beton dapat disesuaikan dengan kebutuhannya, misalnya untuk konstruksi bangunan bertingkat tinggi, maka dapat dibuat beton dengan mutu tinggi untuk memperkecil dimensi struktur.

2.2 Beton dan Bahan Tambah

Beton adalah hasil dari pencampuran anantara air, semen *portland*, agregat kasar dan agregat halus yang terkadang ditambahkan dengan bahan tambah yang bervariasi (Tjokrodimuljo, 1992). Pengerasan pada campuran terjadi akibat adanya reaksi kimia antara molekul pada air dan semen. Banyak faktor lainnya yang mempengaruhi kekuatan beton, baik secara internal misalnya gradasi agregat, kualitas agregat, kualitas semen serta faktor eksternal seperti, proses pelaksanaan dan proses perawatan beton.

Bahan yang dapat ditambahkan pada beton dibagi menjadi dua, yaitu bahan tambah kimia dan bahan tambah mineral. Bahan tambah ini juga memiliki fungsi yang berbeda-beda seperti, menambah kuat desak beton, mempercepat waktu ikat beton, memperlambat waktu ikat ataupun mempermudah pekerjaan saat pengadukan beton. Salah satu bahan tambah yang sering digunakan dalam campuran beton untuk mempermudah pekerjaan saat pengadukan adalah *superplasticizer*. Menurut Antoni (2007) *superplasticizer* dapat ditambahkan selama proses pengecoran berlangsung, jumlah yang dicampurkan ke dalam adukan ini sangat sedikit sehingga diperlukan ketelitian agar beton yang dihasilkan sesuai dengan keinginan. Penambahan *superplasticizer* dapat mempermudah pekerjaan saat pengadukan beton, hal ini berguna untuk

memaksimalkan ikatan antar molekul air dan semen lalu mengurangi rongga yang ada pada beton, sehingga kuat desak beton meningkat.

2.3 Penelitian Terdahulu

Angjaya dkk (2013) telah melakukan penelitian tentang perbandingan kuat tekan antara beton dengan perawatan pada *elevated temperature*, dan perawatan dengan cara perendaman serta tanpa perawatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat tekan dan perilaku kuat tekan menurut umur perawatan beton. Variasi umur beton yaitu, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Benda uji beton normal berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Pengujian dilakukan sesuai dengan umur beton, hasil kuat desak yang diperoleh adalah sebagai berikut ini.

- Perendaman, dengan umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari berturut-turut yaitu : 16,59 MPa, 25,08 MPa, 29,03 MPa dan 31,32 MPa.
- Oven satu hari tanpa perendaman, dengan umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari berturut-turut yaitu : 20,05 MPa, 25,59 MPa, 26,74 MPa dan 27,08 MPa.
- Oven satu hari dengan perendaman, dengan umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari berturut-turut yaitu : 15,79 MPa, 19,54 MPa, 24,87 MPa dan 28,61 MPa.
- Tanpa perawatan, dengan umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari berturut-turut yaitu : 10,70 MPa, 15,60 MPa, 18,40 MPa dan 18,02 MPa.

Wijaya dkk (2002) telah melakukan penelitian tentang pengaruh lama perendaman terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama perendaman terhadap kuat tekan beton. Variasi perawatan beton yaitu, 0 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Benda uji beton normal berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian dilakukan pada hari ke 28, hasil kuat desak yang diperoleh adalah sebagai berikut ini.

- Pada perendaman selama 0, 7, 14, 21 dan 28 hari berturut-turut yaitu : 24,13 MPa, 30,50 MPa, 32,00 MPa, 32,14 MPa dan 29,20 MPa.

Prayuda dkk (2018) telah melakukan penelitian tentang pengaruh perawatan (*curing*) perendaman air laut dan air tawar terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rendaman air tawar dan air laut terhadap kuat tekan beton. Variasi penelitian dengan tiga jenis merk semen dan perawatan perendaman dengan air laut dan tawar masing-masing 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Benda uji beton normal berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300mm. Pengujian dilakukan sesuai dengan umur beton, hasil kuat desak yang diperoleh adalah sebagai berikut ini.

- Semen Holcim

Pada air tawar dengan umur beton 7, 14 dan 28 hari yaitu : 18,80 MPa, 23,40 MPa, dan 23,85 MPa.

Pada air laut dengan umur beton 7, 14, dan 28 hari yaitu : 21,60 MPa, 22,20 MPa, dan 29,70 MPa.

- Semen Gresik

Pada air tawar dengan umur beton 7, 14 dan 28 hari yaitu : 12,10 MPa, 15,70 MPa, dan 23,70 MPa.

Pada air laut dengan umur beton 7, 14, dan 28 hari yaitu : 19,20 MPa, 19,80 MPa, dan 26,70 MPa.

- Semen Tiga Roda

Pada air tawar dengan umur beton 7, 14 dan 28 hari yaitu : 23,70 MPa, 22,70 MPa, dan 29,50 MPa.

Pada air laut dengan umur beton 7, 14, dan 28 hari yaitu : 22,90 MPa, 26,00 MPa, dan 28,00 MPa.

Rizkina (2016) telah melakukan penelitian tentang analisa perbandingan campuran beton dengan menggunakan agregat halus dari Tenggarong, Palu dan agregat kasar dari Palu dengan cara perendaman dan tidak di rendam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton dengan variasi agregat dengan perendaman dan tidak direndam. Variasi umur beton yaitu 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Benda uji beton normal berbentuk silinder

dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Pengujian dilakukan sesuai dengan umur beton, hasil kuat desak yang diperoleh adalah sebagai berikut ini.

- Perendaman, dengan umur beton 3, 7, 14, 21 dan 28 hari berturut-turut yaitu : 27,97 MPa, 25,41 MPa, 23,14 MPa, 22,98 MPa dan 24,10 MPa.
- Tanpa perendaman, dengan umur beton 3, 7, 14, 21 dan 28 hari berturut-turut yaitu : 24,57 MPa, 20,88 MPa, 18,26 MPa, 15,84 MPa dan 16,18 MPa.

2.4 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.



Tabel 2 1 Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian

	Penelitian Terdahulu				Rencana Penelitian
Nama Peneliti	Decky Ari Wijaya, Pangki Agus Suwito (2002)	Novi Angjaya, E.J. Kumaat, S.E. Wallah, H. Tanudjaja (2013)	Haidir Rizkina (2016)	Hakas Prayuda, As'at Pujianto (2018)	Ivanov Pratama (2018)
Judul Penelitian	Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Kuat Tekan Beton	Perbandingan Kuat Tekan Antara Beton Dengan Perawatan Pada <i>Elevated Temperature &</i> Perawatan dengan Cara Perendaman Serta Tanpa Perawatan	Analisa Perbandingan Campuran Beton Dengan Menggunakan Agregat Halus Ex. Tenggarong Ex. Palu dan Agregat Kasar Ex. Palu Dengan Cara Perendaman dan Tidak Direndam	Pengaruh Perawatan (<i>Curing</i>) Perendaman Air Laut dan Air Tawar Terhadap Kuat Tekan Beton	Pengaruh Waktu Perawatan Terhadap Kuat Desak dan Tarik Belah Beton Mutu Tinggi
Tujuan	untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama perendaman terhadap kuat tekan beton	untuk mengetahui perbandingan kuat tekan dan perilaku kuat tekan menurut umur perawatan beton	untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton dengan variasi agregat dengan perendaman dan tidak direndam	untuk mengetahui pengaruh rendaman air tawar dan air laut terhadap kuat tekan beton	Untuk mengetahui lama perawatan yang ideal untuk beton mutu tinggi
Parameter yang Diuji	Kuat desak	Kuat desak	Kuat desak	Kuat desak	Kuat desak dan Tarik belah
Mutu	25 MPa	30 MPa	20,75 MPa	25 MPa	42 MPa

Sumber : Angjaya (2013), Wijaya (2002), Prayuda (2018), Rizkina (2016)

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian

	Penelitian Terdahulu				Rencana Penelitian
Nama Peneliti	Decky Ari Wijaya, Pangki Agus Suwito (2002)	Novi Angjaya, E.J. Kumaat, S.E. Wallah, H. Tanudjaja (2013)	Haidir Rizkina (2016)	Hakas Prayuda, As'at Pujianto (2018)	Ivanov Pratama (2018)
Metode Penelitian	Pengujian ini menggunakan benda uji silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan masing-masing 20 benda uji untuk tiap variasi hari perendaman beton	Pengujian ini menggunakan benda uji silinder diameter 100 mm dan tinggi 200 mm dan masing-masing 3 benda uji untuk tiap variasi perawatan dan umur beton	Pengujian ini menggunakan benda uji silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan masing-masing 3 benda uji untuk tiap variasi perawatan dan umur beton	Pengujian ini menggunakan benda uji silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan masing-masing 3 benda uji untuk tiap variasi semen, air perendaman, dan hari perendaman beton	Pengujian ini menggunakan benda uji silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan masing-masing 5 benda uji untuk tiap variasi hari perendaman dan jenis pengujian
Hasil Penelitian	Pada perendaman selama 0, 7, 14, 21 dan 28 hari yaitu : 24,13; 30,50; 32,00; 32,14 dan 29,20 MPa.	- Perendaman, dengan umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari yaitu : 16,59; 25,08; 29,03; dan 31,32 MPa.	- Perendaman, dengan umur beton 3, 7, 14, 21 dan 28 hari berturut-turut yaitu : 27,97 MPa, 25,41 MPa, 23,14 MPa, 22,98 MPa dan 24,10 MPa.	- Semen Holcim Air tawar dengan umur beton 7, 14 dan 28 hari yaitu : 18,80; 23,40 dan 23,85 MPa. Air laut yaitu : 21,60; 22,20 dan 29,70 MPa.	

Sumber : Angjaya (2013), Wijaya (2002), Prayuda (2018), Rizkina (2016)

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian

	Penelitian Terdahulu			Rencana Penelitian	
Nama Peneliti	Decky Ari Wijaya, Pangki Agus Suwito (2002)	Novi Angjaya, E.J. Kumaat, S.E. Wallah, H. Tanudjaja (2013)	Haidir Rizkina (2016)	Hakas Prayuda, As'at Pujianto (2018)	Ivanov Pratama (2018)
Hasil Penelitian		<ul style="list-style-type: none"> - Oven satu hari tanpa perendaman, dengan umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari yaitu : 20,05; 25,59; 26,74 dan 27,08 MPa - Oven satu hari dengan perendaman dengan umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari yaitu : 15,79; 19,54; 24,87 dan 28,61 MPa - Tanpa perawatan, dengan umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari yaitu : 10,70; 15,60; 18,40 dan 18,02 MPa 	<ul style="list-style-type: none"> - Tanpa perendaman, dengan umur beton 3, 7, 14, 21 dan 28 hari berturut-turut yaitu : 24,57 MPa, 20,88 MPa, 18,26 MPa, 15,84 MPa dan 16,18 MPa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Semen Gresik Air tawar dengan umur beton 7, 14 dan 28 hari yaitu : 12,10; 15,70; dan 23,70 MPa. Air laut yaitu : 19,20; 19,80 dan 26,70 MPa. - Semen Tiga Roda Air tawar dengan umur beton 7, 14 dan 28 hari yaitu : 23,70; 22,70 dan 29,50 MPa. Air laut yaitu : 22,90; 26,00 dan 28,00 MPa. 	

Sumber : Angjaya (2013), Wijaya (2002), Prayuda (2018), Rizkina (2016)

2.5 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, penelitian yang akan dilakukan terdapat perbedaan pada mutu beton, penambahan *superplasticizer* dan pengujian kuat tarik belah pada beton mutu tinggi. Hal ini belum pernah diteliti sebelumnya. Penelitian ini menggunakan metode *mix design* berpedoman pada SNI-03-6468-2000 dengan variasi hari perendaman beton yaitu, 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 26 hari dan tanpa perendaman, kemudian seluruh sampel diuji kuat desak dan kuat tarik belahnya pada umur beton 28 hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu perawatan yang paling efektif dan efisien untuk beton mutu tinggi. Berdasarkan uraian yang sudah dijabarkan diatas, penelitian yang akan dilakukan dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton secara umum tersusun dari tiga bahan utama yaitu semen, agregat dan air. Jika membutuhkan persyaratan tertentu, maka beton dapat ditambahkan dengan bahan tambah (*admixture*) (Mulyono, 2003). Perencanaan dan perhitungan yang tepat dalam pembuatan beton sangat diperlukan, karena jumlah bahan-bahan yang digunakan dengan kondisi tertentu akan sangat mempengaruhi kekuatan beton.

Beton dapat mempunyai kuat desak yang tinggi sementara kuat tarik belahnya lebih rendah, yaitu sekitar 9% sampai 15% dari kuat tekannya. Beton dapat menahan gaya tarik belah lebih besar lagi ketika diberikan tulangan sesuai dengan kebutuhan struktur (Sagel dkk, 1993).

3.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Menurut Mulyono (2003), beton memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut ini.

1) Kelebihan

- a) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b) Mampu memikul beban yang berat.
- c) Tahan terhadap temperatur tinggi.

2) Kekurangan

- a) Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- b) Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- c) Sifat beton bervariasi karena adanya perbedaan proporsi campuran.

3.3 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, air dan semen. Untuk memenuhi kebutuhan tertentu, beton dapat diberikan bahan tambah (*admixture*). Setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda dan memiliki persyaratan sebagai bahan penyusun beton.

3.3.1 Agregat

Agregat adalah bahan alami yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton atau mortar. Agregat ini menempati kira-kira 70% dari volume beton atau mortar. Agregat dengan butiran lebih besar dari 4,8 mm disebut agregat kasar sedangkan dengan butiran yang lebih kecil dari 4,8 mm disebut agregat halus (Tjokrodinuljo, 1992).

1) Agregat Kasar

Agregat kasar adalah bahan pengisi beton yang terbentuk secara alami ataupun buatan (melalui proses pemecahan batuan). Ukuran butiran agregat kasar yaitu 4,8 mm sampai 150 mm. Menurut ASTM C.33, syarat-syarat agregat kasar adalah sebagai berikut ini.

- a) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya, apabila melampaui harus dicuci.
- b) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang reaktif terhadap alkali semen.
- c) Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang beragam.

Menurut SNI 15-2049-2004 ukuran maksimum agregat kasar tidak boleh melebihi

- Ukuran maksimum agregat tidak boleh lebih besar dari 3/4 kali jarak bersih antar tulangan atau antar tulangan dan cetakan.
- Ukuran maksimum agregat tidak boleh lebih besar dari 1/3 kali tebal pelat.

Hal ini berguna untuk membatasi ukuran butiran agregat yang digunakan untuk beton yaitu 10 mm, 20 mm, 30 mm atau 40 mm. Jika agregat kasar tidak digunakan untuk struktur bangunan, maka ukuran agregat boleh lebih dari 40 mm.

2) Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang tersedia secara alami melalui proses pelapukan batu atau dari industri. Agregat halus memiliki ukuran butiran maksimum 4,8 mm. Menurut ASTM C.33, syarat-syarat agregat halus adalah sebagai berikut ini.

- a) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat kering, apabila kadar lumpur lebih besar dari 5%, maka agregat harus dicuci.
- b) Agregat halus berbentuk butiran yang kuat dan tajam, bersifat tidak mudah hancur oleh panas atau hujan.
- c) Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beragam.

Menurut SNI 15-2049-2004, agregat halus terdiri dari butiran yang beraneka ragam, apabila diayak memiliki susunan sebagai berikut ini.

- Sisa di atas ayakan 4 mm, berat minimumnya 2% dari total agregat yang di saring.
- Sisa di atas ayakan 1 mm, berat minimumnya 10% dari total agregat yang di saring.
- Sisa di atas ayakan 0,025 mm, berat minimumnya 80% sampai 95% dari total agregat yang di saring.

3.3.2 Air

Pada campuran beton, air berfungsi untuk menghasilkan reaksi hidrasi antar molekul pada semen, air juga berguna sebagai pelumas pada agregat sehingga mudah untuk dikerjakan. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25 % dari berat semen, apabila kadar air berlebihan maka beton yang dihasilkan menjadi encer dan akan menyebabkan kekuatan beton menjadi rendah. Apabila air terlalu sedikit dan nilai faktor air semen kurang dari

35%, maka dalam proses pengadukan beton akan mengalami kesulitan dan beton yang dihasilkan menjadi keropos dan kekuatan beton menjadi rendah.

Kadar air yang tepat akan menghasilkan adukan beton yang baik, namun kadar air berlebih akan menyebabkan *bleeding* pada beton. *Bleeding* adalah air yang naik ke permukaan beton setelah beton selesai dibuat dan menurunnnya partikel agregat ke bawah, yang kemudian menjadi buih dan membentuk selaput tipis. Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodimuljo, 1992).

Menurut Tjokrodimuljo (1992), air sebagai bahan bangunan seharusnya memiliki persyaratan sebagai berikut ini.

1. Air harus bersih,
2. Air tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual, benda benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter,
3. Air tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram per liter,
4. Air tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram per liter, khusus untuk beton pra - tegang kandungan khlorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram per liter, dan
5. Air tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO_3) lebih dari 1 gram per liter.

3.3.3 Semen Portland

Menurut Tjokrodimuljo (1992), semen berfungsi untuk melekatkan butiran-butiran agregat dan juga sebagai pengisi rongga-rongga antar agregat, sehingga menjadi suatu masa padat dan kompak walaupun jumlahnya hanya sekitar 10% dari volume beton. Semen dibagi menjadi dua macam kemampuan mengikatnya, yaitu semen non-hidroaulis dan semen hidroaulis.

Semen non-hidroaulis adalah semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air tetapi dapat mengeras di udara, contohnya semen dengan kandungan kalsium oksida yang tinggi, sedangkan semen hidroaulis adalah semen yang dapat

mengikat dan mengeras di dalam air, contohnya semen dengan kandungan kalsium silikat yang tinggi.

Semen yang sering digunakan dalam pekerjaan beton adalah semen *Portland*. Semen *Portland* memiliki kandungan kalsium silikat yang tinggi dan memiliki sifat hidrolis, yaitu dapat mengikat dan mengeras di dalam air. Semen *Portland* akan mengalami reaksi hidrasi antar molekul apabila dicampurkan dengan air, ikatan antar bahan-bahan penyusun beton yang sempurna akan menghasilkan beton berkualitas tinggi. Menurut Murdock dkk (1986), semen *Portland* dibuat dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan dapat ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat beton.

Menurut SNI 15-2049-2004, semen *Portland* dibagi menjadi 5 kategori berdasarkan jenis dan penggunaannya sebagai berikut ini.

1. Semen *Portland* jenis I untuk penggunaan umum yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Semen *Portland* jenis II yang pada penggunaannya diperlukan untuk ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen *Portland* jenis III yang dalam penggunaannya diperlukan untuk menghasilkan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *Portland* jenis IV yang dalam penggunaannya diperlukan kalor hidrasi yang rendah.
5. Semen *Portland* jenis V yang dalam penggunaannya diperlukan untuk ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

3.4 Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan bahan-bahan yang dapat ditambahkan ke dalam adukan beton baik berupa cairan ataupun padatan. Tujuan dari penambahan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran beton (Tjokrodimuljo, 1992). Bahan tambah digunakan bertujuan agar beton mudah dikerjakan, menghemat biaya, dan meningkatkan kuat tekan beton. Definisi dari bahan

tambah adalah sebagai material selain air, agregat, dan semen yang ditambahkan selama pengadukan beton berlangsung, pada umumnya, bahan tambah yang sering digunakan adalah bahan tambah mineral dan kimia sebagai berikut ini.

1) **Bahan Tambah Mineral**

Bahan tambah mineral bisa ditambahkan ke dalam campuran beton untuk mencapai tujuan tertentu, antara lain untuk mengurangi suhu reaksi hidrasi, mengurangi pemakaian semen, meminimalisir bleeding atau menambah kelecakan adukan beton. Beberapa jenis bahan tambah mineral seperti, *fly ash*, serat kaca, silika fume, abu kulit sekam padi.

2) **Bahan Tambah Kimia**

Menurut Mulyono (2003) yang mengutip dari ASTM. C.494, jenis-jenis bahan tambah digolongkan sebagai berikut ini.

a. Tipe A “*Water-Reducing Admixtures*”

Water – Reducing Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi pemakaian air yang diperlukan oleh adukan beton dalam jumlah kecil.

b. Tipe B “*Retarding Admixture*”

Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk memperlambat waktu pengikatan awal beton.

c. Tipe C “*Accelerating Admixture*”

Accelerating Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat waktu pengikatan awal dan pengembangan kekuatan awal beton.

d. Tipe D “*Water Reducing and Retarding Admixtures*”

Water Reducing and Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan dan menghambat waktu pengikatan awal beton.

e. Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixtures*”

Water Reducing and Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan dan mempercepat waktu pengikatan awal beton.

f. Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixtures*”

Water Reducing, High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi pemakaian air yang diperlukan dalam jumlah besar.

g. Tipe G “*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*”

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi pemakaian air yang diperlukan dalam jumlah besar, dan memperlambat waktu ikat awal pada adukan beton.

3.4.1 *Superplasticizer*

Superplasticizer merupakan bahan tambah (*admixture*) yang didefinisikan sebagai material yang dapat ditambahkan ke dalam campuran beton atau mortar. Penambahan dapat dilakukan selama proses pengadukan berlangsung (Murdock dkk, 1986). *Superplasticizer* merupakan bahan tambah kimia yang berfungsi mengurangi kadar air dalam jumlah besar dan memberikan kelecakan yang mempermudah proses pengadukan, kelecakan dalam proses pengadukan akan membuat pengikatan antar molekul semakin baik, kemudian membentuk beton yang padat dan memperkecil rongga udara pada beton.

Superplasticizer yang digunakan adalah *Sika Viscocrete 3115 N* yang berfungsi untuk mengurangi air dalam jumlah besar. Kelecakan yang baik akan memudahkan material untuk mengisi rongga-rongga udara, bersamaan dengan proses hidrasi dalam pengikatan awal beton. Penggunaan *superplasticizer* juga dapat meningkatkan *slump* pada beton.

3.5 Perencanaan Campuran Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI 03-6468-2000. Salah satu tujuan penelitian memakai perencanaan campuran beton dengan standar SNI 03-6468-2000 adalah untuk menghasilkan beton mutu tinggi. Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut SNI-03-6468-2000 adalah sebagai berikut ini.

1. Menentukan kuat desak ($f'c$) beton pada umur 28 hari.
2. Menentukan kuat desak yang ditargetkan

Untuk mencapai kuat desak yang disyaratkan diperlukan proporsi material sedemikian rupa, sehingga kuat desak rata-rata dari hasil pengujian lapangan lebih tinggi daripada kuat tekan yang disyaratkan. Apabila sampel yang akan dibuat berdasarkan campuran coba di laboratorium maka kuat desak dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3.1). Apabila sampel yang akan dibuat berdasarkan pengalaman di lapangan maka kuat desak rencana dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3.2).

$$f'_{cr} = \frac{f'c + 9,66 \text{ MPa}}{0,90} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$f'_{cr} = f'c + 1,34 \times s \dots\dots\dots (3.2)$$

keterangan :

f'_{cr} = kuat desak rata-rata yang ditargetkan (MPa).

$f'c$ = kuat desak rata-rata yang disyaratkan (MPa).

s = deviasi standar.

3. Menentukan jenis semen

Jenis semen yang digunakan sesuai dengan SNI 15-2049-2004 tentang Mutu dan Cara Uji Semen *Portland*.

4. Menentukan jenis agregat kasar

Jenis agregat kasar yang digunakan sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton.

5. Menentukan rasio (w/c)

Nilai faktor air semen (fas) dapat ditentukan menggunakan interpolasi berdasarkan kuat desak rata-rata rencana, umur rencana dan ukuran butir agregat kasar maksimum. Faktor air semen ini juga akan berbeda ketika menggunakan *superplasticizer*, karena *superplasticizer* akan mengurangi air dan menambah kelecakan. Rasio (w/c) adalah perbandingan antara berat air dengan berat semen yang digunakan dalam campuran beton. Rasio (w/c) maksimum yang disarankan tanpa *superplasticizer* dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Rasio (w/c) maksimum yang disarankan dengan *superplasticizer* dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3 1 Rasio (w/c) Maksimum yang disarankan (Tanpa *Superplasticizer*)

Kekuatan Lapangan f'_{cr} (MPa)		(w/c)			
		Ukuran Agregat Maksimum (mm)			
		10	15	20	25
48,3	28 hari	0,42	0,41	0,4	0,39
	56 hari	0,46	0,45	0,44	0,43
55,2	28 hari	0,35	0,34	0,33	0,33
	56 hari	0,38	0,37	0,36	0,35
62,1	28 hari	0,3	0,29	0,29	0,28
	56 hari	0,33	0,32	0,32	0,3
69	28 hari	0,26	0,26	0,25	0,25
	56 hari	0,29	0,28	0,27	0,26

(Sumber: SNI-03-6468-2000)

Tabel 3 2 Rasio (w/c) Maksimum yang disarankan (Dengan *Superplasticizer*)

Kekuatan Lapangan f'_{cr} (MPa)		(w/c)			
		Ukuran Agregat Maksimum (mm)			
		10	15	20	25
48,3	28 hari	0,5	0,48	0,45	0,43
	56 hari	0,55	0,52	0,48	0,46
55,2	28 hari	0,44	0,42	0,4	0,38
	56 hari	0,48	0,45	0,42	0,4
62,1	28 hari	0,38	0,36	0,35	0,34
	56 hari	0,42	0,39	0,37	0,36
69	28 hari	0,33	0,32	0,31	0,3
	56 hari	0,37	0,35	0,33	0,32
75,9	28 hari	0,3	0,29	0,27	0,27
	56 hari	0,33	0,31	0,29	0,29
82,8	28 hari	0,27	0,26	0,25	0,25
	56 hari	0,3	0,28	0,27	0,26

(Sumber: SNI-03-6468-2000)

6. Menentukan nilai slump
Nilai *slump* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Penetapan nilai *slump* dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, penuangan dan pemadatan.
7. Menentukan ukuran agregat kasar
Agregat kasar yang tepat untuk beton mutu tinggi yang sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton.
8. Menentukan kadar agregat kasar optimum
Besarnya nilai fraksi volume agregat kasar maksimum pada kondisi kering oven yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut ini.

Tabel 3.3 Fraksi Volume Agregat Kasar yang Disarankan

Ukuran (mm)	10	15	20	25
Fraksi Volume Padat Kering Oven	0,65	0,68	0,72	0,75

(Sumber : SNI-03-6468-2000)

9. Menentukan estimasi kadar air dan kadar udara

Kebutuhan air dan udara untuk beton segar dapat dilihat pada Tabel 3.4. Tekstur permukaan dan bentuk butiran dari agregat halus sangat berpengaruh pada rongga udara dalam beton, maka dari itu rongga udara dan kadar air harus dikoreksi dengan persamaan (3.3) dan (3.4) sebagai berikut ini.

$$\text{Kadar Rongga Udara (V)} = \left(1 - \left(\frac{\text{beratisipadatkeringoven}}{\text{beratjenisrelatif (kering)}} \right) \right) \times 100\% \quad (3.3)$$

$$\text{Koreksi Kadar Air, liter/m}^3 = (V-35) \times 4,75 \dots\dots\dots (3.4)$$

keterangan :

V = kadar rongga udara

Penggunaan persamaan (3.4) mengakibatkan penyesuaian air sebanyak 4,75 liter/m³ untuk setiap % penyimpangan kadar udara. Oleh karena itu digunakan Tabel 3.4 untuk melakukan estimasi kebutuhan air dan kadar udara apabila rongga udara pasir bukan 35%.

Tabel 3 4 Estimasi Pertama Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Beton Segar Berdasarkan Pasir dengan 35% Rongga Udara

Air Pencampur (Liter/m ³)					Keterangan
Slump (mm)	Ukuran Agregat Kasar Maksimum (mm)				
	10	15	20	25	
25-50	184	175	169	166	
50-75	190	184	175	172	
75-100	196	190	181	178	
Kadar Udara (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	Tanpa <i>Superplasticizer</i>
	2,5	2,0	1,5	1,0	<i>Superplasticizer</i>

(Sumber : SNI-03-6468-2000)

10. Menentukan kadar bahan bersifat semen.
11. Menentukan kadar agregat halus.
12. Proporsi campuran (agregat halus dan agregat kasar dalam kondisi SSD) dihitung dan kemudian didapatkan susunan campuran proporsi teoretis untuk setiap 1 m³ beton.
13. Berat masing-masing bahan dihitung setiap variasinya.

3.6 Kuat Desak Beton

Kuat desak beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang harus dihasilkan. Tata cara pengujian nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan 3.5 sebagai berikut ini.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.5)$$

keterangan :

$f'c$ = kuat desak beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

3.7 Kuat Tarik Belah Beton

Menurut Rahamudin (2016) kekuatan tarik belah beton relatif rendah, kira-kira 10% sampai dengan 15% dari kekuatan tekan beton, pada kondisi tertentu bisa mencapai 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diprediksi karena hasilnya yang sangat bervariasi. Untuk menghitung kuat tarik belah dapat menggunakan persamaan (3.6) sebagai berikut ini.

$$f_{ct} = \frac{2.P}{\pi.L.D} \dots\dots\dots (3.6)$$

keterangan :

f_{ct} = kuat tarik belah (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = panjang benda uji pada bagian yang tertekan (mm)

D = diameter benda uji (mm)

3.8 Umur Beton

Kuat desak beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kekuatan beton akan meningkat secara cepat sampai umur 7 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Biasanya kekuatan desak rencana beton dihitung dalam 28 hari (Mulyono, 2003).

3.9 Perawatan Beton

Perawatan beton sangat dibutuhkan untuk mendapatkan beton dengan kualitas yang sudah ditargetkan, jenis-jenis perawatan beton adalah sebagai berikut ini.

1. *Water Curing* (Perawatan dengan Pembasahan)

Perawatan dengan pembasahan bertujuan untuk menghambat penguapan air pada adukan beton. Cara yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut ini.

- Menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab.
- Menaruh beton segar dalam air.
- Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.
- Menyirami permukaan beton secara berkala.

2. *Membran Curing* (Perawatan dengan Membran)

Terkadang pengerjaan pengecoran dilakukan di tempat yang sulit mendapatkan air. Perawatan dengan melapisi membran pada permukaan beton bisa menjadi pilihan agar kandungan air tidak menguap dari campuran beton.

Perawatan dengan menggunakan membran sangat berguna untuk perawatan pada lapisan perkerasan beton (*rigid pavement*). Lembaran plastik atau lembaran lain yang kedap air dapat digunakan untuk perawatan ini.

3. *Application of Heat* (Perawatan dengan Pemanasan)

Sebelum perawatan dengan proses Steam. Perawatan dengan penguapan berguna pada daerah yang mempunyai musim dingin.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh perawatan terhadap beton mutu tinggi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belahnya. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah beton mutu tinggi dengan variasi hari perendaman (*curing time*) yaitu, 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 26 hari dan tanpa perendaman.

Benda uji pada penelitian ini akan diuji kuat desak dan kuat tarik belahnya pada umur beton 28 hari. Setelah dilakukan pengujian, maka data kuat desak dan kuat tarik belah maksimum akan diperoleh dan selanjutnya akan di analisis. Setelah dilakukan analisis data, maka kesimpulan dari hasil pengujian dapat ditentukan.

4.2 Bahan yang Digunakan

Bahan baku yang digunakan untuk campuran beton mutu tinggi pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Air dari laboratorium ini sesuai dengan kriteria yaitu tidak mengandung lumpur, minyak ataupun benda lain yang dapat dilihat secara visual.

2. Semen *Portland*

Semen yang digunakan adalah semen PCC (*Portland Composite Cement*) merk Tiga Roda dengan berat 40 kilogram. Semen ini termasuk ke dalam kategori semen *Portland* tipe I, yaitu semen untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

3. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari Merapi, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Agregat halus ini termasuk dalam grafik gradasi agregat halus daerah II, yaitu daerah gradasi pasir agak kasar. Grafik gradasi agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 1.

4. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan berasal dari batuan Clereng produksi PT. Harmak, Kulon Progo. Agregat kasar ini termasuk dalam kategori agregat kasar kelas A (sangat baik) dengan ukuran butir agregat 10 mm sampai 20 mm. Grafik gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 2.

5. Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan yaitu *Superplasticizer* merk *Sika Viscocrete 3115 N* yang di produksi oleh PT. Sika Indonesia.

4.3 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pembuatan dan pengujian beton mutu tinggi adalah sebagai berikut ini.

1. Saringan Agregat

Saringan agregat digunakan untuk memisahkan agregat sesuai dengan ukuran butirnya, sehingga agregat yang lolos saringan akan memiliki keseragaman butiran. Alat ini digunakan untuk pengujian modulus halus butir agregat. Saringan agregat dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Saringan Agregat

2. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang berat bahan yang akan digunakan agar sesuai dengan kebutuhan *mix design*. Timbangan ini memiliki ketelitian 100 gram berat dengan kapasitas 30 kg. Timbangan dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Timbangan

3. Neraca Ohaus

Neraca Ohaus digunakan untuk menimbang berat bahan yang akan digunakan, tetapi lebih spesifik lagi digunakan untuk menimbang bahan yang memerlukan ketelitian lebih dan beratnya relatif kecil, misalnya untuk mengetahui kadar *superplasticizer*. Neraca Ohaus ini memiliki ketelitian 0.1 gram berat dengan kapasitas 2.6 kg. Neraca Ohaus dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Neraca Ohaus

4. Piknometer

Piknometer digunakan untuk menguji berat jenis agregat dan kadar lumpur pada agregat halus. Piknometer yang digunakan memiliki kapasitas 500 ml. Piknometer dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Piknometer

5. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat halus ataupun agregat kasar. Alat ini digunakan untuk mengetahui berat jenis agregat, kadar lumpur, kadar udara dan kadar air pada agregat. Oven merk *Binder* ini mempunyai kapasitas 105 L dan memiliki suhu hingga 200 °C. Oven dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Oven

6. Mesin Pengaduk Beton (*Mixer*)

Mesin pengaduk beton digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton yang komposisinya telah didapatkan dari *mix design*. Alat ini memiliki kapasitas drum 275 L. Mesin pengaduk beton dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Mesin Pengaduk Beton

7. Sekop Semen

Sekop semen digunakan untuk mengambil beton segar yang telah dibuat untuk selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan silinder. Sekop semen dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Sekop Semen

8. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams digunakan untuk menguji slump pada beton segar yang telah dibuat. Dimensi kerucut ini adalah diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Kerucut Abrams dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.8 Kerucut Abrams

9. Cetakan Silinder

Cetakan silinder digunakan sebagai wadah untuk membentuk beton segar agar terbentuk menjadi silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Cetakan silinder dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini.



Gambar 4.9 Cetakan Silinder

10. Mesin Kuat Desak dan Tarik Belah

Mesin ini digunakan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik belah sampel beton yang telah dibuat. Mesin merk *Controls* ini memiliki kapasitas pembebanan kurang lebih 5 kN per detik, untuk sampel berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Mesin kuat desak dan kuat tarik belah dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut ini.



Gambar 4.10 Mesin Kuat Desak dan Tarik Belah

4.4 Pengujian Material

Pengujian material pada beton yang akan dibuat sangat penting untuk mengetahui apakah material tersebut sesuai dengan spesifikasi. Apabila material tidak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan, maka material tersebut harus diganti. Pengujian material ini dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar. Pengujian ini meliputi pemeriksaan kadar lumpur, berat jenis dan berat volume dari agregat kasar dan agregat halus.

4.5 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Metode yang digunakan dalam merencanakan campuran beton adalah metode SNI 03-6468-2000 tentang beton mutu tinggi. Tahapan yang akan dilakukan dalam perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Menentukan kuat desak beton ($f'c$) pada umur 28 hari.

Kuat desak yang ditetapkan pada beton umur 28 hari adalah 42 MPa.

2. Menentukan kuat desak yang ditargetkan.

Untuk menentukan kuat desak yang ditargetkan maka dapat menggunakan persamaan 3.1, maka

$$f'_{cr} = \frac{f'c + 9,66 \text{ MPa}}{0,90}$$

$$f'_{cr} = \frac{42 + 9,66 \text{ MPa}}{0,90}$$

$$f'_{cr} = 57,4 \text{ MPa.}$$

3. Menentukan jenis semen

Jenis semen yang digunakan adalah semen Tipe I

4. Menentukan jenis agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar batu pecah kualitas A

5. Menentukan rasio (w/c)

Menentukan nilai rasio (w/c) yaitu dengan cara interpolasi, dapat dilihat pada tabel 3.1. Beton mutu tinggi yang direncanakan dengan penambahan *superplasticizer* dan ukuran agregat kasar maksimum 20 mm. Kuat desak rata-rata yang ditargetkan pada kondisi laboratorium di umur 28 hari yaitu $f'_{cr} = 57,4 \text{ MPa}$, maka kekuatan lapangannya adalah $f'_{cr} = 0,90 \times 57,4 = 51,66 \text{ MPa}$. Setelah dilakukan interpolasi maka didapatkan nilai rasio (w/c) = 0,426.

6. Menentukan nilai slump

Nilai slump yang direncanakan yaitu 25 mm – 50 mm.

7. Menentukan ukuran agregat kasar

Setelah mendapatkan kuat desak yang ditargetkan yaitu 57,4 MPa, karena $57,4 < 62,1$ maka ukuran agregat kasar maksimum yang digunakan adalah 20 mm

8. Menentukan kadar agregat kasar optimum

Setelah menentukan ukuran agregat kasar maksimum yaitu 20 mm maka fraksi volume padat kering oven adalah 0,72 dapat dilihat pada tabel 3.3. Untuk menentukan kebutuhan agregat kasar maka fraksi volume padat kering oven dikalikan dengan berat volume padat agregat kasar yang diperoleh dari hasil uji laboratorium.

9. Menentukan estimasi kadar air dan kadar udara

Setelah menentukan nilai slump 25 mm – 50 mm dan besar butir agregat kasar maksimum 20 mm maka didapatkan kadar air yang dibutuhkan sebesar 169 liter/m³ dan kadar udara 1,5 % dengan menggunakan superplasticizer dapat dilihat pada tabel 3.4. Kadar rongga udara dapat dihitung dengan persamaan 3.3 yang berat isi padat kering oven dan berat jenis relatifnya diperoleh dari hasil pengujian laboratorium. Kemudian untuk melakukan koreksi terhadap kadar air dapat dihitung dengan persamaan 3.4. Setelah memperoleh hasil laboratorium maka akan diperoleh kebutuhan air total yang diperlukan per m³.

10. Menentukan kadar bahan bersifat semen

Setelah didapatkan kebutuhan air total yang di butuhkan dan faktor air semen, maka kebutuhan bahan semen dapat diperoleh dari

$$\frac{\text{kebutuhan air total}}{\text{rasio (w/c)}}$$

11. Menentukan kebutuhan agregat halus

Setelah kebutuhan agregat kasar, kadar udara, kebutuhan air total dan kebutuhan semen diketahui, maka kebutuhan agregat halus dapat diketahui dengan rumus $1000 - (\text{kebutuhan agregat kasar} + \text{kadar udara} + \text{kebutuhan air total} + \text{kebutuhan semen})$ dengan catatan semua kebutuhan sudah di konversikan dalam satuan kg/m³.

4.6 Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pembuatan sampai dengan perawatan benda uji adalah sebagai berikut ini.

1. Membuat perencanaan campuran beton (*mix design*).
2. Mempersiapkan alat-alat dan material untuk pembuatan beton.
3. Meninmbang berat masing-masing material sesuai dengan kebutuhan yang telah direncanakan.
4. Hidupkan mesin *mixer*.
5. Masukkan agregat halus dan agregat kasar dengan kondisi kering permukaan ke dalam *mixer*, biarkan *mixer* berputar kurang lebih 3 menit sampai agregat halus dan agregat kasar tercampur merata.
6. Masukkan semen ke dalam *mixer* yang sudah terisi dengan campuran agregat halus dan agregat kasar, biarkan *mixer* berputar kurang lebih 3 menit sampai semen dan agregat tercampur merata.
7. Setelah agregat dan semen tercampur merata, masukkan air yang sudah dicampurkan *superplasticizer* ke dalam *mixer* sedikit demi sedikit, biarkan *mixer* berputar kurang lebih 3 menit sampai adukan beton segar tercampur merata.
8. Setelah adukan beton segar merata, selanjutnya adukan beton segar tersebut dikeluarkan ke wadah penampung dengan cara memutar tuas sehingga beton segar tumpah ke wadah penampung.
9. Setelah beton segar berada di dalam wadah, segera persiapkan alat untuk uji *slump*, kerucut Abrams diletak pada wadah penampung beton segar dengan posisi bagian kerucut diameter kecil berada di bagian atas. Basahi sedikit bagian dalam kerucut Abrams dengan air lalu tuangkan beton segar secara bertahap setiap 1/3 bagian kerucut. Setiap terisi 1/3 bagian kerucut, beton ditumbuk dengan batang besi berdiameter 16 mm sebanyak 25 kali secara merata. Setelah kerucut penuh, ratakan bagian atasnya lalu tarik kerucut secara vertikal dengan hati-hati agar keruntuhan yang terjadi bukan akibat adanya senggolan kerucut terhadap beton segar. Setelah

kerucut lepas, letakkan kerucut di samping beton segar yang sudah runtuh lalu ukur perbedaan ketinggian yang terjadi. Apabila nilai *slump* tidak memenuhi syarat, maka proses pengadukan harus di ulangi.

10. Setelah nilai *slump* memenuhi syarat, maka adukan beton segar dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, setiap 1/3 bagian terisi dilakukan penumbukan secara merata sebanyak 25 kali. Setelah melakukan tumbukan setiap 1/3 bagian, silinder dipukul perlahan dengan palu karet yang bertujuan untuk memadatkan beton segar. Setelah silinder penuh, ratakan bagian atasnya dengan sendok semen.
11. Setelah seluruh sampel dibuat, timbang tiap sampel yang sudah terisi beton segar.
12. Setelah 24 jam, cetakan dibuka dengan hati-hati lalu sampel yang sudah jadi deiberi kode agar tidak tertukar dengan sampel lain.
13. Benda uji di rawat dengan cara direndam 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 26 hari dan tanpa perendaman.

4.7 Pengujian Beton

Setelah Benda uji di rawat dengan cara direndam 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 26 hari, angkat sampel beton sesuai dengan hari perendaman dan bersihkan dari kotoran yang menempel. Setelah itu dilakukan pengujian kuat desak dan kuat tarik belah beton pada umur beton 28 hari.

4.6.1 Kuat Desak Beton

Tujuan dari pengujian kuat tekan beton yaitu untuk mendapatkan hasil kuat tekan beton yang telah dibuat dan dirawat di laboratorium. Tahapan pengujian kuat tekan beton yaitu sebagai berikut ini.

1. Persiapkan peralatan dan benda uji yang akan digunakan.
2. Ukur dimensi benda uji.
3. Pasang *cap* pada bagian atas benda uji agar permukaannya rata.
4. Setelah itu letakan benda uji di tengah hidraulik mesin uji.

5. Lalu jalankan mesin
6. Setelah benda uji hancur dan dial berhenti, catat beban maksimum yang didapat pada pengujian dan analisa keretakan yang terjadi pada sampel beton.

4.6.2 Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tarik belah dari komponen struktur yang terbuat dari beton. Tahapan pengujian kuat tarik beton adalah sebagai berikut ini.

1. Peralatan dan benda uji yang akan digunakan disiapkan terlebih dahulu.
2. Diameter dan tinggi benda uji diukur kemudian ditimbang beratnya.
3. Setelah itu benda uji dibaringkan di tengah hidraulik mesin uji.
4. Sebuah bantalan bantu pembebanan diletakkan disisi beton agar posisinya tidak berubah ketika diberi pembebanan.
5. Kemudian mesin uji tekan dijalankan sampai benda uji terbelah.
6. Setelah benda uji terbelah, kemudian beban maksimum dicatat.

4.8 Tahapan Penelitian

Tahap penelitian menunjukkan langkah-langkah yang dilaksanakan selama proses penelitian. Tahapan penelitian dibuat dengan tujuan untuk memudahkan peneliti dalam melakukan penelitian. Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Tahap Persiapan

Pada tahap tahap persiapan, bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian harus dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian yang akan dilakukan dapat berjalan dengan lancar.

2. Tahap Pemeriksaan Bahan

Tahapan pemeriksaan bahan dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar. Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan-bahan yang digunakan apakah masuk ke dalam syarat atau tidak. Selain itu pemeriksaan bahan-bahan ini juga sebagai acuan untuk membuat rencana campuran (*mix design*). Pemeriksaan bahan adalah sebagai berikut ini.

a. Pemeriksaan bahan agregat halus meliputi:

- 1) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus,
- 2) Pemeriksaan butiran yang lolos ayakan no. 200 (uji kandungan lumpur dalam pasir),
- 3) Pemeriksaan berat isi gembur agregat halus,
- 4) Pemeriksaan berat isi padat agregat halus,
- 5) Modulus halus butir (MHB)/Analisa saringan agregat halus.

b. Pemeriksaan bahan agregat kasar meliputi:

- 1) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar,
- 2) Pemeriksaan berat isi gembur agregat kasar,
- 3) Pemeriksaan berat isi padat agregat kasar,
- 4) Modulus halus butir (MHB)/Analisa saringan agregat kasar.

3. Tahap pembuatan benda uji beton

Tahap pembuatan benda uji beton meliputi perencanaan campuran beton (*mix design*) yang bertujuan untuk menentukan jumlah setiap bahan campuran dan bahan tambah yang akan dibuat. Setelah itu, campurkan benda uji dengan proporsi campuran beton dan bahan tambah sesuai yang telah direncanakan dengan cara mencampurkan seluruh bahan penyusun ke dalam mesin pengaduk beton. Setelah seluruh material tercampur, lakukan uji *slump*. Kemudian dilakukan pembuatan benda uji beton berupa silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

4. Tahap perawatan benda uji beton

Tahap perawatan benda uji ini dilakukan pada benda uji beton yang telah dicetak. Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam silinder beton ke dalam

air selama 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 26 hari dan tidak direndam, agar dapat diketahui seberapa besar pengaruh perawatan terhadap mutu beton. Setelah beton berumur 28 hari dilakukan pengujian pada beton.

5. Tahap pengujian beton

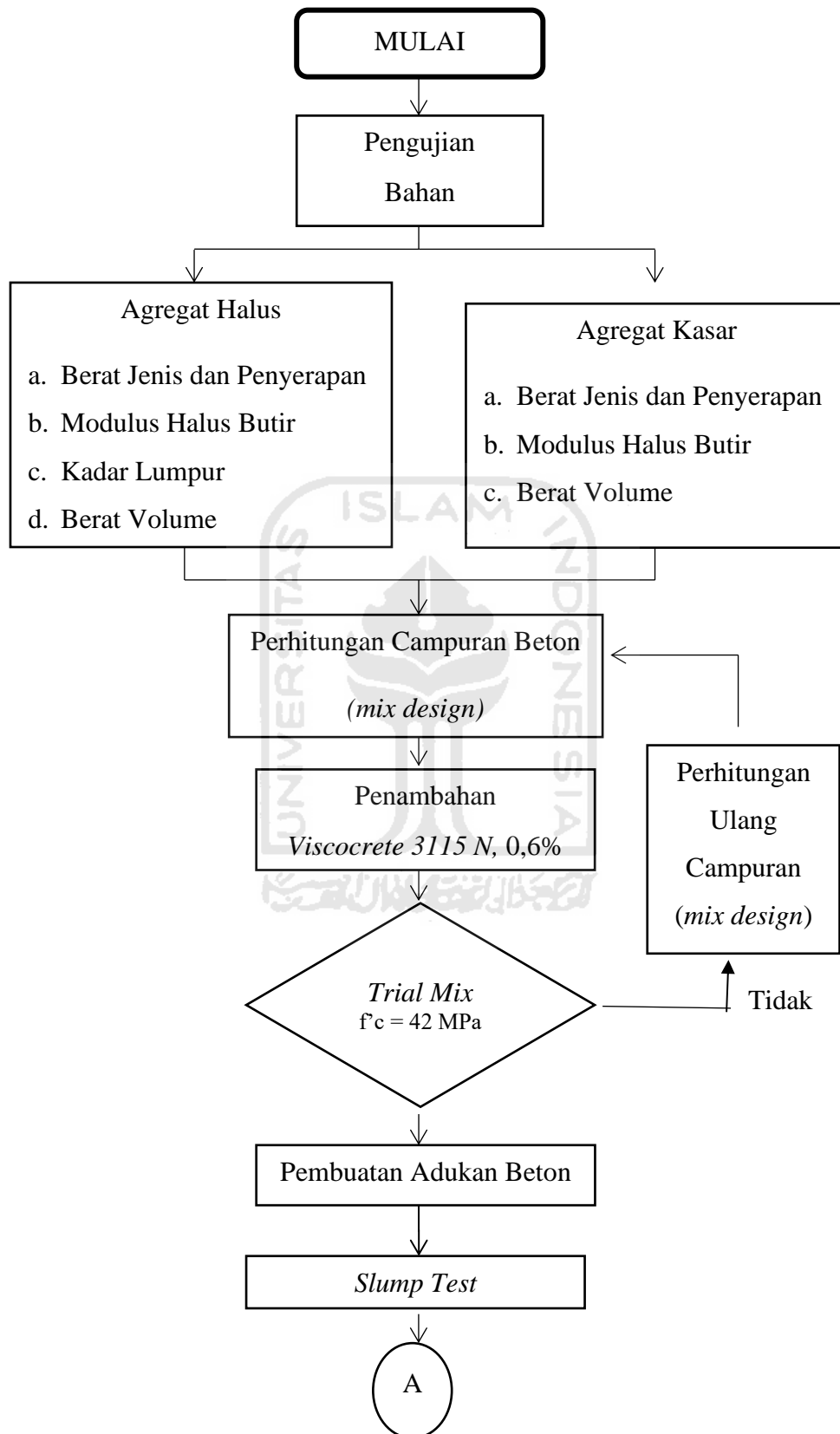
Tahap pengujian beton dilakukan ketika benda uji beton telah berumur 28 hari. Angkat benda uji beton dari rendaman air, lalu bersihkan bagian permukaan benda uji, untuk pengujian kuat tekan maka benda uji harus diberikan *cap* pada bagian atas benda uji. Setelah itu benda uji sudah dapat diuji dengan mesin uji kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton.

6. Tahap analisis data

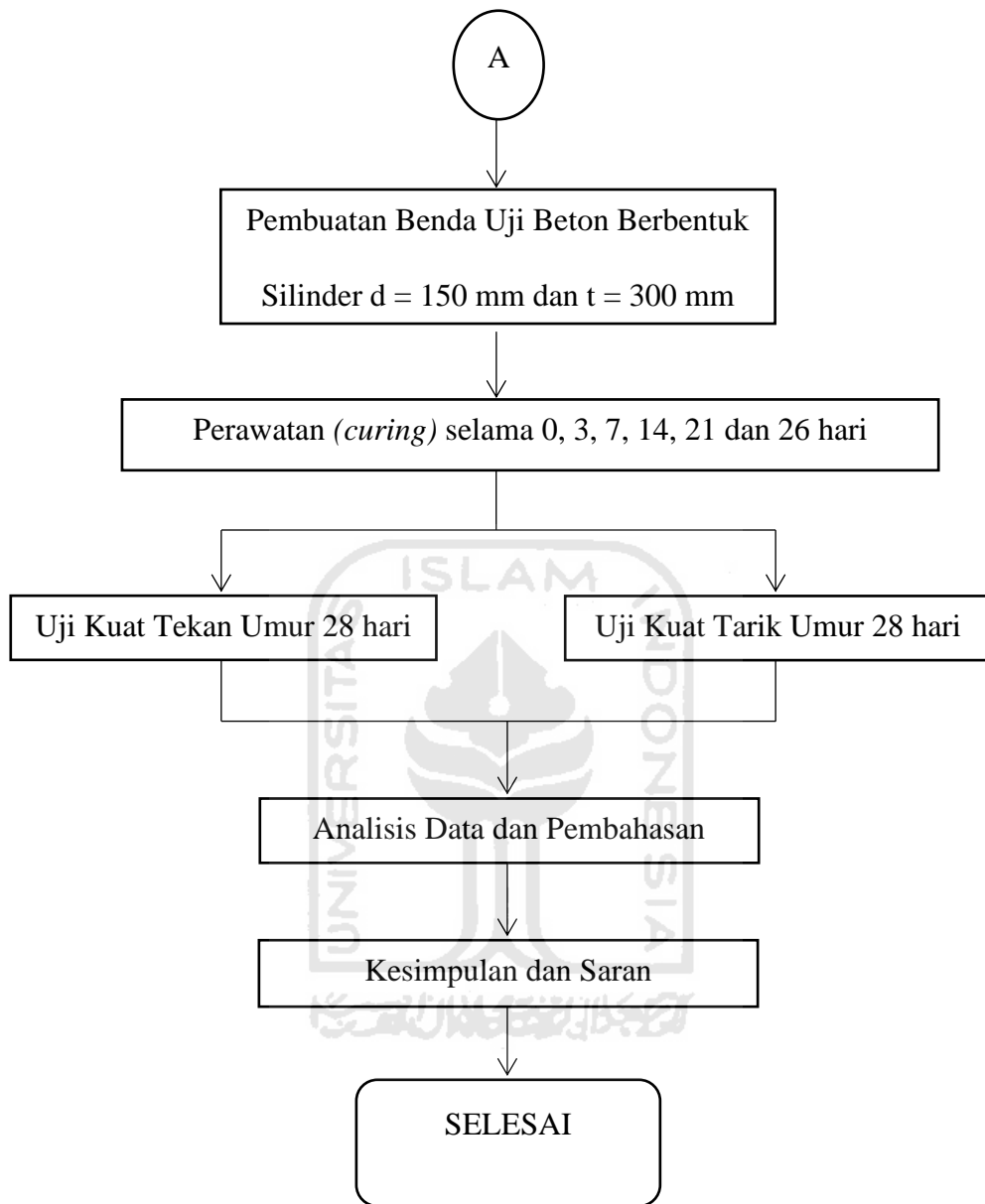
Pada tahap analisis data, data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dianalisis dengan bantuan program *Microsoft Excel* untuk mendapatkan hubungan antara variabel yang diteliti dalam penelitian.

7. Tahap kesimpulan dan saran

Pada tahap ini, data yang telah dianalisis pada tahap sebelumnya dibuat kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian. Setelah diperoleh kesimpulan dari hasil penelitian tersebut, maka saran untuk penelitian selanjutnya dapat ditentukan sesuai dengan kesimpulan yang telah diperoleh.



Gambar 0.11 Flowchart Tahap-tahap Penelitian



Lanjutan Gambar 4.11 *Flowchart* Tahap-tahap Penelitian

Tabel 0.1 Jadwal Kegiatan

No	Pekerjaan	Durasi (Jam)	Schedule															
			Desember				Januari				Februari				Maret			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Pembuatan Proposal																	
	Pembuatan BAB I & BAB II	8	4	4														
	Pembuatan BAB III & BAB IV	8			4	4												
	Pengujian Material																	
	Pengujian Kadar Lumpur Pasir & Kerikil	12					5	5										
	Pengujian Berat Jenis Pasir & Kerikil	16					8	8										
	Analisa Ayakan Pasir & Kerikil	10					5	5										
	Persiapan Material																	
	Penyucian & SSD Pasir	8						8										
	Penyucian & SSD Kerikil	8						8										
	Pembuatan Benda Uji																	
	Proses Pembuatan Sampel Beton Silinder	24								12	12							
	Pengujian																	
	Proses Pengujian Benda Uji	20												10	10			
	Pembahasan dan Kesimpulan																	
	Analisis Hasil	12														5	5	
	Kesimpulan	12														5	5	
	TOTAL DURASI (JAM)	138	4	4	4	4	18	18	16	12	12	0	0	10	10	10	10	0
	PROGRES KUMULATIF		4	8	12	16	34	52	68	80	92	92	92	102	112	122	132	132

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pengujian yang dilaksanakan pada penelitian ini berupa pengujian kekuatan beton dan pengujian bahan-bahan penyusun beton. Pengujian terhadap kekuatan beton bertujuan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton tersebut. Pengujian bahan-bahan penyusun beton dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari bahan-bahan tersebut, pengujian ini meliputi agregat kasar dan agregat halus.

5.2 Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus bertujuan untuk mengetahui karakteristiknya sebagai material penyusun beton. Pengujian tersebut meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian berat isi gembur, pengujian berat isi padat, pengujian modulus halus butir dan pengujian kandungan lumpur.

5.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis kering permukaan (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air pada agregat halus. Langkah-langkah pengujiannya yaitu agregat halus dalam keadaan SSD ditimbang seberat 500 gram, lalu benda uji dimasukkan ke dalam piknometer, setelah itu masukkan air sampai mencapai $\pm 90\%$ dari volume piknometer, putar sambil guncangkan piknometer secara perlahan sampai gelembung udara di dalamnya tidak terlihat lagi, tambahkan air sampai memenuhi piknometer, lalu timbang piknometer yang berisi air dan benda uji, setelah itu keluarkan dan keringkan dalam oven dengan suhu $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan terakhir timbang benda uji yang telah dimasukkan ke dalam oven. Piknometer dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Hasil analisis ini dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5 1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Pasir SSD, gram	500	500	500
Berat Pasir Kering Mutlak (Bk), gram	486,2	488,8	487,5
Berat Piknometer + Pasir + Air (Bt), gram	1056,65	1056,35	1056,5
Berat Piknometer Berisi Air (B), gram	721,5	721,5	721,5
Berat Jenis Curah, $Bk/(B+500-Bt)$	2,949	2,960	2,954
Berat Jenis SSD, $500/(B+500-Bt)$	3,033	3,028	3,030
Berat Jenis Semu, $Bk/(B+Bk-Bt)$	3,219	3,175	3,197
Penyerapan Air, $(500-Bk)/Bk*100\%$ %	2,838	2,291	2,564



Gambar 5.1 Piknometer

Tabel 5.1 di atas menunjukkan hasil rata-rata dari analisis pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus. Berat jenis curah rerata yang diperoleh sebesar 2,954; berat jenis kering permukaan rerata 3,030; berat jenis semu rerata 3,197. Berdasarkan hasil tersebut, persentase penyerapan air yang diperoleh adalah sebesar 2,564%. Persentase penyerapan air yang diperoleh menunjukkan kemampuan agregat halus untuk menyerap air dari kondisi kering mutlak hingga menjadi kering permukaan sebesar 2,564% dari berat agregat itu sendiri. Oleh karena itu sebelum melaksanakan pencampuran harus dipastikan agregat halus dalam kondisi SSD.

5.2.2 Modulus Halus Butir

Pengujian modulus halus butir adalah pengujian dengan menggunakan saringan agregat yang bertujuan untuk distribusi besar butiran maupun jumlah persentase agregat halus berdasarkan ukuran butirannya. Langkah-langkah Pengujian ini menggunakan saringan yang berukuran 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan yang disusun secara berurutan, lalu lakukan pengayakan dengan mesin pengguncang selama 10 sampai 15 menit dan terakhir benda uji yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang beratnya lalu dicatat. Saringan agregat halus dan mesin pengguncang agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Saringan Agregat



Gambar 5.3 Mesin Pengguncang Agregat Halus

Tabel 5 2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,80	66,5	3,326	3,326	96,674
2,40	107	5,351	8,677	91,323
1,20	215,5	10,778	19,455	80,545
0,60	782,3	39,125	58,580	41,420
0,30	571,7	28,592	87,172	12,828
0,15	210,5	10,528	97,699	2,301
Sisa	46	2,301	-	-
Jumlah	1999,5	100	274,909	-

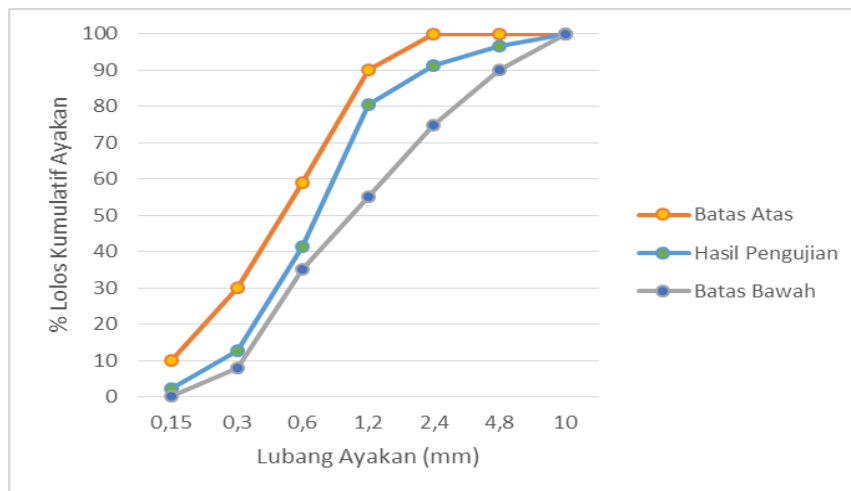
Berdasarkan Tabel 5.2 di atas, maka nilai modulus halus butir dapat dihitung sebagai berikut ini.

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{274,909}{100} = 2,749$$

Nilai MHB yang didapat sebesar 2,749 termasuk dalam kriteria syarat menurut (SNI 03-1750-1990) tentang modulus halus butir yaitu 1,5 sampai dengan 3,8, sehingga agregat ini baik untuk digunakan sebagai material penyusun beton mutu tinggi. Hasil yang telah diperoleh menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan masuk dalam kategori gradasi pasir daerah II (pasir agak kasar). Oleh karena itu, spesifikasi gradasi pasir daerah II dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.

Tabel 5 3 Spesifikasi Gradasi Pasir Daerah II

Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif		
	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
4,80	100	96,674	90
2,40	100	91,323	75
1,20	90	80,545	55
0,60	59	41,420	35
0,30	30	12,828	8
0,15	10	2,301	0



Gambar 5.4 Gradasi Agregat Halus

5.2.3 Berat Volume Agregat Halus

Pengujian berat volume agregat halus dilakukan dalam dua kondisi yaitu kondisi gembur dan kondisi padat. Hasil dari pengujian berat volume gembur dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan pengujian berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini

Tabel 5 4 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan
Diameter cm	15
Tinggi cm	30
Berat tabung (W1), gram	10050
Berat tabung + agregat kering oven (W2), gram	17500
Berat agregat (W3), gram	7450
Volume tabung (V), cm ³	5301,438
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm ³	1,405

Tabel 5 5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan
Diameter cm	15
Tinggi cm	30
Berat tabung (W1), gram	10050
Berat tabung + agregat kering oven (W2), gram	19100
Berat agregat (W3), gram	9250
Volume tabung (V), cm ³	5301,438
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm ³	1,707

Hasil yang diperoleh dari Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 adalah berat volume kondisi gembur dan berat volume kondisi padat pada agregat halus yaitu sebesar 1,405 gr/cm³ dan 1,707 gr/cm³. Pengujian berat volume ini menunjukkan selisih antara volume gembur dan dan volume padat yaitu sebesar 0,302 gr/cm³. Semakin kecil selisih antara kondisi volume gembur dan volume padat yang diperoleh, maka semakin baik gradasi agregat halus tersebut.

5.2.4 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus ini dilakukan untuk mengetahui persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang akan digunakan, hal ini bertujuan untuk menentukan apakah agregat tersebut layak atau tidak untuk digunakan. Langkah-langkah dari pengujian ini yaitu ambil sampel agregat halus seberat 500 gram, lalu benda uji diletakkan di atas saringan No. 200, alirkan air yang cukup deras sehingga bagian agregat yang lebih halus akan terbawa melewati saringan dan bagian yang kasar akan tertinggal di atasnya, ulangi pekerjaan tersebut hingga air pencucian jernih, setelah itu masukkan benda uji ke dalam oven dan terakhir setelah benda uji kering timbang dan catat beratnya. Saringan No. 200 dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Hasil pengujian kandungan lumpur pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.



Gambar 5.5 Saringan No. 200

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur pada Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat pasir kering mutlak (W ₂), gram	500	500	500
Berat pasir setelah dicuci dan dioven lagi, (W ₃) gram	473,8	479,4	476,6
Kadar lumpur %	4,66	4,70	4,68

Hasil yang diperoleh dari Tabel 5.6 di atas menunjukkan kandungan lumpur sebesar 4,68%. Menurut SNI 03-1750-1990, pasir dapat langsung digunakan apabila kandungan lumpurnya tidak lebih dari 5% berat sampel uji. Hasil yang didapatkan sebesar 4,68% ini menunjukkan bahwa pasir tersebut dapat langsung digunakan.

5.3 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian dan pemeriksaan agregat kasar bertujuan untuk mengetahui karakteristik agregat yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Pemeriksaan yang dilaksanakan meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian modulus halus butir, pengujian berat isi gembur dan pengujian berat isi padat.

5.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Langkah-langkah pengujiannya yaitu ambil benda uji dengan kondisi SSD lalu timbang sebanyak 5000 gram, setelah itu benda uji masukkan ke dalam keranjang air, lalu benda uji digoncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air, lalu masukkan benda uji ke dalam pan dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 110°C dan terakhir setelah kering timbang dan catat beratnya. Pengujian berat jenis dan penyerapan air ini bertujuan untuk mengetahui berat curah, berat jenis kering permukaan (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air pada agregat kasar. Keranjang air dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Hasil analisis ini dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5 7 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian		Hasil Pengamatan		
		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Kerikil SSD (Bj),	gram	5000	5000	5000
Berat Kerikil Kering Mutlak (Bk),	gram	4920	4928	4924
Berat Kerikil dalam Air (Ba),	gram	3106,5	3112,5	3109,5
Berat Jenis Curah, Bk/(Bj-Ba)		2,598	2,611	2,605
Berat Jenis SSD, Bj/(Bj-Ba)		2,641	2,649	2,644
Berat Jenis Semu, Bk/(Bk-Ba)		2,713	2,714	2,714
Penyerapan Air, (Bj-Bk)/Bk*100%	%	1,626	1,461	1,544



Gambar 5.6 Keranjang Air

Hasil yang diperoleh dari Tabel 5.7 di atas menunjukkan berat jenis curah rerata sebesar 2,605; berat jenis kering permukaan rerata sebesar 2,644; berat jenis semu rerata sebesar 2,714 dan penyerapan air 1,544 %. Dari hasil tersebut berat jenis kering permukaan sebesar 2,644, angka tersebut memenuhi persyaratan karena berada di antara berat jenis normal agregat kasar yaitu antara 2,5 sampai 2,7. Oleh karena itu kondisi agregat kasar harus dipastikan dalam kondisi (SSD) sebelum digunakan.

5.3.2 Modulus Halus Butir

Pengujian analisa saringan digunakan untuk mengklasifikasikan agregat kasar berdasarkan keseragaman butirannya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui modulus halus agregat tersebut. Langkah-langkah Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan saringan berukuran 40 mm; 20 mm; 10 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan yang disusun secara berurutan, lalu lakukan pengayakan dengan mesin pengguncang selama 10 sampai 15 menit dan terakhir benda uji yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang beratnya lalu dicatat. Saringan agregat kasar dan mesin pengguncang agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8. Hasil analisis ini dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.



Gambar 5.7 Saringan Agregat Kasar



Gambar 5.8 Mesin Pengguncang Agregat Kasar

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3498	69,967	69,967	30,033
4,8	1473	29,463	99,429	0,570
2,4	25	0,500	99,930	0,070
1,2	3,5	0,070	100	0
0,6	0	0	100	0
0,3	0	0	100	0
0,15	0	0	100	0
Jumlah	4999,5	100	669	

Berdasarkan data dari Tabel 5.8, maka dapat dihitung nilai modulus halus butir sebagai berikut:

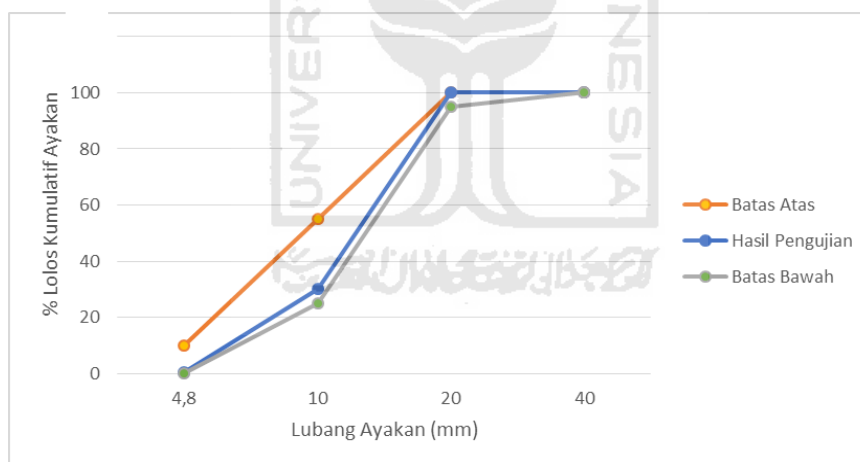
$$\text{MHB} = \frac{669}{100} = 6,69$$

Modulus halus butir agregat kasar yang didapat adalah sebesar 6,69. Hasil tersebut menunjukkan bahwa agregat kasar memiliki butir yang agak besar, dengan nilai MHB agregat kasar berkisar antara 3,8 sampai 8 (SNI 03-1968-

1990). Hasil pengujian tersebut dijadikan pedoman untuk menentukan daerah gradasi agregat kasar. Gradasi yang dihasilkan dari pengujian modulus halus butir agregat kasar berada pada gradasi daerah II yaitu gradasi dengan jenis butir maksimum 20 mm. Oleh karena itu spesifikasi gradasi kerikil dengan besar butir maksimum 20 mm dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Spesifikasi Gradasi Kerikil dengan Besar Butir Maksimum 20 mm

Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif		
	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
40,00	100	100	100
20,00	100	100	95
10,00	55	30,033	25
4,80	10	0,570	0



Gambar 5.9 Gradasi Agregat Kasar

5.3.3 Berat Volume Agregat Kasar

Pengujian berat volume agregat kasar dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kondisi gembur dan kondisi padat. Hasil dari pengujian berat volume gembur dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan pengujian berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5 10 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Diameter cm	15
Tinggi cm	30
Berat tabung (W1), gram	10050
Berat tabung + agregat kering oven (W2), gram	17400
Berat agregat (W3), gram	7350
Volume tabung (V), cm ³	5301,438
Berat volume gembur (W3/V), gram/cm ³	1,386

Tabel 5 11 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Diameter cm	15
Tinggi cm	30
Berat tabung (W1), gram	10050
Berat tabung + agregat kering oven (W2), gram	18300
Berat agregat (W3), gram	8250
Volume tabung (V), cm ³	5301,438
Berat volume padat (W3/V), gram/cm ³	1,556

Dari Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 berat volume agregat kasar yang diperoleh dalam kondisi gembur adalah sebesar 1,386 gr/cm³ dan dalam kondisi padat sebesar 1,556 gr/cm³. Hasil tersebut menunjukkan bahwa selisih antara berat volume gembur dan berat volume padat adalah sebesar 0,17 gr/cm³. Semakin kecil selisih antara berat volume padat dan gembur yang didapat menunjukkan semakin baik gradasi agregat tersebut.

5.4 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) perlu dilakukan untuk mengetahui proporsi campuran bahan penyusun beton agar sesuai dengan kekuatan beton yang direncanakan (perencanaan campuran lengkap dilampirkan pada lampiran 1). Perencanaan beton mutu tinggi ini dilakukan dengan berpedoman pada metode beton mutu tinggi SNI 03-6468-2000. Mutu beton yang direncanakan adalah sebesar 42 MPa, benda uji beton memiliki variasi hari perawatan dengan cara perendaman yaitu 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 26 hari dan tanpa perendaman. Pada setiap variasi beton ditambahkan *superplasticizer Sika Viscocrete 3115 N* sebesar 0,6% terhadap berat semen. Setiap variasi hari perendaman terdiri dari 10 benda uji, masing-masing terdiri dari 5 silinder untuk uji kuat desak dan 5 silinder untuk uji kuat tarik belah yang akan di uji pada umur 28 hari. Agar memudahkan penamaan benda uji maka setiap silinder diberi kode agar tidak tertukar, kode-kode tersebut adalah sebagai berikut ini.

TRD : Beton mutu tinggi dengan campuran *superplasticizer* 0,6% terhadap berat semen tanpa perendaman.

RD1 : Beton mutu tinggi dengan campuran *superplasticizer* 0,6% terhadap berat semen dengan perendaman 3 hari.

RD2 : Beton mutu tinggi dengan campuran *superplasticizer* 0,6% terhadap berat semen dengan perendaman 7 hari.

RD3 : Beton mutu tinggi dengan campuran *superplasticizer* 0,6% terhadap berat semen dengan perendaman 14 hari.

RD4 : Beton mutu tinggi dengan campuran *superplasticizer* 0,6% terhadap berat semen dengan perendaman 21 hari.

RD5 : Beton mutu tinggi dengan campuran *superplasticizer* 0,6% terhadap berat semen dengan perendaman 26 hari.

Langkah-langkah perencanaan proporsi campuran beton (*mix design*) dengan menggunakan metode SNI 03-6468-2000. Hasil dari perhitungan proporsi kebutuhan material penyusun beton per m³ dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan proporsi kebutuhan material penyusun beton per 10 sampel pada setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.13 sebagai berikut ini.

Tabel 5.12 Proporsi Kebutuhan Material Penyusun Beton per m³

Kode Benda Uji	PC (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Air (kg)	Superplasticizer (kg)
TRD	493,75	1120,45	589,24	210,16	2,96

Tabel 5.13 Proporsi Kebutuhan Material Penyusun Beton per 10 Sampel

Campuran	PC (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Air (kg)	Viscocrete 3115 N 0,6% (kg)
TRD	31,41	71,28	37,49	13,37	0,19
RD1	31,41	71,28	37,49	13,37	0,19
RD2	31,41	71,28	37,49	13,37	0,19
RD3	31,41	71,28	37,49	13,37	0,19
RD4	31,41	71,28	37,49	13,37	0,19
RD5	31,41	71,28	37,49	13,37	0,19

5.5 Hasil Pengujian Nilai Slump dan *Workability*

Dengan mengacu pada SNI 03-6468-2000, maka untuk nilai slump yang direncanakan adalah 25-50 mm. Semakin tinggi nilai slump maka beton semakin mudah dalam proses pengadukannya. Hasil pengujian nilai slump dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagai berikut ini.

Tabel 5.14 Hasil Nilai Slump Dengan Menggunakan Superplasticizer

Kode Benda Uji	Tinggi Slump (mm)
TRD	44
RD1	45
RD2	45
RD3	44
RD4	44
RD5	44

Proses pengadukan beton ini sesuai dengan *mix design* yang telah direncanakan. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penambahan atau pengurangan pada kadar bahan penyusun *mix design* yang telah dibuat. Karena pada beton ini tidak ada penambahan bahan-bahan lain selain *superplasticizer*, maka nilai slump yang didapatkan memiliki nilai yang relatif sama.

5.6 Kuat Desak Beton

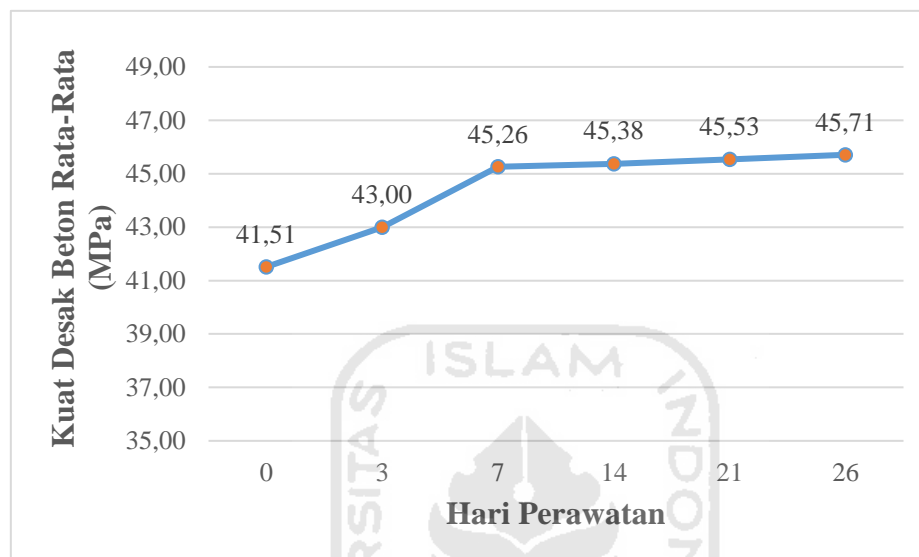
Pengujian kuat desak beton pada umur 28 hari dengan kuat tekan rencana 42 MPa, terdapat 30 total sampel beton yang dibuat dengan 6 variasi perawatan. Untuk masing-masing variasi hari perawatan terdiri dari 5 buah sampel untuk uji kuat desak. Sebelum dilakukan pengujian pada silinder beton, bagian atasnya diberi kaping yang bertujuan untuk memastikan permukaan bidang desak menjadi rata. Hasil dari pengujian kuat desak beton dapat dilihat pada Tabel 5.15 sebagai berikut ini.

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 Hari

No	Benda Uji	Kuat Desak Beton (MPa)	Kuat Desak Beton Rata-Rata (MPa)
1	TRD – 01	40,58	41,51
2	TRD – 02	39,66	
3	TRD – 03	43,26	
4	TRD – 04	43,23	
5	TRD – 05	40,84	
6	RD1 – 01	43,82	43,00
7	RD1 – 02	45,03	
8	RD1 – 03	41,72	
9	RD1 – 04	44,45	
10	RD1 – 05	39,98	
11	RD2 – 01	44,91	45,26
12	RD2 – 02	45,61	
13	RD2 – 03	44,57	
14	RD2 – 04	46,18	
15	RD2 – 05	45,01	
16	RD3 – 01	44,62	45,38
17	RD3 – 02	46,47	
18	RD3 – 03	45,59	
19	RD3 – 04	45,99	
20	RD3 – 05	44,20	
21	RD4 – 01	44,95	45,53
22	RD4 – 02	46,29	
23	RD4 – 03	46,52	
24	RD4 – 04	45,58	
25	RD4 – 05	44,32	
26	RD5 – 01	45,29	45,71
27	RD5 – 02	46,02	
28	RD5 – 03	45,46	
29	RD5 – 04	45,82	
30	RD5 – 05	45,96	

Pada Tabel 5.15 diatas, terdapat kuat desak yang memiliki nilai yang sangat kecil, seperti contoh pada benda uji TRD-02 sebesar 39,66 MPa dan benda uji RD1-05 sebesar 39,98 MPa. Hal ini disebabkan kesalahan dalam proses pemadatan saat beton baru dicetak, dikarenakan alat pemadat yang kurang presisi dan pemadatan yang tidak konstan (*human error*) sehingga terdapat beton yang kualitasnya rendah. Sampel tersebut tidak di eliminasi karena masih dalam batas toleransi. Batas toleransi tersebut diperoleh dari 10% terhadap kuat desak rencana yaitu 42 MPa.

Contoh, $42 \text{ MPa} \times 0,1 = 4,2 \text{ MPa}$. Maka kuat tekan rencana dikurangi 4,2 MPa adalah $(42 - 4,2) = 37,8 \text{ MPa}$. Sehingga kekuatan beton variasi TRD-02 sebesar 39,66 MPa dan RD1-05 sebesar 39,98 MPa masih lebih besar dibandingkan 37,8 MPa.



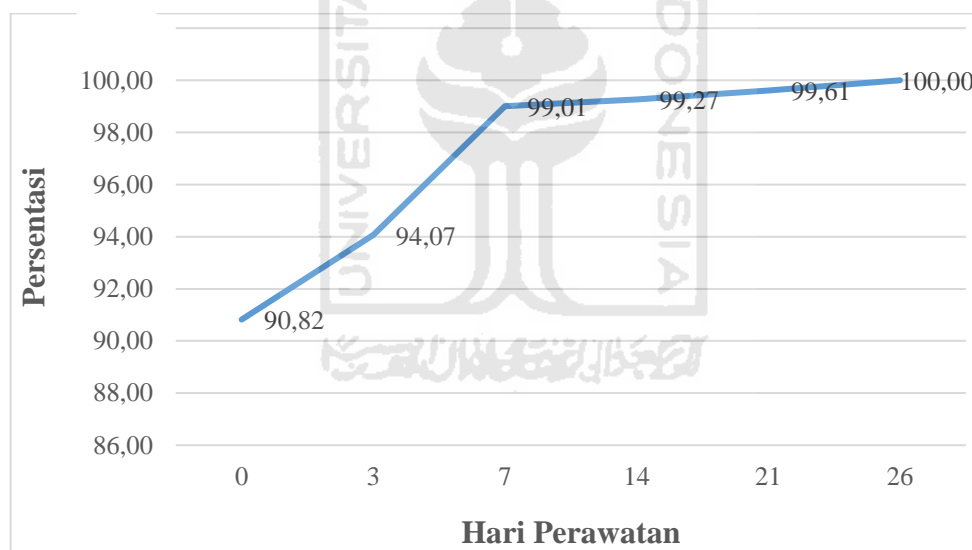
Gambar 5.10 Grafik Hasil Analisis Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 Hari

Dengan menggunakan asumsi kekuatan beton pada umur 28 hari dengan perendaman selama 26 hari telah mencapai kekuatan optimum, maka diperoleh persentasi perubahan kuat desak beton dengan cara membagi kekuatan tiap variasi dengan kekuatan maksimum yang diasumsikan lalu dikalikan 100. Contohnya, untuk mencari perubahan kuat desak pada variasi TRD dengan cara sebagai berikut. $\frac{41,51}{45,71} \times 100 = 90,82 \%$ dan seterusnya.

Persentasi perubahan kekuatan dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan pada Gambar 5.11 sebagai berikut ini.

Tabel 5.16 Persentasi Perubahan Kuat Desak Rata-Rata Terhadap Kuat Desak Tanpa Perawatan

Kode Benda Uji	Kuat Desak Rata-Rata (MPa)	Persentasi Perubahan Kuat Desak Beton (%)
TRD	41,51	90,82
RD1	43,00	94,07
RD2	45,26	99,01
RD3	45,38	99,27
RD4	45,53	99,61
RD5	45,71	100



Gambar 5.11 Grafik Hasil Analisis Persentasi Perubahan Kuat Desak Beton

Berdasarkan hasil dari pengujian pada Tabel 5.16 dan Gambar 5.11 di atas, kuat desak beton mengalami peningkatan seiring meningkatnya hari perawatan beton. Semakin lama hari perawatan beton maka semakin tinggi kuat desak beton yang diperoleh. Peningkatan nilai kuat desak ini terjadi karena beton yang dibuat sesuai dengan ketentuan dan bahan penyusun beton yang tepat.

Pada beton dengan variasi tanpa perawatan, kuat desak yang didapatkan lebih rendah dibandingkan variasi dengan perawatan. Hal ini disebabkan jenis semen yang digunakan adalah semen hidrolis merk Tiga Roda, yaitu semen yang dapat mengikat lebih baik ketika dalam keadaan basah setelah beton segar dibuat. Agregat kasar yang digunakan merupakan batuan split *grade A* yang berasal PT Harmak, agregat tersebut tidak mudah hancur saat di injak serta memiliki pori-pori yang kecil dan butiran yang beragam sehingga beton yang dihasilkan menjadi padat. Agregat halus yang digunakan berasal dari Merapi yang mana agregat tersebut memiliki kadar lumpur sesuai dengan ketentuan, sehingga dapat mengisi rongga pada agregat kasar dengan optimal. *Superplasticizer* yang digunakan adalah Viscocrete 3115 N yang mempermudah pengadukan dan pencetakan beton segar sehingga meminimalisir *void* yang terdapat pada beton. Air yang digunakan adalah air bersih yang bebas dari minyak dan residu yang dapat dilihat secara kasat mata.

Kadar air yang tepat pada beton sangat mempengaruhi kualitas beton tersebut, perendaman beton berguna untuk memastikan beton memperoleh air yang cukup untuk mengoptimalkan ikatan antar molekul penyusun semen. Air berfungsi sebagai bahan yang mengalami reaksi kimia dengan semen, sehingga kadar yang tepat akan menghasilkan reaksi kimia pada semen yang lebih baik dan mempengaruhi kuat desak beton yang dikerjakan.

Hari Perawatan ideal yang didapatkan adalah pada variasi hari perawatan perendaman selama 7 hari. Kenaikan yang terjadi cukup signifikan dari variasi tanpa perendaman ke variasi perendaman 7 hari, yaitu dari 41,51 MPa menjadi 45,26 MPa pada perendaman 7 hari, yaitu mengalami peningkatan kekuatan sebesar 9.03%. Sementara itu, setelah perendaman selama 7 hari tetap terjadi kenaikan kuat desak beton, namun tidak signifikan dan relatif kecil.

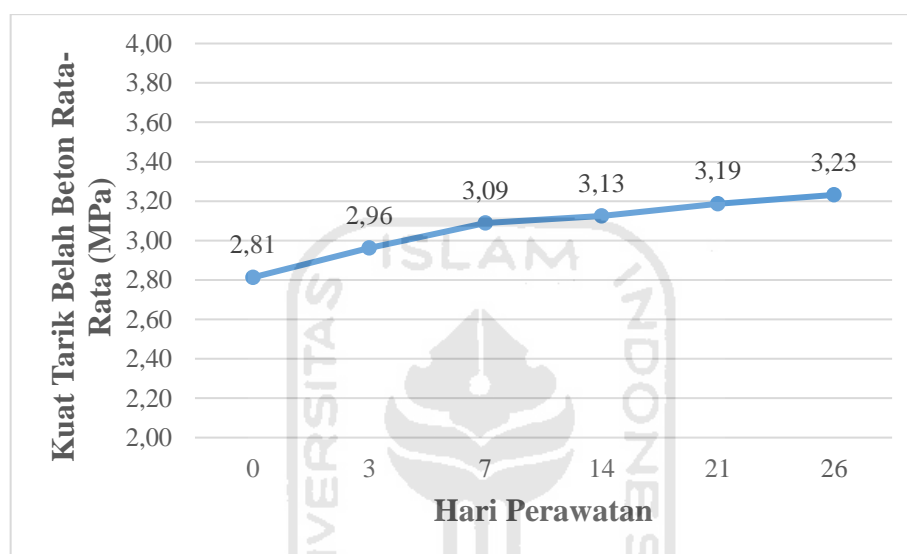
5.7 Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat Tarik belah beton dilakukan pada beton dengan umur 28 hari. Terdapat 30 total sampel beton yang dibuat dengan 6 variasi perawatan. Untuk masing-masing variasi hari perawatan terdiri dari 5 buah sampel untuk uji kuat tarik belah. Sebelum dilakukan pengujian pada silinder beton, benda uji yang dibaringkan diberi bantalan pengganjal yang bertujuan agar posisi beton tetap pada tengah tumpuan tekan agar beton tidak menggelinding. Hasil dari pengujian kuat desak beton dapat dilihat pada Tabel 5.17 sebagai berikut ini.

Tabel 5 17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

No	Benda Uji	Kuat Tarik Belah Beton (MPa)	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)
1	TRD – 06	2,78	2,81
2	TRD – 07	3,00	
3	TRD – 08	2,97	
4	TRD – 09	2,53	
5	TRD – 10	2,80	
6	RD1 – 06	3,41	2,96
7	RD1 – 07	2,82	
8	RD1 – 08	2,38	
9	RD1 – 09	3,00	
10	RD1 – 10	3,20	
11	RD2 – 06	3,49	3,09
12	RD2 – 07	2,95	
13	RD2 – 08	3,10	
14	RD2 – 09	3,08	
15	RD2 – 10	2,82	
16	RD3 – 06	3,42	3,13
17	RD3 – 07	2,78	
18	RD3 – 08	2,98	
19	RD3 – 09	3,28	
20	RD3 – 10	3,17	
21	RD4 – 06	3,33	3,19
22	RD4 – 07	3,14	
23	RD4 – 08	3,36	
24	RD4 – 09	3,06	
25	RD4 – 10	3,05	
26	RD5 – 06	3,41	3,23
27	RD5 – 07	3,19	
28	RD5 – 08	3,12	
29	RD5 – 09	3,26	
30	RD5 – 10	3,19	

Pada Tabel 5.17 diatas, terdapat kuat tarik belah yang memiliki nilai yang sangat kecil, seperti contoh pada benda uji TRD-09 sebesar 2,53 MPa dan benda uji RD1-08 sebesar 2,38 MPa. Hal ini disebabkan kesalahan dalam proses pemadatan saat beton baru dicetak, dikarenakan alat pemadat yang kurang presisi dan pemadatan yang tidak konstan (*human error*) sehingga terdapat beton yang kualitasnya rendah.



Gambar 5.12 Grafik Hasil Analisis Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

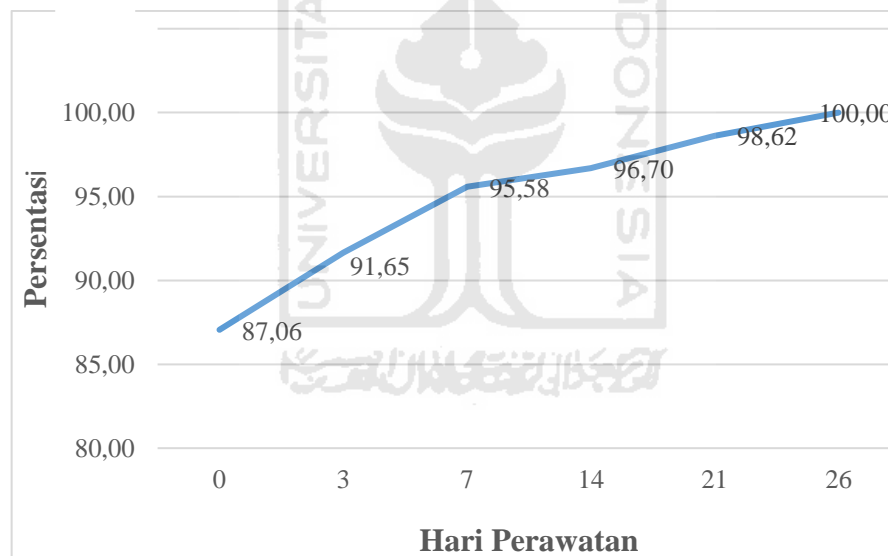
Dengan menggunakan asumsi kekuatan beton pada umur 28 hari dengan perendaman selama 26 hari telah mencapai kekuatan optimum, maka diperoleh persentasi perubahan kuat desak beton dengan cara membagi kekuatan tiap variasi dengan kekuatan maksimum yang diasumsikan lalu dikalikan 100. Perhitungan persentasi kekuatan sampel tanpa perendaman adalah sebagai berikut.

$$\frac{2,81}{3,23} \times 100 = 87,06 \% \text{ dan seterusnya.}$$

Persentasi perubahan kekuatan dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan pada Gambar 5.13 sebagai berikut ini.

Tabel 5.18 Persentasi Perubahan Kuat Tarik Belah Rata-Rata Terhadap Kuat Tarik Belah Tanpa Perawatan

Kode Benda Uji	Kuat Tarik Belah Rata-Rata (MPa)	Persentasi Perubahan Kuat Tarik Belah
TRD	2,81	87,06
RD1	2,96	91,65
RD2	3,09	95,58
RD3	3,13	96,70
RD4	3,19	98,62
RD5	3,23	100

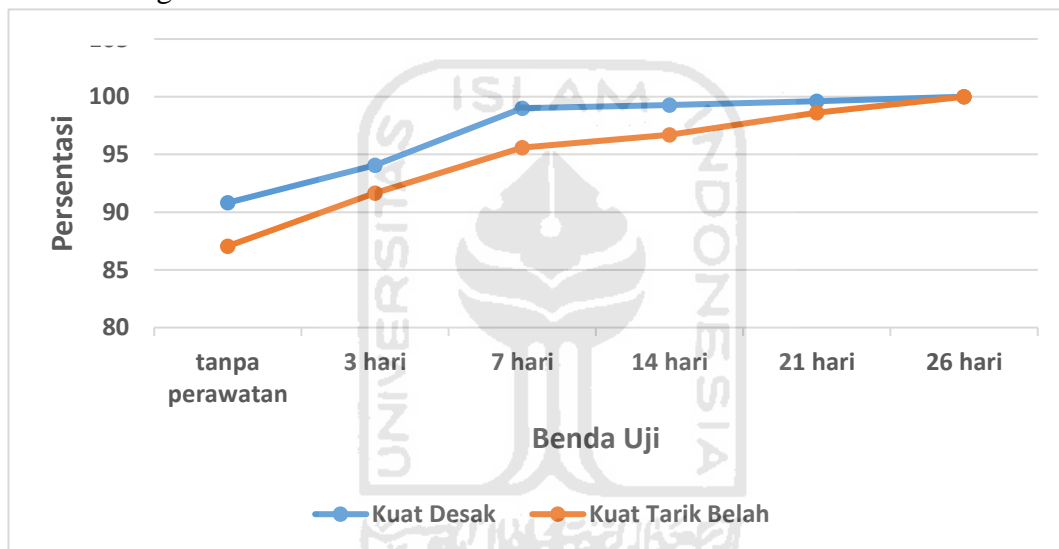


Gambar 5.13 Grafik Hasil Analisis Persentasi Perubahan Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.18 dan Gambar 5.13 di atas, kuat tarik belah beton yang diperoleh tidak besar, dikarenakan beton tidak kuat dalam menahan beban apabila tidak diberi tulangan untuk menahan beban yang dihasilkan oleh pengujian tarik belah. Beton mengalami peningkatan pada tiap variasi hari perawatannya. Peningkatan nilai kuat tarik belah ini terjadi karena beton yang dibuat sesuai dengan ketentuan dan bahan penyusun beton yang tepat.

Hari Perawatan ideal yang didapatkan adalah pada variasi hari perawatan perendaman selama 7 hari. Kenaikan yang terjadi cukup signifikan dari variasi tanpa perawatan ke variasi perawatan 7 hari, yaitu dari 2,81 MPa menjadi 3,09 MPa pada perawatan 7 hari, yaitu mengalami peningkatan kekuatan sebesar 9.96%. Sementara itu, setelah perawatan selama 7 hari tetap terjadi kenaikan kuat tarik belah beton, namun tidak signifikan dan relatif kecil.

Setelah memperoleh grafik persentasi kuat desak dan kuat tarik belah beton, maka perbandingan antara grafik kuat desak dan grafik kuat tarik belah adalah sebagai berikut ini.



Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Kuat Desak dan Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan grafik perbandingan kuat desak dan kuat tarik belah beton pada Gambar 5.13 diatas menunjukkan bahwa lamanya perawatan beton dapat menghasilkan peningkatan kekuatan beton baik pada kuat desak maupun kuat tarik belahnya. Disamping itu kekuatan beton meningkat secara signifikan dari tanpa perawatan ke 7 hari perawatan, setelah itu peningkatan kekuatan mulai melambat.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan yang telah diuraikan pada bab – bab sebelumnya, penelitian ini memiliki beberapa kesimpulan. Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Hari perawatan yang ideal adalah dengan perawatan perendaman selama 7 hari, dengan kuat desak diperoleh sebesar 45,26 MPa, kekuatan ini lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa perawatan dengan kuat desak 41,51 MPa, yaitu mengalami kenaikan sebesar 9,03% dari beton tanpa perawatan perendaman.
2. Hari perawatan yang ideal adalah dengan perawatan perendaman selama 7 hari, dengan kuat tarik belah sebesar 3,09 MPa, kekuatan ini lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa perawatan dengan kuat tarik belah sebesar 2,81 MPa, yaitu mengalami kenaikan sebesar 9,96% dari beton tanpa perawatan perendaman.

6.2 Saran

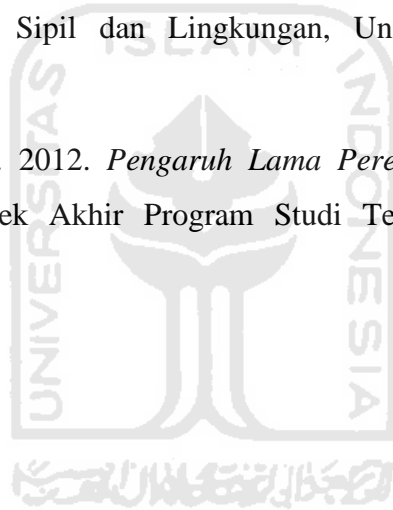
Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mengganti variasi lama perendaman mulai 3 hari sampai 14 hari untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti.
2. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan memperhitungkan biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan campuran beton.
3. Kondisi agregat yang kering permukaan pada saat pencampuran sangat perlu diperhatikan agar penelitian lebih terkontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Angjaya, N., Kumaat, S.E., Wallah, H., Tanudjaja. 2013. *Perbandingan Kuat Tekan Antara Beton Dengan Perawatan Pada Elevated Temperature & Perawatan dengan Cara Perendaman Serta Tanpa Perawatan*. Jurnal Sipil Statik Vol. 1 No. 3 Fakultas Teknik Sipil Universitas Samratulangi, Manado.
- Antoni, R., Sugiarto, H. 2007. “Kompabilitas antara Superplasticizer tipe Polycarboxylate dan Naphthalene dengan Semen Lokal”. Yogyakarta. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. Semen *Portland*. SNI 15-2049-2004. Jakarta.
- Sagel. 1993. *Pedoman Pengerjaan Beton*. Jakarta. Erlangga.
- Internet <https://www.bps.go.id/pressrelease/2017/02/06/1363/ekonomi-indonesia-tahun-2016-tumbuh-5-02-persen-lebih-tinggi-dibanding-capaian-tahun-2015--sebesar-4-88-persen.html>
- Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, “*Buku Panduan Pratikum Beton Teknik Sipil*”. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Mulyono, Tri. 2003, *Teknologi Beton*. Andi , Yogyakarta.
- Murdock, L.J., L. M. Brook dan Hendarko.,S. 1986. *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi Ke – 4. Erlangga. Jakarta.
- Rahamudin, Manalip, Hieryco & Mondorongin, Mielke. 2016. *Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Ksar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen*. Jurnal Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado. Vol 4. No 3. Halaman: 228.
- Razak, R.P. 2018. *Pengaruh Admixture Naphtalane dan Polycarboxylate Terhadap Kuat Desak Awal dan Akhir Beton Normal*. Tugas Akhir Studi Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Rizkina, H. 2016. *Analisa Perbandingan Campuran Beton Dengan Menggunakan Agregat Halus Ex. Tenggarong Ex. Palu dan Agregat Kasar Ex. Palu Dengan Cara Perendaman dan Tidak Direndam*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945. Samarinda.
- Standar Nasional Indonesia. 1990. SNI 03-1974-1990: *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. SNI 03-6468-2000: *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abu Terbang*. Jakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Wijaya, A., Suwito, P.A. 2012. *Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Kuat Tekan Beton*. Proyek Akhir Program Studi Teknik Sipil Diploma III Universitas Jember.



LAMPIRAN

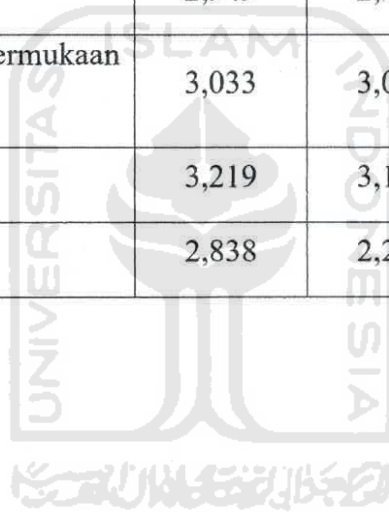


**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR
AGREGAT HALUS (SNI 03-1970-1990)**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Pasir SSD (gr)	500	500	500
Berat Pasir Kering Mutlak (Bk) (gr)	486,2	488,8	487,5
Berat Piknometer Berisi Pasir Air (Bt) (gr)	1056,65	1056,35	1056,5
Berat Piknometer Berisi Air (B) (gr)	721,5	721,5	721,5
Berat Jenis Curah (gr/cm ³) Bk / (B + 500 - Bt)	2,949	2,960	2,954
Berat Jenis Kering Permukaan (SSD) (gr/cm ³) 500 / (B + 500 - Bt)	3,033	3,028	3,030
Berat Jenis Semu (gr/cm ³) Bk / (B + Bk - Bt)	3,219	3,175	3,197
Angka Penyerapan Air % (500 - Bk) / Bk x 100%	2,838	2,291	2,564

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:



Ivanov Pratama

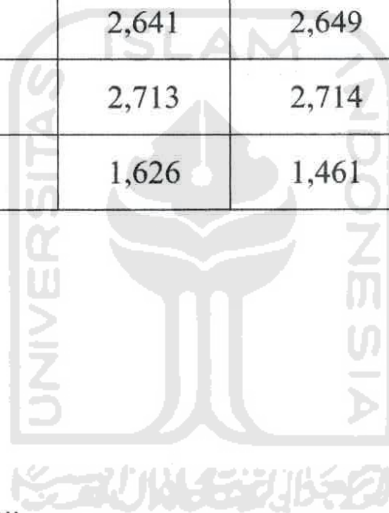
.....

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR
AGREGAT KASAR (SNI 03-1969-1990)**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Kerikil SSD (Bj) (gr)	5000	5000	5000
Berat Kerikil Kering Mutlak (Bk) (gr)	4920	4928	4924
Berat Kerikil dalam Air (Ba) (gr)	3106,5	3112,5	3109,5
Berat Jenis Curah (gr/cm ³) Bk / (Bj - Ba)	2,598	2,611	2,605
Berat Jenis SSD (gr/cm ³) Bj / (Bj - Ba)	2,641	2,649	2,644
Berat Jenis Semu (gr/cm ³) Bk / (Bk - Ba)	2,713	2,714	2,714
Angka Penyerapan Air (%) (Bj - Bk) / Bk x 100%	1,626	1,461	1,544

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:



Ivanov Pratama

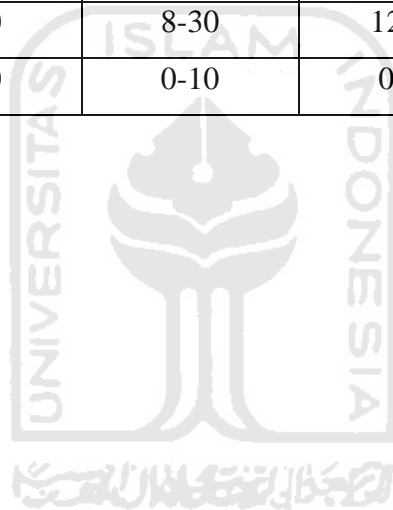
**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN
AGREGAT HALUS (SNI 03-1968-1990)**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40				
20				
10				
4,8	66,5	3,326	3,326	96,674
2,4	107	5,351	8,677	91,323
1,2	215,5	10,778	19,455	80,545
0,6	782,3	39,125	58,580	41,420
0,3	571,7	28,592	87,172	12,828
0,15	210,5	10,528	97,699	2,301
sisia	46	2,301	-	-
Jumlah	1999,5	100	274,909	-

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{274,909}{100} = 2,749$$

GRADASI PASIR (SNI 03-1968-1990)

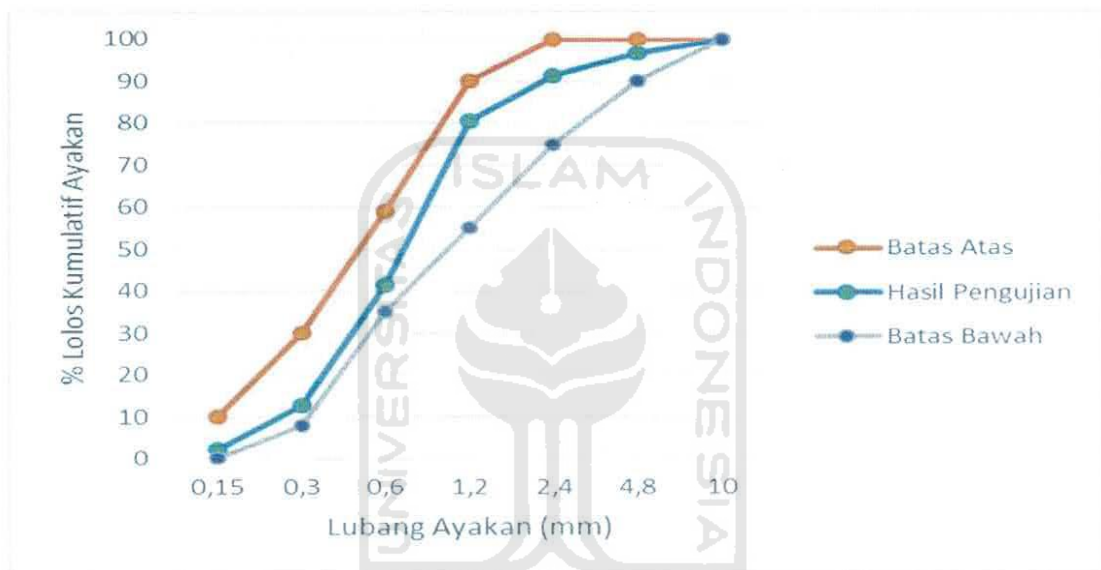
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah 1	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15



MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS (SNI 03-1968-1990)

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir Daerah : II
- Jenis Pasir : Pasir agak kasar



GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ivanov Pratama

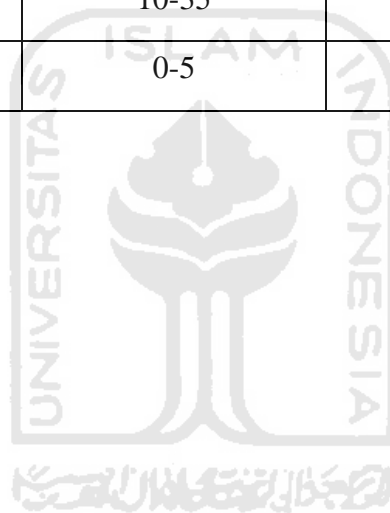
**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN
AGREGAT KASAR (SNI 03-1968-1990)**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3498	69,967	69,967	30,033
4,8	1473	29,463	99,429	0,570
2,4	25	0,500	99,930	0,070
1,2	3,5	0,070	100	0
0,6	0	0	100	0
0,3	0	0	100	0
0,15	0	0	100	0
sisa	0	0	0	0
Jumlah	4999,5	100	669	

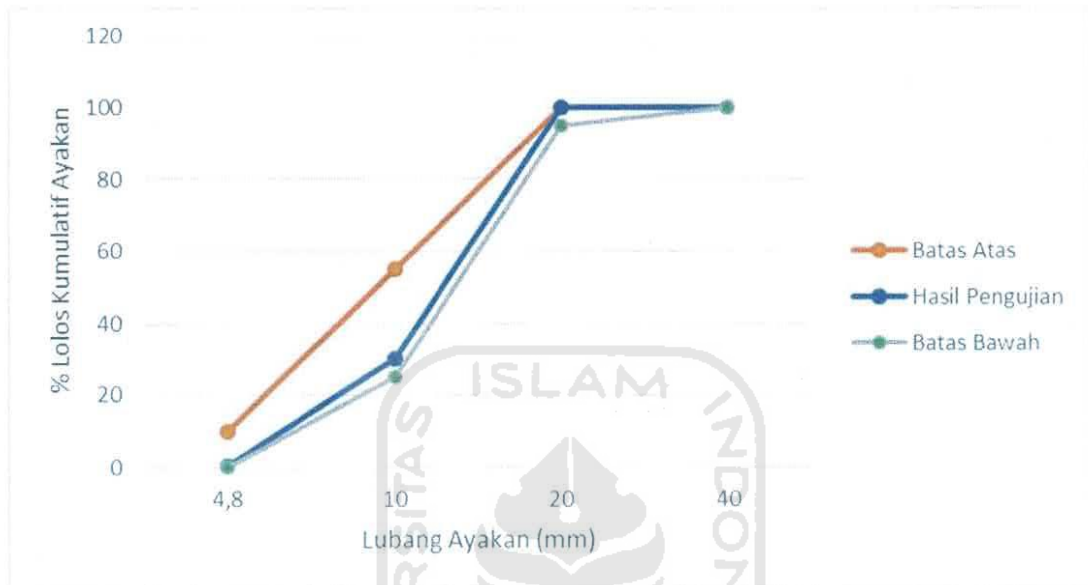
$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{669}{100} = 6,69$$

GRADASI KERIKIL

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besaran Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40,00	95-100	100
20,00	30-70	95-100
10,00	10-35	25-55
4,80	0-5	0-10



**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN
AGREGAT KASAR (SNI 03-1968-1990)**



GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ivanov Pratama

**PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)**

Uraian	Hasil Pengujian
Diameter (cm)	15
Tinggi (cm)	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10050
Berat Tabung + Isi Kering Tungku (W2) (gr)	17500
Berat Agregat (gr)	7450
Volume tabung (V) (cm ³)	5301,438
Berat Volume (W3/v) (gr/cm ³)	1,405

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:



Ivanov Pratama

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

(SNI 03-4804-1998)

Uraian	Hasil Pengujian
Diameter (cm)	15
Tinggi (cm)	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10050
Berat Tabung + Isi Kering Tungku (W2) (gr)	19100
Berat Agregat (gr)	9250
Volume tabung (V) (cm ³)	5301,438
Berat Volume (W3/v) (gr/cm ³)	1,707

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:



Ivanov Pratama

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR

(SNI 03-4804-1998)

Uraian	Sampel
Diameter (cm)	15
Tinggi (cm)	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10050
Berat Tabung + Isi Kering Tungku (W2) (gr)	17400
Berat Agregat (gr)	7350
Volume tabung (V) (cm ³)	5301,438
Berat Volume (W3/v) (gr/cm ³)	1,386

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:



Ivanov Pratama

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR

(SNI 03-4804-1998)

Uraian	Sampel
Diameter (cm)	15
Tinggi (cm)	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10050
Berat Tabung + Isi Kering Tungku (W2) (gr)	18300
Berat Agregat (gr)	8250
Volume tabung (V) (cm ³)	5301,438
Berat Volume (W3/v) (gr/cm ³)	1,556

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:



Ivanov Pratama

PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO. 200 /

UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

(SNI 03-4142-1996)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Agregat Kering Oven (gr)	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci dan dioven 24 jam (gr)	473,8	479,4	476,6
Berat Lolos Ayakan no 200 (%)	4,66	4,70	4,68
Memenuhi Syarat			

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:



Ivanov Pratama

PERHITUNGAN PROPORSI CAMPURAN

(MIX DESIGN SNI 03-6468-2000)

1) Menentukan Slump dan Kuat Tekan Rata-Rata yang Ditargetkan

Nilai slump awal direncanakan 25 – 50 mm.

Proporsi campuran dibuat berdasarkan percobaan laboratorium maka menggunakan persamaan sebagai berikut ini.

$$f'_{cr} = \frac{f'_c + 9,66 \text{ MPa}}{0,90} \quad \dots\dots 3)$$

$$f'_{cr} = \frac{42 + 9,66 \text{ MPa}}{0,90}$$

$$f'_{cr} = 57,4 \text{ MPa.}$$

2) Menentukan Ukuran Agregat Kasar Maksimum

Karena kuat tekan rata-rata yaitu $57,4 < 62,1$ MPa, maka digunakan ukuran agregat kasar maksimum 20-25 mm.

Ukuran agregat maksimum = 20 mm.

Berat jenis relatif (kering oven) = 2,714

Kapasitas absorpsi = 1,54%

Berat isi padat kering oven = $1556,18 \text{ kg/m}^3$

3) Menentukan Kadar Agregat Kasar Optimum

Tabel 1 Fraksi Volume Agregat Kasar yang Disarankan

Ukuran (mm)	10	15	20	25
Fraksi Volume Padat Kering Oven	0,65	0,68	0,72	0,75

(Sumber : SNI-03-6468-2000)

Berdasar ukuran agregat kasar maksimum 20 mm maka fraksi volume padat kering oven diperoleh 0,72

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat kasar kering oven} &= 0,72 \times 1556,18 \\ &= 1120,45 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4) Estimasi Kadar Air Pencampur dan Kadar Udara

Tabel 2 Estimasi Pertama Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Beton Segar Berdasarkan Pasir dengan 35% Rongga Udara

Air Pencampur (Liter/m ³)					Keterangan
Slump (mm)	Ukuran Agregat Kasar Maksimum (mm)				
	10	15	20	25	
25-50	184	175	169	166	
50-75	190	184	175	172	
75-100	196	190	181	178	
Kadar Udara (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	Tanpa <i>Superplasticizer</i>
	2,5	2,0	1,5	1,0	<i>Superplasticizer</i>

(Sumber : SNI-03-6468-2000)

Berdasarkan nilai slump awal sebesar 22 – 50 mm dan ukuran agregat kasar maksimum 20 mm, maka didapatkan estimasi awal kebutuhan air 169 liter/m³ dan kadar udara beton dengan menggunakan *superplasticizer* sebesar 1,5%

$$\text{Berat isi padat kering oven agregat halus} = 1707,08 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat jenis relatif} = 3,030$$

Maka kadar rongga udara dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Kadar Rongga Udara (V)} &= \left(1 - \left(\frac{\text{berat isi padat kering oven}}{\text{berat jenis relatif} \times 1000} \right) \right) \times 100\% \quad \dots\dots 4) \\ &= \left(1 - \left(\frac{1707,08}{3,030 \times 1000} \right) \right) \times 100\% \\ &= 43,67\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi Kadar Air, liter/m}^3 &= (V-35) \times 4,75 \quad \dots\dots 5) \\ &= (43,67 - 35) \times 4,75 \\ &= 41,16 \text{ liter/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air total} &= 169 + 41,16 \text{ liter/m}^3 \\ &= 210,16 \text{ liter/m}^3 \end{aligned}$$

5) **Penentuan Rasio w/c**

Tabel 3 Rasio (w/c) Maksimum yang disarankan (Dengan *Superplasticizer*)

Kekuatan Lapangan f'cr (MPa)		(w/c)			
		Ukuran Agregat Maksimum (mm)			
		10	15	20	25
48,3	28 hari	0,50	0,48	0,45	0,43
	56 hari	0,55	0,52	0,48	0,46
55,2	28 hari	0,44	0,42	0,40	0,38
	56 hari	0,48	0,45	0,42	0,40
62,1	28 hari	0,38	0,36	0,35	0,34
	56 hari	0,42	0,39	0,37	0,36
69	28 hari	0,33	0,32	0,31	0,30
	56 hari	0,37	0,35	0,33	0,32
75,9	28 hari	0,30	0,29	0,27	0,27
	56 hari	0,33	0,31	0,29	0,29
82,8	28 hari	0,27	0,26	0,25	0,25
	56 hari	0,30	0,28	0,27	0,26

(Sumber : SNI-03-6468-2000)

Berdasarkan kuat desak yang direncanakan dengan kondisi laboratorium pada umur 28 hari, $f'_{cr} = 57,4$ MPa, maka kekuatan lapangan $f'_{cr} = 0,90 \times 57,4 = 51,66$ MPa. Setelah kuat desak lapangan diperoleh maka dilakukan interpolasi dengan menggunakan Tabel 3 sebagai berikut ini.

Keterangan :

$$Y = 51,66$$

$$Y1 = 48,30$$

$$Y2 = 55,20$$

$$X = ?$$

$$X1 = 0,45$$

$$X2 = 0,40$$

Interpolasi

$$Y = Y1 + \frac{(X - X1)}{(X2 - X1)} \times (Y2 - Y1)$$

$$51,66 = 48,30 + \frac{(X - 0,45)}{(0,40 - 0,45)} \times (55,2 - 48,3)$$

$$X = 0,426$$

Maka nilai rasio w/c setelah interpolasi adalah 0,426

6) Menghitung Kadar Bahan Bersifat Semen

Kebutuhan air total yang diperoleh adalah 210,16 liter/m³

Maka kadar bahan bersifat semen adalah sebagai berikut ini.

$$\frac{210,16}{0,426} = 493,75 \text{ kg/m}^3$$

7) Proporsi Campuran Dasar Dengan Semen *Portland*

$$\text{Berat jenis semen} = 3,15$$

$$\text{Berat jenis agregat kasar} = 2,64$$

$$\text{Berat jenis agregat halus} = 3,03$$

Volume semua bahan kecuali pasir per m³ campuran beton adalah sebagai berikut ini.

Semen <i>Portland</i>	=	493,75	:	3,15	=	156,75	liter
Agregat kasar	=	1120,45	:	2,64	=	423,64	liter
Air	=	210,16			=	210,16	liter
Kadar Udara	=	0,015	x	1000	=	15	liter +
					=	805,55	liter

Maka kebutuhan volume pasir per m³ beton = 1000 – 805,55 = 194,45 liter

Dikonversikan dalam satuan kilogram = 0,19445 x 3,03 x 1000 = 589,24 kg

Proporsi campuran dasar per m³

Air	=	211	kg
Semen Portland	=	494	kg
Agregat kasar	=	1121	kg
Pasir	=	590	kg



LAPORAN HASIL PENGUJIAN DESAK DAN TARIK BELAH BETON

Beton Tanpa Perendaman

Nama/Kode Benda Uji		Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tarik Beton Rata-Rata (Mpa)
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
Tekan	TRD-01	151,9	302,1	18114	13	2375,6	735	40,58		41,51	-
	TRD-02	152,0	301,8	18154	13,1	2391,3	720	39,66			
	TRD-03	150,5	301,1	17797	12,8	2388,6	770	43,26			
	TRD-04	151,6	302,7	18043	12,9	2362,3	780	43,23			
	TRD-05	150,9	302,9	17876	13,1	2419,3	730	40,84			
Tarik	TRD-06	151,0	303,8	36017	13	1188,2	200		2,78	-	2,81
	TRD-07	150,8	302,8	35875	12,9	1187,4	215		3,00		
	TRD-08	150,9	302,9	35911	13	1195,0	213		2,97		
	TRD-09	150,1	301,7	35563	12,8	1192,9	180		2,53		
	TRD-10	150,4	302,6	35744	13,1	1211,1	200		2,80		

LAPORAN HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK DAN TARIK BELAH BETON

Beton Perendaman 3 Hari

Nama/Kode Benda Uji		Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tarik Beton Rata-Rata (Mpa)
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
Tekan	RD1-01	151,5	302,9	18027	13,2	2417,7	790	43,82		43,00	-
	RD1-02	150,9	302,6	17876	13	2403,5	805	45,03			
	RD1-03	151,3	302,3	17979	12,8	2355,3	750	41,72			
	RD1-04	150,4	303,0	17774	12,7	2358,5	790	44,45			
	RD1-05	151,4	302,2	18011	13,1	2406,6	720	39,98			
Tarik	RD1-06	151,4	302,1	35915	13,1	1207,4	245		3,41	-	2,96
	RD1-07	150,2	301,0	35504	13	1216,3	200		2,82		
	RD1-08	150,4	302,1	35689	12,8	1187,3	170		2,38		
	RD1-09	151,0	301,1	35697	12,8	1191,0	214		3,00		
	RD1-10	151,3	302,1	35907	12,9	1189,2	230		3,20		

LAPORAN HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK DAN TARIK BELAH BETON

Beton Perendaman 7 Hari

Nama/Kode Benda Uji		Benda Uji		Luas Penampangan (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tarik Beton Rata-Rata (Mpa)
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
Tekan	RD2-01	151,5	300,1	18035	12,7	2346,8	810	44,91		45,26	-
	RD2-02	151,3	302,0	17979	13	2394,5	820	45,61			
	RD2-03	151,2	301,8	17947	13,1	2418,3	800	44,57			
	RD2-04	150,4	301,4	17758	12,9	2410,5	820	46,18			
	RD2-05	151,8	300,9	18106	12,8	2349,7	815	45,01			
Tarik	RD2-06	151,4	301,3	35839	13	1203,8	250		3,49	-	3,09
	RD2-07	150,5	301,3	35603	12,7	1184,1	210		2,95		
	RD2-08	150,2	300,7	35477	13	1218,8	220		3,10		
	RD2-09	150,8	301,3	35681	12,8	1190,5	220		3,08		
	RD2-10	150,2	300,2	35410	12,7	1194,6	200		2,82		

LAPORAN HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK DAN TARIK BELAH BETON

Beton Perendaman 14 Hari

Nama/Kode Benda Uji		Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tarik Beton Rata-Rata (Mpa)
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
Tekan	RD3-01	151,6	300,7	18043	13	2395,9	805	44,62		45,38	-
	RD3-02	150,8	303,0	17860	12,9	2383,7	830	46,47			
	RD3-03	150,9	302,8	17876	12,8	2364,4	815	45,59			
	RD3-04	150,7	301,5	17829	13	2418,2	820	45,99			
	RD3-05	151,8	301,3	18098	12,8	2347,1	800	44,20			
Tarik	RD3-06	151,0	302,1	35832	13	1201,1	245		3,42	-	3,13
	RD3-07	151,8	301,6	35946	13,2	1217,7	200		2,78		
	RD3-08	151,4	301,6	35867	12,9	1192,4	214		2,98		
	RD3-09	151,2	302,1	35875	12,7	1171,8	235		3,28		
	RD3-10	150,5	300,6	35536	12,8	1198,4	225		3,17		

LAPORAN HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK DAN TARIK BELAH BETON

Beton Perendaman 21 Hari

Nama/Kode Benda Uji		Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tarik Beton Rata-Rata (Mpa)
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
Tekan	RD4-01	151,9	302,5	18130	12,8	2333,7	815	44,95		45,53	-
	RD4-02	151,1	301,7	17932	12,7	2347,8	830	46,29			
	RD4-03	150,3	300,7	17734	13	2437,8	825	46,52			
	RD4-04	151,8	301,8	18098	12,8	2343,2	825	45,58			
	RD4-05	151,6	301,9	18050	12,7	2330,5	800	44,32			
Tarik	RD4-06	151,7	302,4	36029	12,7	1165,6	240		3,33	-	3,19
	RD4-07	150,7	303,0	35871	12,9	1186,9	225		3,14		
	RD4-08	150,1	302,6	35669	12,7	1176,5	240		3,36		
	RD4-09	151,6	302,0	35962	13	1196,9	220		3,06		
	RD4-10	151,8	302,9	36109	12,7	1161,3	220		3,05		

LAPORAN HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK DAN TARIK BELAH BETON

Beton Perendaman 26 Hari

Nama/Kode Benda Uji		Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Keterangan	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tarik Beton Rata-Rata (Mpa)
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)								
Tekan	RD5-01	151,8	302,7	18106	13	2371,7	820	45,29		45,71	-
	RD5-02	152,0	302,7	18146	12,9	2348,6	835	46,02			
	RD5-03	152,0	301,3	18146	12,7	2322,9	825	45,46			
	RD5-04	151,9	302,9	18114	12,8	2333,2	830	45,82			
	RD5-05	151,6	302,6	18058	12,7	2324,1	830	45,96			
Tarik	RD5-06	151,6	301,9	35958	12,8	1179,0	245		3,41	-	3,23
	RD5-07	151,7	302,7	36077	13	1190,3	230		3,19		
	RD5-08	151,7	303,0	36093	12,8	1170,4	225		3,12		
	RD5-09	151,6	302,9	36053	12,9	1181,4	235		3,26		
	RD5-10	151,5	303,2	36069	12,7	1161,3	230		3,19		

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:



Ivanov Pratama

FOTO BENDA UJI

