

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN AIR HUJAN (VARIASI 5%, 10%, 15%) PADA RANCANGAN CAMPURAN BETON TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN FISIS



Disusun oleh:

ARSI RAHMA PURNAMASARI

07.21.055

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2013**

12-11-80

WALTON VIA MANAGEMENT DEVELOPMENT
MANAGEMENT AGEN (MGT) AGY (AGY) (AGY)
BOTH HAVE SUBMITTED THEIR RESUMES FOR THE POSITION

12-11-80

MANAGEMENT AGEN (MGT) AGY (AGY) (AGY)

588 P. 10

1-8 1980 MGMT AGY (AGY) (AGY)
MANAGEMENT AGEN (MGT) AGY (AGY) (AGY)
MANAGEMENT AGEN (MGT) AGY (AGY) (AGY)

588 P. 10

12-11-80

ABSTRAKSI

“PENGARUH PENAMBAHAN AIR HUJAN (VARIASI 5%, 10%, 15%) PADA RANCANGAN CAMPURAN BETON TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN FISIS”. Arsi Rahma Purnamasari, NIM : 0721055. Dosen Pembimbing I : Ir. Togi H. Nainggolan, MS., Dosen Pembimbing II : Ir. Sudirman Indra, MSc.

Beton merupakan salah satu bahan yang sering digunakan dalam bidang konstruksi bangunan karena keunggulannya dibandingkan dengan bahan lain yang memiliki fungsi yang sama. Keadaan lingkungan sekitar dapat berpengaruh terhadap kualitas sifat mekanis dan fisis beton, baik pada saat dilakukan proses pengecoran maupun perawatan setelahnya. Seringkali pada proses pelaksanaan konstruksi (pengecoran) di lapangan terbentur dengan kendala cuaca. Oleh karena itu pada penelitian kali ini ingin diketahui pengaruh air hujan terhadap sifat mekanis beton yaitu kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, kuat lentur beton, dan modulus elastisitas beton.

Penelitian ini menggunakan persentasi air hujan dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat air. Perencanaan campuran beton menggunakan aturan dari SNI 03-2847-2002 dan ACI direncanakan mutu beton $f'c$ 20 MPa dengan jumlah benda uji silinder beton (dimensi 15x30 cm) untuk tiap perlakuan adalah 16 benda uji untuk kuat tekan, 3 benda uji untuk tarik belah, dan 5 benda uji untuk modulus elastisitas. Untuk kuat lentur beton digunakan 3 benda uji balok beton (dimensi 15x15x60 cm) untuk tiap perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan air hujan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% pada beton polos ternyata memiliki pengaruh terhadap sifat mekanis maupun sifat fisis beton. Data pengujian digabungkan dengan hasil pengujian variasi 20%, 25%, dan 30%, dapat disimpulkan kuat tekan beton berkisar antara 17,21 - 21,90 MPa, cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya persentasi hujan. Untuk pengujian kuat tarik belah, kuat lentur dan modulus elastisitas kekuatannya cenderung menurun seiring dengan bertambahnya campuran air hujan, dengan kisaran nilai kuat tarik belah = 2,76 - 3,23 MPa, kuat lentur = 4,41 - 4,71 MPa, modulus elastisitas = 3721,43 - 7179,73 MPa. Adapun sifat fisis beton dengan campuran air hujan cenderung berwarna lebih gelap dan berpori lebih besar (seiring dengan penambahan campuran air hujan) dibandingkan dengan beton tanpa campuran air hujan.

Kata kunci : air hujan, lentur, modulus elastisitas, sifat fisis, tarik belah, tekan

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN AIR HUJAN (VARIASI 5%, 10%, DAN
15%) PADA RANCANGAN CAMPURAN BETON TERHADAP SIFAT
MEKANIS DAN FISIS**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :
ARSI RAHMA PURNAMASARI
0721055**

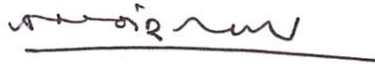
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. Togi H. Nainggolan, MS.)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Sudirman Indra, MSc.)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. Agus Santosa, MT.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**“PENGARUH PENAMBAHAN AIR HUJAN (VARIASI 5%, 10%, 15%)
PADA RANCANGAN CAMPURAN BETON TERHADAP SIFAT
MEKANIS DAN FISIS”**

Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Skripsi Jenjang Strata-1 (S-1)

Pada hari : Rabu

Tanggal : 21 Agustus 2013

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil S-1*

Disusun Oleh :

ARSI RAHMA PURNAMASARI

0721055

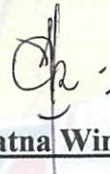
Disahkan Oleh :

Ketua Jurusan,



Ir. Agus Santosa, MT.

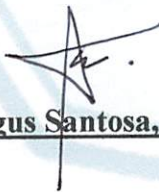
Sekretaris Jurusan,



Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT.

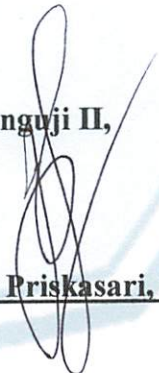
Anggota Penguji :

Penguji I,



Ir. Agus Santosa, MT.

Penguji II,



Ir. Ester Priskasari, MT.

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2013

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arsi Rahma Purnamasari
NIM : 07.21.055
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“PENGARUH PENAMBAHAN AIR HUJAN (VARIASI 5%, 10%, 15%)
PADA RANCANGAN CAMPURAN BETON TERHADAP SIFAT
MEKANIS DAN FISIS”**

Adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 10 September 2013

Yang membuat pernyataan



Arsi Rahma Purnamasari

NIM : 07.21.055

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kelapangan sehingga Skripsi *Pengaruh Penambahan Air Hujan (Variasi 5%, 10%, 15%) Pada Rancangan Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanis Dan Fisis* ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Nasional Malang

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu penulis mengharapkan koreksi dan saran demi perbaikan sehingga berguna bagi banyak orang.

Atas terselesaikannya Skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak – banyaknya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Bapak Ir. Togi H. Nainggolan, MS, selaku Dosen Koordinator bidang Penelitian sekaligus Dosen Pembimbing I saya.
4. Bapak Ir. Sudirman Indra, MSc., selaku Dosen Pembimbing II saya.
5. Bapak Ir. Agus Santosa, MT., selaku Dosen Penguji I.

6. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT., selaku Dosen Penguji II.
 7. Rekan-rekan di Jurusan Teknik Sipil S-1
 8. Kedua orang tua saya yang tidak lelah memberikan semangat, materi dan doa.
 9. Dan semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.
- Semoga Allah SWT membalas kebaikan anda semua. Amin.
- Akhir kata dari saya. Jika ada kekurangan dalam hal isi maupun tata tulis, saran dan masukkan dari pembaca sangat penulis harapkan.

Malang, Agustus 2013

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Hipotesis.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Pengertian Beton.....	7
2.3 Bahan-Bahan Penyusun Beton.....	10
2.3.1 Agregat Halus (Pasir).....	10
2.3.2 Agregat Kasar (Kerikil).....	12
2.3.3 Air.....	12
2.3.4 Semen.....	13
2.3.5 Bahan Tambahan / Admixture.....	14
2.3.6 Air Hujan.....	14
2.4 Sifat Mekanis Beton.....	17
2.4.1 Kuat Tekan.....	17
2.4.2 Kuat Tarik Belah.....	18

2.4.3 Kuat Tarik Lentur	18
2.4.4 Modulus Elastisitas.....	19
2.5 Pengujian Interval Kepercayaan	20
2.6 Pengujian Hipotesis	21
2.4.4 Pengertian Hipotesis	21
2.4.4 Macam-Macam Pengujian Hipotesis.....	22
2.4.4 Modulus Elastisitas.....	27
2.6 Analisa Regresi	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Tujuan Penelitian Secara Operasional.....	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3 Metode Penelitian	29
3.4 Penampungan Air Hujan.....	30
3.5 Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.6 Populasi dan Sampel.....	32
3.7 Rancangan Penelitian.....	33
3.8 Pelaksanaan Campuran Beton	33
3.8.1 Pelaksanaan Campuran Beton	33
3.8.2 Uji Slump Beton	34
3.8.2 Pembuatan dan Persiapan Benda Uji.....	36
3.9 Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah Beton, Tarik Lentur, dan Modulus Elastisitas	40
3.9.1 Tujuan.....	40
3.9.2 Prosedur Pelaksanaan	40
3.10 Bagan Alir Penelitian.....	47

BAB IV PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN.....	49
4.1 Persiapan Kebutuhan Bahan dan Alat	49
4.1.1 Pengujian Agregat.....	49
4.1.2 Perhitungan Mix Design	49
4.1.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan	50
4.1.4 Persiapan Alat.....	51
4.1.4 Persiapan Bahan.....	55
4.2 Pelaksanaan Penelitian.....	59
4.2.1 Langkah – Langkah Pembuatan Benda Uji	59
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	63
5.1 Data Hasil Pengujian Beton.....	63
5.1.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan	63
5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	71
5.1.3 Hasil Pengujian Tarik Lentur Balok Beton.....	74
5.1.4 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton.....	77
5.2 Pengujian Interval Kepercayaan	80
5.2.1 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan	80
5.2.2 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah	83
5.2.3 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Lentur Balok	85
5.2.4 Pengujian Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas.....	87
5.3 Pengujian Hipotesis	90
5.3.1 Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Beton.....	90
5.3.2 Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah.....	93
5.3.3 Pengujian Hipotesis Kuat Lentur Balok	96
5.3.4 Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas.....	99
5.3.5 Analisa Regresi	102
5.4 Nilai Variasi Optimum Campuran.....	107
5.4.1 Variasi 0 – 15 %.....	107
5.4.2 Variasi 0 – 30 %.....	110
5.5 Pembahasan Data Hasil Penelitian	114

5.5.1 Pembahasan Kuat Tekan Beton	114
5.5.2 Pembahasan Kuat Tarik Belah.....	115
5.5.3 Pembahasan Kuat Lentur Balok	116
5.5.4 Pembahasan Modulus Elastisitas.....	117
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	118
6.1 Kesimpulan	118
6.2 Saran	119
DATAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 3.1 Tabel Variasi Benda Uji	32
Tabel 4.1. Kebutuhan Bahan Total Untuk Pencampuran	51
Tabel 5.1 Pengujian Kuat Tekan Beton (Kadar Air Hujan = 0 %)	64
Tabel 5.2 Pengujian Kuat Tekan Beton (Kadar Air Hujan = 5%)	66
Tabel 5.3 Pengujian Kuat Tekan Beton (Kadar air Hujan = 10%)	68
Tabel 5.4 Pengujian Kuat Tekan Beton (Kadar air Hujan = 15 %)	69
Tabel 5.5 Pengujian Kuat Teraik Belah	72
Tabel 5.6 Pengujian Kuat Teraik Lentur.....	75
Tabel 5.7 Pengujian Modulus Elastisitas	78
Tabel 5.8 Data Pengujian Kuat Tekan	80
Tabel 5.9 Interval Kepercayaan Kuat Tekan	82
Tabel 5.10 Data Pengujian Kuat Tekan Setelah Pengujian Interval	82
Tabel 5.11 Data Pengujian Kuat Tarik Belah	83
Tabel 5.12 Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah	84
Tabel 5.13 Data Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Pengujian Interval	85
Tabel 5.14 Data Pengujian Kuat Lentur Balok.....	85
Tabel 5.15 Interval Kepercayaan Kuat Lentur Balok	87

Tabel 5.16 Data Pengujian Kuat Lentur Balok Setelah Pengujian Interval.....	87
Tabel 5.17 Data Pengujian Modulus Elastisitas	87
Tabel 5.18 Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas.....	89
Tabel 5.19 Data Pengujian Modulus Elastisitas Setelah Pengujian Interval	89
Tabel 5.20 Analisa Varian Untuk Kuat Tekan.....	92
Tabel 5.21 Analisa Varian Untuk Kuat Tekan.....	95
Tabel 5.22 Analisa varian Untuk Kuat Tarik Lentur	98
Tabel 5.23 Analisa Varian Untuk Modulus Elastisitas	101
Tabel 5.24 Tabel Nilai Regresi Untuk Kuat Tekan	103
Tabel 5.25 Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Belah	105
Tebel 5.26 Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur	105
Tabel 5.27 Nilai Regresi untuk Modulus Elastisitas.....	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Grafik Tingkat Keasaman (Ph) Air Hujan di Indonesia	17
Gambar 3.1 Peralatan Uji Slump dan Pengujian Nilai Slump	35
Gambar 3.2. Persiapan Benda Uji dan Cetakan Pelapis (Capping Plate)	39
Gambar 3.3 Mesin Uji Kuat Tekan dan Pengujian Kuat Tekan	41
Gambar 3.4 Pengujian Kuat Tarik Belah	42
Gambar 3.5. Ilustrasi Kuat Lentur Balok Dilihat dari Samping (Atas) dan dari Depan (Bawah)	44
Gambar 3.6 Pengujian Kuat Tarik Lentur.....	45
Gambar 3.7 Pengujian Modulus Elastisitas	46
Gambar 4.1 Mixer Beton	51
Gambar 4.2 Timbangan	52
Gambar 4.3 Cetakan Selinder 15 X 30 Cm.....	53
Gambar 4.4 Kerucut Abrams dan Pengukuran Nilai Slump.....	53
Gambar 4.5 Gelas Kimia.....	55
Gambar 4.6 Semen Portland (PCC)	55
Gambar 4.7 Pasir Lumajang	56
Gambar 4.8 Kerikil/Split.....	56

Gambar 5.1 Pengujian Kuat Tekan.....	63
Gambar 5.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	71
Gambar 5.3 Pengujian Kuat Lentur Balok.....	74
Gambar 5.4 Pengujian Modulus Elastisitas Beton.....	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam era globalisasi sekarang ini tidak akan lepas dari pembangunan, dari tahun ke tahun semakin berkembang, baik dari segi desain maupun metode konstruksi yang dilakukan. Beton merupakan material yang paling banyak digunakan sebagai bahan konstruksi, beton pada dasarnya disusun oleh agregat kasar, agregat halus, dan juga semen.

Sebagai negara yang sedang berkembang, Indonesia juga menggunakan konstruksi beton sebagai material utama dalam pembangunannya. Sepanjang tahun selalu ada bangunan beton baru yang dibangun di Indonesia, baik di dalam kota-kota besar maupun di daerah-daerah yang sedang memulai perkembangannya. Karena Indonesia merupakan negara tropis yang mengalami musim kemarau dan musim penghujan, pelaksanaan konstruksi pada musim penghujan akan memberi kendala teknis yang dihadapi. Nyaris di setiap daerah di Indonesia mengalami masalah yang sama sehubungan dengan kendala tersebut.

Misalnya pada saat proses pengecoran sedang berlangsung kemudian turun hujan, otomatis campuran beton tersebut terkontaminasi dengan air hujan. Contoh lain yang sering dihadapi antara lain pada saat

ready mix dibawa menuju lokasi proyek, pada saat membuat campuran beton segar secara manual di lapangan, atau sesaat setelah pengecoran selesai dilakukan dan beton belum mengeras kemudian turun hujan, semua hal itu juga merupakan kendala yang dihadapi di dunia konstruksi.

Selain itu juga di daerah-daerah yang kekurangan air bersih untuk kebutuhan sehari-sehari, bisa jadi menggunakan air hujan sebagai pengganti air murni dalam proses pembuatan campuran beton. Hal itu dikarenakan sulitnya mendapatkan air murni untuk kebutuhan pembuatan beton dalam suatu konstruksi.

Semua kendala yang dihadapi itu bisa mengakibatkan perubahan mutu pada campuran beton yang telah dibuat, sehingga dikhawatirkan bisa membawa dampak yang signifikan terhadap suatu konstruksi dalam jangka waktu tertentu. Perubahan yang dimaksud bisa jadi berupa penurunan ataupun kenaikan mutu campuran beton dari mutu rencana awal.

Hal ini mendorong timbulnya inovasi dan teknologi baru dalam mengkaji pengaruh air hujan dalam campuran agregat beton yang merupakan material yang mempunyai kemampuan untuk menahan beban tekan yang sangat tinggi namun beton juga dikenal sebagai material yang lemah terhadap tarik dibandingkan dengan baja. Dari tuntunan yang telah disebutkan di atas, maka penelitian tentang pengaruh air hujan terhadap konstruksi beton ini diharapkan mampu memberi solusi dalam dunia konstruksi Indonesia.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah terdapat perbedaan sifat mekanis dan fisis pada beton yang tercampur air hujan dan air PDAM dalam campuran beton ?
2. Berapa besar pengaruh campuran air hujan dengan kadar 5%, 10% dan 15% dari volume air PDAM terhadap sifat mekanis dan fisis ?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yang bertujuan untuk memfokuskan pada permasalahan pokok, yaitu sebagai berikut :

1. Untuk pengujian beton terhadap sifat mekanis dan fisis dengan bahan tambahan air hujan
2. Mutu beton rencana $f_c' = 20$ MPa
3. Sifat mekanis beton yang diuji adalah kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas dilakukan pada beton umur 28 hari
4. Sifat fisis beton yang diuji adalah dari segi visual/rupa beton
5. Kadar air hujan yang diujikan adalah 5%, 10% dan 15% dari volume air PDAM.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perbedaan sifat mekanis dan fisis pada beton yang tercampur air hujan dan air PDAM dalam campuran beton.
2. Mengetahui berapa besar pengaruh campuran air hujan dengan kadar 5%, 10% dan 15%

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan pengetahuan baru tentang pengaruh air hujan terhadap beton.
2. Menambah koleksi literatur dan sebagai referensi penelitian selanjutnya
3. Mengaplikasikan teori baru tentang material beton yang menggunakan air hujan.
4. Secara umum, diharapkan mampu memberikan informasi tentang penggunaan air hujan dalam pembuatan beton.

1.5. Hipotesis

Pada penelitian ini diduga bahwa “terdapat pengaruh pada sifat mekanis dan fisis beton yang menggunakan air hujan sebagai bahan campuran”.

$H_A \neq H_h 5\% \neq H_h 10\% \neq H_h 15\%$

Dimana : H_A = air murni (PDAM)

H_h = air hujan



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian serupa yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh Kandungan Air Hujan Terhadap Nilai Karakteristik Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Lapisan Aspal Beton (LASTON). (*M. Zaimul Arifin, Ludfi Djakfar, Gina Martina*).

Dari hasil penelitian didapat bahwa Secara keseluruhan nilai karakteristik Marshall mengalami penurunan seiring bertambahnya kandungan air hujan. Rata-rata nilai VIM pada 0 ml kandungan air sebesar 3,7787% menurun mencapai nilai 3,1995% pada kandungan air 5 ml. Rata-rata VMA pada 0 ml kandungan air sebesar 16,9590% menurun mencapai nilai 16,4592% pada kandungan air 5 ml. Rata-rata nilai stabilitas pada 0 ml kandungan air sebesar 941,3337kg menurun mencapai nilai 772,3397kg pada kandungan air 5 ml. Rata-rata nilai flow pada 0 ml kandungan air sebesar 2,25mm menurun mencapai nilai 2,1mm pada kandungan air 5 ml.



2. Tinjauan Daya Tahan Lama Terhadap Air Hujan Pada Campuran Beton Aspal. (*Rustomo*).

Penelitian menunjukkan akibat perendaman air hujan durabilitas campuran beton aspal pada kadar aspal optimum turun cukup signifikan yaitu IDP sebesar 36,3% dan IDK (a) sebesar 32,6%. Akibat penambahan kadar aspal durabilitas cenderung naik ditandai dengan turunnya IDP dan IDK (a). Besarnya indeks durabilitas sesuai variasi kadar aspal adalah IDP 36,3%; 30,0%; 23,7%; 15,2%. Dan IDK (a) : 32,6%; 27,8%; 21,9%; 14,2%. Dari nilai-nilai hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan pengaruh rendaman air hujan mengakibatkan durabilitas campuran beton aspal turun signifikan. Penambahan kadar aspal 1% di atas kadar aspal optimum meningkatkan durabilitas campuran beton aspal IDP sebesar 21,1% dan IDK (a) sebesar 18,4%.

3. Pengaruh Air Laut Pada Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton Dengan Variasi Air Semen Dan Durasi Perawatan. (*Ristinah Syamsudin, Agung Wicaksono, Fauzan Fazairin*).

Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan :

- Faktor air semen dengan variasi 0,45; 0,50; 0,55 memberikan perbedaan pengaruh terhadap kuat tekan beton serta ada perbedaan antara kuat tekan beton yang menggunakan air laut dengan beton yang menggunakan air bersih yaitu dimana untuk kuat tekan beton yang menggunakan air bersih lebih tinggi dibanding dengan curing

yang menggunakan air laut. Sementara untuk durasi curing dengan menggunakan air laut selama 1 hari, 2 hari, 3 hari, terdapat perbedaan kuat tekan beton yang relatif kecil. Terjadi sedikit penurunan dari 1 ke 3 hari untuk faktor air semen 0,45 dan 0,50 terjadi sedikit kenaikan dari 1 ke 3 hari untuk faktor air semen 0,55.

- Absorpsi yang terjadi pada beton dipengaruhi oleh variasi durasi curing air laut selama 1, 2, dan 3 hari dan variasi faktor air semen 0,45; 0,50; 0,55. Semakin lama masa curing dan semakin besar faktor air semen maka semakin besar absorpsi yang terjadi.

2.2. Pengertian Beton

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen, dan air.

Biasanya dipercaya beton mengering setelah pencampuran dan perletakan. sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tapi semen terhidrasi, mengelem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk mineral seperti-batu. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, fondasi, jalan, jembatan

penyebrangan, struktur parkir, dasar untuk pagar/gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok. Nama lama untuk beton adalah batu cair. Dalam perkembangannya banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi, seperti beton ringan, beton semprot (eng : shotcrete), beton fiber, beton berkekuatan tinggi, beton berkekuatan sangat tinggi, beton mampat sendiri (eng : self compacted concrete).

Beton merupakan bahan bangunan yang memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Kekuatan beton akan bertambah dengan bertambahnya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur beton 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Biasanya kekuatan tekan rencana mutu beton dihitung pada umur 28 hari.

Selain itu perawatan beton juga perlu dilakukan setelah beton mencapai final setting, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi maka beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air begitu cepat. Perawatan tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan beton yang tinggi tetapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dan keawetan beton, kedap air, ketahanan terhadap aus serta stabilitas dari dimensi struktur.

Pada umumnya beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang

baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari.

Struktur beton memiliki banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain, antara lain :

1. Beton menggunakan material dasar yang mudah didapatkan.
2. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*), masing-masing bahan dapat diangkut secara terpisah dan bisa dipakai untuk berbagai struktur tergantung kepada kebutuhan penggunaannya.
3. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*), beton bersifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja, dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran apapun serta dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan keadaan sekitar.

Disamping segala keunggulan di atas, beton sebagai struktur juga mempunyai beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan antara lain :

1. Masa jenis beton bertulang sekitar 2400 kg/m^3
2. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
3. Beton cenderung retak, karena semennya hidrolis.
4. Kualitasnya sangat tergantung pada cara pelaksanaan di lapangan.
Beton yang baik maupun buruk dapat terbentuk dari rumusan dan campuran yang sama.

5. Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali (daur ulang) sulit dan tidak ekonomis.

Meskipun demikian kelemahan beton tersebut dapat diatasi dengan berbagai cara antara lain :

1. Untuk elemen struktural membuat beton mutu tinggi, beton pratekan, atau keduanya, sedangkan untuk elemen non-struktural dapat dipakai beton ringan.
2. Melakukan perawatan (curing) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan atau memakai bahan tambahan yang mengembang (expansive admixture).
3. Mempelajari teknologi beton dan melakukan pengawasan dan kontrol kualitas yang baik.
4. Memakai beton bertulang atau beton pratekan.
5. Beberapa elemen struktural dibuat pracetak sehingga dapat dilepas per elemen seperti baja.

2.3. Bahan-Bahan Penyusun Beton

2.3.1 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau pasir batuan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton menurut Peraturan Beton Bertulang

Indonesia (SNI 1971) pasal 3.3 ayat (1-6), maka agregat halus atau pasir beton harus memenuhi syarat-syarat berikut :

1. Pasir halus terdiri dari butiran-butiran yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
2. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melebihi 5% harus dicuci.
3. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% NaOH yang kemudian dicuci bersih dengan umur yang sama.
 - a. Pasir harus terdiri dari butiran beraneka ragam dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (SNI 1971) pasal 3.5 ayat 1 ini, harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - b. Sisa di atas ayakan 4 mm harus minimum 2%
 - c. Sisa di atas ayakan 1 mm harus minimum 10%
 - d. Sisa ayakan 0,25 mm harus berkisar antara 80% - 95% berat.

4. Tidak boleh mengandung zat-zat kimia yang dapat merusak beton dan tulangan. Sedangkan fungsi dari agregat beton adalah mengisi ruang antara butiran agregat kasar.

2.3.2 Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih dari 5 mm. Agregat dapat diambil dari batuan alam ukuran kecil ataupun batu alam besar yang dipecah. Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 5.3.2 untuk ukuran nominal agregat kasar harus tidak melebihi $1/5$ jarak terkecil antara sisi cetakan ataupun $1/3$ ketebalan plat lantai ataupun $3/4$ jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundle tulangan, atau tendon-tendon prategang atau selongsong-selongsong. Gradasi agregat kasar untuk ukuran maksimum tertentu dapat divariasikan tanpa berpengaruh besar pada kebutuhan semen dan air yang baik. Karena variasi sulit diantisipasi, sering lebih ekonomis untuk mempertahankan keseragaman penanganan daripada menyesuaikan proporsi untuk variasi gradasi.

2.3.3 Air

Air sangat diperlukan dalam pembuatan beton, beton tidak akan terbentuk tanpa adanya air sebagai campurannya. Karena semen tidak akan bereaksi dan menjadi pasta apabila tidak ada air. Air selalu diperlukan dalam campuran beton, tidak saja untuk proses hidrasi semen, tetapi juga

mengubah semen menjadi pasta sehingga beton menjadi lecah dan mudah untuk dikerjakan terutama pada saat penuangan beton dalam cetakan.

Karena pengerasan beton berdasarkan reaksi antara semen dan air, maka sangat diperlukan memeriksa apakah air yang akan digunakan memenuhi syarat-syarat tertentu. Air tawar yang dapat diminum, tanpa diragukan dapat dipakai. Dan bila tidak ada, disarankan untuk menikmati apakah air yang akan digunakan tersebut tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton.

Syarat umum air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan kimia yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton.

2.3.4 Semen

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesive dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup.

Semen merupakan hasil industri dari perpaduan bahan baku batu gamping/kapur sebagai bahan utama, yaitu bahan alam yang mengandung senyawa Calcium Oksida (CaO), dan lempung/ tanah liat yaitu bahan alam yang mengandung senyawa Siliki Oksida (SiO_2), Aluminium Oksida (Al_2O_3), Besi Oksidasi (Fe_2O_3), dan Magnesium Oksidasi (MgO) atau

bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (bulk), tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk clinkernya yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips (gypsum) dalam jumlah yang sesuai.

2.3.5 Bahan Tambahan/Admixture

Bahan tambahan adalah bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan tambah ini adalah untuk merubah sifat-sifat dari beton agar menjadi sesuai untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Penambahan bahan tambah dalam campuran beton tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan yang lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik dari beton yang akan dihasilkan maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat volume tidak terasa secara langsung dibandingkan komposisi awal beton tanpa bahan tambah.

Secara umum bahan tambah dibagi 2 jenis yaitu, bahan tambah yang bersifat kimiawi dan bahan tambah yang bersifat mineral. Bahan tambah jenis kimia ditambahkan pada saat pengadukan dan atau pada saat

pelaksanaan pengecoran sedangkan bahan tambah jenis mineral ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan.

2.3.6 Air Hujan

Pada penelitian ini bahan tambahan yang di campurkan adalah air hujan. Air hujan adalah sebuah *presipitasi* berwujud cairan, berbeda dengan presipitasi non-cair seperti salju, batu es dan slit. Hujan memerlukan keberadaan lapisan atmosfer tebal agar dapat menemui suhu di atas titik leleh es di dekat dan di atas permukaan Bumi. Di Bumi, hujan adalah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di daratan. Dua proses yang mungkin terjadi bersamaan dapat mendorong udara semakin jenuh menjelang hujan, yaitu pendinginan udara atau penambahan uap air ke udara. Virga adalah presipitasi yang jatuh ke Bumi namun menguap sebelum mencapai daratan; inilah satu cara penjenuhan udara. Presipitasi terbentuk melalui tabrakan antara butir air atau kristal es dengan awan. Butir hujan memiliki ukuran yang beragam mulai dari pepadat, mirip panekuk (butir besar), hingga bola kecil (butir kecil).

Pemantauan tingkat air hujan (pH) di Indonesia dilakukan oleh BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) di 35 (tiga puluh lima) stasiun. Pengambilan sampel menggunakan metode Wet Deposition dan *Wet & Dry Deposition* dengan alat *Automatic Rain Water*

Sampler (ARWS). Analisis sampel air hujan dilakukan di laboratorium kualitas udara BMKG dengan menggunakan alat *ion chromatograph*. Untuk wilayah Malang, didapatkan pH air hujan adalah $\text{pH} = 5,3$ Itu menunjukkan bahwa wilayah atau daerah Malang bersifat asam.

Di bawah ini proses pengecekan komposisi air hujan di laboratorium kimia, agar jelas kandungan apa saja yang terdapat di dalamnya. Hujan asam di sebabkan oleh dua (2) polutan udara sbb:

- 1) Sulfur Dioxide (SO_2) sekitar 90% yang ada di atmosfer terjadi secara alami misalnya dari letusan gunung berapi maupun kebakaran hutan secara alami. Sedangkan 50% lainnya berasal dari kegiatan manusia misalnya peleburan logam dan pembangkit listrik.
- 2) Nitrogen Oxides (NO_x), sekitar 50% nitrogen oxides terdapat di atmosfer juga secara alami, dan 50% juga terbentuk akibat kegiatan manusia, terutama akibat pembakaran. Pembakaran mengoksidasi 5-50% dan 100% nitrogen dalam minyak ringan dan gas. Makin tinggi suhu pembakaran makin banyak NO_x yang terbentuk.

Maka kedua senyawa ini (SO_2 dan NO_x) akan terkumpul di udara dan akan melakukan perjalanan ribuan kilometer di atmosfer, di saat mereka bercampur dengan uap air akan membentuk zat asam sulphuric dan nitric. Di saat terjadinya curah hujan, kabut yang membawahi partikel ini terjadilah hujan asam. Hujan asam juga dapat berbentuk melalui proses

kimia di mana gas sulphur dioxide atau sulphur dan nitrogen mengedap pada logam serta mengering bersama debu atau partikel lainnya.

Berikut ini grafik tingkat keasaman (pH) air hujan di Indonesia hasil survei BMKG per Mei 2012.



Gambar 2.1. Grafik Tingkat Keasaman (pH) Air Hujan di Indonesia

2.4. Sifat Mekanis Beton

Sifat mekanis yang terdapat pada beton antara lain yang akan dijelaskan di sini adalah kuat tekan, dan kuat tarik belah.

2.4.1 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas, pemberian gaya ini tegak lurus terhadap sumbunya. Penentuan kekuatannya ini dilakukan dengan alat uji kuat tekan.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$f'c$ = kuat tekan benda uji (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan (mm^2)

2.4.2 Kuat Tarik Belah

Untuk menentukan tegangan kuat tarik beton dilakukan dengan metode splitting/kuat tarik belah dan dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi.LD} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

f_{ct} = kuat tarik belah (N/m^2)

P = beban pada waktu belah (N)

L = panjang benda uji silinder (m)

D = diameter benda uji silinder (m)

2.4.3 Kuat Tarik Lentur

Kuat tarik lentur merupakan bagian penting di dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu. Pengujian ini di adakan untuk pembuatan konstruksi jalan raya dan lapangan terbang. Untuk menafsirkan kekuatan beton yang menyebar adalah dengan cara pengujian tarik lentur dengan benda uji adalah berbentuk balok yang berukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm

Kuat tarik lentur di hitung dengan rumus :

$$f_r = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Di ketahui :

P = Beban Maksimum (mm)

L = Panjang Benda Uji (mm)

b = Lebar balok (mm)

d = Tinggi Balok (mm)



2.4.4 Modulus Elastisitas

Menurut SNI 03-2847-2002 nilai modulus elastisitas beton ditentukan sebagai berikut :

Untuk nilai w_c diantara 1500 kg/m^3 dan 2500 kg/m^3 , nilai modulus elastisitas beton E_c dapat diambil sebesar :

$$E_c = (w_c)^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.4)$$

Untuk beton normal :

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

E_c = modulus elastisitas beton (MPa)

w_c = berat satuan beton (kg/m^3)

2.5. Pengujian Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai). Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga adalah salah satunya adalah nilai yang diduga. Dengan melakukan estimasi interval maka hasil pendugaan kita akan lebih objektif. Kita juga dapat menyatakan berapa besar tingkat kepercayaan kita, bahwa interval yang terbentuk mengandung nilai parameter yang kita duga. Dalam ilmu sosial, interval kepercayaan yang sering digunakan adalah 90%, 95%, atau 99%. Pada

dasarnya seorang peneliti bebas menentukan berapa besar interval kepercayaan yang akan dipergunakan.

Pertimbangannya adalah dengan semakin besar tingkat kepercayaan yang diberikan maka semakin tinggi pula tingkat kepercayaan bahwa parameter populasi yang diestimasi terletak dalam interval yang terbentuk, namun penelitian itu semakin menjadi tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita menetapkan alpha sebesar 5%. Pengertiannya adalah kita memberikan toleransi untuk melakukan kesalahan sebanyak 5 kali dalam 100 kali percobaan.

Dengan interval kepercayaan itu maka peneliti memiliki kepercayaan bahwa nilai parameter di tingkat populasi akan beradda pada interval $\pm Z$ standard error dari rata-rata populasi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapat. Dalam pengujian ini digunakan interval koefisien 95%, hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah 5% sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data yang valid yang siap untuk diuji secara statistik.

2.6. Pengujian Hipotesis

2.6.1. Pengertian Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta-fakta yang membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta-fakta empiris yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

- a. Memberikan tujuan yang tegas bagi peneliti
- b. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
- c. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak bertujuan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut :

1. Hipotesis nihil (H_0) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan antara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.
2. Hipotesis alternatif (H_a) : yaitu hipotesis yang menyamakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara operasional dapat ditulis : $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

2.6.2. Macam-Macam Pengujian Hipotesis

Dalam merumuskan suatu hipotesis penelitian ada beberapa macam cara yang dapat digunakan antara lain :

1) Distribusi Binominal.

Distribusi binominal adalah salah satu distribusi probabilitas yang dapat digunakan bilamana suatu proses sampling dapat diasumsikan sesuai dengan proses Bernouli. Misalnya, dalam pelemparan sekeping uang logam sebanyak 5 kali, hasil setiap ulangan mungkin muncul sisi gambar atau sisi angka. Begitu pula, bila kartu diambil berturut-turut, kita dapat member label “berhasil” bila kartu terambil adalah kartu merah atau “gagal” bila terambil adalah kartu hitam.

Ulangan-ulangan tersebut bersifat bebas dan peluang keberhasilan setiap ulangan tetap sama. Adapun rumus dari distribusi binominal :

$$b(x;n,p) = {}_n C_x p^x q^{n-x} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

$x = 0,1,2,3,\dots,n$

n = banyaknya ulangan

x = banyaknya keberhasilan dalam peubah acak x

p = peluang berhasil dalam setiap ulangan

q = peluang gagal, dimana $q = 1 - p$ dalam setiap ulangan.

2) Distribusi Poisson (σ^2).

Distribusi poisson adalah banyaknya hasil percobaan yang terjadi dalam suatu selang waktu atau suatu daerah tertentu, tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi pada selang waktu atau daerah lain yang terpisah. Peluang terjadinya suatu hasil percobaan selama suatu selang waktu yang singkat sekali atau dalam suatu daerah yang kecil, sebanding dengan panjang selang waktu tersebut atau besarnya daerah tersebut, dan tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi di luar selang waktu atau daerah tersebut. Peluang bahwa lebih dari satu hasil percobaan akan terjadi dalam selang waktu yang singkat tersebut atau dalam daerah kecil tersebut, dapat diabaikan.

Adapun rumus dari distribusi poisson :

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$$\lambda = np$$

n = banyaknya amatan

p = probabilitas sukses

x = var random diskrit

e = bilangan irrasional (2,71828)

3) Distribusi Normal (Z).

Disebut pula distribusi Gauss, adalah distribusi probabilitas yang paling banyak digunakan dalam berbagai analisis statika. Distribusi normal baku adalah distribusi normal yang memiliki rata-rata nol dan simpang baku satu. Distribusi ini juga dijuluki kurva lonceng (bell curve) karena grafik fungsi kepekatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng.

Adapun rumus distribusi normal :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

σ = standar deviasi

μ = rata-rata/ekspektasi

4) Distribusi Student

Sama dengan distribusi normal, hanya sampel yang digunakan sedikit (umumnya kurang dari 33).

Rumusnya sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{t^2}{n-1}\right)^{1/2n}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

t = harga t

K = bilangan tetap yang besarnya bergantung pada n

$n-1$ = derajat kebebasan

5) Distribusi Chi Kuadrat (X^2)

Teknik uji Chi kuadrat pertama kali diperkenalkan oleh Karl Pearson untuk menguji keselarasan. Pengujian ini dipergunakan apakah 2 atau lebih dapat dipergunakan untuk populasi yang tidak terbatas. Chi kuadrat juga dapat digunakan menguji apakah 2 atribut independen satu sama lain. Dapat juga dilakukan untuk memeriksa ketergantungan dan homogenitas kedua prosedur tersebut meliputi perbandingan frekuensi yang teramati dengan frekuensi yang diharapkan bila hipotesis nol yang ditetapkan benar.

Adapun rumus chi kuadrat :

$$X^2 = E [(E-O)^2 / E] \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

E = frekuensi harapan

O = frekuensi observasi

6) Distribusi Fisher (F)

Memperbandingkan 2 varian, uji harga rata-rata tidak mencukupi (deviasinya sangat besar, sehingga nilai rata-rata sulit dijadikan ukuran). Oleh karena itu digunakan uji variace yang mengikuti distribusi F.

Adapun rumus dari distribusi fisher yaitu :

$$JKT = \sum Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 \dots \dots (2.11)$$

$$JKK = \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

$$JKG = JKT - JKK \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

JKT = Jumlah Kuadrat Total

Y_{ij}^2 = pengamatan ke-j dari populasi ke-i

J^2 = total semua pengamatan

JKK = Jumlah Kuadrat Kolom

JKG = Jumlah Kuadrat Galat

N_k = banyaknya anggota secara keseluruhan

T_i^2 = total semua pengamatan dalam contoh dari populasi ke-i

n = banyaknya pengamatan / anggota baris

Pada penelitian ini digunakan distribusi F, karena uji F banyak digunakan untuk uji hipotesis yang berdasarkan hasil pengamatan lebih dari 2 buah sampel. Uji F ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat secara simultan.

2.6.3 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa yang dihasilkan dari rumusan penelitian, hipotesis tersebut adalah :

1. Hipotesis nihil (H_0) : hipotesis dalam penelitian ini dapat dijabarkan apakah dengan menggunakan bahan tambahan tidak akan mempengaruhi sifat mekanis beton.
2. Hipotesis alternatif (H_a) : hipotesis dalam penelitian ini dapat dijabarkan apakah dengan menggunakan bahan tambahan akan mempengaruhi sifat mekanis dan fisis beton.

Dari semua cara di atas semua digunakan untuk merumuskan suatu hipotesa tertentu pada suatu penelitian. Dimana prinsip dari hipotesa tersebut adalah setiap percobaan hanya mempunyai hasil sukses atau gagal dan probabilitas pada setiap percobaan harus sama (constant).

Di dalam suatu penelitian, pada pengujian hipotesa statistik ada satu aturan umum yang dapat diikuti untuk membuktikan apakah suatu hipotesa dapat diterima atau ditolak. Pada prinsipnya tergantung pada hipotesa yang dibuat oleh peneliti serta jumlah sampel dan distribusi populasi yang akan digunakan.

2.7 Analisa Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variabel. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel.

Analisa regresi merupakan salah satu analisa yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisa regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variabel (variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent variabel (variabel terikat). Jika dalam persamaan regresi hanya terdapat satu variabel bebas dan satu variabel terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana. Sedangkan jika variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda. Pada penelitian ini digunakan analisa regresi sederhana. Adapun persamaan untuk analisa regresi sederhana yaitu :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

Y = subjek dalam variabel dependen yang diprediksikan

a = harga Y ketika harga X=0

b = angka arah atau koefisien regresi

X = subjek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dilaboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang mulai dari percobaan bahan dasar sampai pada pelaksanaan pengocoran, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pengetesan benda uji.

3.2. Penelitian Secara Operasional

Dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh pemakaian air PDAM dan air hujan terhadap mutu rencana beton $f_c' = 20$ MPa dengan persentase perbandingan air PDAM dan air hujan yang berbeda. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian mekanis (kuat tekan, tarik belah, dan modulus elastisitas) dan fisis dari beton tersebut.

3.3. Metode Penelitian

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk meneruskan hipotesis penelitian.



RESEARCH REPORT

The research was conducted in the form of a descriptive qualitative study. The data collection instrument used was a semi-structured interview. The data analysis technique used was content analysis. The results of the research show that the research instrument used is a semi-structured interview. The data analysis technique used is content analysis. The results of the research show that the research instrument used is a semi-structured interview. The data analysis technique used is content analysis.

The research instrument used is a semi-structured interview. The data analysis technique used is content analysis. The results of the research show that the research instrument used is a semi-structured interview. The data analysis technique used is content analysis. The results of the research show that the research instrument used is a semi-structured interview. The data analysis technique used is content analysis.

The research instrument used is a semi-structured interview. The data analysis technique used is content analysis. The results of the research show that the research instrument used is a semi-structured interview. The data analysis technique used is content analysis. The results of the research show that the research instrument used is a semi-structured interview. The data analysis technique used is content analysis.



2. Studi eksperimen di lakukan di laboratorium untuk mendapatkan data-data yang di perlukan. Data tersebut di analisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga dapat kesimpulan akhir.

3.4. Penampungan Air Hujan

Pada penelitian ini air hujan di dapat dengan cara di tampung dengan menggunakan terpal atau ember. Air hujan yang di tampung adalah langsung dari langit, dalam artian bukan dari tirsan talang atai seng. Hal itu bertujuan untuk mendapatkan air hujan murni. Setelah di tadah, air hujan tersebut di tampung ke dalam jerigen dan di simpan di tempat sejuk dan kering.

Penelitian ini air hujan kita gunakan untuk dua variasi yaitu 5% dan 10% dan variasi selanjutnya 15% - 30% menggunakan Asam sulfat karena kekurangan stok air hujan jadi di ganti dengan larutan Asam sulfat yang PH nya di samakan dengan PH Air hujan (PH nya $\pm 5,6 - 6$).

3.5. Alat dan Bahan Penelitian

Untuk keperluan penelitian baik analisa pendahuluan maupun percobaan secara keseluruhan diperlukan peralatan dan bahan.

a. Bahan yang di perlukan dalam penelitian ini adalah :

- Semen : Gersik PPC 40 kg.
- Agregat Halus : Pasir Lumajang

- Agregat Kasar : Batu koral pecahan mesin dari wilayah kota Malang.
- Air : Air dari PDAM kota Malang.
- Air Hujan : Sebagai bahan tambahan yang dicampurkan untuk pembuatan Beton.
- Air Asam Sulfat : di gunakan karena kekurangan stok air hujan.

b. Peralatan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah :

- Seperangkat saringan.
- Mesin Pencampur Beton (Concrete mixer), dengan kapasitas 0,15m³.
- Peralatan slump test.
- Timbangan kapasitas 40 kg dengan ketelitian 0,01 kg.
- Timbangan kapasitas 4100 gram dengan ketelitian 0,1 gram.
- Oven yang di lengkapi dengan pangaturan suhu.
- Cetakan slinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- Sekop.
- Talam dan cawan.
- Gelas ukur 1000 mm
- Mesin abrasi Los Angles.
- Mesin pengaduk beton dengan kapasitas 0,05 m³.

- Alat uji kuat tekan beton dengan kapasitas 2000 KN (compression machine test).
- Mistar perata (straight edge).
- Piknometer kapasitas 500 ml.
- Bak air untuk perendaman perawatan beton (moist cutting).
- Sikat baja halus
- Termometer

3.6. Populasi Dan Sampel

Total benda uji yang digunakan sebanyak 120 benda uji dengan variasi bentuk dan ukuran. Benda yang mewakili dari populasi tersebut adalah sampel.

Adapun variasi dari bentuk, ukuran dan bahan tambah air hujan dapat dibagi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tabel Variasi Benda Uji

No	Variasi Air	Variasi Air Hujan	Jenis Pengujian	Ukuran Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	95%	5%	Kuat Tekan	Silinder 10 x 20 cm	20 + 1
			Kuat Tarik Belah	Silinder 15 x 30 cm	6
			Modulus Elastisitas	Silinder 15 x 30 cm	6
			Lentur Balok	Silinder 15 x 30 cm	3
2	90%	10%	Kuat Tekan	Silinder 10 x 20 cm	20 + 1
			Kuat Tarik Belah	Silinder 15 x 30 cm	6
			Modulus Elastisitas	Silinder 15 x 30 cm	6
			Lentur Balok	Silinder 15 x 30 cm	3
3	85%	15%	Kuat Tekan	Silinder 10 x 20 cm	20 + 1
			Kuat Tarik Belah	Silinder 15 x 30 cm	6
			Modulus Elastisitas	Silinder 15 x 30 cm	6
			Lentur Balok	Silinder 15 x 30 cm	3

3.7. Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini, perancangan campuran beton dengan menggunakan metode SNI-2847-2002 dengan mutu beton rencana ($f'c$) = 20 MPa.

3.8. Pelaksanaan Campuran Beton

3.8.1 Prosedur Pelaksanaan Campuran (Pengecoran)

Prosedur untuk pelaksanaan campuran, setelah di tetapkan unsur-unsur campuran sebagai berikut :

- a. Persiapan bahan campuran sesuai dengan rencana berat pada wadah yang terpisah.
- b. Persiapkan wadah yang cukup menampung volume beton basah rencana.
- c. Masukkan agregat kasar dan agregat halus ke dalam wadah.
- d. Masukkan bahan tambah berupa air hujan ke dalam wadah.
- e. Dengan menggunakan sekop atau alat pengaduk, lakukan pencampuran agregat dengan bahan tambahan air hujan.
- f. Tambahkan semen dan variasi air pada agregat campuran, dan ulangi proses pencampuran sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.
- g. Tuangkan sebanyak $\frac{1}{3}$ jumlah air ke dalam wadah dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
- h. Tambahkan $\frac{1}{3}$ jumlah air ke dalam wadah dan ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.
- i. Lakukan pemeriksaan slump.
- j. Apabila nilai slump sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji silinder beton.
- k. Lakukan perhitungan berat jenis beton.
- l. Buatlah benda uji silinder atau kubus sesuai dengan petunjuk jumlah benda uji yang ditetapkan berdasarkan volume adukan.

- m. Lakukan pencatatan hal-hal yang menyimpang dari perencanaan terutama jumlah pemakaian air dan nilai slump.

3.8.2 Uji Slump Beton

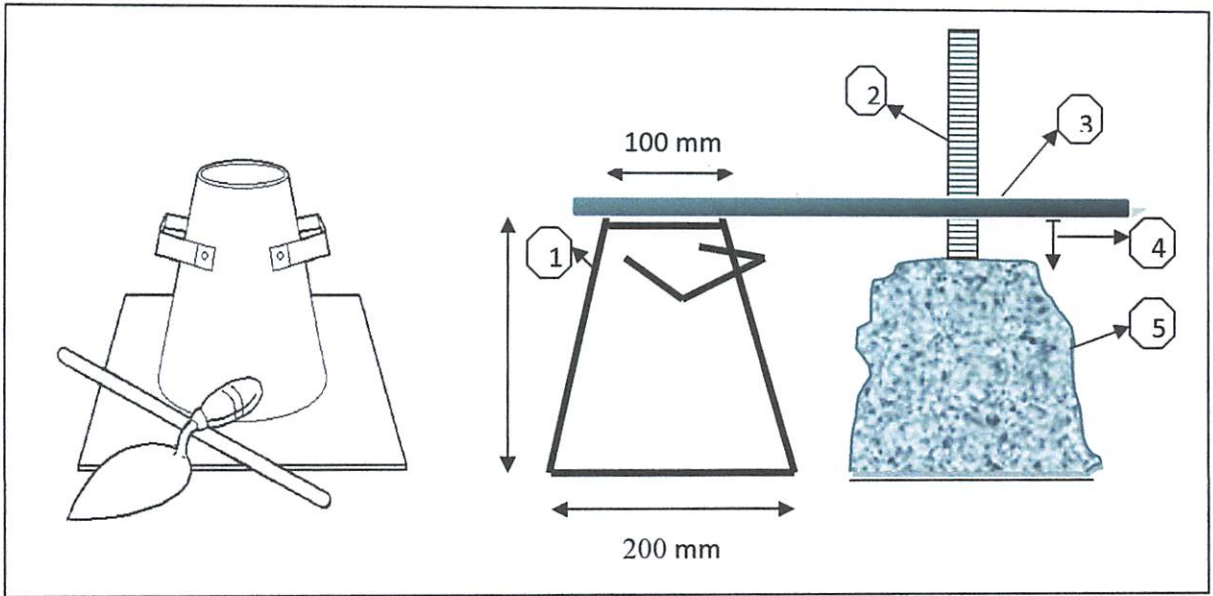
A. Tujuan

Tujuan dari uji slump beton adalah untuk menentukan ukuran derajat kemudahan pengocoran adukan beton segar.

B. Peralatan

- a. Cetakan berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm, dan tinggi 30 cm. Bagian atas dan bawah cetakan terbuka.
- b. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm. Ujung dibulatkan dan sebaiknya terbuat dari baja tahan karat.
- c. Pelat logam dengan permukaan rata dan kedap air.
- d. Sendok cekung.





Gambar 3.1 Peralatan uji slump dan pengujian nilai slump

Keterangan :

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| 1. Kerucut Abraham | 4. Nilai Slump |
| 2. Penggaris | 5. Sampel campuran beton |
| 3. Besi penumbuk | |

C. Prosedur Pelaksanaan

- a. Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
- b. Letakan cetakan di atas pelat.
- c. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis. tiap lapis kira-kira $\frac{1}{3}$ isi cetakan. Setiap lapis di padatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Tongkat pemadat harus masuk tepat sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama, penusukan bagian tepi di lakukan dengan tongkat di miringkan sesuai dengan kemiringan dinding cetakan.

- d. Setelah selesai pemadatan, retakan permukaan benda uji dengan tongkat; tunggu selama setengah menit, dan dalam jangka waktu ini semua kelebihan beton segar di sekitar cetakan harus di bersihkan.
- e. Cetakan di angkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
- f. Balikan cetakan dan letakan di samping benda uji.
- g. Ukuran slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata dari benda uji.

3.8.3 Pembuatan dan Persiapan Benda Uji

A. Tujuan

Tujuan dari tahap pelaksanaan ini merupakan inti dari penelitian secara keseluruhan yaitu membuat benda uji beton dengan pemanfaatan bahan tambahan air hujan untuk diperiksa pengaruhnya terhadap sifat mekanis beton.

B. Peralatan

- a. Cetakan silinder, diameter 10 cm dan tinggi 20 cm (digunakan untuk pengujian tekan).
- b. Cetakan silinder, diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (digunakan untuk pengujian tarik belah).
- c. Tongkat pemadat baja tahan karat, diameter 16 mm, panjang 600 mm dengan ujung dibulatkan.

- d. Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk (melon/mixer).
- e. Timbangan dengan ketelitian 0.3% dari berat contoh.
- f. Mesin uji tekan dengan kapasitas sesuai kebutuhan.
- g. Mesin uji lentur balok beton.
- h. Satu set alat pelapis (capping).
- i. Peralatan tambahan : emeber, sekop, sendok perata dan talam.

C. Prosedur Pelaksanaan

- a. Benda uji (silinder atau balok) harus dibuat dengan cetakan yang sesuai dengan bentuk benda uji. Cetakan disapu sebelumnya dengan vaselin/lemak/minyak agar mudah melepaskan beton setelah pencetakan.
- b. Adukan beton diambil langsung dari wadah adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainnya yang tidak menyerap air. Bila dirasakan perlu bagi konsistensi adukan, lakukan pengadukan ulang sebelum dimasukkan ke dalam cetakan.
- c. Padatkan adukan dalam cetakan, sampai permukaan adukan beton mengkilap.
- d. Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapisan dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan. Pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga pemadat boleh masuk antara 25,4 mm ke dalam lapisan di

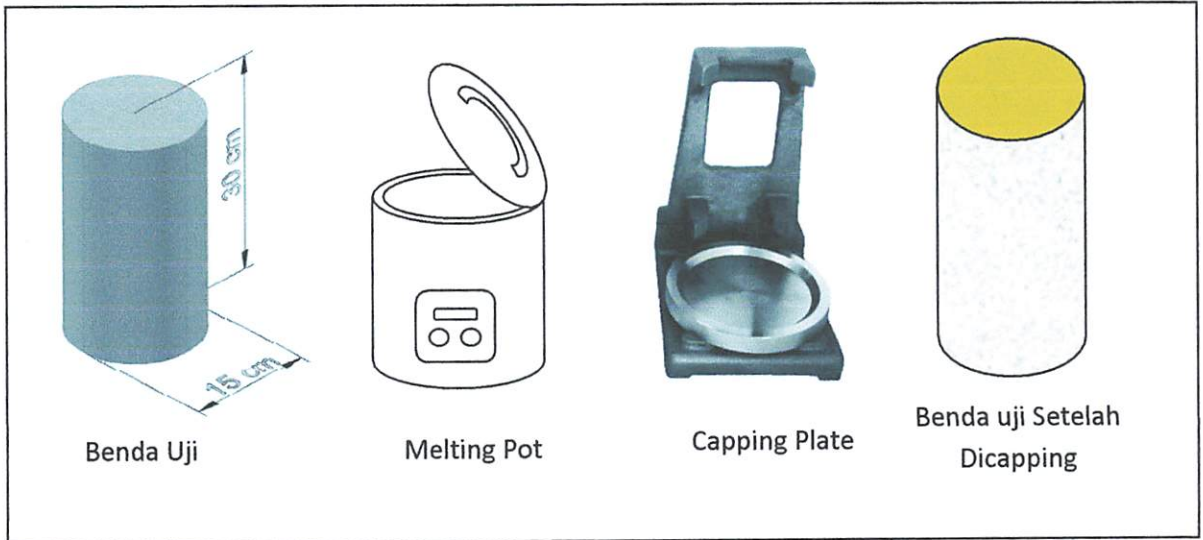
bawahnya. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisa cetakan perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan yang kedap air dan tahan karat. Kemudian biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam dan tempatkan yang di tempat yang bebas dari getaran.

- e. Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji.
- f. Redamlah benda uji di dalam bak peredam berisi air yang telah memenuhi persyaratan untuk perawatan (curing), selama waktu yang dikehendaki.

D. Persiapan Pengujian

- a. Ambil benda uji yang akan ditentukan kekuatannya dari bak perendam, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
- b. Catat berat dan ukur benda uji.
- c. Benda uji silinder berukuran 15 x 30 cm, lapislah permukaan atas dan benda uji dengan belerang dengan cara sebagai berikut :
 - Lelehkan mortar belerang di dalam pot peleleh (melting pot) sampai suhu kira-kira 130°C.
 - Tuangkan belerang cair ke dalam cetakan pelapis (capping plate) yang dinding dalamnya telah dilapisi gemuk tipis tipis. Diamkan sampai mortar belerang mengeras.

- Dengan cara yang sama lakukan pelapisan pada permukaan yang lainnya.



Gambar 3.2. persiapan benda uji dan cetakan pelapis (capping plate)

3.9. Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah Beton, dan Modulus Elastisitas

3.9.1. Tujuan

Menentukan kekuatan tekan, tarik belah, tarik lentur, dan modulus elastisitas beton yang dibuat dan dirawat (cured) di laboratorium.

3.9.2. Prosedur Pelaksanaan Pengujian

1) Uji Kuat Tekan

- Mengambil benda uji dari tempat perawatan.
- Menimbang dan catatlah berat benda uji.
- Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentries.

- d. Menjalankan mesin uji tekan. Tekanan harus di naikkan berangsur-angsur dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm² per detik.
- e. Melakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catatlah beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- f. Melakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekan karakteristiknya.

Maka penentuan kekuatannya ini di lakukan dengan alat uji kuat tekan :

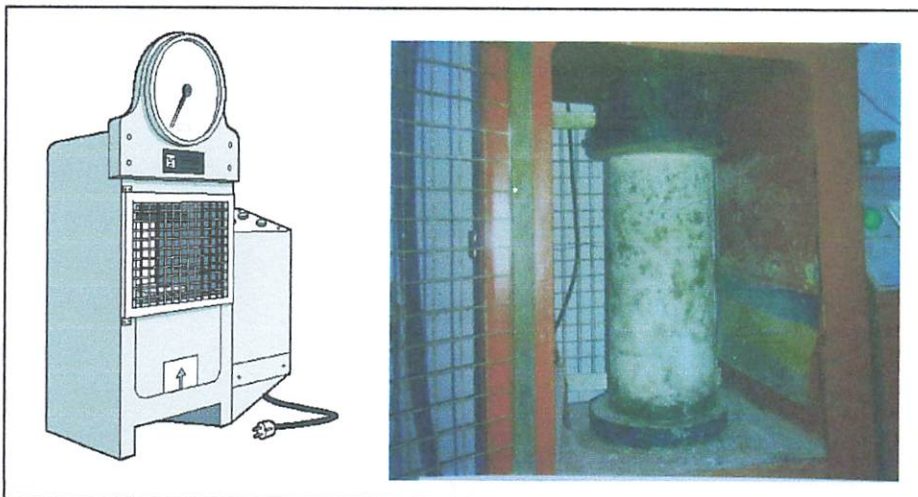
$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

$f'c$ = kuat tekan benda uji (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan (mm²)



Gambar 3.3 Mesin uji Kuat tekan dan pengujian Kuat Tekan

2) Uji Kuat Tarik Belah

- a. Ambil benda uji dari tempat perawatan.
- b. Timbang dan catatlah berat benda uji.
- c. Pasang benda uji pada pemegang benda uji belah secara sentris, kemudian letakan benda uji beserta pemegangnya pada mesin tekan secara sentris.
- d. Jalankan mesin uji. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm² s/d 6 kg/cm² per detik.
- e. Lakukan pembebanan sampai benda uji terbelah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji terbelah.
- f. Lakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.

Untuk menentukan tegangan kuat tarik belah dapat di hitung dengan rumus:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi.LD} \dots\dots\dots (3.2)$$

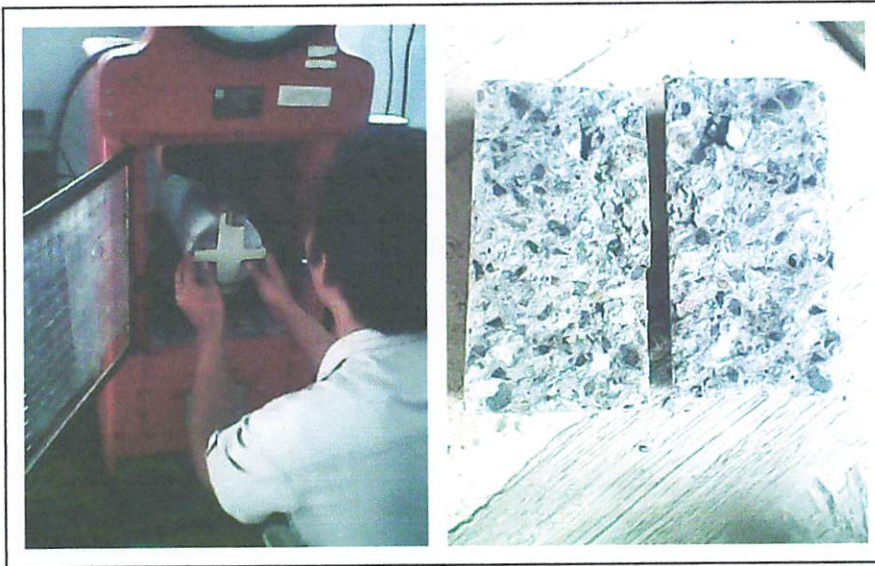
Dimana :

f_{ct} = kuat tarik belah (N/m²)

P = beban pada waktu belah (N)

L = panjang benda uji silinder (m)

D = diameter benda uji silinder (m)



Gambar 3.4 Pengujian Kuat Tarik Belah

3) Uji Kuat Tarik Lentur

Uji kuat tarik lentur balok beton yang dilakukan pada umur 28 hari, langkah-langkah pengujiannya adalah:

- a. Balok untuk uji lentur balok di angkat dari rendaman, kemudian dianginkan dilap hingga kering permukaan.
- b. Balok untuk uji lentur diukur, dan diberi garis pada kedua tepinya sebagai titik tumpuan.
- c. Pengujian lentur dengan menggunakan mesin uji lentur balok.
- d. Meletakkan sampel balok beton ke dalam alat penguji, lalu menghidupkan mesin dan secara perlahan alat menekan sampel balok beton.
- e. Mencatat hasil uji lentur balok beton untuk tiap sampelnya.

f. Menghitung lentur balok beton dengan rumus :

- Jika titik belah balok terletak pada jarak diantara sepertiga (1/3) bentang yang ditengah, maka modulus keruntuhan atau tegangan lentur yang terjadi adalah :

$$f_r = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Di ketahui :

Fr = Kuat tarik Lentur (kg/cm²)

P = Beban Maksimum (mm)

L = Panjang Benda Uji (mm)

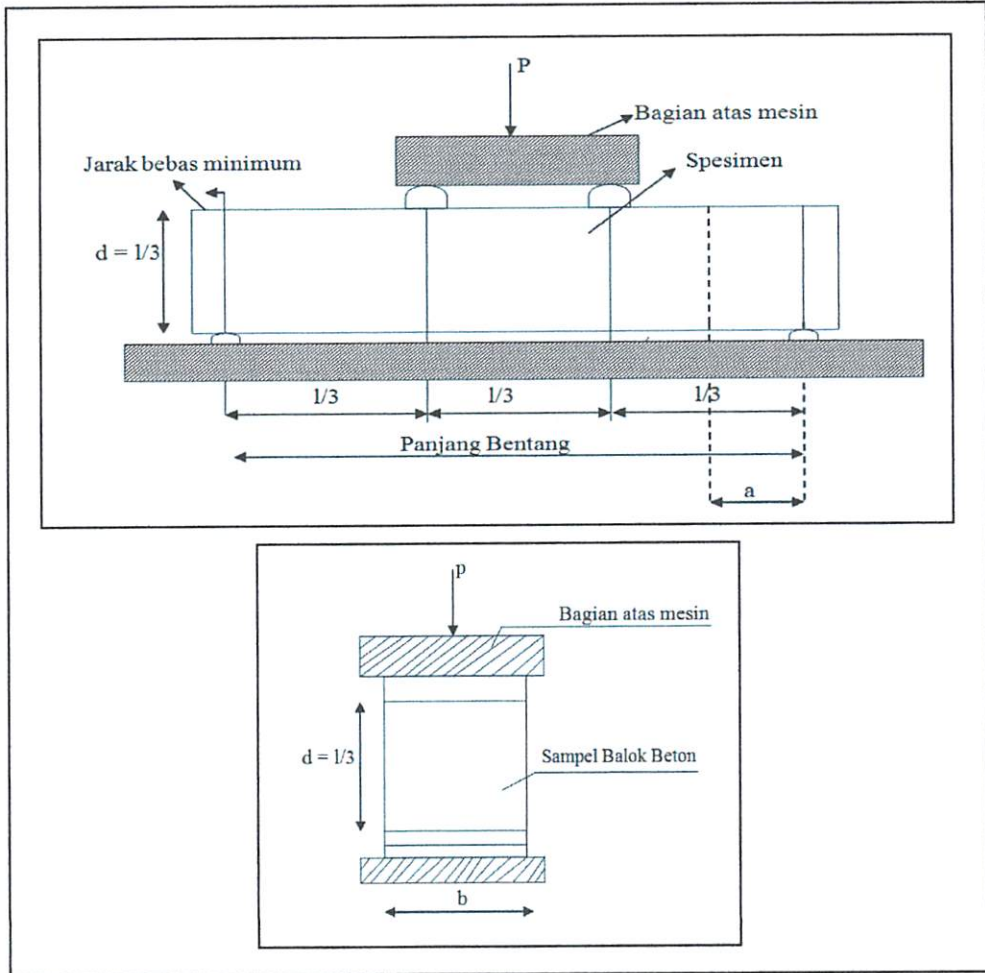
b = Lebar balok (mm)

d = Tinggi Balok (mm)

- Bila keruntuhan terjadi di luar sepertiga bentang yang di tengah, tetapi jarak sisanya tidak lebih dari 5% dari jarak 2 tumpuan (30 cm), maka tegangan lentur dapat dicari dengan rumus :

$$f_r = \frac{3 \cdot P \cdot a}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan “a” = Jarak antara titik terbelahnya balok ke titik tumpuan terdekat.



Gambar 3.5. Ilustrasi Kuat Lentur Balok dilihat dari samping (atas) dan dari depan (bawah)



Gambar 3.6 Pengujian Kuat Tarik Lentur

4) Uji Modulus Elastisitas

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat dial gage, yaitu :

- a. Benda uji ditimbang beratnya, kemudian permukaan atas dan bawah benda uji di beri mortar belerang (capping).
- b. Kemudian benda uji di pasang dengan alat uji modulus elastisitas. Alat uji ini terdiri dari alat pengukur regangan vertikal dan horizontal.
- c. Mengukur konversi untuk deformasi horizontal.
- d. Kemudian benda uji diletakan pada mesin tekan dengan hati-hati agar alat uji yang telah terpasang tidak bergeser.
- e. Pembebanan dilakukan secara kontinu dengan tiap kenaikan 2500 kg, deformasi yang terjadi dicatat.
- f. Kemudian diturunkan dengan selisih yang sama dan deforamasi yang terjadi dicatat.
- g. Pembebanan diulangi lagi sampai 3 siklus.
- h. Setelah 3 siklus, pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur.
- i. Menghitung modulus elastisitas dengan rumus :

$$E_c = \frac{f'c}{\epsilon} \gg \gg \epsilon = \frac{\Delta l}{l} \dots\dots\dots(3.5)$$

Ket:

E_c = Modulus Elestisitas (kg/cm²)

ϵ = regangan

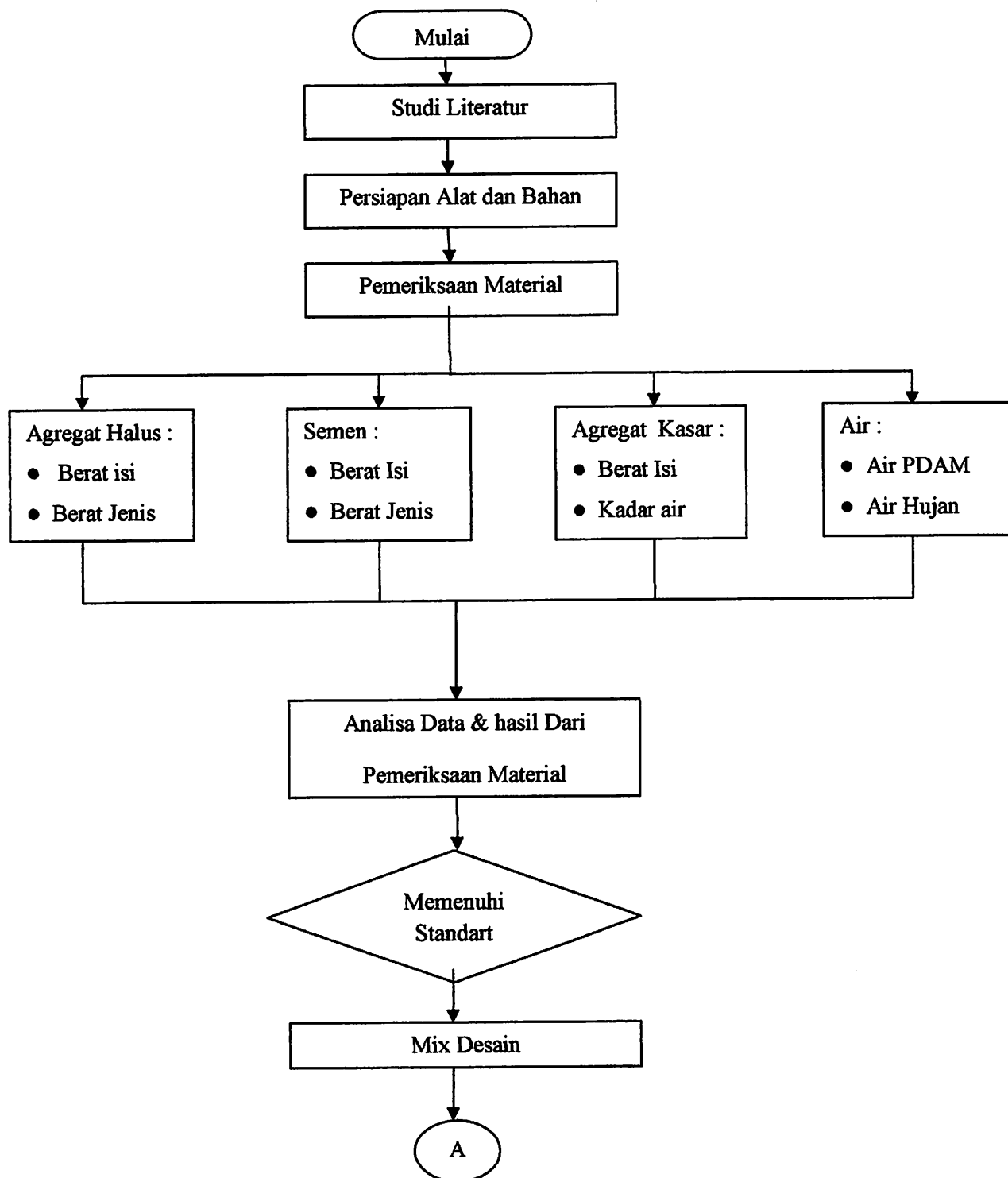
l = Tinggi benda uji (cm)

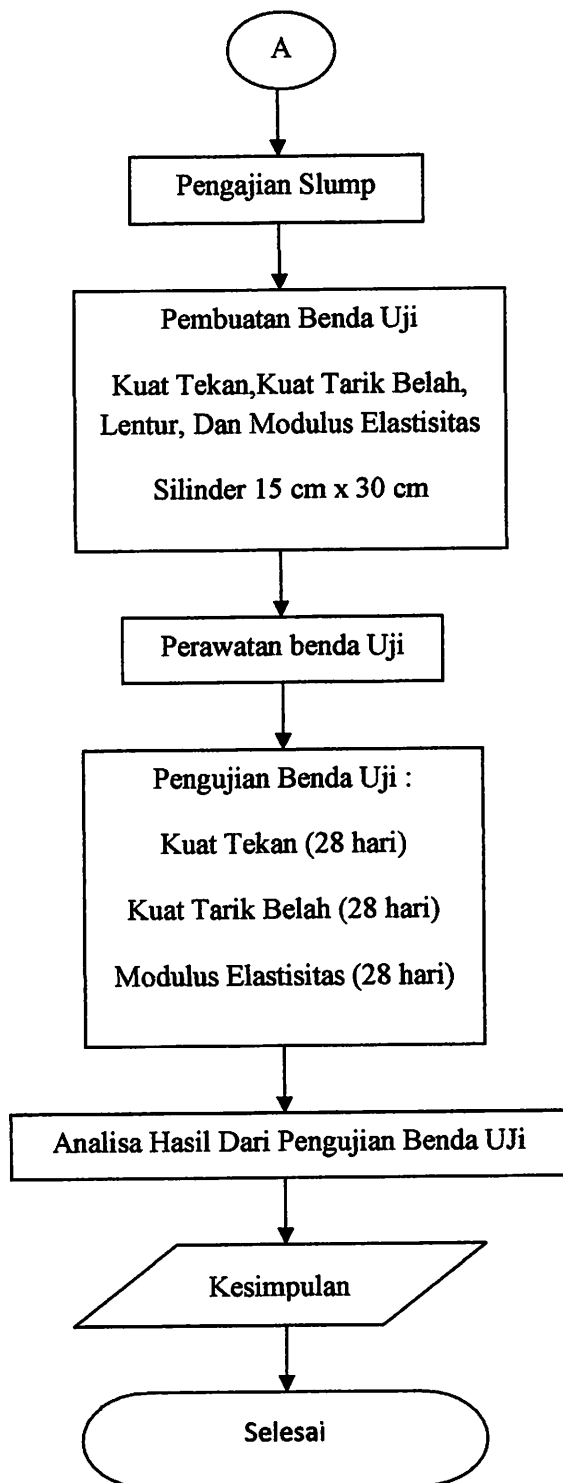
Δl = Perubahan tinggi benda uji (cm)



Gambar 3.7 Pengujian Modulus Elastisitas

3.10 Bagan Air Penelitian





BAB IV

PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1. Persiapan Kebutuhan Bahan dan Alat

4.1.1 Pengujian Agregat

a. Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus di lakukan dengan :

1. Analisa Ayakan Agregat Halus
2. Penentuan Berat Isi Dan rongga Agregat halus
3. Penentuan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus
4. Penentuan Butir Lebih Halus Agregat Halus
5. Penentuan Zat organik Agregat Halus

b. Pengujian Agregat Kasar (Split)

1. Pengujian Saringan / Analisa Ayakan
2. Penentuan Bobot Jenis dan Penerapan Air
3. Penyerapan (*Absortion*)
4. Penentuan berat isi dan rongga agregat kasar



4.1.2 Perhitungan Mix Design

Setelah dilakukan pengujian pada bahan-bahan di atas maka diperoleh data untuk menentukan hasil mix design. Dan diperoleh komposisi akhir (lampiran) campuran agregat per m³ sebagai berikut :

Semen	:	372,73 kg
Agregat Halus	:	806,00 kg
Agregat Kasar	:	958,12 kg
Air	:	205 kg

4.1.3. Perhitungan Kebutuhan Bahan

Dalam pekerjaan pembuatan benda uji berdasarkan pada kapasitas alat pencampur atau molen yaitu 0,03 m³, untuk membuat benda uji sebanyak 92 buah dengan silinder 15 x 30 cm sebanyak 80 buah dan balok 15 x 15 x 60 cm sebanyak 12 buah yang dilakukan secara bertahap, maka volume pekerjaan untuk setiap pencampuran :

a. Perhitungan Volume Silinder $d \times t = 15 \times 30 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} &= (3,14 \times r^2 \times t) \times (n \times 1,2) \\ &= (3,14 \times 0,075^2 \times 0,3) \times (80 \times 1,2) \\ &= 0,509 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Volume Balok $p \times l \times t = 60 \times 15 \times 15 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} &= (p \times l \times t) \times (n \times 1,2) \\ &= (0,6 \times 0,15 \times 0,15) \times (12 \times 1,2) \end{aligned}$$

$$= 0,194 \text{ m}^3$$

Keterangan : 1,2 = nilai faktor kehilangan.

n = jumlah benda uji.

Tabel 4.1. Kebutuhan Bahan Total Untuk Pencampuran

Kebutuhan Bahan	Benda Uji		Total Variasi (kg)
	Silinder 15 x 30 cm (kg) 80 Buah	Balok 15 x 15 x 60 cm (kg) 12 Buah	
Semen	189,72	72,31	262,03
Agregat Halus	410,25	156,36	566,62
Agregat Kasar	487,68	185,88	673,56
Air	104,35	39,77	144,12

4.1.4. Persiapan Alat

Alat-alat yang harus disiapkan dalam proses pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Mixer Beton

Proses pencampuran beton yang baik tergantung pada pelaksanaan pengadukanyang dilakukan, dalam hal ini pengaduk yang digunakan proses pengeraknyadibantu oleh tenaga mesin sehingga hasil yang didapat cukup baik.



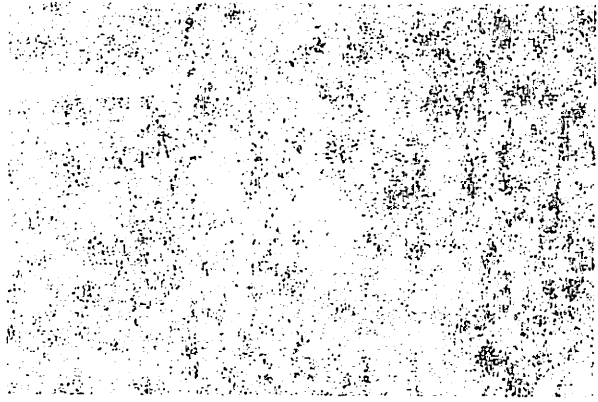
Gambar 4.1: Mixer Beton

2. Timbangan Agregat

Timbangan yangn digunakan dalam kegiatan pembuatan benda uji terdiri dari beberapa jenis yaitu timbangan dengan ketelitian 0.3% dari berat yang ditimbang atau 0.1% dari kapasitas maksimum timbangan.



Gambar 4.2 Timbangan.



1975-1976

1977-1978

1979-1980

1981-1982

1983-1984

1985-1986



1987-1988

3. Cetakan Selinder 15 x 30 Cm

Cetak yang digunakan adalah cetakan dari baja yang tidak menyerap air dan tidak bersifat reaktif terhadap beton atau semen. Ukuran cetakan selinder adalah 15x30 cm. Dalam penelitian ini penulis menggunakan cetakan selinder dengan ukuran 15x30 cm. Cetakan yang akan digunakan sebaiknya harus di polesi dengan minyak pelumas hal ini bertujuan untuk memudahkan saat pelepasan benda uji dari cetakan.



Gambar 4.3 Cetakan Selinder 15 x 30 cm

4. Alat Uji Slump

Alat slump digunakan bertujuan untuk mengukur nilai slump dari beton, nilai slump yang kita pakai adalah 75 mm. Nilai slump menunjukkan tingkat keenceran beton yang direncanakan.



Gambar 4.4 Kerucut Abrams dan pengukuran nilai slump

5. Ember/Wajan Dari Aluminium/Plastik

Alat-alat tersebut digunakan untuk menampung bahan dan memindahkannya juga diperuntukkan memindahkan campuran apabila jarak antara bahan dan alat sedikit jauh. Selain itu juga untuk mempermudah dan mempercepat pemindahan bahan.

6. Sekop atau Cetok

Sekop digunakan untuk memindahkan campuran beton dari mixer beton ke cetakan.

7. Alat Pematik Beton

Alat pemadat beton terdiri dari beberapa macam berikut jenis-jenis alat pemadatan beton:

1. Batang penusuk

- Batang penusuk besar dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 610 mm.
- Batang penusuk kecil dengan diameter 10 mm dengan panjang 305 mm.

2. Palu/Pemukul

Palu atau pemukul yang digunakan harus terbuat dari karet, plastik, atau bahan lunak lain dengan berat antara 0,3–0,8 kg.

8. Gelas Kimia

Gelas ukur kimia yang digunakan dalam pengujian bahan adalah seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.5 Gelas Kimia

4.1.5. Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang dipersiapkan adalah dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut:

a. Semen

Semen yang digunakan harus memenuhi syarat sesuai yang ditentukan dalam Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBBI terbaru).



Gambar 4.6 Semen portland (PCC)

b. Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir alam yang telah memenuhi persyaratan umum bahan bangunan di Indonesia (PBBI terbaru).



Gambar 4.7 Pasir Lumajang

c. Kerikil

Dalam pelaksanaan ini kerikil atau spilit yang digunakan adalah batu pecah 10/20 mm yang telah memenuhi persyaratan umum bahan bangunan indonesia.



Gambar 4.8 Kerikil/spilit

d. Air Hujan

Air hujan dalam membuat beton adalah untuk memacu proses kimiawi dari semen, membasahi agregat dan memebrikan pekerjaan yang mudah dalam pekerjaan beton. Dalam hal pekerjaan beton senyawa yang terkandung dalam air hujan akan mempengaruhi kualiat beton untuk itu di perlukan standard yang baik untuk kualiat air hujan. Selain itu air hujan dan semen akan terjadi reaksi kimia maka di perlukan perbandingan atau faktor air semen yang baik yang akan menghasilkan kualiatas beton yang baik.

Air hujan yang di gunakan untuk proses pembuatan beton harus bersih dan memenuhi syarat, jika di pergunakan air hujan yang tidak baik maka kekeuatan beton akan berkurang.

Dalam penelitian ini air hujan yang kita gunakan untuk dua variasi yaitu antara 5% dan 10% dan untuk variasi selanjutnya 15%,20%,25% dan 30% memakai asam sulfat karena kekurangan stok air hujan,jadi di ganti dengan larutan asam sulfat yang PH nya di samakan dengan PH air hujan (PH nya : $\pm 5,6 - 6$).

Cara Pembuatan Air Hujan Buatan

Perhitungan kadar air hujan yang dibutuhkan Dalam setiap 1 m^3 mix design, diperlukan air sebanyak 205 kg. Prhitungan kebutuhan air untuk setiap silinder adalah sebagai berikut :

Silinder ukuran 15 cm x 30 cm, volume silinder adalah sbb :

$$\begin{aligned}V &= \pi \cdot R^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Kapasitas molen per sekali pengecoran : 4 buah silinder

$$\begin{aligned}&= 4 \times 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 21195 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Air yang diperlukan sekali pengecoran :

$$\frac{205}{1000000} = \frac{x}{21195}$$

$$1000000 \times x = 205 \times 21195$$

$$x = \frac{4344975}{1000000}$$

$$x = 4,345 \text{ kg}$$

banyaknya air hujan yg diperlukan (misalnya untuk variasi 15 %)

$$= 15\% \times 4,345 \text{ kg}$$

$$= 0,65 \text{ kg per sekali ngecor (4 silinder)}$$

$$= 0,163 \text{ kg per silinder}$$

Karena keterbatasan air hujan yang kami tampung, maka digunakan air campuran asam sulfat (H_2SO_4) 8 molar dengan kadar pH yang telah disesuaikan dengan kadar pH air hujan alami ($\pm 5,6$). Setelah melakukan beberapa kali uji coba kadar pH, maka didapatkan takaran untuk variasi 15% sekali ngecor (0,65 kg) diberikan 7 tetes (H_2SO_4) 8 molar. Selanjutnya jumlah larutan (H_2SO_4) 8 molar disesuaikan untuk variasi lainnya sesuai dengan perhitungan yang telah ada.

4.2. Pelaksanaan Penelitian

4.4.1 Langkah – Langkah Pembuatan Benda Uji

Hal terpenting dalam pembuatan benda uji yang harus di perhatikan dan diikuti adalah langkah-langkah atau prosedur pembuatan beton itu sendiri. Hal-hal yang harus di perhatikan adalah:

1. Persiapan alat-alat dan bahan seperti telah di uraikan di sub title 4.1 di atas.
2. Bahan-bahan tersebut telah, melalui pengujian laboratorium seperti yang telah di uraikan pada sub title 4.1.
3. Penakaran (Batching)

Setelah bahan-bahan di uji dan telah lolos uji, selanjutnya bahan-bahan tersebut di timbang sesuai dengan mix desain, bahan-bahan yang telah di timbang di masukan ke dalam mixer dan di campur

kecuali air. Penimbangan bahan harus sesuai dengan jenis beton yang akan di buat.

4. Pencampuran (Mixing)

Bahan-bahan yang telah di timbang sesuai dengan proporsinya di masukkan ke dalam mixer (pengaduk) kemudian tuangkan air hujan sesuai dengan takaran yang telah di hitung di title 4.1.2 ke dalam mixer sambil melakukan pencampuran (mixer).

5. Pengangkutan / Transporting

Campuran beton yang telah jadi di angkut ke pencetakan. Dalam pelaksanaan ini tidak di lakukan pengangkutan karena di lakukan dalam satu ruangan (berdekatan)

6. Uji Slump Beton

- a. Basahai cetakan dan plat dengan kain basah
- b. Letakan cetakan di atas plat yang kokoh
- c. Isi cetakan dengan beton segar sebanyak tiga lapis berisi $\pm 1/3$ volume cetakan tiap lapisan di padatkan dengan cara di tusuk-tusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata, lakukan secara berulang sampai cetakan penuh.
- d. Ratakan permukaan cetakan sampai rata
- e. Angkat perlahan cetakan ke arah vertikal
- f. Ukurlah tinggi hasil cetakan dengan cara membedakan tinggi benda uji dengan cetakan.

g. Nilai sulm adalah 75 mm.

7. Penuangan / Placing

Sebelum campuran beton di cetak ke dalam cetakan terlebih dahulu cetakan di oles dengan minyak agar tidak terjadi perkatan beton pada cetakan pada saat cetakan di lepas.

Setelah di oles minyak campuran di masukan ke dalam cetakan 1/3 dari cetakan dan lakukan pemadatan dengan cara tusuk-tusuk dengan tongkat pemadatan 25 kali tiap lapisan. Lakukan proses ini 3 kali sampai terisi penuh.

8. Penyelesaian (Finishing)

Setelah pemadatan, ratakan permukaan cetakan agar permukaan beton benar-benar rata dan licin.

9. Perawatan

- Setelah beton dicetak tutup benda uji dengan bahan yang tidak mudah menyerap air dan dapat menjaga kelembaban sampai waktu pelepasan cetakan. Permukaan cetakan bagian luar harus terhindar dari air selama 24 jam pertama setelah beton dicetak, karena akan mengakibatkan kerusakan pada benda uji.
- Benda uji dilepaskan dari cetakan setelah 24 jam dan tidak diperbolehkan melebihi dari 48 jam setelah pencetakan.
- Perawatan benda uji

Setelah 24 jam beton dilepaskan dari cetakan seluruh benda uji harus direndam dalam air dengan suhu $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ mulai dari pelepasan dari cetakan hingga pengujian dilakukan.

10. Pengujian Benda uji

Pengujian benda uji dilakukan sesuai dengan perencanaan yaitu pengujian yang dilakukan pada umur beton 28 hari, yang meliputi pengujian kuat tekan, tarik belah, tarik lentur, dan modulus elastisitas beton. Pembahasan tentang pengujian beton akan dijabarkan pada bab selanjutnya (BAB V).



BAB V

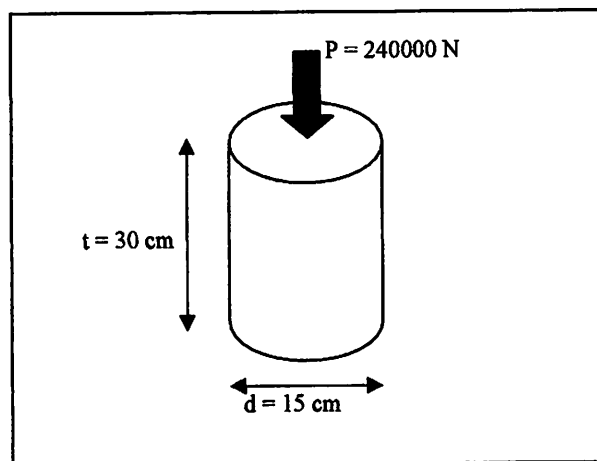
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Pengujian Beton

5.1.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji silinder yang berdimensi 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data tegangan hancur beton perlakuan tanpa bahan tambahan sedangkan sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

CONTOH PERHITUNGAN BENDA UJI



Gambar 5.1 Pengujian Kuat Tekan

Diketahui : $P = 24000 \text{ N}$, $d = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$,

1) Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 0%

Tabel 5.1 Pengujian Kuat Tekan Beton (Kadar Air Hujan = 0 %)

No	Berat (kg)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (N)	f_c (kg/cm ²)	\bar{f}_c (Mpa)	$(f_c - \bar{f}_c)^2$ (Mpa)	sd (Mpa)	f'_c (Mpa)
1	12.81	150	17671.46	375000	21.22	20.18	1.09	2.17	17.26
2	12.76	150	17671.46	320000	18.11		4.28		
3	12.60	150	17671.46	345000	19.52		0.43		
4	12.67	150	17671.46	440000	24.90		22.29		
5	12.85	150	17671.46	375000	21.22		1.09		
6	12.67	150	17671.46	325000	18.39		3.19		
7	12.46	150	17671.46	340000	19.24		0.88		
8	12.62	150	17671.46	325000	18.39		3.19		
9	12.91	150	17671.46	385000	21.79		2.59		
10	12.59	150	17671.46	335000	18.96		1.49		
11	12.94	150	17671.46	375000	21.22		1.09		
12	13.11	150	17671.46	380000	21.50		1.76		
13	12.81	150	17671.46	360000	20.37		0.04		
14	13.02	150	17671.46	380000	21.50		1.76		
15	12.47	150	17671.46	305000	17.26		8.51		
16	12.87	150	17671.46	340000	19.24		0.88		
Total					322.84		54.55		

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 5.1

- Kolom 1 : Nomor Urut
- Kolom 2 : Berat Benda Uji
- Kolom 3 : Diameter
- Kolom 4 : Luas Benda Uji
- Kolom 5 : Beban
- Kolom 6 : Tegangan Hancur 28 hari

$$= \frac{P}{A} \times Fu = \frac{300000}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 150^2} \times 1 = 16,977 \text{ Mpa}$$

- Kolom 7 : Kuat Tekan Rata-rata (f'_{cr})

$$= \frac{\sum_1^n fc_i}{n} = \frac{322,84}{16} = 20,177 \text{ Mpa}$$

- Kolom 8 : Standart Deviasi (s)

$$= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'_c - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{((21,22-20,18)+\dots+(19,24-20,18))}{16-1}}$$

$$= 1,907$$

Untuk 16 benda uji, standar deviasi dikalikan 1,14 sehingga :

$$S = 1,097 \times 1,14$$

$$= 2,212$$

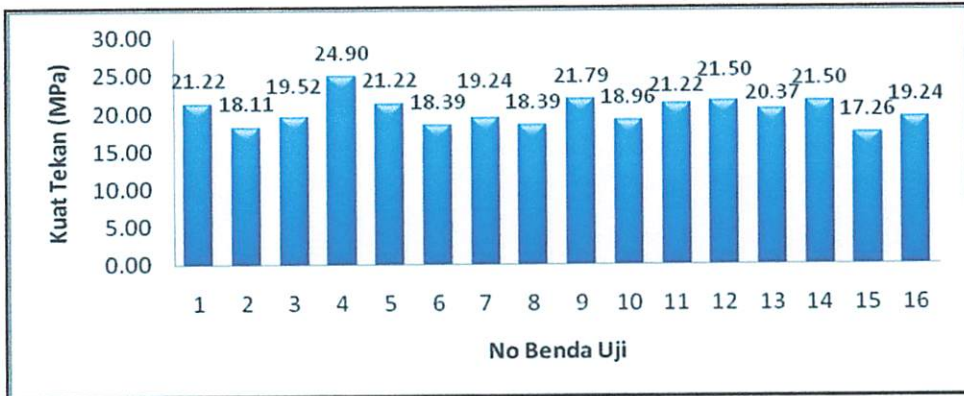
- Kolom 9 : Nilai Kuat Tekan Beton f'_c

$$= f'_{cr} - (1,34 \times sd)$$

$$= 20,117 - (1,34 \times 2,212)$$

$$= 17,2641 \text{ MPa}$$

Grafik 5.1. Kuat Tekan Beton (Variasi 0%)



Dari grafik hasil data pengujian kuat tekan beton silinder (dimensi 15 x 30 cm) dapat dilihat pada variasi campuran air hujan 0% untuk tiap perlakuan adalah 16 benda uji, pada hasil pengujian kuat tekan beton diketahui $f_c \text{ min} = 17,26 \text{ Mpa}$, $f_c \text{ max} = 24,9 \text{ Mpa}$, cenderung meningkat meskipun ada yang menurun.

2) Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 5%

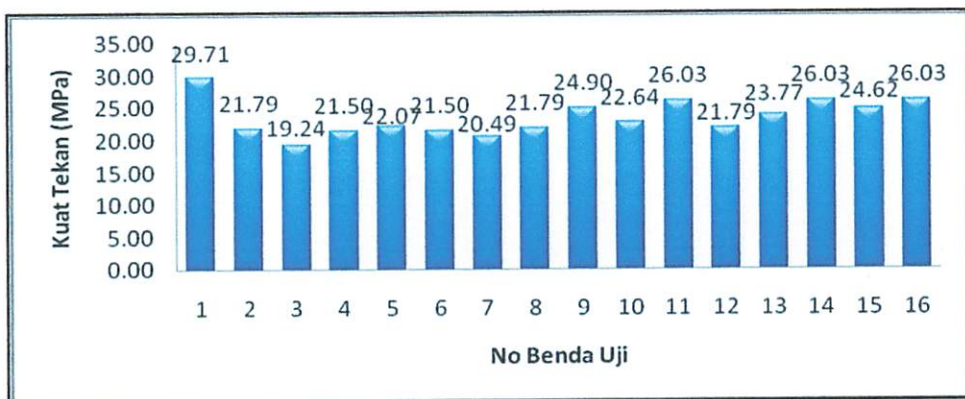
Dengan rumus yang sama seperti pada perhitungan kuat tekan beton variasi 0%, didapatkan hasil pengujian untuk variasi campuran air hujan 5% seperti pada tabel dan grafik berikut ini.

Tabel 5.2 Pengujian Kuat Tekan Beton (Kadar Air Hujan = 5%)

No	Berat (kg)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (N)	f_c (kg/cm ²)	\bar{f}_c (Mpa)	$(f_c - \bar{f}_c)^2$ (Mpa)	sd (Mpa)	$f'c$ (Mpa)
1	12.90	150	17671.46	525000	29.71	23.37	40.21	3.05	19.28
2	12.67	150	17671.46	385000	21.79		2.50		
3	12.63	150	17671.46	340000	19.24		17.04		

4	12.72	150	17671.46	380000	21.50		3.47		
5	12.87	150	17671.46	390000	22.07		1.68		
6	12.54	150	17671.46	380000	21.50		3.47		
7	12.72	150	17671.46	362000	20.49		8.31		
8	12.73	150	17671.46	385000	21.79		2.50		
9	12.74	150	17671.46	440000	24.90		2.35		
10	12.76	150	17671.46	400000	22.64		0.54		
11	12.77	150	17671.46	460000	26.03		7.09		
12	12.69	150	17671.46	385000	21.79		2.50		
13	12.83	150	17671.46	420000	23.77		0.16		
14	12.97	150	17671.46	460000	26.03		7.09		
15	12.93	150	17671.46	435000	24.62		1.56		
16	12.87	150	17671.46	460000	26.03		7.09		
Total					322.84		107.57		

Grafik 5.2. Kuat Tekan Beton (Variasi 5%)



Untuk grafik pengujian kuat tekan beton 5%, untuk bagian horizontalnya yaitu menunjukkan pada nomor benda uji untuk tiap perlakuan 16 benda uji, dan bagian vertikalnya menunjukkan nilai kuat tekan f_c (Mpa). Pada hasil pengujian kuat tekan beton variasi 5% ini berkisar antara f_c min = 19,24 MPa, f_c max = 29,71 MPa. Kali ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton cenderung meningkat seiring

dengan bertambahnya prosentase air hujan atau cairan asam sulfat yang ditambahkan.

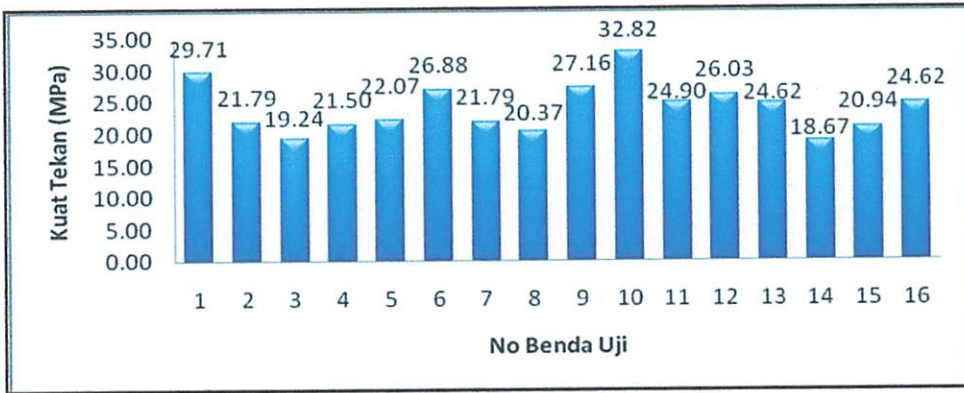
3) Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 10%

Dengan rumus yang sama seperti pada perhitungan kuat tekan beton variasi 0%, didapatkan hasil pengujian untuk variasi campuran air hujan 10% seperti pada tabel dan grafik berikut ini.

Tabel 5.3 Pengujian Kuat Tekan Beton (Kadar air Hujan = 10%)

No	Berat (kg)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (N)	f _c (kg/cm ²)	\bar{f}_c (Mpa)	$(f_c - \bar{f}_c)^2$ (Mpa)	sd (Mpa)	f'c (Mpa)
1	12.83	150	17671.46	525000	29.71	23.94	33.23	4.44	17.99
2	12.80	150	17671.46	385000	21.79		4.65		
3	12.94	150	17671.46	340000	19.24		22.13		
4	12.98	150	17671.46	380000	21.50		5.96		
5	12.76	150	17671.46	390000	22.07		3.51		
6	13.10	150	17671.46	475000	26.88		8.62		
7	13.11	150	17671.46	385000	21.79		4.65		
8	13.15	150	17671.46	360000	20.37		12.76		
9	13.00	150	17671.46	480000	27.16		10.36		
10	12.97	150	17671.46	580000	32.82		78.81		
11	13.00	150	17671.46	440000	24.90		0.91		
12	12.80	150	17671.46	460000	26.03		4.35		
13	13.20	150	17671.46	435000	24.62		0.45		
14	12.96	150	17671.46	330000	18.67		27.77		
15	12.92	150	17671.46	370000	20.94		9.04		
16	12.97	150	17671.46	435000	24.62		0.45		
Total					322.84		107.57		

Grafik 5.3 Kuat Tekan Beton (Variasi 10%)



Untuk grafik pengujian kuat tekan beton 10%, hasil pengujiannya berkisar antara $f_c \text{ min} = 18,67 \text{ MPa}$ dan $f_c \text{ max} = 32.82 \text{ MPa}$ mutu beton cenderung menurun dengan ditambahkan prosentase air hujan atau cairan asam sulfat.

4) Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 15%

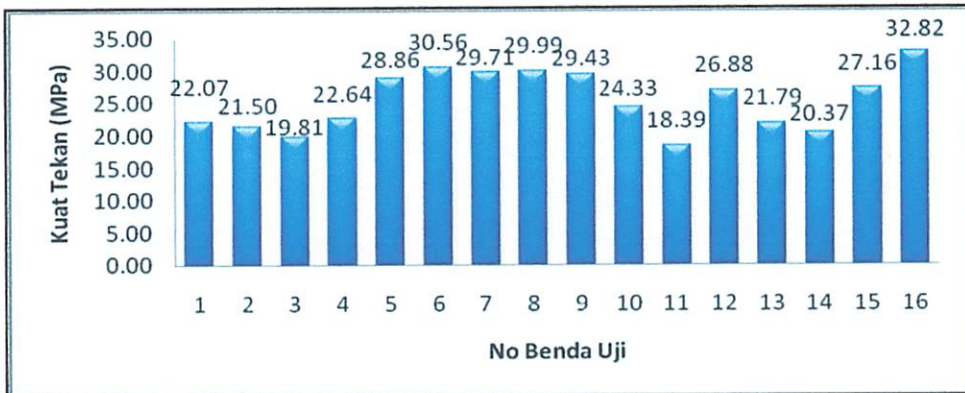
Dengan rumus yang sama seperti pada perhitungan kuat tekan beton variasi 0%, didapatkan hasil pengujian untuk variasi campuran air hujan 10% seperti pada tabel dan grafik berikut ini.

Tabel 5.4 Pengujian Kuat Tekan Beton (Kadar air Hujan = 30 %)

No	Berat (kg)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (N)	f_c (kg/cm ²)	\bar{f}_c (Mpa)	$(f_c - \bar{f}_c)^2$ (Mpa)	sd (Mpa)	f'_c (Mpa)
1	12.79	150	17671.46	390000	22.07	25.39	11.05	5.17	18.47
2	12.76	150	17671.46	380000	21.50		15.14		
3	12.91	150	17671.46	350000	19.81		31.23		
4	12.90	150	17671.46	400000	22.64		7.61		
5	12.81	150	17671.46	510000	28.86		12.01		

6	12.81	150	17671.46	540000	30.56	26.66
7	13.06	150	17671.46	525000	29.71	18.62
8	13.17	150	17671.46	530000	29.99	21.14
9	13.00	150	17671.46	520000	29.43	16.26
10	13.21	150	17671.46	430000	24.33	1.13
11	12.19	150	17671.46	325000	18.39	49.04
12	12.92	150	17671.46	475000	26.88	2.21
13	13.47	150	17671.46	385000	21.79	13.01
14	13.04	150	17671.46	360000	20.37	25.22
15	13.26	150	17671.46	480000	27.16	3.13
16	13.18	150	17671.46	580000	32.82	55.16
Total					406.30	308.62

Grafik 5.4 Kuat Tekan Beton (Variasi 15%)

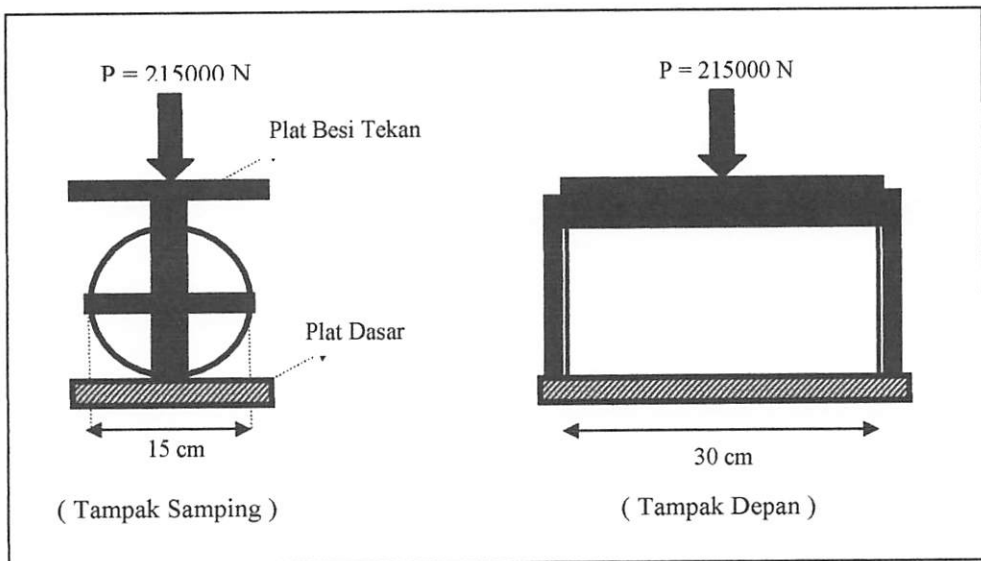


Untuk grafik pengujian kuat tekan beton 15%, hasilnya berkisar antara $f_c \text{ min} = 18,39 \text{ MPa}$ dan $f_c \text{ max} = 32,82 \text{ MPa}$. Terlihat bahwa kuat tekan beton mengalami kenaikan dan penurunan yang signifikan dan terlihat tidak stabil akibat penambahan air hujan atau cairan asam sulfat persentasi 15%.

5.1.2. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Untuk pengujian tarik belah beton dilakukan pada uji silinder 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Setiap variasi kadar air hujan memiliki 3 buah benda uji untuk pengetesan ini. Metode untuk menguji tegangan tarik belah beton ini dinamakan split silinder sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan dua pengujian tarik belah, dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data tarik belah beton dengan perlakuan tanpa bahan tambahan (variasi 0%), sedangkan untuk 3 perlakuan lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

CONTOH PERHITUNGAN BENDA UJI



Gambar 5.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 5.5 Pengujian Kuat Tarai Belah

No	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Variasi Air Hujan	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Kuat Tarik Belah σ_t (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata
1	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	12.9	230000	3.255	3.232
2	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	12.76	215000	3.043	
3	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	12.87	240000	3.397	
4	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	12.92	220000	3.114	3.138
5	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	12.89	230000	3.255	
6	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	12.63	215000	3.043	
7	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	12.62	170000	2.406	2.878
8	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	12.88	240000	3.397	
9	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	12.75	200000	2.831	
10	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	12.96	170000	2.406	2.878
11	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	12.69	240000	3.397	
12	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	12.77	200000	2.831	

Keterangan :

$$P = 215000 \text{ N}$$

$$d = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$$

$$L = 30 \text{ cm} = 300 \text{ mm}$$

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 5.3

- Kolom 1 : Nomor Urut
- Kolom 2 : Tanggal Pembuatan
- Kolom 3 : Tanggal Pengujian
- Kolom 4 : Variasi Air Hujan

- Kolom 5 : Berat Benda Uji
- Kolom 6 : Tekanan, didapat dari hasil pengetesan.
- Kolom 7 : Perhitungan Kuat Tarik Belah

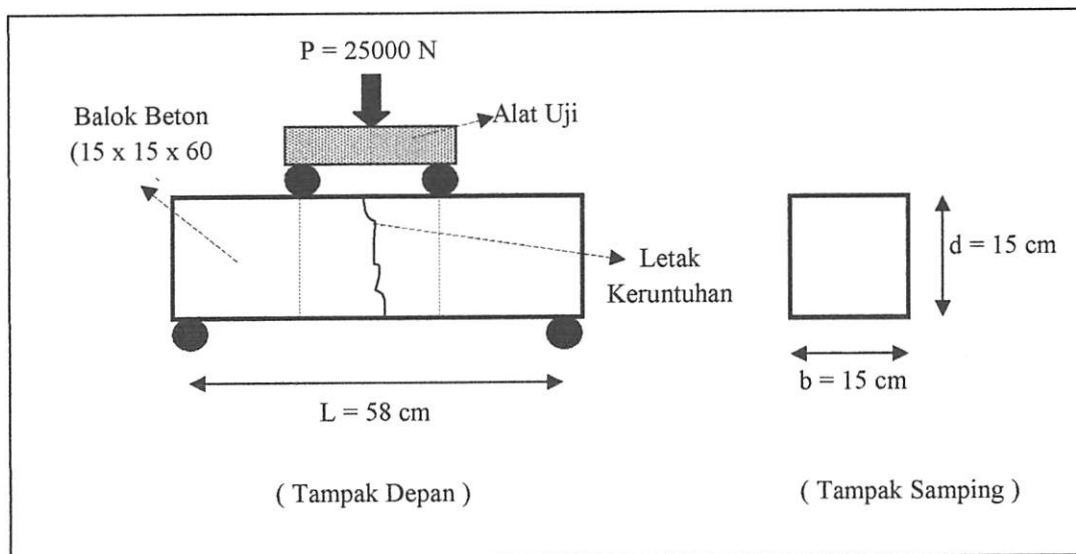
$$\begin{aligned}
 f_{ct} &= \frac{2.P}{3,14 .d.L} \\
 &= \frac{2 \times 215000}{3,14 \times 150 \times 300} \\
 &= 3,04 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

5.1.3 Hasil Pengujian Tarik Lentur Balok Beton

Untuk pengujian tarik lentur beton ini dilakukan pada benda uji yang berdimensi 150 x 150 x 600 mm pada umur 28 hari. Terdapat 4 kelakuan penambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 3 benda uji. Sebagai penjelasan dari analisis tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan daya tarik lentur beton dengan perlakuan tanpa bahan tambahan (variasi 0%), sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

CONTOH PERHITUNGAN BENDA UJI

Keretakan terjadi di tengah bentang



Gambar 5.3 Pengujian Kuat Lentur Balok

Tabel 5.4 Pengujian Kuat TaraiK Lentur

No	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Variasi Air Hujan	Letak Keruntuhan	L (mm)	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Kuat Tarik Lentur fr (MPa)	Kuat Tarik Lentur Rata-rata (MPa)
1	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	Tengah Bentang	605	33.83	25000	4.481	4.710
2	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	Tengah Bentang	600	36.51	27000	4.800	
3	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	Tengah Bentang	595	36.63	27500	4.848	
4	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	Tengah Bentang	610	36.6	26000	4.699	4.589
5	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	Tengah Bentang	600	34.73	25000	4.444	
6	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	Tengah Bentang	600	36.12	26000	4.622	
7	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	Tengah Bentang	605	35.71	26000	4.661	4.504
8	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	Tengah Bentang	595	34.86	25000	4.407	
9	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	Tengah Bentang	600	35.71	25000	4.444	
10	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	Tengah Bentang	600	34.4	24000	4.267	4.412
11	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	Tengah Bentang	610	36.6	27000	4.880	
12	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	Tengah Bentang	600	35.22	23000	4.089	

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 5.3

- Kolom 1 : Nomor Urut
- Kolom 2 : Tanggal Pembuatan
- Kolom 3 : Tanggal Pengujian
- Kolom 4 : Variasi Air Hujan
- Kolom 5 : Letak Keruntuhan
- Kolom 6 : Panjang Benda Uji
- Kolom 7 : Berat Benda Uji
- Kolom 8 : Tekanan, didapat dari hasil pengujian
- Kolom 9 : Perhitungan Kuata Tarik Lentur

$$Fr = \frac{570 \cdot P}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{570 \times 25000}{150 \times 150^2}$$

$$= 4,22 \text{ MPa}$$



Keputusan-keputusan yang diambil

- Kolom 1 : Meneriakan
- Kolom 2 : Meneriakan
- Kolom 3 : Meneriakan
- Kolom 4 : Meneriakan
- Kolom 5 : Meneriakan
- Kolom 6 : Meneriakan
- Kolom 7 : Meneriakan
- Kolom 8 : Meneriakan
- Kolom 9 : Meneriakan

$$\frac{200}{200}$$

$$\frac{200 \times 20000}{200 \times 20000}$$

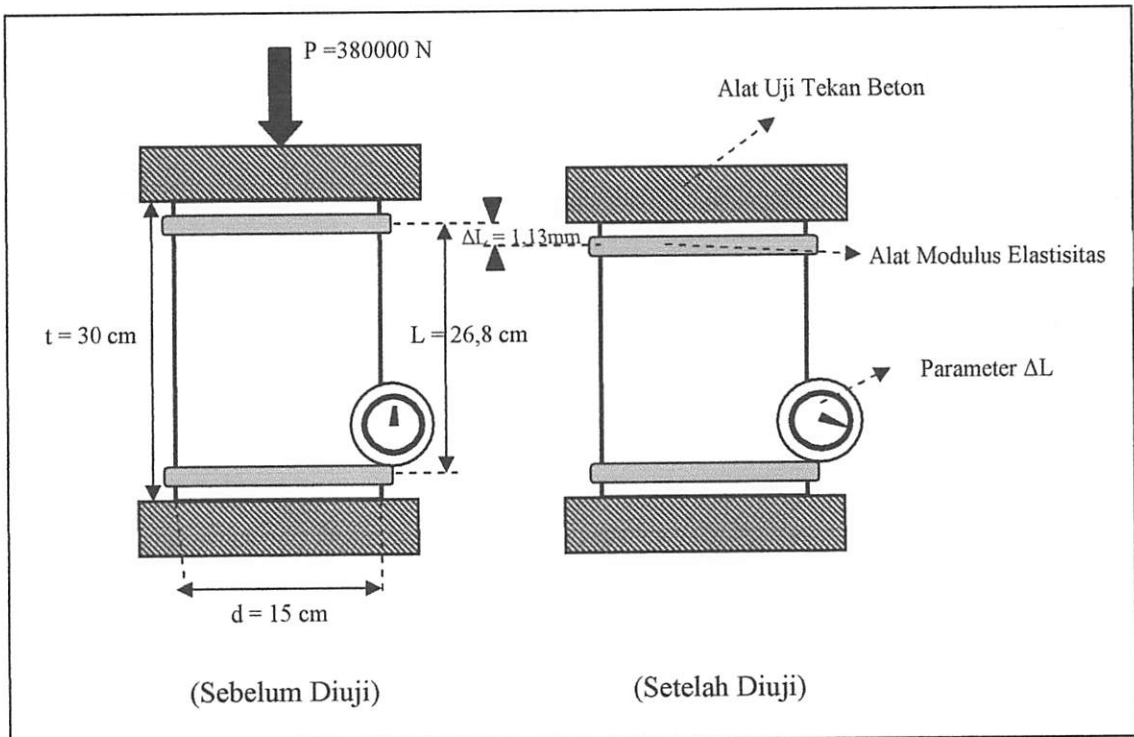
20000



5.1.4. Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Beton

Untuk pengujian modulus elastisitas beton ini dilakukan pada benda uji silinder berdimensi 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Terdapat 4 variasi masing-masing berjumlah 6 benda uji. Metode untuk menguji Modulus Elastisitas Beton ini disarankan Aman Subakti dalam buku Teknologi Beton, sebagai penjelasan dalam analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas beton dengan perlakuan tanpa bahan tambahan.

CONTOH PERHITUNGAN BENDA UJI



Gambar 5.4 Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Tabel 5.6 Pengujian Modulus Elastisitas

No	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Variasi Air Hujan	Berat (kg)	Tekanan P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	ε	f _c (MPa)	E _c (MPa)	E _{teoritis} (MPa)	E _c Rata-rata (MPa)
1	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	13.02	380000	268	1.13	0.00422	21.51	5102.56	21800.36	4770.39
2	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	13.11	380000	265	1.4	0.00528	21.51	4072.39	21800.36	
3	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	12.94	375000	260	1.38	0.00531	21.23	4000.12	21656.46	
4	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	12.81	320000	268	0.75	0.00280	18.12	6473.98	20005.38	
5	29-Mar-13	26-Apr-13	0%	12.59	340000	262	1.2	0.00458	19.25	4202.88	20621.07	
6	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	12.72	380000	260	1.95	0.00750	21.51	2868.60	21800.36	4699.12
7	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	12.69	440000	269	1.35	0.00502	24.91	4963.85	23458.38	
8	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	12.94	460000	260	0.85	0.00327	26.04	7966.36	23985.61	
9	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	12.87	385000	263	1.8	0.00684	21.80	3184.87	21943.31	
10	29-Mar-13	26-Apr-13	5%	12.77	365000	262	1.2	0.00458	20.67	4511.91	21365.75	
11	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	12.83	340000	263	1.43	0.00544	19.25	3540.35	20621.07	4177.70
12	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	12.8	410000	263	1.48	0.00563	23.21	4125.02	22644.55	
13	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	12.94	380000	268	1.45	0.00541	21.51	3976.47	21800.36	
14	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	12.98	365000	267	1.35	0.00506	20.67	4087.13	21365.75	
15	30-Mar-13	27-Apr-13	10%	12.76	320000	262	0.92	0.00351	18.12	5159.54	20005.38	
16	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	12.79	390000	265	1.44	0.00543	22.08	4063.46	22085.34	4324.88
17	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	12.76	380000	268	0.98	0.00366	21.51	5883.56	21800.36	
18	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	12.91	340000	264	1.17	0.00443	19.25	4343.55	20621.07	
19	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	12.9	350000	267	1.64	0.00614	19.82	3226.14	20922.13	
20	30-Mar-13	27-Apr-13	15%	12.81	400000	263	1.45	0.00551	22.65	4107.67	22366.69	

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 5.3

- Kolom 1 : Nomor Urut
- Kolom 2 : Tanggal Pembuatan
- Kolom 3 : Tanggal Pengujian
- Kolom 4 : Variasi Air Hujan
- Kolom 5 : Berat Benda Uji
- Kolom 6 : Tekanan, didapat dari hasil pengetesan
- Kolom 7 : Panjang Benda Uji
- Kolom 8 : Perubahan Panjang Dari Benda Uji (mm)
- Kolom 9 : Perhitungan Regangan Beton

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{1,13}{268} = 0,004$$

- Kolom 10 : Kuat Tekan Beton

$$f'c = \frac{P}{A} \\ = \frac{380000}{0,25 \times 3,14 \times 150^2} = 21,52 \text{ MPa}$$

- Kolom 11 : Modulus Elastisitas Beton

$$E_c = \frac{f'c}{\varepsilon} = \frac{21,52}{0,004} = 5103,858 \text{ MPa}$$

- Kolom 12 : Modulus Elastisitas Teoritis

$$E_t = 4700 \times \sqrt{f'c} = 4700 \times \sqrt{21,52} \\ = 21803,14 \text{ MPa}$$

5.2. Pengujian Interval Kepercayaan

Data-data penelitian yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang didapatkan (*Sudjana, 1982*).

Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden sebesar 95%, hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah 5%, sedangkan sisanya sebesar 95% adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat pengujian interval kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

5.2.1 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%.

Tabel 5.1. Data Pengujian Kuat Tekan

No	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%
1	21.22	29.71	29.71	22.07
2	18.11	21.79	21.79	21.50
3	19.52	19.24	19.24	19.81
4	24.90	21.50	21.50	22.64
5	21.22	22.07	22.07	28.86
6	18.39	21.50	26.88	30.56
7	19.24	20.49	21.79	29.71
8	18.39	21.79	20.37	29.99
9	21.79	24.90	27.16	29.43
10	18.96	22.64	32.82	24.33
11	21.22	26.03	24.90	18.39

12	21.50	21.79	26.03	26.88
13	20.37	23.77	24.62	21.79
14	21.50	26.03	18.67	20.37
15	17.26	24.62	20.94	27.16
16	19.24	26.03	24.62	32.82
rata2 (X)	20.18	23.37	23.94	25.39

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan}}{n} \\
 &= \frac{21,221+18,108+\dots+19,24}{16} \\
 &= 20,177 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{[(21,221-20,177)^2+\dots+(19,24-20,177)^2]}{16-1}} \\
 &= 1,907
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 16 - 1 = 15$$

$$t_{0,975} = 2,145$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

$t_{0,975}$ = Nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaan adalah :

$$\begin{aligned}
 &= X - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < X + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 20,177 - \left(2,145 \times \frac{2,212}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 20,177 + \left(2,145 \times \frac{2,212}{\sqrt{16}} \right) \\
 &= 17,816 < \mu < 22,539
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 5%, 10%, dan 15%, yang selanjutnya akan ditampilkan dalam tabel berikut

Tabel 5.2. Interval Kepercayaan Kuat Tekan

Variasi (%)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
0	20.18	1.91	0.98	15	2.15	19.15	< μ <	21.20
5	23.37	2.68	0.98	15	2.15	21.93	< μ <	24.80
10	23.94	2.68	0.98	15	2.15	20.63	< μ <	27.26
15	25.39	3.90	0.98	15	2.15	20.57	< μ <	30.22

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.2 maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.3.

Tabel 5.3. Data Pengujian Kuat Tekan Setelah Pengujian Interval

No	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%
1	-	-	-	22.07
2	-	-	21.79	21.50
3	19.52	-	-	-
4	-	-	21.50	22.64

5	-	22.07	22.07	28.86
6	-	-	26.88	-
7	19.24	-	21.79	29.71
8	-	-	-	29.99
9	-	24.90	27.16	29.43
10	-	22.64	-	24.33
11	-	26.03	24.90	-
12	-	21.79	26.03	26.88
13	20.37	23.77	24.62	21.79
14	-	26.03	-	20.37
15	-	24.62	20.94	27.16
16	19.24	26.03	24.62	-
Rata2 (X)	19.59	24.21	24.05	26.12

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.2.2 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat tarik belah dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%.

Tabel 5.4. Data Pengujian Kuat Tarik Belah

No	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%
1	3.26	3.11	2.41	2.97
2	3.04	3.26	3.40	2.76
3	3.40	3.04	2.83	2.83
rata2 (X)	3.23	3.14	2.88	2.85

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$X = \frac{\text{Jumlah Kuat Tarik Belah}}{n}$$

$$= \frac{3,255+3,043+3,397}{3}$$

$$= 3,232 \text{ MPa}$$

$$s = \sqrt{\frac{[(3,255-3,232)^2 + (3,043-3,232)^2 + (3,397-3,232)^2]}{3-1}}$$

$$= 0,178$$

$$P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$t_{0,975} = 4,303$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

$t_{0,975}$ = Nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaan adalah :

$$= X - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < X + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

$$= 3,232 - \left(4,303 \times \frac{0,178}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 3,232 + \left(4,303 \times \frac{0,178}{\sqrt{3}} \right)$$

$$= 2,789 < \mu < 3,674$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 5%, 10%, dan 15%, yang selanjutnya akan ditampilkan dalam tabel berikut

Tabel 5.5. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
							$< \mu <$	
0	3.23	0.18	0.98	2	4.30	2.79	$< \mu <$	3.67
5	3.14	0.11	0.98	2	4.30	2.87	$< \mu <$	3.41
10	2.88	0.50	0.98	2	4.30	1.64	$< \mu <$	4.11
15	2.85	0.11	0.98	2	4.30	2.59	$< \mu <$	3.12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.5 maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan ditampilkan dalam tabel 5.6.

Tabel 5.6. Data Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Pengujian Interval

No	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%
1	3.26	3.11	2.41	2.97
2	3.04	3.26	3.40	2.76
3	3.40	3.04	2.83	2.83
rata2 (X)	3.23	3.14	2.88	2.85

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.2.3 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Lentur Balok

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat lentur balok dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%.

Tabel 5.7. Data Pengujian Kuat Lentur Balok

No	Kuat Lentur Balok (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%
1	4,48	4,70	4,66	4,27

2	4,80	4,44	4,41	4,88
3	4,85	4,62	4,44	4,09
rata2 (X)	4,71	4,59	4,51	4,42

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Lentur Balok}}{n} \\
 &= \frac{4,481+4,800+4,848}{3} \\
 &= 4,710 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{[(4,481-4,710)^2 + (4,800-4,710)^2 + (4,848-4,710)^2]}{3-1}} \\
 &= 0,199
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$t_{0,975} = 4,303$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

$t_{0,975}$ = Nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaan adalah :

$$\begin{aligned}
&= X - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < X + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
&= 4,710 - \left(4,303 \times \frac{0,199}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 4,710 + \left(4,303 \times \frac{0,199}{\sqrt{3}} \right) \\
&= 4,215 < \mu < 5,205
\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 5%, 10%, dan 15%, yang selanjutnya akan ditampilkan dalam tabel berikut

Tabel 5.8. Interval Kepercayaan Kuat Lentur Balok

Variasi (%)	X	s	P	Dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
0	4.71	0.20	0.98	2	4.30	4.21	< μ <	5.20
5	4.59	0.13	0.98	2	4.30	4.26	< μ <	4.91
10	4.50	0.14	0.98	2	4.30	4.16	< μ <	4.84
15	4.41	0.42	0.98	2	4.30	3.38	< μ <	5.44

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.8 maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan ditampilkan dalam tabel 5.9.

Tabel 5.9. Data Pengujian Kuat Lentur Balok Setelah Pengujian Interval

No	Kuat Lentur Balok (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%
1	4,48	4,70	4,66	4,27
2	4,80	4,44	4,41	4,88
3	4,85	4,62	4,44	4,09
rata2 (X)	4,71	4,59	4,51	4,42

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.2.4 Pengujian Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk modulus elastisitas dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%.

Tabel 5.10. Data Pengujian Modulus Elastisitas

No	Modulus Elastisitas (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%
1	5102,56	2868,60	3540,35	4063,46
2	4072,39	4963,85	4125,02	5883,56
3	4000,12	3077,91	3976,46	4343,55
4	6473,98	3184,87	4087,13	3226,14
5	6180,70	4511,91	5159,54	4107,67
Rata2 (X)	5165,95	3721,43	4177,71	4324,88

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Modulus Elastisitas}}{n} \\
 &= \frac{5102,556+4072,389+4000,123+6473,980+6180,703}{5} \\
 &= 5165,950 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{[(5102,556-5165,950)^2 + \dots + (6180,703-5165,950)^2]}{5-1}} \\
 &= 1151,055
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$t_{0,975} = 3,182$$

- Dimana :
- X = Nilai rata-rata
 - s = Standar deviasi / simpangan baku
 - P = Persentil
 - $t_{0,975}$ = Nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaan adalah :

$$\begin{aligned}
 &= X - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < X + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 5165,950 - \left(3,182 \times \frac{1151,055}{\sqrt{5}} \right) < \mu < 5165,950 + \left(3,182 \times \frac{1151,055}{\sqrt{5}} \right) \\
 &= 3527,960 < \mu < 6803,940
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 5%, 10%, dan 15%, yang selanjutnya akan ditampilkan dalam tabel berikut

Tabel 5.11. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0	5165,95	1151,06	0,98	4	3,18	3527,96	$< \mu <$	6803,94
5	3721,43	1341,23	0,98	4	3,18	1812,81	$< \mu <$	6185,45
10	4177,70	843,12	0,98	4	3,18	2977,92	$< \mu <$	5726,62
15	4324,87	1369,78	0,98	4	3,18	2375,64	$< \mu <$	6841,33

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.11 maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan ditampilkan dalam tabel 5.12.

Tabel 5.12. Data Pengujian Modulus Elastisitas Setelah Pengujian Interval

No	Modulus Elastisitas (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 5%	Variasi 10%	Variasi 15%
1	5102,56	2868,60	3540,35	4063,46
2	4072,39	4963,85	4125,02	5883,56
3	4000,12	3077,91	3976,46	4343,55
4	6473,98	3184,87	4087,13	3226,14
5	6180,70	4511,91	5159,54	4107,67
Rata2 (X)	5165,95	3721,43	4177,71	4324,88

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.3. Pengujian Hipotesis

5.3.1. Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Beton

Untuk menguji hipotesis pada Bab I, maka dilakukan uji analisis varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penambahan air hujan.

Tabel 5.13. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 5 %		Variasi 10 %		Variasi 15 %		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1							22.07	487.06	
2					21.79	474.653	21.50	462.40	
3	19.52	381.148							
4					21.50	462.40	22.64	512.36	
5			22.07	487.06	22.07	487.06	28.86	832.91	
6					26.88	722.51			
7	19.24	370.18			21.79	474.65	29.71	882.62	
8							29.99	899.51	

9			24.90	619.96	27.16	737.80	29.43	865.89
10			22.64	512.36			24.33	592.10
11			26.03	677.60	24.90	619.96		
12			21.79	474.65	26.03	677.60	26.88	722.51
13	20.37	415.012	23.77	564.88	24.62	605.95	21.79	474.65
14			26.03	677.60			20.37	415.01
15			24.62	605.95	20.94	438.39	27.16	737.80
16	19.24	370.18	26.03	677.60	24.62	605.95		
ΣY	78.37		217.87		262.29		304.73	863.26
ΣY^2	1536.52		5297.64		6306.91		7884.82	21025.89
n	4		9		11		12	36

Selanjutnya diperlukan :

- Jumlah kaudrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \\ &= 1536,519 + 5297,642 + 6306,911 + 7884,82 \\ &= 21025,892 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{j^2}{\sum_{i=1}^k ni} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{863,256^2}{36} \\ &= 20700,32 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}
 P_y &= \frac{j^2}{k} - R_y \\
 &= \left(\frac{78,375^2}{4} + \frac{217,865^2}{9} + \frac{262,207^2}{11} + \frac{304,729^2}{12} \right) - 20700,32 \\
 &= 101,6191
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}
 E_y &= (\sum Y^2) - R_y - P_y \\
 &= 21025,892 - 20700,32 - 101,6191 \\
 &= 223,950
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Y = Data-data pengamatan
- n = Banyak pengamatan
- J = jumlah dari data-data pengamatan
- k = Variasi perlakuan

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa variasi seperti di bawah ini :

Tabel 5.14. Analisa Varian Untuk Kuat Tekan

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata – rata	1	20700.3231	20700.3231
Antar Perlakuan	3	51053.74136	17017.91379
Dalam Perlakuan	8	223.950	27.99370751
Jumlah	12		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Nilai F dapat dicari dengan rumus :

$$F = \frac{KT (\text{antarperlakuan})}{KT (\text{kekeliruan})}$$

$$F \text{ hitung} = \frac{12,196866}{0,7883581}$$

$$= 15,47122$$

Dalam tabel I pada buku metode Statistika (*Sudjana, 2002;496*), nilai F tabel (0,05 ; 3 ; 52) = 2,784, jadi nilai F dihitung 15,47122 > F tabel = 2,784. Dengan demikian Ha diterima Ho ditolak. Yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi air hujan terhadap nilai kuat tekan.

5.3.2 Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah Beton

Untuk menguji hipotesis penelitian pada BAB I , maka di lakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah perbedaan nilai sifat mekanis beton yang di timbulkan oleh variasi penambahan air hujan.

Tabel 5.15. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 5 %		Variasi 10 %		Variasi 15 %		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	3.255	10.598	3.114	9.697	2.406	5.790	2.972	8.835	
2	3.043	9.261	3.255	10.598	3.397	11.540	2.760	7.618	
3	3.397	11.540	3.043	9.261	2.831	8.014	2.831	8.014	
ΣY	9.696		9.413		8.634		8.563		36.306
ΣY ²	31.399		29.556		25.343		24.467		110.765
n	3		3		3		3		12

Selanjutnya di perlukan :

- Jumlah kaudrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k Y^2_{ij} \\ &= 31,399 + 29,556 + 25,343 + 24,467 \\ &= 110,765 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{j^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{36,306^2}{12} \\ &= 109,842 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}
 P_y &= \frac{J^2}{k} - R_y \\
 &= \left(\frac{9,696^2}{3} + \frac{9,413^2}{3} + \frac{8,634^2}{3} + \frac{8,563^2}{3} \right) - 109,842 \\
 &= 0,318
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}
 E_y &= (\sum Y^2) - R_y - P_y \\
 &= 110,765 - 109,842 - 0,318 \\
 &= 0,604
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Y = Data-data pengamatan
- n = Banyak pengamatan
- J = jumlah dari data-data pengamatan
- k = Variasi perlakuan

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa variasi seperti di bawah ini :

Tabel 5.16. Analisa Varian Untuk Kuat Tekan

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata - rata	1	109.8421843	109.8421843
Antar Perlakuan	3	0.31846299	0.10615433
Dalam Perlakuan	8	0.604	0.075546266
Jumlah	12		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Nilai F dapat dicari dengan rumus :

$$F = \frac{KT (\text{untarperlakuan})}{KT (\text{kekeliruan})}$$

$$F \text{ hitung} = \frac{0,123688855}{0,013625}$$

$$= 9,0780$$

Dalam tabel I pada buku metode Statistika (*Sudjana, 2002;496*), nilai F tabel (0,05 ; 3 ; 52) = 2,784, jadi nilai F dihitung 9,0780 > F tabel = 2,784. Dengan demikian Ha diterima Ho ditolak. Yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi air hujan terhadap nilai tarik lentur.

5.3.3. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Lentur Beton

Untuk menguji hipotesis penelitian pada BAB I , maka di lakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang di timbulkan oleh variasi penambahan air hujan.

Tabel 5.17. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 5 %		Variasi 10 %		Variasi 15 %		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	4.481	20.084	4.699	22.083	4.661	21.723	4.267	18.204	
2	4.800	23.040	4.444	19.753	4.407	19.425	4.880	23.814	
3	4.848	23.505	4.622	21.365	4.444	19.753	4.089	16.719	
ΣY	14.130		13.766		13.513		13.236		54.644
ΣY ²	66.628		63.201		60.901		58.738		249.468
n	3		3		3		3		12

Selanjutnya di perlukan :

- Jumlah kaudrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned}\sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \\ &= 66,628 + 63,201 + 60,901 + 58,738 \\ &= 249,468\end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$\begin{aligned}Ry &= \frac{j^2}{\sum_{i=1}^k ni} \\ &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{54,644^2}{12} \\ &= 248,828\end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}Py &= \frac{j^2}{\sum_{i=1}^k ni} - Ry \\ &= \left(\frac{14,130^2}{3} + \frac{13,766^2}{3} + \frac{13,513^2}{3} + \frac{13,236^2}{3} \right) - 248,828 \\ &= 0,145\end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}
 E_y &= (\sum Y^2) - R_y - P_y \\
 &= 249,468 - 248,828 - 0,145 \\
 &= 0.496
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Y = Data-data pengamatan
- n = Banyak pengamatan
- J = jumlah dari data-data pengamatan
- k = Variasi perlakuan

Setelah nilai – nilai di atas diperoleh maka di susunlah table analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.18. Analisa varian Untuk Kuat Tarik Lentur

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata – rata	1	248.8278629	248.8278629
Antar Perlakuan	3	0.144550297	0.048183432
Dalam Perlakuan	8	0.496	0.06194417
Jumlah	12		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Nilai F dapat dicari dengan rumus :

$$F = \frac{KT (antarperlakuan)}{KT (kekeliruan)}$$

$$\begin{aligned}
 F \text{ hitung} &= \frac{0,0428521}{0,055125} \\
 &= 7,7736
 \end{aligned}$$

Dalam tabel I pada buku metode Statistika (Sudjana, 2002;496), nilai F tabel (0,05 ; 3 ; 52) = 2,784, jadi nilai F dihitung 15,47122 > F tabel = 2,784. Dengan demikian Ha diterima Ho ditolak. Yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi air hujan terhadap nilai lentur balok.

5.3.4. Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas Beton

Untuk menguji hipotesis penelitian pada BAB I , maka di lakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang di timbulkan oleh variasi penambahan air hujan.

Tabel 5.19. Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Setelah Penyortiran

Variasi 0 %		Variasi 5 %		Variasi 10 %		Variasi 15 %		Jumlah
Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
5102.56	26036076.84	2868.60	8228872.19	3540.35	12534092.82	4063.46	16511693.87	
4072.39	16584352.50	4963.85	24639848.11	4125.02	17015763.08	5883.56	34616270.84	
4000.12	16000984.66	3077.91	9473547.74	3976.47	15812350.31	4343.55	18866425.05	
3473.98	41912413.31	3184.87	10143401.03	4087.13	16704610.93	3226.14	10407982.79	
3180.70	38201089.52	4511.91	20357360.61	5159.54	26620887.79	4107.67	16872954.11	
25829.75		18607.15		20888.51		21624.38		86949.80
138734916.84		72843029.67		88687704.93		97275326.67		397540978.1
3		3		3		3		12

Selanjutnya di perlukan :

- Jumlah kaudrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=11}^k Y^2_{ij} \\ &= 138734916,838 + 72843029,668 + 88687704,925 + \\ &\quad 97275326,668 \\ &= 397540978,099 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{j^2}{\sum_{i=1}^k ni} \\ &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{86949,795^2}{20} \\ &= 630022240,6 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned} P_y &= \sum_{i=1}^k \frac{j^2}{ni} R_y \\ &= \left(\frac{25829,751^2}{5} + \frac{18607,152^2}{5} + \frac{20888,514^2}{5} + \right. \\ &\quad \left. \frac{21624,378^2}{5} \right) - 630022240,6 \end{aligned}$$

$$= 9093056,093$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned} E_y &= (\sum Y^2) - R_y - P_y \\ &= 397540978,099 - 630022240,6 - 9093056,093 \\ &= -241574318,628 \end{aligned}$$

Keterangan :

- Y = Data-data pengamatan
- n = Banyak pengamatan
- J = jumlah dari data-data pengamatan
- k = Variasi perlakuan

Setelah nilai – nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.20. Analisa Varian Untuk Modulus Elastisitas

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata - rata	1	630022240,6	630022240,6
Antar Perlakuan	3	-246553062,6	-82184354,2
Dalam Perlakuan	8	-241574318,628	-30196789,83
Jumlah	12		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Nilai F dapat dicari dengan rumus :

$$F = \frac{KT (antarperlakuan)}{KT (kekeliruan)}$$

$$\begin{aligned}
 F \text{ hitung} &= \frac{13165173,96}{1472422,87} \\
 &= 8,9411
 \end{aligned}$$

Dalam tabel I pada buku metode Statistika (Sudjana, 2002;496), nilai F tabel (0,05 ; 3 ; 52) = 2,784, jadi nilai F dihitung 15,47122 > F tabel = 2,784. Dengan demikian Ha diterima Ho ditolak. Yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi air hujan terhadap nilai elastisitas beton.

5.3.5. Analisa Regresi

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan, kemudian dicari hubungan dari parameter yang diuji dan variasi penambahan bahan tambahan yang telah diberikan. Selanjutnya data di ambil dari data penelitian.

Untuk menganalisis variasi penambahan bahan tambahan terhadap parameter-parameter yang di teliti, di gunakan metode fungsi kuadrat (polinier) (Sudjana,2002;338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $Y = a + bx + cx^2$.

Dengan persamaan perhitungan sebagai berikut :

$$\sum Y = na + b \sum x + c \sum x^2$$

$$\sum xY = a \sum x + b \sum x^2 + c \sum x^3$$

$$\sum x^2 Y = a \sum x^2 + b \sum x^3 + c \sum x^4$$

1. Analisa Regresi Untuk Kuat Tekan

Sebagai contoh di bawah ini di ambil data kuat tekan untuk di uji dengan regresi.

Tabel 5.21. Tabel Nilai Regresi Untuk Kuat Tekan

No	Variasi (%)	y	x ²	x ³	x	xy	x ² y	y ²
1	0	17,213	0	0.000	0	0	0	296,287369
2	5	19,205	25	125	625	96,025	480,125	368,832025
3	10	17,8883	100	1000	10000	178,883	1788,83	319,9912769
4	15	18,3434	225	3375	50625	275,151	4127,265	336,4803236
5	20	19,5311	400	8000	160000	390,622	7812,44	381,4638672
6	25	18,5073	625	15625	390625	462,6825	11567,0625	342,5201533
7	30	21,9003	900	27000	810000	657,009	19710,27	479,6231401
Total	105	132,5884	2275	55125	1421875	2060,3725	45485,9925	2525,198155

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari Tabel 5.21, maka di dapatkan persamaan

$$21,9003 = 7a + 105b + 900c$$

$$657,009 = 105a + 900b + 27.000c$$

$$1971,027 = 900a + 27,000b + 810.000c$$

Maka didapat persamaan :

$$a = 19,60$$

$$b = 0,252$$

$$c = -0,0098$$

maka di dapat persamaan :

$$Y = -0,0098x^2 + 0,252x + 19,60$$

Mencari koefisien determinasai (R²)

$$\begin{aligned}
 JK(b/a) &= \left\{ b \left(\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} \right) \right\} + \left\{ c \left(\sum x^2 y - \frac{(\sum x^2)(\sum y)}{n} \right) \right\} \\
 &= \left\{ 0,472 \left(657,009 - \frac{21.9003 \times 105}{7} \right) \right\} + \left\{ -0,048 \left(1971,027 - \frac{900 \times 21.9003}{7} \right) \right\} \\
 &= 34,919
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK(E) &= \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \\
 &= 2525,198 - \frac{(21,9003)^2}{7} \\
 &= 25,220
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 &= \frac{JK(b/a)}{JK(E)} \\
 &= \frac{34,919}{25,220} \\
 &= 1,384
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan x dan y dalam hal ini adalah kuat tekan sebagai variabel terikat dengan penambahan variasi bahan tambahan air hujan 0% sampai 30% sebagai variabel terikat, untuk kuat tekan menghasilkan persamaan $Y = -0,048x^2 + 0,472x + 2,219$ dengan nilai koefisien determinasi $(R)^2$ sebesar 0,460. hal ini berarti 46,0% perubahan dari pada nilai kuat tekan di pengaruhi oleh penambahan bahan tambahan sedangkan

sisanya di pengaruhi oleh faktor lain. Data hasil pengujian di sajikan ke dalam grafik kuadratik poliner.

2. Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Belah

Tabel 5.22 Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Belah

Notasi	Variasi (%)	Y	x ²	x ³	x	xy	x ² y	y ²
0	0	3,232	0	0.000	0.000	0	0	10,445824
T1	5	3,138	25	125	625	15,69	78,45	9,847044
T2	10	2,878	100	1000	10000	28,78	287,8	8,282884
T3	15	2,878	225	3375	50625	43,17	647,55	8,282884
T4	20	3.020	400	8000	160000	60400	1208000	9120400
T5	25	2.760	625	15625	390625	69000	1725000	7617600
T6	30	3,043	900	27000	810000	91,29	2738,7	9,259849
Total	105	5.795	2275	55125	1421875	129578,93	2936752,5	16738046,12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Di dapat Persamaan

$$Y = - 4,308x^2 + 190,2x - 624,6$$

Di dapat Koefisien Determinasi (R²)

$$R^2 = 0,299$$

3. Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur

Tebel 5.23 Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur

Notasi	Variasi (%)	y	x ²	x ³	x	xy	x ² y	y ²
0	0	4,71	0	0.000	0.000	0	0	22,1841
T1	5	4,589	25	125	625	22,945	114,725	21,05892

T2	10	4,504	100	1000	10000	45,04	441,2	20,28602
T3	15	4,412	225	3375	50625	66,18	992,7	19,46574
T4	20	4,65	400	8000	160000	93	1860	21,6225
T5	25	4,504	625	15625	390625	116,25	2906,25	21,6225
T6	30	4,47	900	27000	810000	134,1	4023	19,9809
Total	105	31,839	2275	55125	1421875	477,515	10337,88	146,2207

Sumber : data hasil penelitian

Didapat Persamaan

$$Y = 0,000x^2 - 0,016x + 4,675$$

Didapat Koefisien Determinasi (R^2)

$$R^2 = 0,407$$

4. Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas

Tabel 5.24 Nilai Regresi untuk Modulus Elastisitas

Notasi	Variasi (%)	y	x ²	x ³	x	xy	x ² y	y ²
0	0	5016,132	0	0.000	0.000	0	0	25161580,24
T1	5	4308,802	25	125	625	21544,01	107720,05	18565774,68
T2	10	4192,593	100	1000	10000	41925,93	431523,7	17577836,06
T3	15	4315,237	225	3375	50625	64728,555	970928,325	18621270,37
T4	20	7.180	400	8000	160000	143594,62	2871892,4	51548537,23
T5	25	6408,417	625	15625	390625	160210,425	4005260,625	41067808,45
T6	30	7134,755	900	27000	810000	214042,65	6421279,5	50904728,91
total	105	38555,667	2275	55125	1421875	646046,19	14808604,6	223447535,9

Sumber : Data Hasil penelitian

Didapat Persamaan

$$Y = 4,465x^2 - 37,22x + 4,615$$

Didapat Koefisien Determinasi (R^2)

$$R^2 = 0,685$$

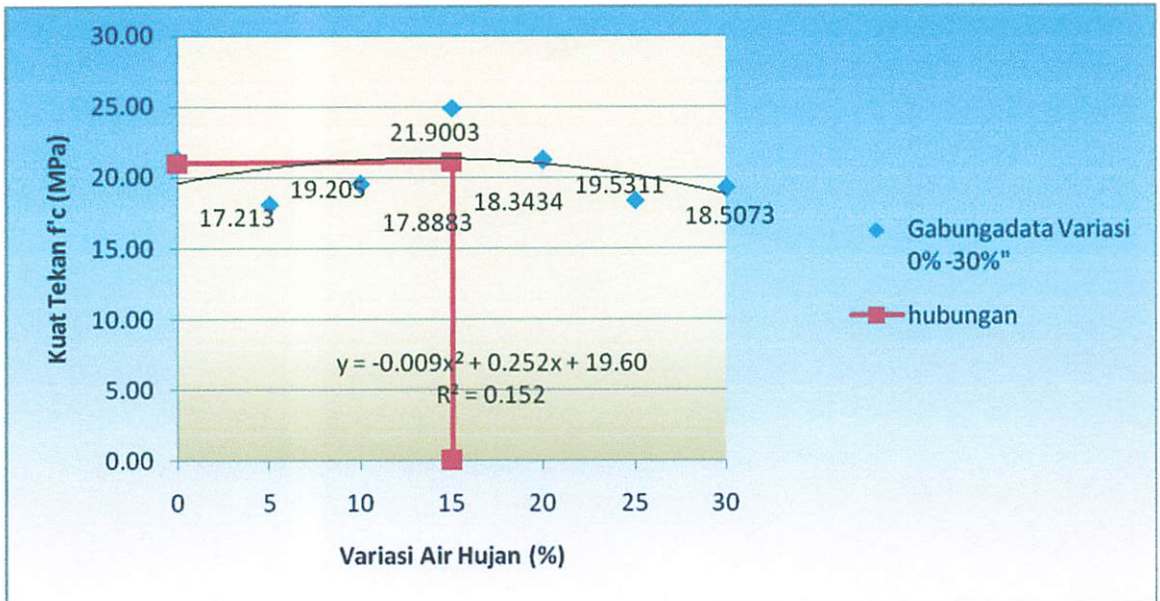
5.4. Nilai Variasi Optimum Campuran

5.4.1. Analisa Regresi Untuk Kuat Tekan Beton (variasi 0 – 30%)

Nilai variasi optimum campuran adalah suatu nilai puncak dari grafik parabola polinier yang dapat dari regresi. Adapun cara mendapatkan nilai optimum adalah dengan mencari nilai deferensial atau menurunkan persamaan polinier kuadrat di mana $Y = 0$.

Untuk Mencari nilai Optimum campuran pada analisa regresi kuat Tekan adalah suatu nilai puncak dari grafik parabola polinier yang dapat dari regresi.

Grafik 5.11 Analisa Regresi Untuk Kuat Tekan (Variasi 0 – 30%)



variasi 0 – 30%.

- Persamaan kuat tekan beton

$$Y = -0,009x^2 + 0,252x + 19,60$$

- Defrensial / penurunan persamaan

$$\frac{Dy}{Dx} = 2.(-0,009)x + 0,252 = 0$$

$$-0,018 + 0,252 = 0$$

$$x = \frac{0,252}{0,018}$$

$$x = 14$$

- Kuat Tekan Optimum, variasi x = 14

$$Y = -0,009.(14)^2 + 0,252.(14) + 19,60$$

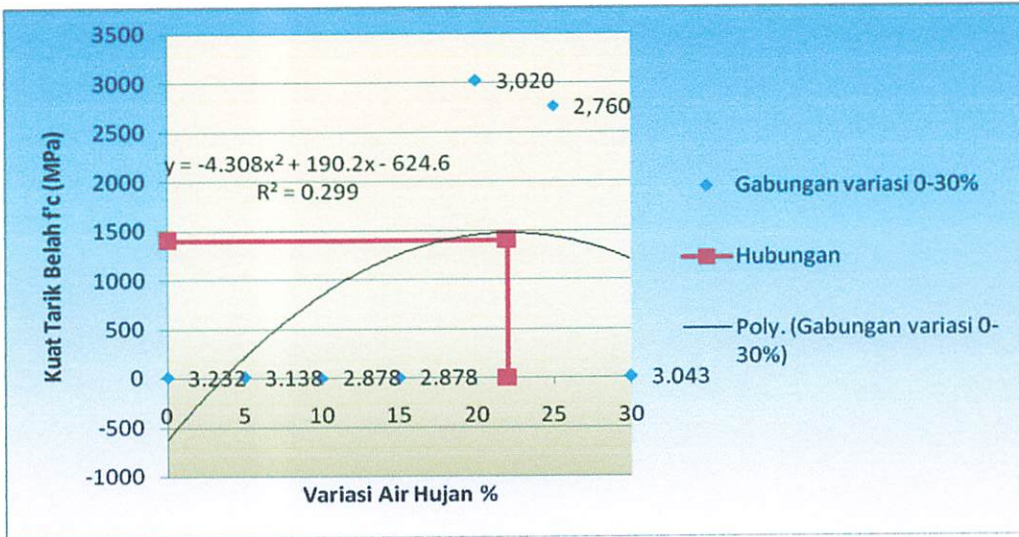
$$Y = 21,364$$

Maka di dapat nilai kuat tekan optimum untuk variasi 14 % (variasi 0 – 30%) sebesar 21,364 Mpa.

5.4.2 Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Belah (Variasi 0 – 30%)

Untuk Mencari nilai Optimum campuran pada analisa regresi Kuat Tarik Belah adalah suatu nilai puncak dari grafik parabola polinier yang dapat dari regresi.

Grafik 5.12 Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Belah (Variasi 0 – 30%)



Sebagai contoh perhitungan, akan di cari nilai kuat tarik belah optimum dari variasi 0 – 30%.

- Persamaan kuat tekan beton

$$Y = -4,308x^2 + 190,2x - 624,6$$

- Defrensial / penurunan persamaan

$$\frac{Dy}{Dx} = 2.(-4,308)x + 190,2 = 0$$

$$-8,616 + 190,2 = 0$$

$$x = \frac{190,2}{8,616}$$

$$x = 22,075$$

- Kuat Tarik Belah Optimum, variasi x = 22,075

$$Y = -4,302.(22,075)^2 + 190,2.(22,075) - 624,6$$

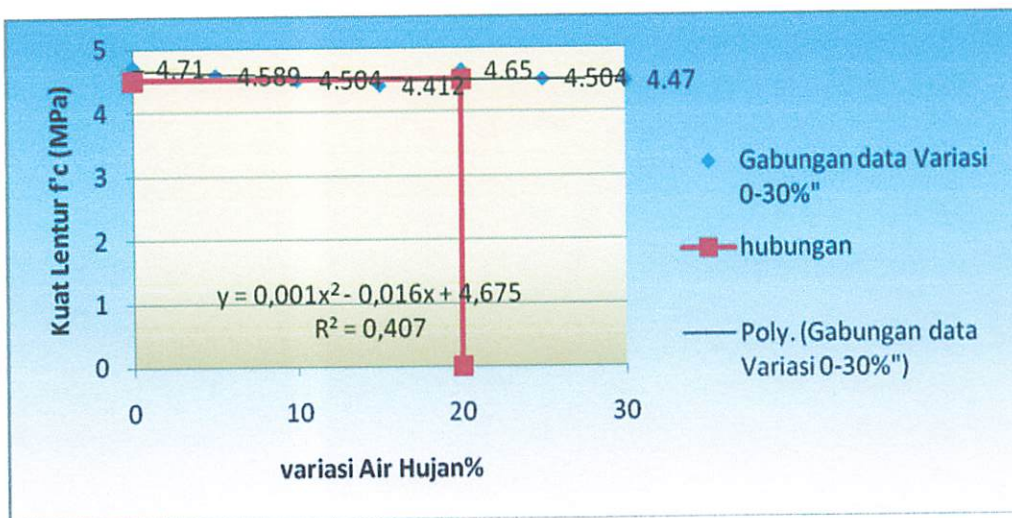
$$Y = 14,776$$

Maka di dapat nilai kuat tarik belah optimum untuk variasi 22,075 % (variasi 0 – 30%) sebesar 14,776 Mpa.

5.4.3 Analisa Regresi Untuk Kua Tarik Lentur (Variasi 0 – 30%)

Untuk Mencari nilai Optimum campuran pada analisa regresi Kuat Tarik Lentur adalah suatu nilai puncak dari grafik parabola polinier yang dapat dari regresi.

Grafik 5.13 Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur (Variasi 0 – 30%)



Sebagai contoh perhitungan, akan di cari nilai Kuat Lentur optimum dari variasi 0 – 30%.

- Persamaan kuat tekan beton

$$Y = 0,001x^2 - 0,016x + 4,675$$

- Defrensial / penurunan persamaan

$$\frac{dy}{dx} = 2.(0,001)x + 0,016 = 0$$

$$-0,002 + 0,016 = 0$$

$$x = \frac{0,016}{0,002}$$

$$x = 8$$

- Kuat Lentur Optimum, variasi x = 8

$$Y = 0,001.(8)^2 - 0,016.(8) + 4,675$$

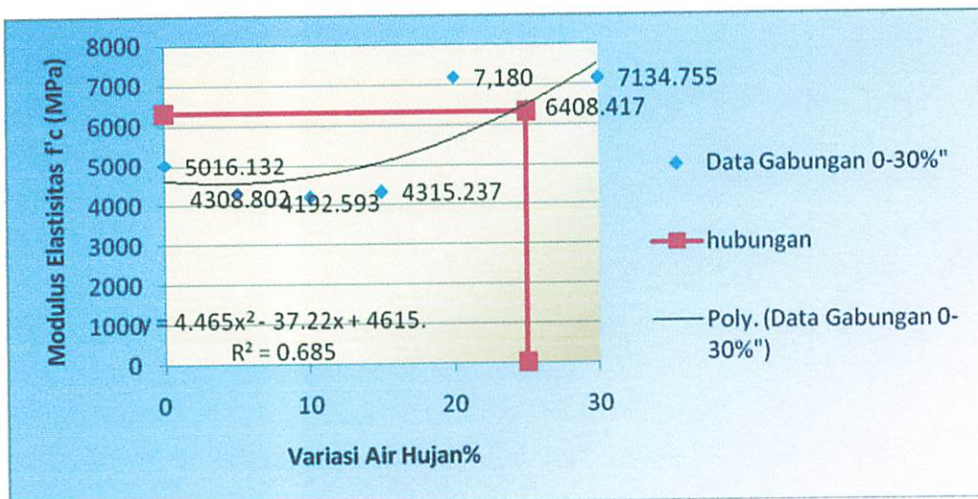
$$Y = 4,611$$

Maka di dapat nilai kuat Lentur optimum untuk variasi 8 % (variasi 0 – 30%) sebesar 4,611 Mpa.

5.4.4 Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas (Variasi 0 – 30%)

Untuk Mencari nilai Optimum campuran pada analisa regresi Modulus Elastisitas adalah suatu nilai puncak dari grafik parabola polinier yang dapat dari regresi.

Grafik 5.14 Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas (Variasi 0 – 30%)



Sebagai contoh perhitungan, akan di cari nilai Modulus Elastisitas optimum dari variasi 0 – 30%.

- Persamaan kuat tekan beton

$$Y = 4,465^2 - 37,22x + 46,15$$

- Defrensial / penurunan persamaan

$$\frac{Dy}{Dx} = 2.(4,465)x - 37,22 = 0$$

$$8,93 + 37,22 = 0$$

$$x = \frac{37,22}{8,93}$$

$$x = 4,167$$

- Modulus Elastisitas Optimum, variasi x = 4,167

$$Y = 4,465.(4,167)^2 - 37,22.(4,167) + 4615$$

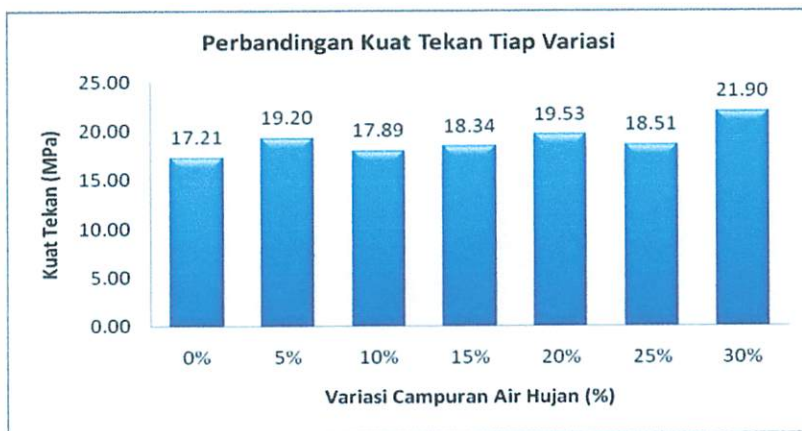
$$Y = 4537,434$$

Maka di dapat nilai Modulus Elastisitas optimum untuk variasi 4,167 % (variasi 0 – 30%) sebesar 4537,434 Mpa.

5.5. Pembahasan Data Hasil Penelitian

Dengan menggabungkan data hasil penelitian dari Carla M.J. Lay Borges (Variasi 20%, 25%, dan 30%), didapatkan hasil perbandingan analisa kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas sebagai berikut.

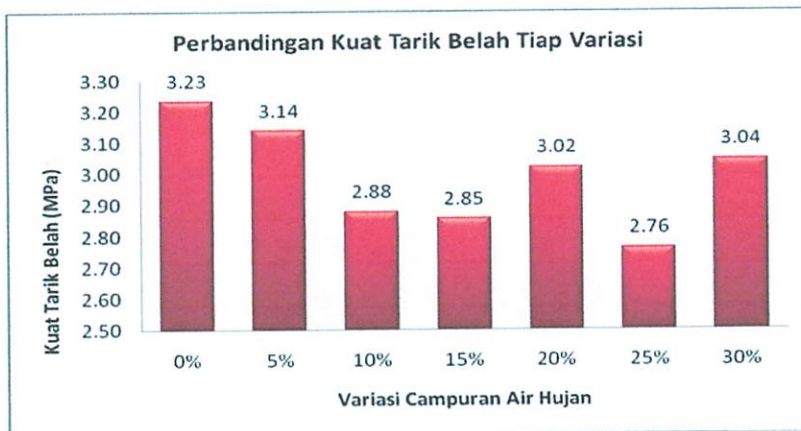
5.5.1. Pembahasan Kuat Tekan Beton



Dari grafik hasil data pengujian kuat tekan beton silinder 15x30 cm dapat kita lihat pada variasi campuran air hujan 0% kuat tekannya sebesar 17,21 MPa, kemudian pada variasi 5% terjadi kenaikan kuat tekan yaitu 19,2 MPa. Namun pada variasi 10% terjadi penurunan kuat tekan yaitu menjadi sebesar 17,89 MPa. Selanjutnya pada variasi 15% dan 20% cenderung terjadi kenaikan kuat tekan yaitu masing-masing sebesar 18,34 MPa dan 19,53 MPa. Namun pada variasi campuran air hujan 25% terjadi penurunan kuat tekan yaitu 18,51 MPa dan meningkat lagi pada variasi 30% senilai 21,90 MPa.

Besarnya kuat tekan maksimum adalah 21,9 MPa yaitu pada variasi campuran air hujan 30%. Sedangkan kuat tekan minimum adalah 17,21 MPa pada variasi campuran air hujan 0%. Terlihat bahwa pengaruh penambahan air hujan ataupun larutan campuran asam sulfat cenderung menambah kuat tekan pada beton polos meskipun tidak signifikan.

5.5.2. Pembahasan Kuat Tarik Belah Beton

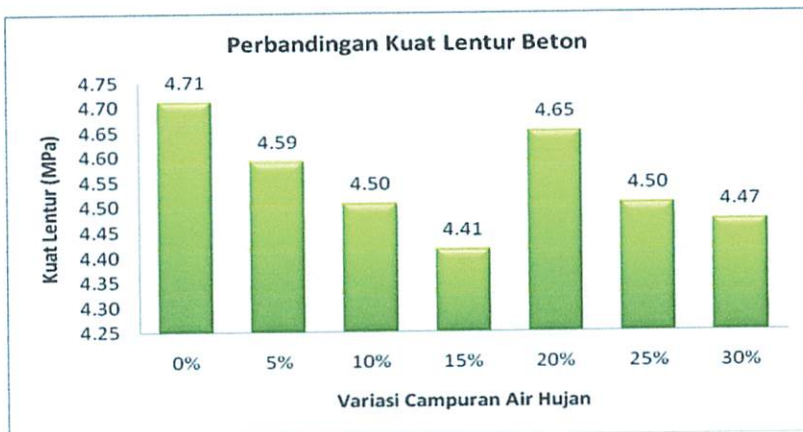


Pada grafik di atas terlihat bahwa kuat tarik belah untuk variasi 0% adalah 3,23 MPa yang juga merupakan kuat tarik belah maksimum. Kemudian terjadi penurunan menjadi 3,14 MPa untuk variasi 5%, selanjutnya variasi 10% dan 15% masing-masing 2,88 MPa dan 2,85 MPa. Namun pada variasi selanjutnya yaitu 20% terdapat peningkatan kuat tarik belah menjadi 3,02 MPa lalu menurun lagi menjadi 2,76 MPa pada variasi 25% yang kemudian juga menjadikan variasi 25% = 2,76 MPa ini sebagai kuat tarik belah minimum. Pada variasi terakhir yaitu

variasi campuran air hujan 30% kuat tarik belah adalah 3,04 MPa yang mana menunjukkan terjadi kenaikan dari variasi sebelumnya.

Pengujian kuat tarik belah beton kali ini menunjukkan bahwa penambahan campuran air hujan maupun asam sulfat berpengaruh pada kuat tarik belah yaitu cenderung menurun dengan ditambahkan persentasi air hujan atau cairan asam sulfat yang ditambahkan.

5.5.3. Pembahasan Kuat Lentur Beton

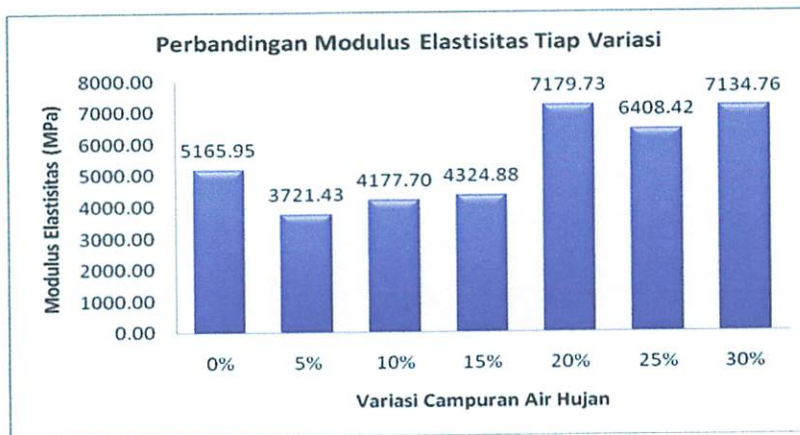


Grafik kuat lentur beton (balok dimensi 15x15x60 cm) menunjukkan bahwa kuat lentur maksimum ada pada variasi campuran air hujan 0% sebesar 4,71 MPa, kemudian terjadi penurunan untuk 3 variasi selanjutnya yaitu variasi 5% = 4,59 MPa, 10% = 4,50 MPa, dan kuat lentur minimum terdapat pada variasi 15% = 4,41 MPa. Sedangkan kuat lentur untuk variasi 20% terjadi kenaikan dari variasi sebelumnya yaitu sebesar 4,65 MPa lalu cenderung menurun untuk 2 variasi

berikutnya yaitu variasi 25% = 4,50 MPa dan 30% = 4,47 MPa. minimum pada variasi campuran 15% sebesar 4,41 MPa.

Dari grafik juga terlihat bahwa pengaruh penambahan air hujan atau cairan asam sulfat pada beton berakibat terjadinya perubahan kualitas yaitu cenderung menurunkan kuat lentur beton balok seiring dengan bertambahnya variasi campuran, meskipun pada variasi 20% terjadi kenaikan yang kemudian terjadi penurunan lagi untuk variasi selanjutnya.

5.5.4. Pembahasan Modulus Elastisitas Beton



Untuk pengujian modulus elastisitas beton, dari grafik di atas menunjukkan hasil pengujian variasi campuran air hujan 0% adalah sebesar 5156,95 MPa, terjadi penurunan pada variasi selanjutnya yaitu 5% = 3721,43 MPa yang merupakan modulus elastisitas minimum. Kemudian terjadi kenaikan nilai modulus elastisitas untuk variasi

selanjutnya yaitu variasi 10% = 4177,70 MPa, variasi 15% = 4324,88 MPa, dan modulus elastisitas maksimum pada variasi 20% = 7179,73 MPa. Untuk variasi 25%, terjadi penurunan modulus elastisitas yaitu sebesar 6408,42 MPa dan terjadi kenaikan lagi pada variasi 30% yaitu sebesar 7134,76 MPa.

Dari data dan grafik pengujian modulus elastisitas dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan air hujan atau campuran asam sulfat pada beton cenderung meningkatkan gaya modulus elastisitas.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian hipotesis, terbukti bahwa terdapat pengaruh terhadap sifat mekanis dan fisis pada beton akibat penambahan campuran air hujan.
2. Adapun hasil pengujian sifat mekanis beton adalah sebagai berikut :
 - ✓ Kuat tekan minimum adalah 17,21 MPa pada variasi campuran air hujan 0% dan kuat tekan maksimum sebesar 21,90 MPa pada variasi 30%, cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya campuran air hujan ataupun asam sulfat. Persentase peningkatan kuat tekan beton sebesar 0,05%
 - ✓ Untuk pengujian kuat tarik belah kekuatannya cenderung menurun seiring dengan bertambahnya campuran air hujan ataupun asam sulfat, dengan nilai kuat tarik belah minimum = 2,76 MPa pada variasi 25% dan maksimumnya = 3,23 MPa pada variasi 0% (persentase perubahan = 0,005%).
 - ✓ Kuat tarik lentur minimum = 4,41 MPa pada variasi 15% dan maksimumnya = 4,71 MPa pada variasi 0% (persentase perubahan

= 0,003%). Terjadi penurunan kuat tarik lentur seiring dengan penambahan variasi air hujan ataupun asam sulfat.

- ✓ Modulus elastisitas minimum = 3721,43 MPa pada variasi 5% dan maksimumnya = 7179,73 pada variasi 20% (persentasi perubahan =34,6%) MPa. Modulus elastisitas beton cenderung naik seiring dengan bertambahnya variasi penambahan air hujan maupun asam sulfat.

Adapun sifat fisis beton dengan campuran air hujan ataupun asam sulfat cenderung berwarna lebih gelap dan berpori lebih besar (seiring dengan penambahan campuran air hujan) dibandingkan dengan beton tanpa campuran air hujan ataupun asam sulfat.

6.2. Saran

Saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut :

- a. Dari sifat air hujan yang dapat memperlambat pengikatan maka penggunaan penambahan air hujan ini bisa direkomendasikan untuk campuran beton yang memang di harapkan untuk lama pengeringan.
- b. Dicoba untuk benda uji dengan jumlah lebih banyak.
- c. Harus diteliti di lab kimia terlebih dahulu, kandungan air hujan meliputi :
 - Asam
 - Ion-ion yang bebas

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, M. Faizal. 2004. "*Studi Penelitian Pengaruh Air Hujan Asam Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC) Dengan Terak Baja Sebagai Material Agregat*". Malang : ITN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung Sni 03-1726-2002*". Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung Sni 03-2848-2002*". Bandung.
- Khatulistiani, Utari. 2006. "*Efek Air Laut Terhadap Kekuatan Beton Lateks-Emulsion*". [online]. (<http://isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/61043846.pdf>). November 2012.
- Ngawi, Edward G. 1998. "*Beton Bertulang, Suatu Pendekatan Dasar*". Bandung : PT Refika Aditama.
- Nurchahyo, Arif, 0321011. 2003. "*Studi Penelitian Pengaruh Bahan Tambahan (Bond Crete) Terhadap Elemen Lentur Balok Antara Beton Lama Dan Baru Dengan Sambungan Miring Pada Jarak Sepertiga Balok*". Malang: ITN
- Priskasari, Ester, dkk. 2010. "*Kekuatan Lekatan (Bond) Dan Panjang Penyaluran Tulangan Cold Rolled & Twisted Bar Pada Beton Mutu Tinggi*". Penelitian hibah bersaing.
- Rustomo. 2004. "*Tinjauan Daya Tahan Lama Terhadap Air Hujan Pada Campuran Beton Aspal*". [online]. (<http://mstt.ugm.ac.id/index.php/page3/id/abstrak/69//208>). Oktober 2012.
- Syamsudin, Ristinah., Wicaksono, Agung., Fazairin, Fauzan. 2008. "*Pengaruh Air Laut Pada Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton Dengan Variasi Air Semen dan Durasi Perawatan*". [online]. (<http://www.rekayasapil.ub.ac.id>). Oktober 2012.
- Vis, W. C., Kusuma, G. 1995. "*Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang (Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03). Seri Beton 1*". Erlangga : Jakarta.

LAMPIRAN 1

(Hasil Uji Material)



LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Lap. No :
Pekerjaan :
Diperiksa :

Dihitung :
Dikerjakan :
Tanggal :

BERAT ISI AGREGAT KASAR

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	21330	21300	21350
B.	Berat tempat (gr)	7900	7900	7900
C.	Berat benda uji (gr)	13430	13400	13450
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.343	1.340	1.345
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.343		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	21990	22050	21930
B.	Berat tempat (gr)	7900	7900	7900
C.	Berat benda uji (gr)	14090	14150	14030
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.409	1.415	1.403
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.409		



LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

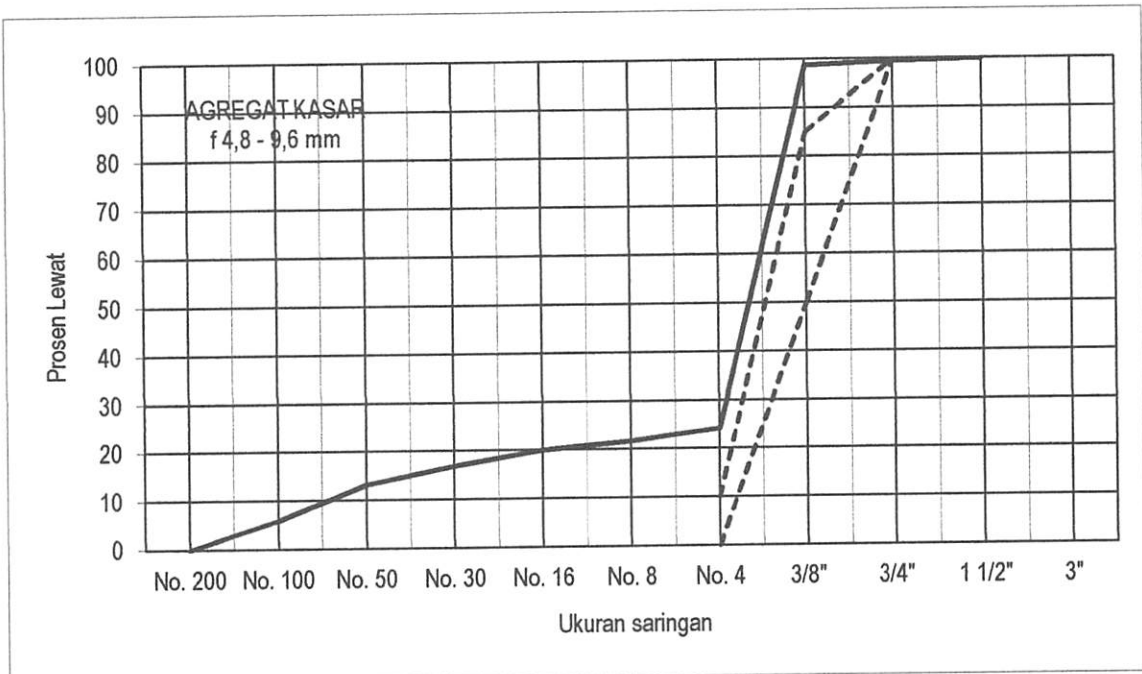
Lamp. Surat / Lap. No :
Pekerjaan :
Diperiksa :

Dihitung :
Dikerjakan :
Tanggal :

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Berat contoh kering : 1215 gr

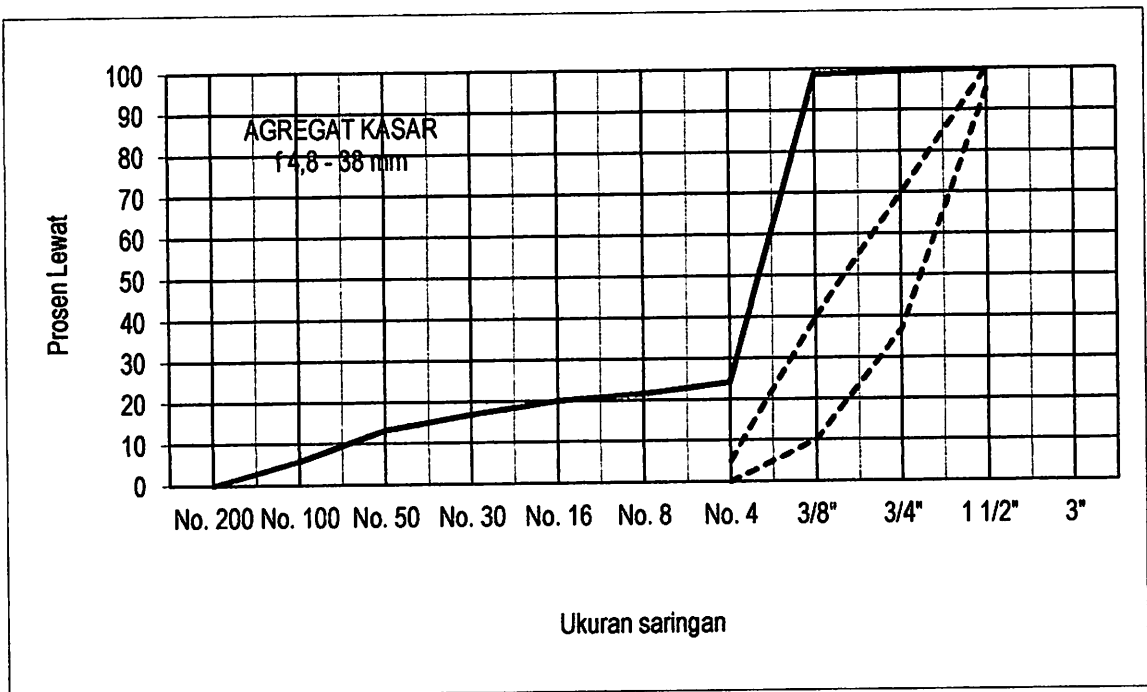
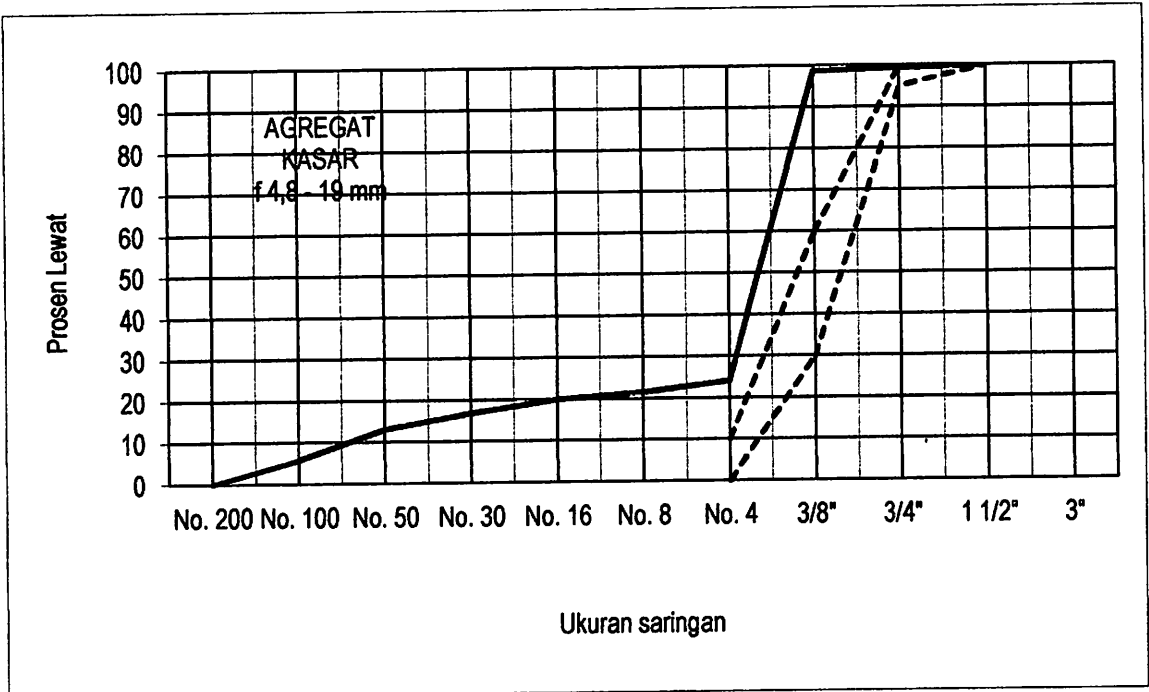
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
75 mm (3")				100.000
37.5 mm (1 1/2")				100.000
19 mm (3/4")	6.380	0.525	0.525	99.475
9.5 mm (3/8")	8.490	0.698	1.223	98.777
4.75 mm (No. 4)	907.500	74.632	75.855	24.145
2.36 mm (No. 8)	30.800	2.533	78.388	21.612
1.18 mm (No. 16)	20.300	1.669	80.057	19.943
0.6 mm (No. 30)	37.300	3.068	83.125	16.875
0.3 mm (No. 50)	45.100	3.709	86.834	13.166
0.15 mm (No. 100)	89.700	7.377	94.210	5.790
0.075 mm (No. 200)	70.400	5.790	100.000	0.000
pan	58.72987217	5.790	100.000	0.000





LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

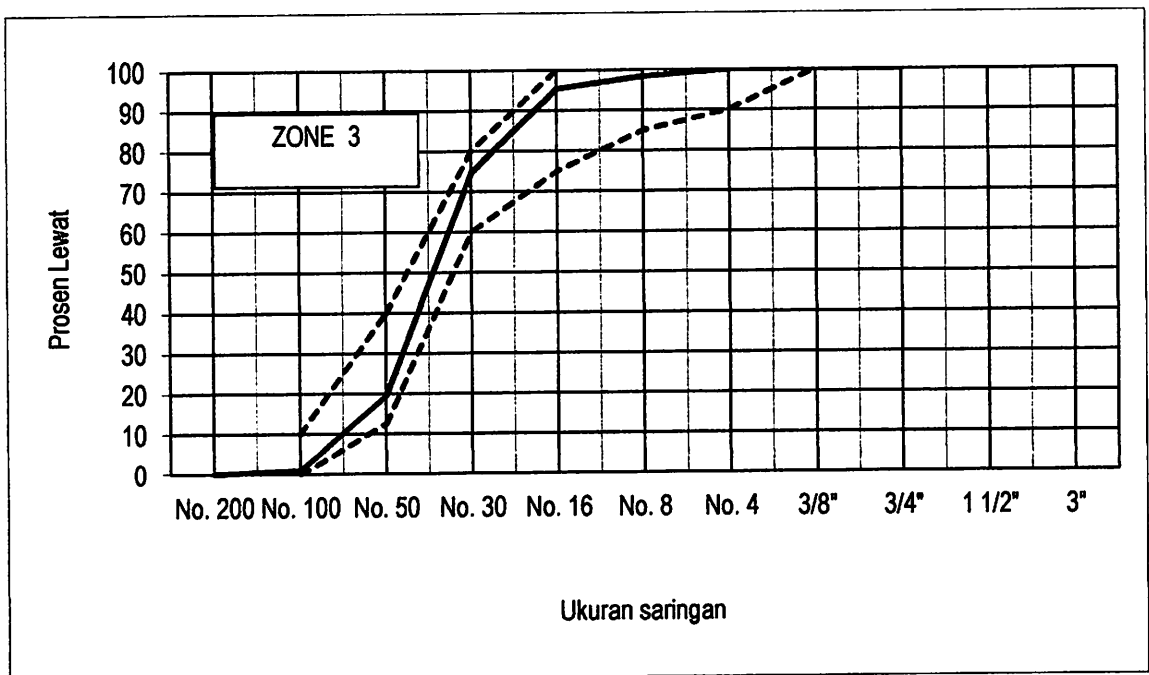
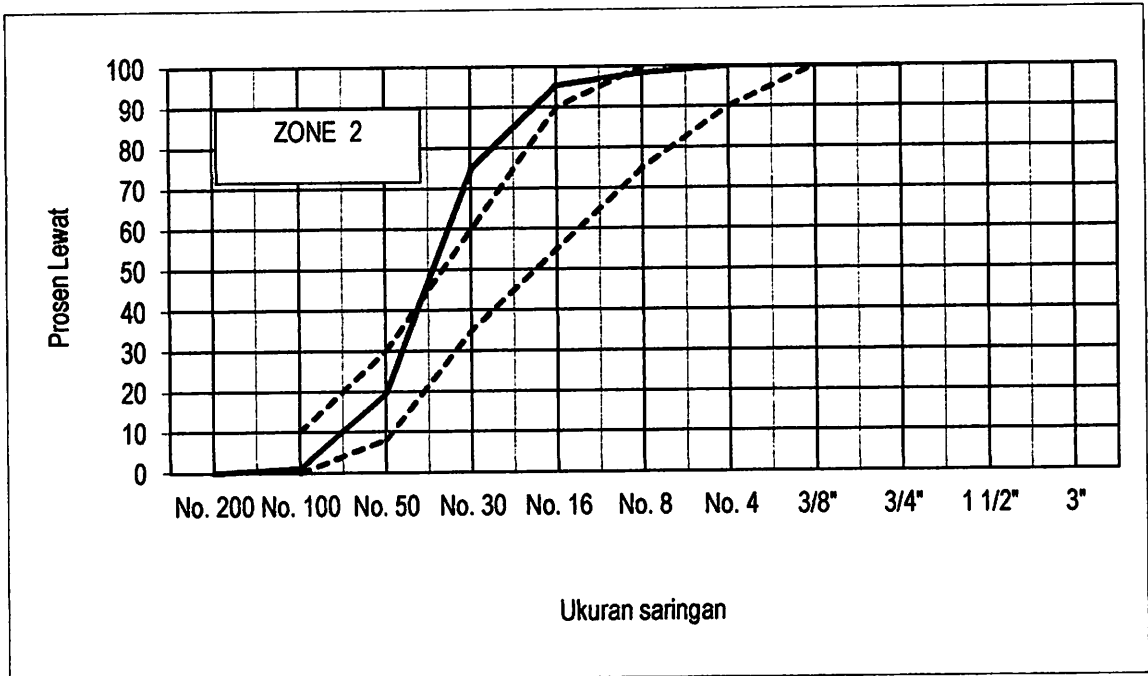
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145





LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

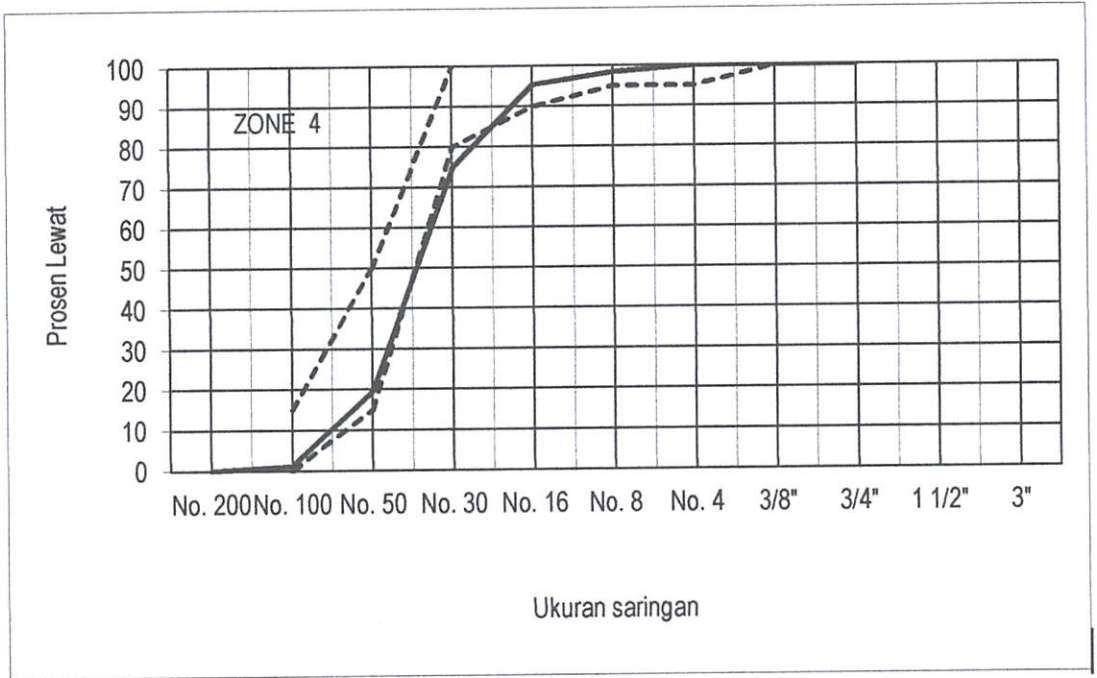
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145





LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145





LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. N :
Pekerjaan :
Diperiksa :

Dihitung :
Dikerjakan :
Tanggal :

KADAR AIR AGREGAT KASAR

Contoh : 3000 gr

		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2.59	2.61	251.3	585.3
B.	Berat tempat + contoh (gr)	19.85	22.48	4950	4600
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	19.06	21.55	4860	4490
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	4.80	4.91	1.95	2.82
E.	Kadar air rata-rata (%)	4.85		2.38	

KADAR AIR AGREGAT HALUS

Contoh : 500 gr

		ASLI		SSD	
	Nomor test	A	B	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2.63	2.45	211.2	174.1
B.	Berat tempat + contoh (gr)	23.14	17.64	495	500
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	21.17	16.59	488.29	487.89
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	10.63	7.43	2.42	3.86
E.	Kadar air rata-rata (%)	9.03		3.14	



LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Lap. No :
Pekerjaan :
Diperiksa :

Dihitung :
Dikerjakan :
Tanggal :

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	475.20	477.50	476.35
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500.00	500.00	500.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	659.70	664.40	662.05
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	981.40	975.80	978.60
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2.67	2.53	2.60
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2.80	2.65	2.73
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	3.10	2.87	2.99
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	5.22	4.71	4.97



LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat No. :	Tanggal penerimaan :
Sumber contoh :	Tanggal pengerjaan :
Jenis Contoh :	Tanggal selesai :
Dikerjakan oleh :	Diperiksa oleh :

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)

AASHTO T 96 - 77

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")				
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")				
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")				
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")				
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)	2500	2997.5		
4.75 mm (No. 4)	2.38 mm (No. 8)				
Berat tertahan saringan no 12		2500	459.7		
Jumlah berat		5000	3457.2		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)	3457.2		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	30.86		%

LAMPIRAN L2.1

PERANCANGAN CAMPURAN BETON

No	Uraian	Tabel, Perhitungan, Peraturan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	20 N/mm ² pada umur 28 hari
2	Ditandai Deviasi	Ditetapkan	6 N/mm ²
3	Nilai tambah (margin)		$k = 1,34 \times 6 = 8,04$ N/mm ²
4	Kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan	SNI Ps.7.3.2.1 (Prs.1)	$f_{cr} = f_c + 1,34 \times s$
		SNI Ps.7.3.2.1 (Prs.2)	$f_{cr} = 20 + 1,34 \times 6 = 28,04$ N/mm ²
			$f_{cr} = f_c + 2,33 \times s - 3,5$
			$f_{cr} = 20 + 2,33 \times 6 - 3,5 = 30,48$ N/mm ²
5	Kekuatan tekan rata-rata yang dipakai	SNI Ps.7.3.2.1 (P.s.1)	30,48 N/mm ²
6	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Gresik Tipe I
7	Jenis Agregat kasar	Ditetapkan	Batu Pecah (ukuran maksimum = 19mm)
8	Jenis Agregat halus	Ditetapkan	Pasir Pasuruan
9	Faktor Air semer.	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.4(a)	0,55
10	Nilai slump	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.1	75 mm
11	Ukuran agregat maksimum	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3	19 mm
12	Kadar air bebas	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3	205 kg/m ³
13	Kadar udara bebas	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3	2% per-m ³
14	Jumlah semen	(11) / (8) MCP pasal 6.3.5 step 5	$205/0,55 = 372,7$ kg/m ³
15	Berat jenis semen	Pengujian Lab. Beton ITN	3150 kg/m ³
16	Berat jenis agregat halus	Pengujian Lab. Beton ITN	2600 kg/m ³
17	Berat jenis agregat kasar	Pengujian Lab. Beton ITN	2413 kg/m ³
18	Berat Volume Agregat Kasar	Pengujian Lab. Beton ITN	1409 kg/m ³
19	Jumlah presentasi agregat kasar	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.6	Didapat 0,68 atau 6,8%
20	Berat Jenis Beton	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.7.1	2345 kg/m ³
21	Jumlah Agregat Kasar	(18) x (17)	$0,68 \times 1409 = 958,12$ kg
Sehingga didapat :			
22	Air	(12)	205 kg
23	Semen	(14)	372,7 kg
24	Agregat Kasar	(21)	958,12 kg
25	Total	(22) + (23) + (24)	1535,8 kg
26	Agregat Halus	(20) - (25)	$2345 - 1535,8 = 809,2$ kg
Volume padat mutlak dengan jumlah Air, Semen dan Agregat Kasar :			
27	Volume Air	(12) / 1000	$205/1000 = 0,205$ m ³
28	Volume Semen	(23) / (15)	$372,7/3150 = 0,118$ m ³
29	Volume Agregat Kasar	(21) / (17)	$958,12/2413 = 0,397$ m ³
30	Volume Udara	(13)	$2\% \times 1 = 0,020$ m ³
31	Total Volume padat	(27) + (28) + (29) + (30)	0,740 m ³
32	Volume padat dari pasir	1 - (31)	$1 - 0,740 = 0,260$ m ³
33	Berat Agregat halus gradient	(32) x (16)	$0,260 \times 2600 = 676,00$ kg

Maka didapat Campuran Beton :

	Agregat	Berdasarkan Massa beton	Berdasarkan Gradient
34	Air	228,95 kg/m ³	205 kg/m ³
35	Semen	372,7 kg/m ³	372,7 kg/m ³
36	Agregat Kasar	954,48 kg/m ³	958,12 kg/m ³
37	Agregat Halus	788,89 kg/m ³	809,2 kg/m ³

2345,02

2345,02

Referensi!

- 1 SNI 03-1847-2002 dan S-2002
- 2 ACI - MCP 211.1-91 - 2006

TABLE A1.5.3.3 — APPROXIMATE MIXING WATER AND AIR CONTENT REQUIREMENTS FOR DIFFERENT SLUMPS AND NOMINAL MAXIMUM SIZES OF AGGREGATES (SI)

Slump, mm	Water, Kg/m ³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate							
	9.5	12.5	19	25	37.5	50*	75	100
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	190	179	166	154	136	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	101
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	111
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average form air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5****	0****
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5****	3.0****
Extreme exposure†	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5****	4.0****

TABLE A1.5.3.1 — RECOMMENDED SLUMPS FOR VARIOUS TYPES OF CONSTRUCTION (SI)

Types of construction	Slump, mm	
	Maximum*	Minimum
Reinforced foundation walls and footings	75	25
Pile foundation, caissons, and substructure walls	75	25
Frame and reinforced wall	100	75
Free standing columns	100	75
Parapets and slabs	75	25
Mass concrete	75	25

*May be increased 25 mm for methods of consolidation other than vibration

TABLE A1.5.3.4(a) — RELATIONSHIPS BETWEEN WATER-CEMENT RATIO AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE (SI)

Compressive strength at 28 days, MPa [#]	Water-cement ratio, by mass	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
40	0.42	
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

TABLE A1.5.3.6 — VOLUME OF COARSE AGGREGATE PER UNIT OF VOLUME OF CONCRETE (SI)

Nominal maximum size of aggregate, mm	Volume of dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli† of fine aggregate			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
100	0.87	0.85	0.83	0.81

TABLE A1.5.3.7.1 — FIRST ESTIMATE OF MASS OF FRESH CONCRETE (SI)

Nominal maximum size of aggregate, mm	First estimate of concrete unit mass, kg/m ³ *	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

LAMPIRAN 2

(Dokumentasi Penelitian)

1. Proses Pencampuran Beton (Mixser Beton)



2. Memasukan Campuran Beton ke dalam cetakan





3. Memasukkan campuran untuk pengujian Slump dan di tumpukan sebanyak 25 kali



4. Pengujian Nilai Slump



5. Membuka cetakan beton Silinder dan mengolesi oli ke tempat cetakan



6. Memasang cetakan Balok



7. Setelah 24 Jam benda uji mengering siap membuka cetakan untuk perendaman





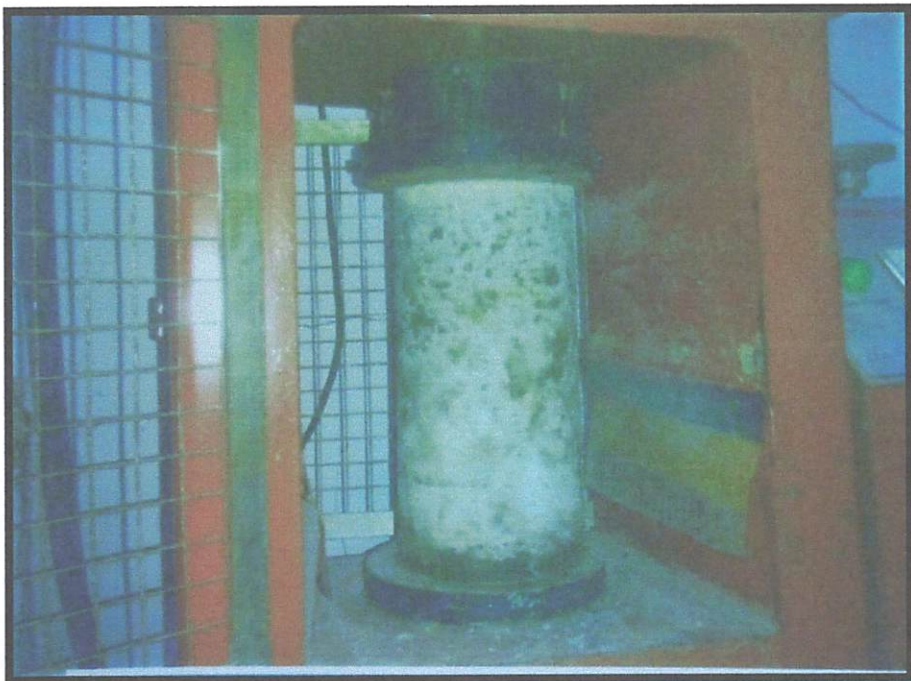
8. Perawatan



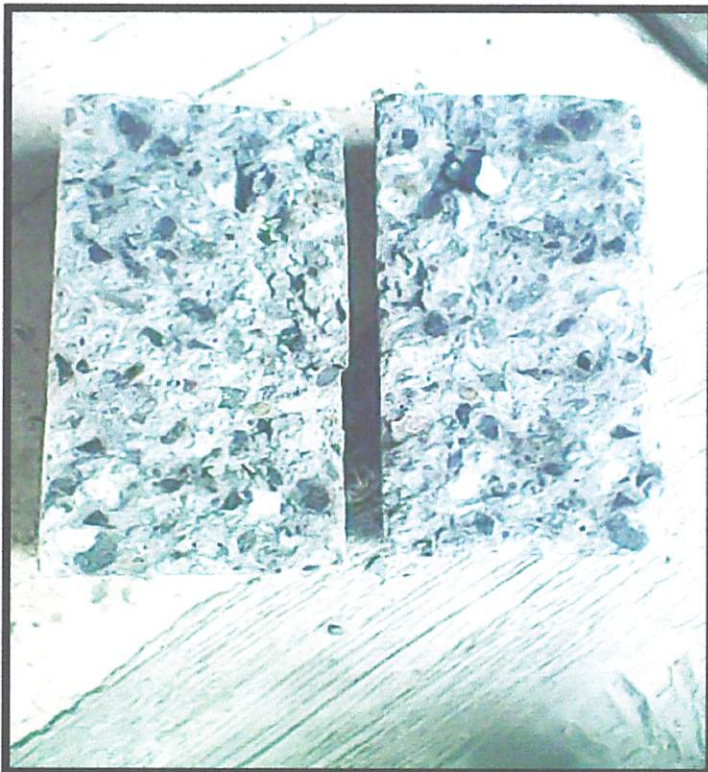
9. Caping Blerang



10. Pengujian Kuat Tekan

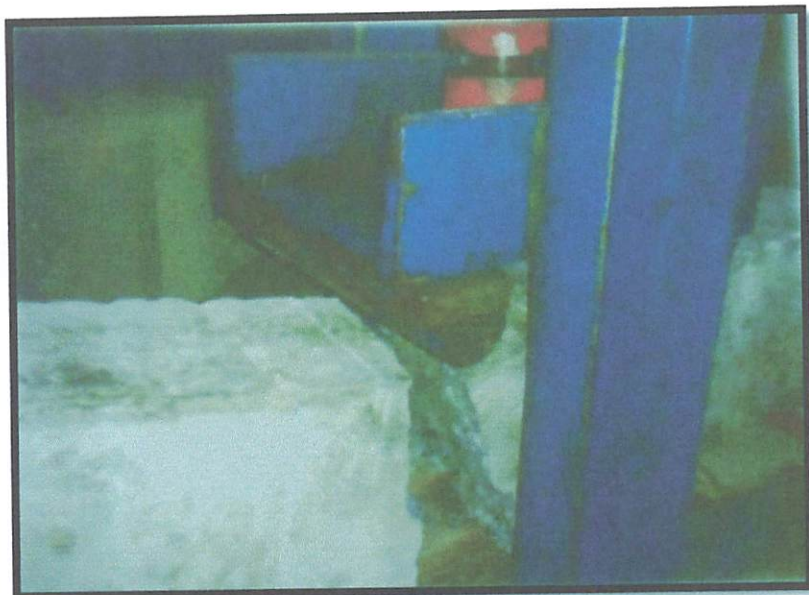


11. Pengujian Kuat Tarik Belah

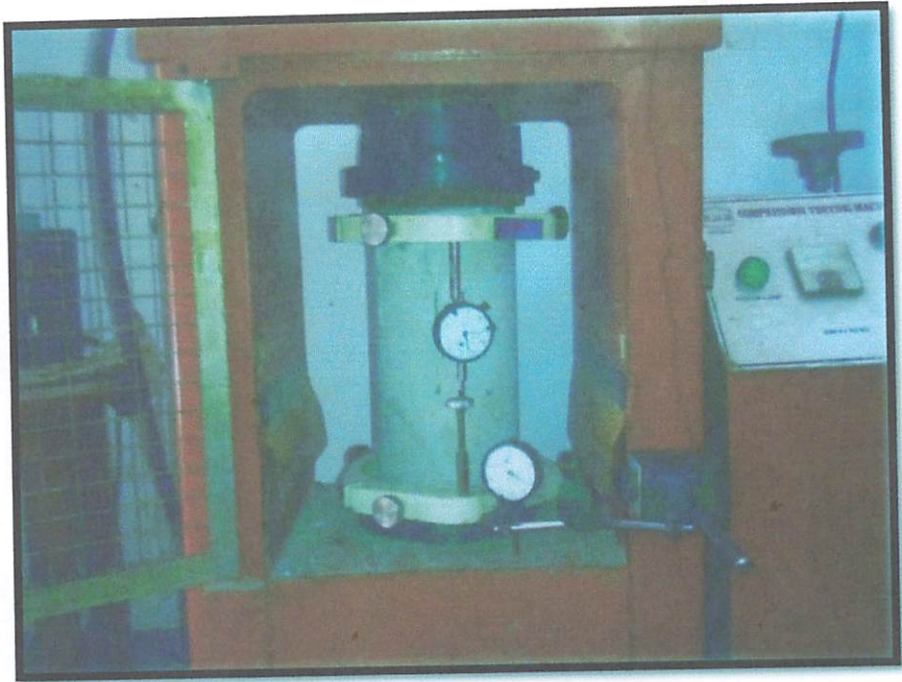


12. Pengujian Kuat Tarik Lentur dan Letak Keruntuhan Pada

Beton



13. Pengujian Modulus Elastisitas





FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama _____

NIM _____

Hari tanggal _____

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

- cek lagi nilai ulang dan hasil uji

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui:

Malang, 19-11-2013
Dosen Pembahas

Malang, 2-11-2013
Dosen Pembahas



FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama Arsi Rahma P

NIM _____

Harus tanggal _____

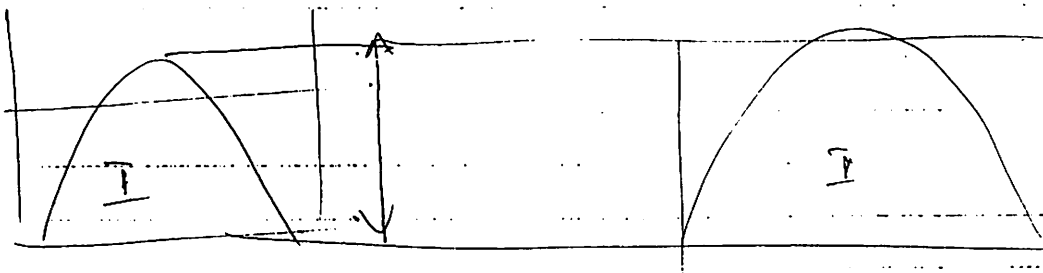
Perbaiki materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

Analisa an Hujan ✓

↓
Hypotesis ✓

pergerakan slump ✓

↓
Analisa Hasil ✓



Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar persetujuan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui:

Malang, _____ 20____
Dosen Pembahas

Malang, _____ 20____
Dosen Pembahas

(_____)

(_____)

FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG STRUKTUR.

Nama : ARSI RAHMA PURNAMASARI

NIM : 07210517

Hari / tanggal : RABU / 21-01-2013.

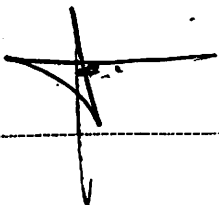
an materi Skripsi meliputi :

seli emtal perh. fr lentur.
literatur yg dipakai sewaihan dg yg dibahas.
Tambahkan literatur untuk pembahasan studi literatur.

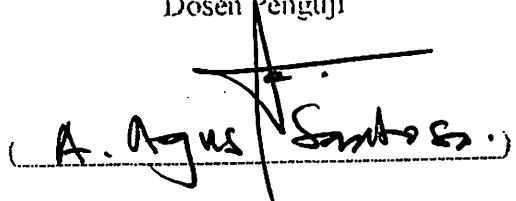
ikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian
anakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

s Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 20-01-2013
Dosen Penguji



Malang, 21-01-2013.
Dosen Penguji



(A. Agus Santoso.)

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG _____

Nama :

Atsi

NIM :

0721055

Hari / tanggal :

/

Isikan materi Skripsi meliputi :

- jelaskan pengambilan
sampel ketelitian

- jabarkan rumus tag trial berturut
dan teruk belah.

- prosedur penelitian yg benar
- pengujian sampel
- mix design
dll

- kesimpulan

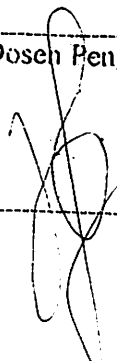
Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. **Bila melebihi** masa 14 hari, maka **tidak dapat diikuti Yudisium.**

Dugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____

20__

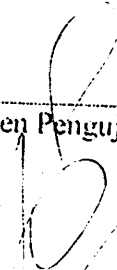
Dosen Penguji



Malang, _____

20__

Dosen Penguji





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI
SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PENGARUH AIR HUJAN
(VARAIASI 5%, 10%, 15%) PADA RANCANGAN CAMPURAN BETON
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN FISIS

Nama / NIM : Arsi Rahma Purnamasari / 0721055
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Togi H. Nainggolan, MS.

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	20/5-13	proposai skripsi	RSF
2	15/5-13	Revisi: hasil \geq perizinan buat grafik & grafik umur berbeda	RSF
3	20/6-13	buatkan Analisa perhit Teoritis dan Eksperimen-Perbedaan - % Despl.	RSF



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI
SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PENGARUH AIR HUJAN
(VARAIASI 5%, 10%, 15%) PADA RANCANGAN CAMPURAN BETON
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN FISIS

Nama / NIM : Arsi Rahma Purnamasari / 0721055
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Togi H. Nainggolan, MS.

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
4.	$\frac{4}{7} - 13.$	Buat Draft 4/ Abskalah Seminar, ab Stralah.	Rff
5	$\frac{16}{7} - 13.$	Ace Seminar hasil	Rff



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI
SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PENGARUH AIR HUJAN
(VARAIASI 5%, 10%, 15%) PADA RANCANGAN CAMPURAN BETON
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN FISIS

Nama / NIM : Arsi Rahma Purnamasari / 0721055
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Sudirman Indra, MSc.

Tanggal	Keterangan	Paraf
3/04. '13	<p>ada di bagian atas</p> <hr/> <p>di bagian atas</p> <ul style="list-style-type: none">- uji T ?- uji F ?	A
12/06. '13	<ul style="list-style-type: none">- Ketersangan gambar & leyden- Foto : Perawatan uji & leyden- But Rysid mka. dan keseluruhan	A



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI
SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PENGARUH AIR HUJAN
(VARAIASI 5%, 10%, 15%) PADA RANCANGAN CAMPURAN BETON
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN FISIS

Nama / NIM : Arsi Rahma Purnamasari / 0721055
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Sudirman Indra, MSc.

Tanggal	Keterangan	Paraf
16 03 013	<ul style="list-style-type: none">- Rumus tabel tabel- rumus air max $2 = P$- Rumus kuat a uba bb- Homa unit tabel- gatra di rumus padakuasis beban P ?- Sry. h y kuni Hasi	IA
19/07 013	<ul style="list-style-type: none">- cel kuby. sem Hasi	