

SKRIPSI

**KAJIAN AWAL PEMANFAATAN BATU SCORIA SEBAGAI AGREGAT KASAR
TERHADAP MODULUS ELASTISITAS PADA BETON RINGAN**



Disusun Oleh :

**Yudha Yogi Prasetiawan
03.21.051**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2011**

1970-1971

THE FOLLOWING INFORMATION IS FOR THE INFORMATION OF THE
OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE

1970-1971

SECRETARY OF DEFENSE

1970-1971

1970-1971

1970-1971

1970-1971

1970-1971

1970-1971

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN AWAL PEMANFAATAN BATU SCORIA SEBAGAI AGREGAT
KASAR TERHADAP MODULUS ELASTISITAS PADA BETON RINGAN.**

SKRIPSI

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi
Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada hari : Rabu
Tanggal : 24 Agustus 2011
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

YUDHA YOGI PRASETIAWAN

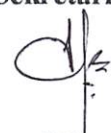
03.21.051



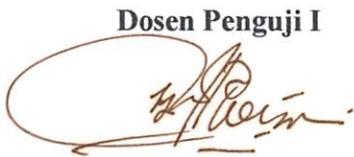
Disahkan Oleh:

Ketua

(Ir. H. Hirijanto, MT)

Sekretaris

(Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT)

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I

(Ir. Endro Yuwono, MT)

Dosen Penguji II

(Dr. Ir. Kustamar., MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2011**

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI

**KAJIAN AWAL PEMANFAATAN BATU SCORIA SEBAGAI AGREGAT
KASAR TERHADAP MODULUS ELASTISITAS PADA BETON RINGAN.**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)
Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :
YUDHA YOGI PRASETIAWAN
03.21.051

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)

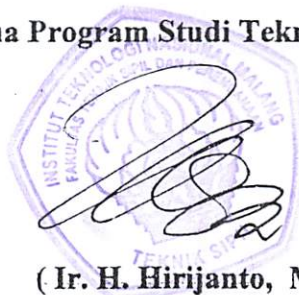
Dosen Pembimbing II



(Ir. H. Hirijanto, MT.)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. H. Hirijanto, MT)

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **YUDHA YOGI PRASETIAWAN**

Nim : **03. 21. 051**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

“KAJIAN AWAL PEMANFAATAN BATU SCORIA SEBAGAI AGREGAT KASAR TERHADAP MODULUS ELASTISITAS PADA BETON RINGAN.”

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

Malang, September 2011

Yang Membuat Pernyataan

(YUDHA YOGI PRASETIAWAN)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. wb.

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya sehingga kami dapat menyusun tugas akhir dengan baik.

Skripsi ini kami lakukan untuk memenuhi syarat menempuh jenjang S-1 disamping sebagai pelengkap dari teori-teori yang kami dapat selama perkuliahan.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam Penyelesaian ini, yakni :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Hirijanto, MT selaku Dosen Pembimbing II dan Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.
4. Ibu Lila Ayu Ratna W. ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil S-1.
5. Bapak Ir. Togi H. Nainggolan, MS. selaku Koordinator Bidang Penelitian
6. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Dosen Pembimbing I.

Lepas dari itu semua kami menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kami mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan penyusunan laporan

selanjutnya. Akhir kata semoga laporan ini bermanfaat bagi Akademika Teknik
Sipil S-1 ITN Malang.

Wassalamualaikum wr. wb

Malang, April 2011

Penyusun



.....aLhaMduliLLaH Puji sYukuR keHAdiraT TuhaN YME aTas
teRselesaiKannYa SkripSi iNi...taK luPA peNulis iNgin menGucAPkaN baNyak
tErimA kasiH kePaDa seMua piHak yang teLah memBantu pRosa
peNyeLEsalan kaRya tULis iNi baIK morIL maupuN sPiriTuaL...sEMoga
kaRya tULis iNi dApat beRmanFaaT baGi sEmuA pihaK.....

.....tHAnK's tO:

.....mY luvLy moM..luV u sO much,tHAnK's foR aLL yoU gave..aKHiRnYA
akU jadi saRjanAmU...unTuK "bApaK sOeriPtO","seMoga iNi meNjadi
awaL keBanggAanmU.." "bApak HartAdi WijaYa",,teRimA kasIh atAs
kebijAksanaAnnyA,seBagaI taLI antAra aKU daN ibu...thAnk's to **mY BIG**
brO,"**DaleBo**"..n' **mY luVly siSt "taNtI"**,,nO kOmEN!!...(I luV u
full)....

.....**IO mY hOneY bunny "diAna"**,,kaU teLah bErikaN haL teRindaH
daLam hidUpkU...sEMoga iNi jaDi saLAh satU haL yang meMbuaT-mU
baNgga teRhadaPkU,,MmmUUaaHH...aNggaP nE DP daRi keBAngkiTan
suAmimU,CinTA...

mY little pRinCe "KonyiL" "AR. ROMAN YUDHA
EINSTEIN"

mUngkiN kaLau TaK adA diriMU,naK..paPi maSih mBRANDAL..1 kaTa
yAnG meNggaMbaRkaNmU di dirIkU,,kaUlaH maLAikAt-keciLkU....

..... "**boSS RiFkY**" kaUlaH my HEROku aLiaS pAngliMA sOEdirMAN-
kU,,HarTo MELAPOR PAK,!!!! unTuK **bU LiLA**,,aNdA taK uBAhnYA "IbU
KArTiInI " buAt saYA..."**PAK HIR**","kaLau taU jaDinYA aKAn sePerti
maka...pHcaPres kmareN saYA akaN cobLos bApaK...meSki
kOmekucutnya AkaN dicOpOT SBY,hehe....unTuK "**PAK bAmbanG**",
sang garu beRas saYA meRasa beRada di taNgan yang tePat unTuK
meNyLEsaIkannya iNi...I'm

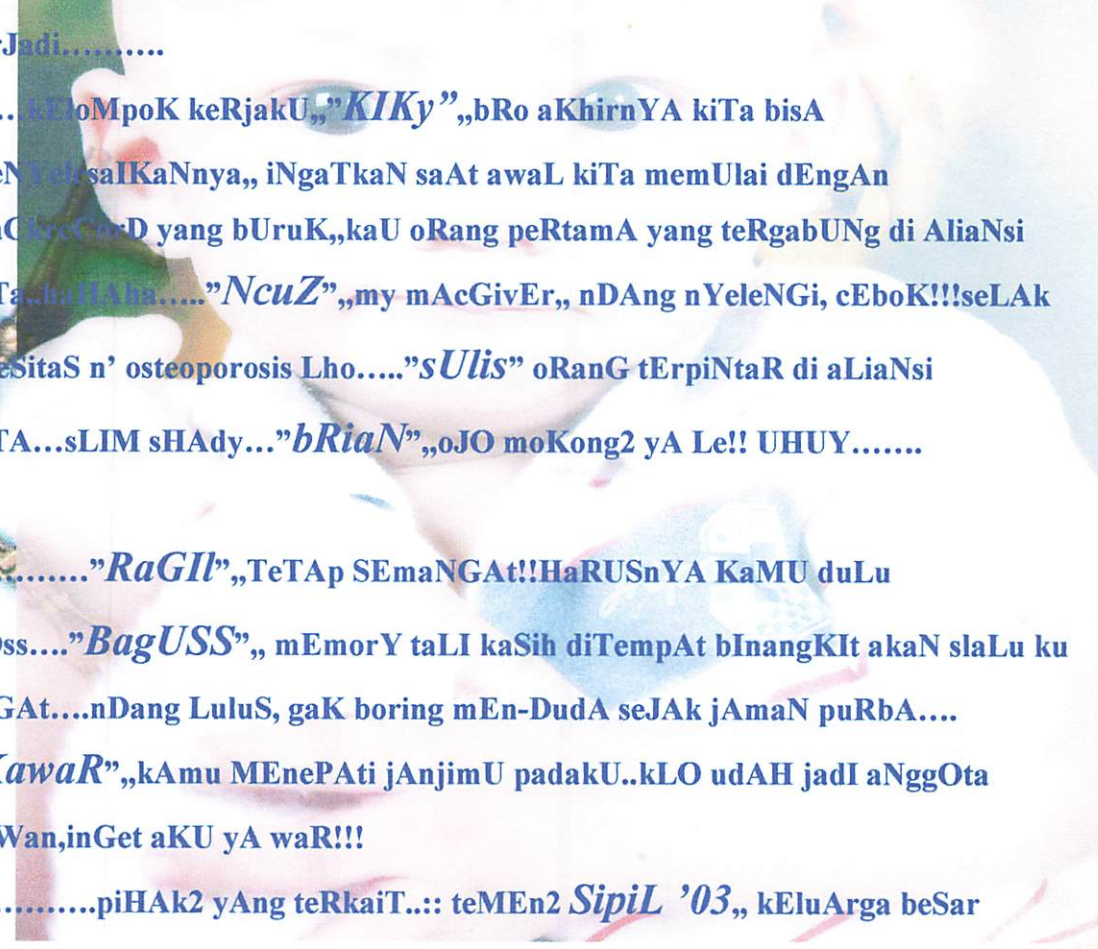




surE!!!...*"paK hAri"*(alm) ,tHanK's foR tHE second cHancE!!!...hAmpiR
saJA UU12-51 mEnengGelamKAnKU.....

.....unTuK *"oM QiceM"*,,mAafiN kePonakAnmU yang naKaL nDya
oM???.... muNgkiN tanPA kaTA mutiArA iTu saYA gaK aKAn mampU
meMbuktikaN baHwa SayA mampU!!!...*"FiRmaN caMAru"*tHanK's atAs
hits2nYA 'gaLOn2 cIntA'...kAulaH saKsi hiDup perJalaNan kaRirKu,
sEmoGa ALLAH meMberiKAn keSempataN unTukKU tO mEmbaLas
buDiMu..AMiEN..

.....*"TOKO DIAN"*,, TOko yAng heBat!!!daRi sInI rEvolusi iNi
terJadi.....



.....kElomPoK keRjakU,,*"KIKy"*,,bRo aKhirnYA kiTa bisa
meNyeksaIKaNnya,, ingaTkaN saAt awaL kiTa memUlai dEngAn
traCkeCorD yang buRuK,,kaU oRang peRtama yang teRgabUNG di AliaNsi
kiTa..haHaHa.....*"NcuZ"*,,my mAcGivEr,, nDang nYeleNGi, cEbOK!!!seLak
apesitaS n' osteoporosis Lho.....*"sUlis"* oRanG tErpiNtaR di aLiaNsi
kiTA...sLIM sHAdy...*"bRiaN"*,,oJO moKong2 yA Le!! UHUY.....

.....*"RaGIl"*,,TeTAP SEmaNGAt!!HaRUSnYA KaMU duLu
bOss....*"BagUSS"*,, mEmorY taLI kaSih diTempAt bInangKIt akaN slaLu ku
InGAt....nDang LuluS, gaK boring mEn-DudA seJAK jAmaN puRba....
"KawaR",,kAmu MEnePATi jAnjimU padakU..kLO udAH jadI aNggOta
deWan,inGet aKU yA waR!!!

.....piHak2 yAng teRkaiT...: teME2 *SipiL '03*,, kEluArga beSar
kAranG pLOso,,.....

Malang, September 2011

YUDHA YOGI PRASETIAWAN



ABSTRAKSI

Yudha Yogi Prasetiawan, (0321051), “KAJIAN AWAL PEMANFAATAN BATU SCORIA SEBAGAI AGREGAT KASAR TERHADAP MODULUS ELASTISITAS PADA BETON RINGAN”. Pembimbing I : Ir. Bambang Wedyantadji, MT. Pembimbing II : Ir. H. Hirijanto, MT

Kata Kunci : Batu scoria, modulus elastisitas, beton ringan.

Kemajuan teknologi dan krisis ekonomi yang terjadi di Indonesia, mengarahkan pembangunan infrastruktur pada penggunaan struktur dengan material ringan tetapi secara keseluruhan tidak berdampak pada peningkatan biaya. Penggunaan material ringan sebagai bahan pembentuk struktur akan mengurangi berat total dari suatu bangunan, sehingga mengurangi bagian pendukung dan pondasi. Beton ringan merupakan salah satu material ringan pembentuk struktur. Untuk mengetahui mutu suatu beton ringan yang akan di gunakan sebagai struktur sebuah bangunan diperlukan adanya pengetesan pada beton ringan tersebut. Salah satunya dengan cara menggunakan pengetesan Modulus Elastisitas. Modulus Elastisitas adalah sebuah konstanta bahan yang mempunyai nilai tertentu untuk suatu bahan tertentu. Tiap bahan mempunyai modulus elastisitas (E) tersendiri yang mempunyai gambaran mengenai perilaku itu bila mengalami beban tarik atau beban tekan.

Tujuan penelitian ini adalah memberikan alternatif baru tentang penggunaan batu scoria sebagai pengganti agregat kasar dan untuk mengetahui pengaruh agregat kasar batu scoria terhadap modulus elastisitas. Dengan mengkaji hubungan variabel yang akan diteliti serta mempelajari teori - teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian dan melakukan percobaan di laboratorium untuk mendapatkan data - data yang di perlukan.

Hasil penelitian menyatakan penggunaan variasi mutu beton rencana berpengaruh terhadap peningkatan nilai modulus elastisitas. Semakin besar nilai mutu beton rencana semakin besar nilai Modulus elastisitasnya. Dari hasil penelitian diperoleh nilai rata – rata modulus elastisitas sebesar $3,119 \times 10^3 \text{ MPa}$ pada mutu beton rencana 17.5 MPa, sedangkan untuk mutu beton rencana 20 MPa didapatkan nilai rata – rata modulus elastisitas sebesar $5,324 \times 10^3 \text{ MPa}$, lalu untuk mutu beton rencana 22.5 MPa didapatkan nilai rata – rata modulus elastisitas sebesar $8,996 \times 10^3 \text{ MPa}$, dan untuk mutu beton rencana 25 MPa didapatkan nilai rata – rata modulus elastisitas sebesar $15,296 \times 10^3 \text{ MPa}$. Nilai modulus elastisitas terbesar pada hasil penelitian adalah 10998.577 MPa pada mutu beton rencana 25 Mpa. Ini dikarenakan semakin besar mutu beton rencana, semakin padat benda ujinya. Maka semakin besar nilai modulus elastisitasnya.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PERSETUJUAN

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GRAFIK

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	3
1.3	Batasan Masalah	3
1.4	Parameter Penelitian	3
1.5	Tujuan Penelitian	4
1.6	Manfaat Penelitian	4
1.7	Hipotesis	5

BAB II LANDASAN TEORI

2.1	Penelitian Sebelumnya	6
2.2	Beton.....	7
2.3	Beton Ringan	9
2.4	Bahan - Bahan Penyusun Beton	12
2.4.1	Agregat Halus.....	12

2.4.2	Agregat Kasar.....	13
2.4.3	Batu Scoria.....	14
2.4.4	Air	16
2.4.5	Semen.....	16
2.5	Sifat Mekanis Beton	17
2.5.1	Modulus Elastisitas.....	17
2.6	Pengujian Interval Kepercayaan	19
2.7	Pengertian Hipotesis	20
2.7.1	Hipotesis Penelitian	23
2.8	Analisa Regresi.....	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Tujuan Penelitian Secara Operasional.....	25
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3	Metode Penelitian	25
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	26
3.5	Cara Pengujian Modulus Elastisitas Belah dan Uji Slump.Beton.....	27
3.5.1	Pengujian Modulus Elastisitas.....	27
3.5.2	Uji Slump beton.....	28
3.6	Pelaksanaan Campuran Beton	30
3.6.1	Prosedur Pelaksanaan Campuran (Pengecoran).....	30
3.6.2	Pembuatan dan Persiapan Benda Uji.....	31
3.7	Bagan Alir Penelitian	36

BAB IV PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1	Pemeriksaan Bahan	38
-----	-------------------------	----

4.1.1	Pemeriksaan Berat Isi	38
4.1.2	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus.....	42
4.1.3	Pemeriksaan Kotoran Organik.....	49
4.1.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus.....	50
4.1.5	Pemeriksaan Kadar Air Agregat.....	52
4.1.6	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Batu Scoria	55
4.1.7	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	58
4.1.8	Pengujian Keausan Agregat Kasar Batu Pecah Dengan Menggunakan Alat los Angles.....	61
4.2	Perhitungan komposisi Campuran Beton.....	65
4.2.1	Perhitungan Mix Desain Beton Untuk Agregat Kasar Metode British Mengacu Pada <i>SNI 03-2847-2002</i>	65
4.3	Perhitungan Kebutuhan Bahan	101
4.3.1	Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan (per m ³).....	101
4.3.2	Perhitungan Volume Benda Uji Silinder D x t = 15 x 30.....	102
4.4	Hasil Uji Slump.....	102

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1	Data Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton	103
5.1.1	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas.....	103
5.2	Pengujian Interval Kepercayaan	110
5.2.1	Pengujian Interval Kepercayaan Tarik Belah	110

5.3	Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas Beton Dengan Agregat Kasar Batu Scoria	113
5.4	Analisa Regresi	115
5.4.1	Analisa Regresi Batu Pecah.....	116
5.5	Hubungan Modulus Elastisitas dan Berat Volume Terhadap Mutu Beton Rencana	119
5.6	Analisa dan Pembahasan Sifat Mekanis Beton Terhadap Mutu Beton Rencana.....	120

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan.....	121
6.2	Saran.....	121

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pembagian Penggunaan Beton Ringan Menurut Tjokromuljono (1996).....	11
Tabel 2.2	Pembagian Penggunaan Beton Ringan Menurut Dodrowolski (1998)	11
Tabel 2.3	Pembagian Penggunaan Beton Ringan Menurut Neville dan Brook (1998).....	11
Tabel 3.1	Jumlah Benda Uji Modulus Elastisitas.....	35
Tabel 4.1	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar.....	41
Tabel 4.2	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus.....	41
Tabel 4.3	Pemeriksaan Berat Isi Semen.....	41
Tabel 4.4	Penentuan Saringan Untuk Agregat Kasar.....	43
Tabel 4.5	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Batu pecah.....	44
Tabel 4.6	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus.....	46
Tabel 4.7	Warna Standar Pemeriksaan kotoran Organik	50
Tabel 4.8	Ukuran Maksimum Agregat.....	53
Tabel 4.9	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar.....	54
Tabel 4.10	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.....	54
Tabel 4.11	Pemeriksaan Berat jenis Agregat Kasar Batu Scoria.....	57
Tabel 4.12	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	60
Tabel 4.13	Berat dan Gradasi Benda Uji.....	62
Tabel 4.14	Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar.....	64
Tabel 4.15	Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan.....	66
Tabel 4.16	Perkiraan Kekuatan Tekan Beton dengan Faktor	

	Air Semen (W/C) = 0,5.....	67
Tabel 4.17	Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos (Mutu 17,5 MPa).....	68
Tabel 4.18	Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Tingkat Workability Tertentu.....	69
Tabel 4.19	Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan (Mutu 17,5 MPa).....	74
Tabel 4.20	Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos (Mutu 20 MPa).....	77
Tabel 4.21	Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan (Mutu 20 MPa).....	83
Tabel 4.22	Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos (Mutu 22,5 MPa).....	86
Tabel 4.23	Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan (Mutu 22,5 MPa).....	92
Tabel 4.24	Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos (Mutu 25 MPa).....	95
Tabel 4.25	Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan (Mutu 25 MPa).....	101
Tabel 4.26	Hasil Uji Slump Untuk Benda Uji Beton Silinder 15cm x 30cm.....	102
Tabel 5.1	Data Pengujian Modulus Elastisitas.....	110
Tabel 5.2	Interval Kepercayaan Tarik Belah Batu Scoria.....	112
Tabel 5.3	Data Pengujian Pada Kuat Tarik Belah Setelah di Lakukan Pengujian Interval Kepercayaan.....	112
Tabel 5.4	Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah.....	113
Tabel 5.5	Analisa Varian Untuk Tarik Belah.....	115

Tabel	5.6	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Belah Dengan Varian Mutu Beton Rencana.....	116
Tabel	5.7	Daftar Nilai Regresi Kuat Tarik Belah.....	118
Tabel	5.8	Daftar Nilai kuat Tarik Belah dan Berat Volume.....	119
Tabel	5.9	Daftar Nilai Sifat Mekanis Beton.....	120

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8 - 9,6 mm.....	45
Grafik 4.2	Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8 - 19 mm.....	45
Grafik 4.3	Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8 - 38 mm	46
Grafik 4.4	Batas Gradasi Zona 1 Untuk Agregat Halus.....	47
Grafik 4.5	Batas Gradasi Zona 2 Untuk Agregat Halus.....	47
Grafik 4.6	Batas Gradasi Zona 3 Untuk Agregat Halus.....	48
Grafik 4.7	Kurva Hubungan Kuat Tekan W/C.....	67
Grafik 4.8	Penentu Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 20 mm.....	70
Grafik 4.9	Perkiraan Berat Jenis Beton Segar.....	71
Grafik 5.1	Analisa Regresi Kuat Modulus Elastisitas.....	118
Grafik 5.2	Hubungan Tarik Belah dan Berat Volume Terhadap Mutu Beton Rencana.....	119
Grafik 5.3	Hubungan Sifat Mekanis Beton Terhadap Mutu Beton Rencana.....	120

DAFTAR GAMBAR

Gambar	2.1	Batu Scoria	14
Gambar	3.1	Uji Modulus Elastisitas.....	28
Gambar	3.2	Aparatus Slump Test.....	29
Gambar	4.1	Aparatus Pemeriksaan Berat Volume Agregat.....	39
Gambar	4.2	Aparatus Untuk Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus.....	43
Gambar	4.3	Aparatus Untuk Pemeriksaan Kadar Air Agregat.....	52
Gambar	4.4	Aparatus Untuk Analisis Specific Gravity dan Absorpsi Agregat Halus.....	58

DAFTAR NOTASI

A	= Luas permukaan benda uji (mm^2)
B	= Berat Piknometer diisi Air pada 25°C
Ba	= Berat Contoh di Dalam Air
Bj air	= Berat Jenis Air 1 gr / ml
Bt	= Berat piknometer + contoh SSD + air (25°C)
d	= Diameter silinder benda uji (mm)
ε	= Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)
Ec	= Modulus Elastisitas (MPa)
E t	= Modulus Elastisitas Teoritis (MPa)
f'c	= Kuat Tekan Beton (MPa)
H ₀	= Hipotesis nol, menyatakan tidak ada perbedaan antar perlakuan
H _a	= Hipotesis alternatif, menyatakan ada perbedaan antar perlakuan
L	= Panjang benda uji (mm)
P	= Beban maksimum (N)
V	= Isi Wadah (cm^3)
V benda uji	= Volume benda uji (cm^3 , dimana : 1ml = 1cm^3)
μ	=Nilai Rata-Rata Variabel Tak Bebas Dalam Suatu Kelompok Perlakuan
ΔL	= Perubahan panjang dari benda uji (mm)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi dan krisis ekonomi yang terjadi di Indonesia, mengarahkan pembangunan infrastruktur pada penggunaan struktur dengan material ringan tetapi secara keseluruhan tidak berdampak pada peningkatan biaya. Penggunaan material ringan sebagai bahan pembentuk struktur akan mengurangi berat total dari suatu bangunan, sehingga mengurangi bagian pendukung dan pondasi. Beton ringan merupakan salah satu material ringan pembentuk struktur. Untuk mengetahui mutu suatu beton ringan yang akan di gunakan sebagai struktur sebuah bangunan diperlukan adanya pengetesan pada beton ringan tersebut. Salah satunya dengan cara menggunakan pengetesan Modulus Elastisitas. Modulus Elastisitas adalah sebuah konstanta bahan yang mempunyai nilai tertentu untuk suatu bahan tertentu. Tiap bahan mempunyai modulus elastisitas (E) tersendiri yang mempunyai gambaran mengenai perilaku itu bila mengalami beban tarik atau beban tekan. Bila nilai E semakin kecil, maka semakin mudah bahan untuk mengalami perpanjangan atau perpendekan.

Seperti kita ketahui dalam pembuatan beton ringan diperlukan material bahan penyusun beton, sebagai contoh yaitu agregat kasar (kerikil). Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alam dari batuan atau batuan pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan butiran lebih dari 5 mm. Untuk

memilih agregat yang digunakan sebagai campuran beton ditentukan dari mutu, jenis konstruksi, dan ketersediaan bahan. Namun di daerah lain sangat susah ditemukan kerikil yang memenuhi syarat sebagai material bangunan. Untuk itu perlu diadakan penelitian-penelitian yang mengarah pada usaha alternative material.

Dalam hal ini salah satu perusahaan penghasil semen di Jawa Timur yaitu PT. Semen Gresik menginformasikan kepada penulis bahwa diduga batu ringan berpori Scoria berpotensi sebagai pengganti agregat kasar (kerikil) dalam campuran beton ringan, maka penulis akan melakukan penelitian untuk membuktikan nilai kinerja batu scoria sebagai alternatif pengganti agregat kasar untuk campuran beton ringan.

Batuan scoria, yang memiliki kenampakan warna yaitu merah kecokelatan, sifat batuan dari scoria yaitu basa, struktur batuan vesikuler, dan derajat kristalisasinya holohyalin dimana komposisi mineral penyusunnya mayoritas adalah glass, tekstur pada scoria ialah glassy dengan ukuran batuan ialah bomb ($d > 64$ mm). Sedangkan bentuk dari scoria ialah masa dasar glass. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Scoria>).

Dari berbagai alasan di atas, maka penulis mengadakan suatu penelitian dengan batu scoria sebagai pengganti agregat kasar dengan judul “Kajian Awal Pemanfaatan Batu Scoria Sebagai Agregat Kasar Terhadap Modulus Elastisitas Pada Beton Ringan”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis dapat merumuskan masalah yang akan diteliti maupun dibahas yaitu :

1. Berapa nilai modulus elastisitas pada beton ringan yang menggunakan batu scoria sebagai agregat kasarnya dengan mutu beton rencana 17,5 MPa; 20 MPa; 22,5 MPa; 25 MPa?
2. Berapa nilai maksimum modulus elastisitas pada beton ringan yang menggunakan batu scoria sebagai agregat kasarnya ?

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari permasalahan pokok maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Untuk pengujian nilai modulus elastisitas pada beton ringan yang menggunakan batu scoria sebagai agregat kasarnya.
2. Untuk memperkirakan nilai maksimum modulus elastisitas pada beton ringan yang menggunakan batu scoria sebagai agregat kasarnya.

1.4 Parameter Penelitian

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi ITN Malang.
2. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air PDAM Kota Malang.
3. Semen yang digunakan adalah semen PPC Gresik 40 kg.

4. Material agregat kasar yang digunakan adalah batu scoria yang diambil dari daerah Pasrujambe Kabupaten Lumajang, dan tidak menggunakan batu pecah yang ada di pasaran.
5. Material agregat kasar yang digunakan yaitu 100% batu scoria, dan tanpa menggunakan campuran agregat kasar yang lain.
6. Material agregat halus yang digunakan adalah agregat halus dari Kabupaten Lumajang

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui nilai modulus elastisitas pada beton ringan yang menggunakan batu scoria sebagai agregat kasarnya dengan mutu beton 17,5 MPa; 20 MPa; 22,5 MPa; 25 MPa.
2. Untuk mengetahui nilai maksimum modulus elastisitas pada beton ringan yang menggunakan batu scoria sebagai agregat kasarnya.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Merupakan kesempatan yang baik untuk menerapkan teori yang ada khususnya mengenai beton, selain itu juga bertujuan untuk menambah referensi mengenai agregat kasar selain jenis yang sudah ada.

2. Laporan hasil penelitian ini dapat menambah perbendaharaan kepustakaan, khususnya mengenai masalah beton, sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses akademik.
3. Memberikan sumbangan informasi tentang penggunaan batu scoria sebagai agregat kasar, sehingga dapat membantu perencanaan dan pelaksana proyek untuk alternatif agregat kasar pada daerah yang tersedia batu scoria.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian ini diduga bahwa “Ada pengaruh perbedaan mutu beton ringan yang menggunakan batu scoria sebagai agregat kasarnya terhadap nilai modulus elastisitas beton”

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. *Studi Penelitian Penggunaan Limestone sebagai alternative Agregat Kasar Pada Beton Ditinjau Dari Sifat Mekanis (f_c' 20 Mpa) Dengan Metode Doe (Celly CH Natalia, 2006 Tugas Akhir)*

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat :

- 1 Pemberian variasi limestone berpengaruh terhadap kuat tekan, porositas, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur.
- 2 Bila dibandingkan beton normal, pengaruh pemberian variasi limestone akan menghasilkan penurunan angka pada setiap parameter kecuali porositas. Pengaruh penurunan yang paling besar adalah sebesar 30,18 % pada variasi limestone 100 %, dengan kuat tekan sebesar 16,66 Mpa. 3 variasi limestone optimum pada metode doe adalah sebesar 48,72 % untuk menghasilkan kuat tekan pada 20 MPa. Prosentase ini didapat dari variasi limestone yang menghasilkan kuat tekan 20 Mpa sebagai parameter pokok dalam pengujian beton.

2. *Pemanfaatan Batu Apung Dalam Pembuatan Beton Ringan Dengan Sikament – NN dan Sika Fume (Prawito Eri, 2002 Tugas Akhir)*

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat :

Bahwa beton ringan dengan variasi komposisi terbaik terjadi mulai dari campuran 60 % (volume) kerikil dan 40 % (volume) batu apung, jumlah semen pada kondisi tetap (562,5 cm³) dan waktu perawatan selama 28 hari. Pada komposisi tersebut, beton ringan yang dihasilkan memiliki karakteristik: densitas 1.856 gr/cm³, penyerapan air 2,17 %, kuat tekan 15,0 Mpa dan permeabilitas -0,21.

2.2 Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture atau additive*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton.

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 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 dimaksud untuk mendapatkan kekuatan beton yang tinggi tetapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan agregatkasar) sekitar 60%-75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing - masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. (Mulyono,2004)

Struktur beton memiliki banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain, antara lain : (Nugraha,2007).

- ❖ Ketersediaan (*availability*) material dasar.
- ❖ Kemudahan untuk digunakan (*versatility*); masing-masing bahan dapat diangkut secara terpisah dan bisa dipakai untuk berbagai struktur tergantung kepada kebutuhan penggunaannya.
- ❖ Kemampuan beradaptasi (*adaptability*); beton bersifat *monolit* sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja, dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun serta dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar.

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

- ❖ Massa jenis beton sekitar 2400 kg/m^3 .
- ❖ Kekuatan tariknya rendah,meskipun kekuatan tekannya besar.
- ❖ Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis.
- ❖ Kualitasnya sangat tergantung pada cara pelaksanaan dilapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuranyang sama.

- ❖ Struktur beton sulit untuk dipindahkan, pemakaian kembali (daur ulang) sulit dan tidak ekonomis.

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

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

2.3 Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada beton pada umumnya. Beton ringan dapat dibuat dengan berbagai cara, antara lain dengan menggunakan agregat ringan (fly ash, batu apung, dll), campuran antara semen, silika, pozolan, dll atau semen dengan cairan kimia penghasil gelembung udara.

Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Terminolog ASTM C.125 mendefenisikan bahwa agregat ringan adalah agregat yang digunakan untuk menghasilkan beton ringan, meliputi batu apung, scoria, vulkanik cinder, tuff, expanded, atau hasil pembakaran lempung, shale, slte, shele, perlit, atau slag atau hasil batubara dan hasil residu pembakarannya. (Mulyono,2004)

Tidak seperti beton biasa, berat beton ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya beton ringan berkisar antara 600 – 1600 kg/m³. Karena itu keunggulan beton ringan utamanya ada pada berat, sehingga apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan, yang selanjutnya berdampak kepada perhitungan pondasi.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi berat jenis beton atau membuat beton lebih ringan antara lain adalah sebagai berikut : (Tjokrodimuljono, 1996).

1. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambah bubuk alumunium kedalam campuran adukan beton.
2. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung atau agregat buatan sehingga beton yang dihasilkan akan lebih ringan daripada beton biasa.
3. Dengan cara membuat beton tanpa menggunakan butir-butir agregat halus atau pasir yang disebut beton non pasir.

**Tabel 2.1 Pembagian penggunaan beton ringan
menurut Tjokromuljono (1996)**

Beton Ringan	Kerapatan	Kekuatan Tekan
Struktur	1440 –1800 kg/m ³	>17 MPa
Struktur ringan	800 –1400 kg/m ³	7 –17 MPa
Non struktur	240 -800 kg/m ³	0,35 –7 MPa

**Tabel 2.2 Pembagian penggunaan beton ringan
menurut Dobrowolski (1998)**

Beton Ringan	Kerapatan	Kekuatan Tekan
Struktur	1440 –1900 kg/m ³	>17,3 MPa
Struktur ringan	500 –800 kg/m ³	6,9 –17,3 MPa
Non struktur	<800 kg/m ³	0,35 –7 MPa

**Tabel 2.3 Pembagian penggunaan beton ringan
menurut Neville dan Brook (1998)**

Beton Ringan	Kerapatan	Kekuatan Tekan
Struktur	1400 –1800 kg/m ³	>17 MPa
Struktur ringan	500 –800 kg/m ³	7 –17MPa
Non struktur	<800 kg/m ³	<7 MPa

(<http://helmutinfo.com>)

Keuntungan lain dari beton ringan antara lain:

- ❖ Memiliki ketahanan panas (*thermal insulation*) yang baik
- ❖ Memiliki tahanan suara (*peredaman*) yang baik
- ❖ Tahan api (*fire resistant*)
- ❖ Transportasi mudah
- ❖ Dapat mengurangi kebutuhan bekisting (*formwok*) dan perancah (*scaffolding*)

Kelemahan beton ringan adalah nilai kuat tekannya (*compressive strength*) terbatas, sehingga sangat tidak dianjurkan penggunaan untuk perkuatan (structural)

(<http://www.itb.ac.id/news/2765.xhtml>)

2.4 Bahan-bahan Penyusun Beton

2.4.1 Agregat Halus

Agregat halus adalah semua agregat yang semua butirannya menembus ayakan 4.82 mm. sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton, maka agregat halus atau pasir beton harus memenuhi syarat-syarat berikut :

1. pasir harus terdiri dari butiran-butiran yang tajam dan keras. Butir-butir harus bersifat kekal.
2. pasir tidak boleh mengandung Lumpur 5%, apabila kadar Lumpur melebihi 5 % harus dicuci.
3. pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.
4. pasir harus terdiri dari butiran beraneka ragam dan apabila diayak dengan susunan dibawah ini, harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - ❖ sisa ayakan minimum harus 2 %
 - ❖ sisa diatas ayakan 0.5 mm harus minimum 10% berat
 - ❖ sisa ayakan 0.252 mm harus berkisar antara 80% -95 % berat
5. tidak boleh mengandung zat-zat kimia yang merusak beton dan tulangan

sedangkan fungsi dari agregat halus pada campuran beton adalah mengisi ruang antara butiran agregat kasar.

Data hasil uji lab :

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 1. berat isi lepas rata-rata | : 1,35 gr/cm ³ |
| 2. berat isi padat rata-rata | : 1,52 gr/cm ³ |
| 3. kadar Lumpur | : 1,010 % |
| 4. kadar air rata asli | : 6,91 % |
| 6. kadar air rata SSD | : 2,05 % |
| 7. berat jenis | : 2,53 |

2.4.2 Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih besar dari 5 mm. Agregat dapat diambil dari batuan alam ukuran kecil ataupun batu alam besar yang dipecah. SNI mensyaratkan modulus kehalusan agregat kasar antara 6,0 – 7,1. Gradasi agregat kasar untuk ukuran maksimum tertentu dapat divariasi 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.

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek - efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. (Edward Nawy G, 1998)

2.4.3 Batu Scoria



Batu scoria adalah jenis batuan tekstur dan bukan batu yang diklasifikasikan oleh mineralogi atau kimia. Terbentuk dari lava yang kaya volatiles atau gas tetapi kurang kental dari lava membentuk batu apung. Ketika batuan cair meningkat dalam pipa vulkanik, gas mulai terbentuk dan mengumpulkan dan gas-gas yang membentuk gelembung besar dalam lava. Batu dipadatkan yang dihasilkan adalah Scoria. Meskipun ruang terbuka, di dapat Scoria batu besar umumnya lebih berat daripada air yang tidak seperti kebanyakan batu apung bisa mengapung di atas air.

Beberapa bentuk dari Scoria lavas yang mengalir keluar dari gunung berapi terbentuk dari batuan piroklastik lava yang dikeluarkan dari gunung berapi. Scoria yang juga dikenal sebagai abu, merupakan komponen utama cinder cone. Sebuah kerucut cinder adalah kecil tetapi tipe gunung berapi yang sangat umum. Cinder cone juga telah disebut Scoria cones. Cinder cone jarang tumbuh sangat besar, tetapi kadang-kadang bentuk yang sangat simetris bukit-bukit berbentuk kerucut.

Berdasarkan sumber dari laporan petrologi batuan piroklastik, Batuan scoria memiliki kenampakan warna yaitu merah kecokelatan, sifat batuan dari

scoria yaitu basa, struktur batuananya vesikuler, dan derajat kristalisasi holohyalin dimana komposisi mineral penyusunnya mayoritas adalah glass, tekstur pada scoria ialah glassy dengan ukuran batuananya ialah bomb ($d > 64$ mm). Sedangkan bentuk dari scoria ialah masa dasar glass.

(<http://www.scribd.com//Rock/Scoria.htm>)

❖ Spesifikasi Batu Scoria :

1. Warna : Merah kecoklatan.
2. Sifat Batuan : Basa.
3. Struktur : Vesikuler.
4. Derajat Kristalisasi : Holohyalin.
5. Tekstur : Glass.
6. Ukuran : Bomb ($d > 64$ mm).
7. Bentuk : Masa dasar glass.
8. Pembentukan : Terbentuk dari batuan piroklastik lava yang dikeluarkan dari gunung berapi.

Data hasil uji lab :

1. berat isi lepas rata-rata : $1,25 \text{ gr/cm}^3$
2. berat isi padat rata-rata : $1,33 \text{ gr/cm}^3$
3. kadar air rata asli : $1,56 \%$
4. kadar air rata SSD : $3,55 \%$
5. berat jenis : $2,35$
6. pengujian keausan agregat : $32,771\%$

2.4.4 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, tapi juga mengubah semen menjadi pasta sehingga beton menjadi lecah dan mudah dikerjakan terutama pada saat penuangan beton dalam cetakan.

Karena pengerasan beton berdasarkan reaksi antara semen dan air, maka sangat diperlukan agar memeriksa apakah air yang akan digunakan memenuhi syarat-syarat tertentu. Air tawar yang dapat diminum, tanpa diagukan boleh dipakai. Dan bila tidak ada disarankan untuk mengamati apakah air tersebut tidak mengandung bahan-bahan yang 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. (R.Sagel, 1997)

2.4.5 Semen

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

Semen merupakan hasil industri dari paduan 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), Alumunium Oksida (Al_2O_3), Besi

Oksida (Fe_2O_3) dan Magnesium Oksida (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.

(<http://digilib.gunadarma.ac.id/go>)

Data hasil uji lab :

1. berat isi lepas rata-rata : $1,11 \text{ gr/cm}^3$
2. berat isi padat rata-rata : $1,22 \text{ gr/cm}^3$

2.5 Sifat Mekanis Beton

2.5.1 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah sebuah konstants bahan yang mempunyai nilai tertentu untuk suatu bahan tertentu. Tiap bahan mempunyai modulus elastisitas (E) tersendiri yang mempunyai gambaran mengenai perilaku itu bila mengalami beban tarik atau beban tekan. Bila nilai E semakin kecil, maka semakin mudah bahan untuk mengalami perpanjangan atau perpendekan.

Seperti yang kita ketahui beton adalah bahan yang bukan benar-benar elastis, dimana modulus elastisitas beton selalu berubah-ubah menurut kekuatan atau mutu beton. Modulus elastisitas beton tergantung pada umur beton, sifat agregat dan semen.

Rumus yang dipakai untuk menghitung modulus elastisitas adalah ;

- Perhitungan Regangan Beton (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

- Perhitungan Kuat Tekan Beton (f'_c)

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

- Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$E_c = \frac{f'_c}{\epsilon}$$

- Perhitungan Modulus Elastisitas Teoritis

$$E_{\text{teoritis}} = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

Dimana :

ϵ = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

ΔL = Perubahan panjang dari benda uji (mm)

L = panjang benda uji / tinggi silinder (mm)

f'_c = kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

E_t = Modulus Elastisitas Teoritis (MPa)

2.6. Pengujian Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai). Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga 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 memang 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 menjadi semakin tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita menetapkan α sebesar 5% (100-95). 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 berada pada interval $\pm Z$ standard error dari rata-rata populasi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan. Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 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.

2.7. 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 membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil l- hasil penyelidikan terhadap fakta fakta empirik 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 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.

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

2. Hipotesis alternatif (H_a): yaitu hipotesis yang menyatakan kebalikan dari hipotesis nihil.

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

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

a. Distribusi Binomial

Distribusi Binomial adalah suatu distribusi probabilitas yang dapat digunakan bilamana suatu proses sampling dapat diasumsikan sesuai dengan proses Bernoulli. Misalnya, dalam perlemparan 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 memberi label “berhasil” bila kartu yang terambil adalah kartu merah atau “gagal” bila yang terambil adalah kartu hitam. Ulangan-ulangan tersebut bersifat bebas dan peluang keberhasilan setiap ulangan tetap sama, yaitu sebesar $\frac{1}{2}$..(Ronald E. Walpole)

b. Distribusi Poison (σ^2)

Distribusi Poison ialah 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 satu 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

c. Distribusi Normal (Z)

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

d. Distribusi Student (t)

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

e. 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 proporsi sama. Pengujian beda proporsi hanya untuk 2 populasi namun chi square dapat digunakan untuk populasi yang tidak terbatas. Chi Kuadrat juga dapat digunakan untuk menguji apakah dua 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.

f. Distribusi Fisher (F)

Memperbandingkan dua varian, uji harga rata-rata tidak mencukupi (deviasinya sangat besar, sehingga nilai rata-rata sulit dijadikan ukuran) oleh karena itu digunakan uji variance yang mengikuti distribusi f.

Pada penelitian ini digunakan distribusi F, karena uji F banyak digunakan untuk uji hipotesa yang berdasarkan hasil pengamatan lebih dari 2 buah sampel.

Uji F ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat secara simultan.

2.7.1 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 beton.

Dari semua cara di atas semua dapat 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 (konstant).

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

Pada penelitian ini digunakan distribusi F, karena uji F banyak digunakan untuk uji hipotesa yang berdasarkan hasil pengamatan lebih dari 2 buah sampel.

Uji F ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat secara simultan.

2.8. Analisa regresi

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

Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variable (variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (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.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian Secara Operasional

Secara operasional tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana perbedaan sifat fisik mekanis dari beton dengan agregar kasar scoria pada beton ringan untuk pengetesan 28 hari.

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Kontruksi Institut Teknologi Nasional Malang mulai dari percobaan bahan dasar sampai pada pelaksanaan pengecoran, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pengetesan benda uji.



Foto Benda Uji

3.3 Metode Penelitian

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan variable yang akan diteliti dengan mempelajari teori - teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian.
2. Studi eksperimen dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data - data yang diberlakukan. Data tersebut dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

Adapun langkah-langkah penelitian pada studi eksperimen secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Mencari nilai kadar air (*water content*) dari agregat.
2. Mencari berat jenis dari agregat halus dan agregat kasar.
3. Analisa saringan agregat halus dan agregat kasar.
4. Pemeriksaan kadar organik agregat halus.
5. Mencari berat volume isi agregat halus dan agregat kasar.
6. Perencanaan campuran (*mix design*)
7. Pembuatan benda uji silinder 15cm x 30cm (64 buah)
8. Perawatan benda uji (*curing system*)
9. Pengujian kuat tekan terhadap benda uji.

3.4 Alat Dan Bahan Penelitian

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

a. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

- Semen : Gresik
- Agregat Halus (pasir) : Pasir
- Agregat kasar (scoria) : Baru scoria
- Air : Air dari PDAM

b. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Seperangkat saringan
- Peralatan Slump test
- Timbangan kapasitas 40 kg dengan ketelitian 0,01 kg
- Timbangan kapasitas 4100 gram dengan ketelitian 0,1 gram
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- Cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
- Sekop
- Talam dan cawan logam
- Gelas ukuran 1000 mm
- Mesin abrasi Los Angeles
- Mesin pengaduk beton dengan kapasitas 0,05 m³
- Alat uji kuat tarik beton dengan kapasitas 2000 KN (compression machine test)
- Mistar perata (Strainht edge)
- Piknometer kapasitas 500 ml
- Bak air untuk perendaman perawatan beton (moist curing)

- ° Sikat baja halus
- ° Termometer

3.5 Cara Pengujian Modulus Elastisitas dan Uji Slump Beton

3.5.1 Pengujian Modulus Elastisitas Beton

A. Tujuan

Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui seberapa besar regangan yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan beton benda uji.

B. Peralatan

Strain Gauge atau alat pengukur deformasi bentuk (pengukur ΔL) yang diletakkan menempel secara maknetis pada mesin uji kuat tekan.

C. Pelaksanaan

- a. Alat ukur strain gauge diletakkan pada mesin uji tekan, diusahakan jarum penunjuk dapat dilihat dengan jelas dan aman dari serpihan pecahan beton
- b. Jarum petunjuk diatur pada posisi nol.
- c. Pembacaan jarum penunjuk dilakukan tepat pada saat beton pecah.



Foto Uji Modulus Elastisitas

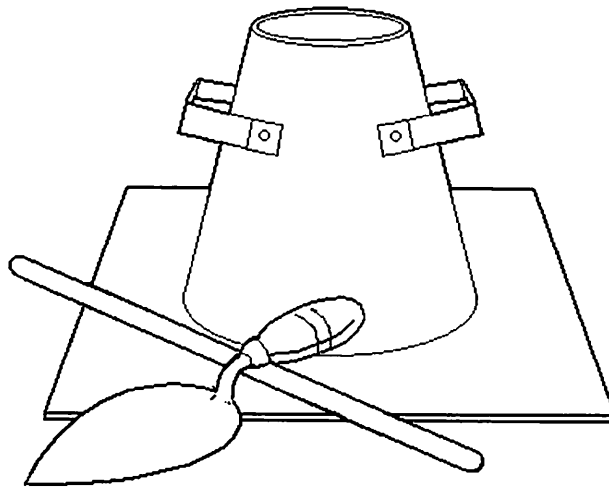
3.5.2 Uji Slump Beton

A. Tujuan

Tujuan uji Slump beton adalah untuk menentukan ukuran derajat kemudahan (workability) pengecoran 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 3.2. : Aparatus Slump Test

C. Prosedur Pelaksanaan

1. Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
2. Letakkan cetakan di atas pelat.
3. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis. Tiap lapis kira-kira $\frac{1}{3}$ isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan 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 dilakukan dengan tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan dinding cetakan.
4. Setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat, tunggu selama setengah menit, dan dalam jangka waktu ini semua kelebihan beton segar di sekitar cetakan harus dibersihkan.
5. Cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
6. Balikkan cetakan dan letakkan di samping benda uji.

7. Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata dari benda uji.

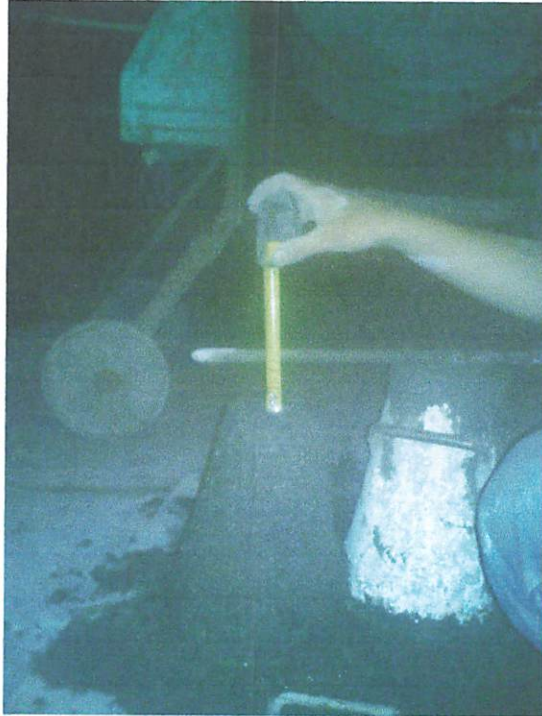


Foto Uji Slump

3.6 Pelaksanaan Campuran Beton

3.6.1 Prosedur Pelaksanaan Campuran (Pengecoran)

Prosedur untuk pelaksanaan campuran, setelah ditetapkan unsur - unsur campuran sebagai berikut :

- a. Persiapkan 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. Dengan menggunakan sekop atau alat pengaduk, lakukan pencampuran agregat.

- e. Tambahkan semen pada agregat campuran, dan ulangi proses pencampuran sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.
- f. Tuangkan sebanyak $\frac{1}{3}$ jumlah air ke dalam wadah dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
- g. Tambahkan $\frac{1}{3}$ jumlah air ke dalam wadah dan ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.
- h. Lakukan pemeriksaan slump.
- i. Apabila nilai slump sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji silinder beton.
- j. Buatlah benda uji silinder atau kubus sesuai dengan petunjuk jumlah benda uji ditetapkan berdasarkan volume adukan.
- k. Lakukan pencatatan hal - hal yang menyimpang dari perencanaan terutama jumlah pemakaian air dan nilai slump

3.6.2 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 Limbah Marmer sebagai pengganti agregat kasar untuk diperiksa pengaruhnya terhadap sifat mekanis beton

B. Peralatan

- a. Cetakan silinder, diameter 10 cm dan tinggi 20 cm (digunakan untuk pengujian porositas).

- b. Cetakan silinder, diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (digunakan untuk pengujian kuat tarik belah dan kuat tekan).
- c. Cetakan balok (15 x 15 x 60) cm (digunakan untuk pengujian kuat tarik lentur)
- d. Tongkat pemadat baja tahan karat, diameter 16 mm, panjang 60 cm, dengan ujung dibulatkan.
- e. Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk (molen / mixer).
- f. Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh.
- g. Mesin uji tekan dengan kapasitas sesuai kebutuhan.
- h. Mesin uji lentur balok beton.
- i. Satu set alat pelapis (capping).
- j. Peralatan tambahan : ember, 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 nanti dilepaskan dari beton hasil cetakan.
- 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 lapis 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 sisi cetakan perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan yang kedap air dan tahan karat. Kemudian biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam dan tempatkan di tempat yang bebas dari getaran.
- e. Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji.

D. Perawatan Benda Uji

Langkah – langkah perawatan benda uji :

1. Setelah pelepasan benda uji, benda uji dideiamkan selama 24 jam pada tempat yang terlindung. Ini bertujuan agar pada benda uji tidak terjadi penguapan yang berlebihan akibat sinar matahari maupun penambahan air akibat hujan. Kemudian benda uji diberi tanda sesuai dengan kelompok identitas masing-masing.
2. Benda uji diletakkan dalam bak peredaman atau ditutupi dengan karung yang basah hingga mencapai umur pengetesan.

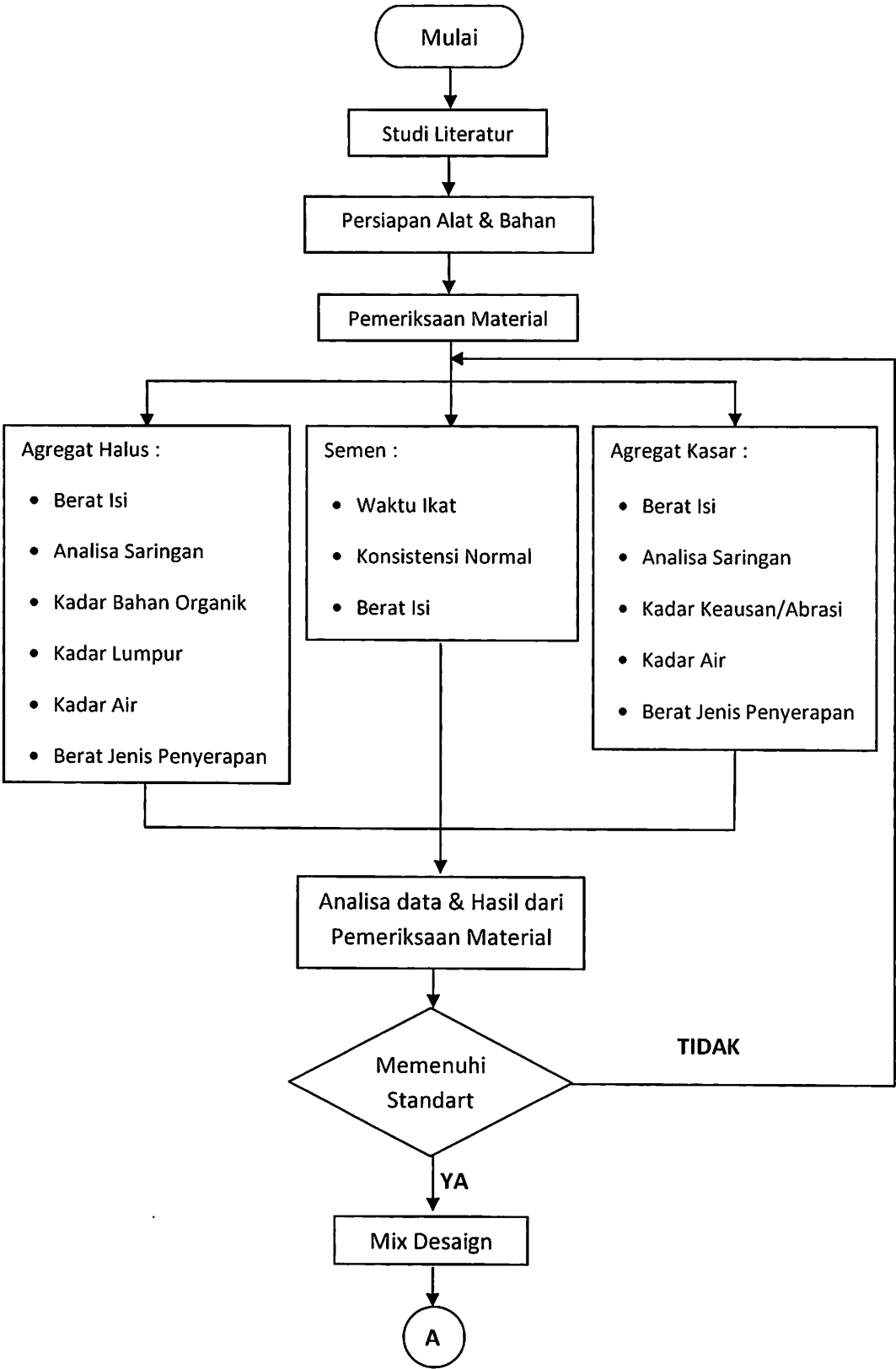
E. Persiapan Pengujian

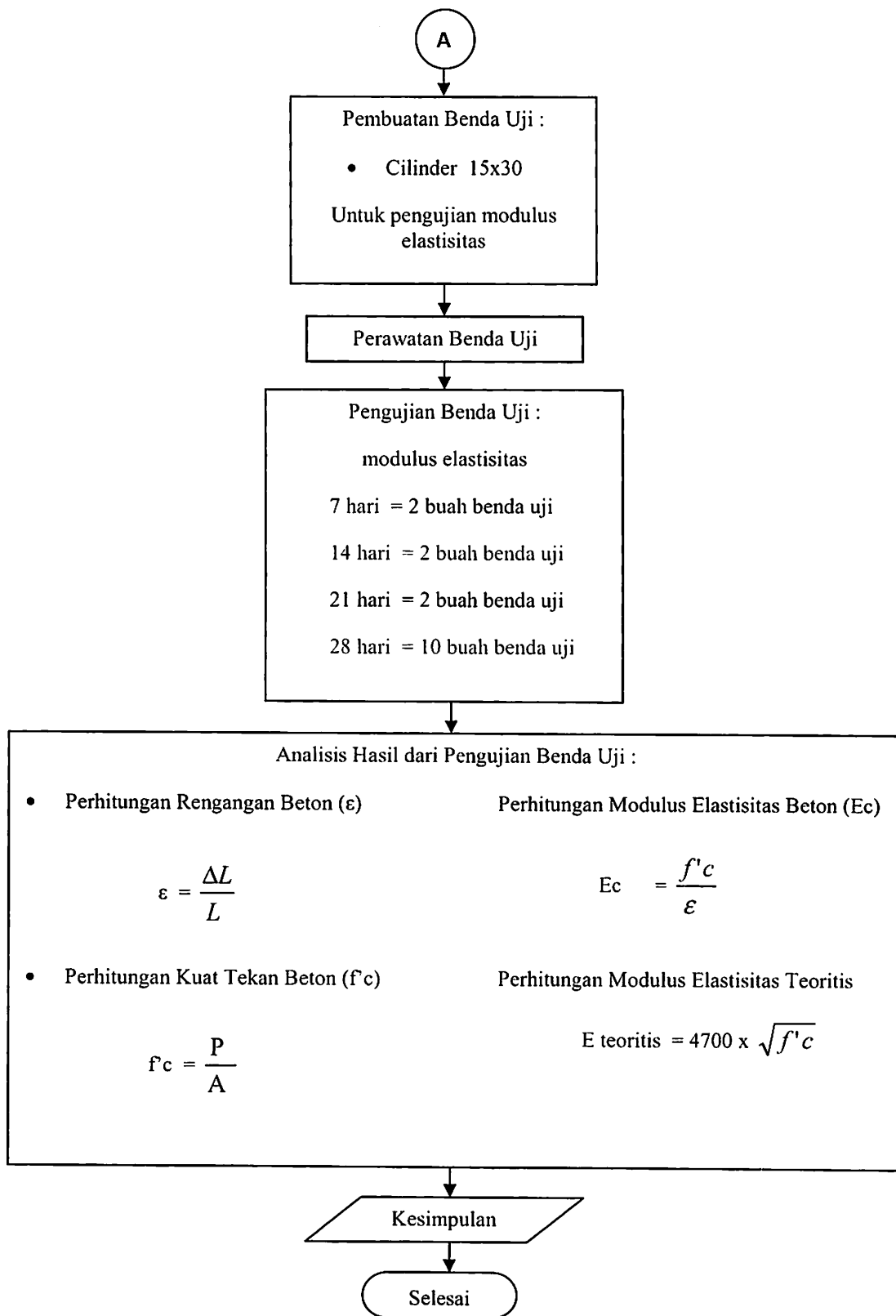
- a. Ambillah benda uji yang akan ditentukan kekuatannya dari bak perendam, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
- b. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
- c. Untuk benda uji silinder, lapislah permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang dengan cara sebagai 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.
- d. Pemeriksaan kekuatan beton biasanya dilakukan pada umur 28 hari

Tabel 3.1 Jumlah Benda Keseluruhan

No	Nilai Fc	Jenis Pengujian	Umur Pengujian	Jumlah Sample	Ukuran Sample
1	17.5	Modulus Elastisitas	7 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			14 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			21 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			28 Hari	10 Buah	Silinder 15 x 30
2	20	Modulus Elastisitas	7 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			14 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			21 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			28 Hari	10 Buah	Silinder 15 x 30
3	22.5	Modulus Elastisitas	7 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			14 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			21 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			28 Hari	10 Buah	Silinder 15 x 30
4	25	Modulus Elastisitas	7 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			14 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			21 Hari	2 Buah	Silinder 15 x 30
			28 Hari	10 Buah	Silinder 15 x 30

3.7 Bagan Alir Penelitian





BAB IV

PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1. Pemeriksaan Bahan

Sebelum diadakan pencampuran bahan - bahan pembentuk campuran beton sebaiknya terlebih dahulu dilakukan penelitian terhadap agregat kasar dan agregat halus. Percobaan yang dilakukan meliputi : pemeriksaan berat isi, analisa saringan agregat kasar dan halus, pemeriksaan kotoran organik dan kadar lumpur untuk agregat halus, pemeriksaan kadar air, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, pengujian keausan agregat kasar (*Abrasi Test*) dengan alat Los Angeles.

Di bawah ini adalah cara perhitungan dan hasil-hasil dari pekerjaan pemeriksaan bahan. Untuk hasil selengkapnya, dapat dilihat pada lampiran.

4.1.1. Pemeriksaan Berat Isi

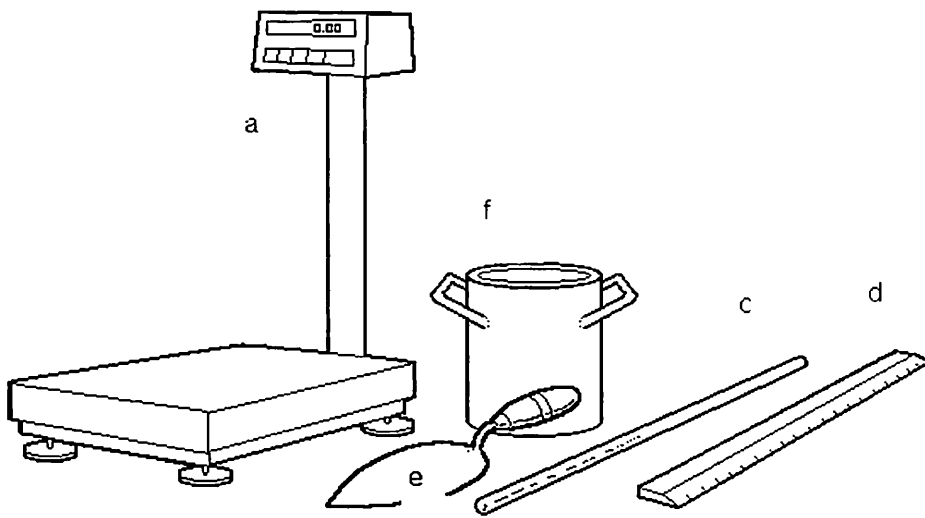
A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan berat isi agregat yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

B. Peralatan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

- c. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm, yang ujungnya bulat, terbuat dari baja tahan karat.
- d. Mistar perata.
- e. Sekop.
- f. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang, berkapasitas sebagai berikut



Gambar 4.1. : Aparatus Pemeriksaan Berat Volume Agregat

C. Bahan

Bahan yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus.

D. Prosedur Pelaksanaan

Masukkan agregat ke dalam talam sekurang - kurangnya sebanyak kapasitas wadah, keringkan dengan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap, untuk digunakan sebagai benda uji.

a) Berat isi lepas :

- Timbang dan catatlah berat wadah (W1).
- Masukkan benda uji dengan hati - hati agar tidak terjadi pemisahan butir - butir, dari ketinggian 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
- Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W2).
- Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

b) Berat isi agregat ukuran butir maksimum 38,1 mm (1 ½") dengan cara penusukan :

- Timbang dan catatlah berat wadah (W1)
- Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
- Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W2).
- Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

E. Perhitungan

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

Dimana : V = isi wadah (cm³)

W_3 = Berat contoh uji (kg)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.1. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

BATU PECAH		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	20660	20740	19930	21070	21240	21200
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	12750	12830	12020	13160	13330	13290
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000	10000	10000	10000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1,28	1,28	1,20	1,32	1,33	1,33
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,25			1,33		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.2. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

BATU PECAH		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7620	7520	7650	8070	8080	8170
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	4060	3960	4090	4510	4520	4610
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000	4510	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1,35	1,32	1,36	1,5	1,51	1,54
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,35			1,52		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.3. Pemeriksaan Berat Isi Semen

BATU PECAH		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7060	6860	6760	7140	7260	7290
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	3500	3300	3200	3580	3700	3730
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1,17	1,10	1,07	1,19	1,23	1,74
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,11			1,22		

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil Penelitian

1. Berat isi lepas/gembur rata-rata

- a. Agregat Kasar Batu Pecah = 1,25 kg/cm³
- b. Agregat halus (pasir) = 1,35 kg/cm³
- c. Semen = 1,11 kg/cm³

2. Berat isi padat

- a. Agregat kasar Batu pecah = 1,33 kg/cm³
- b. Agregat halus (pasir) = 1,52 kg/cm³
- c. Semen = 1,22 kg/cm³

4.1.2. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

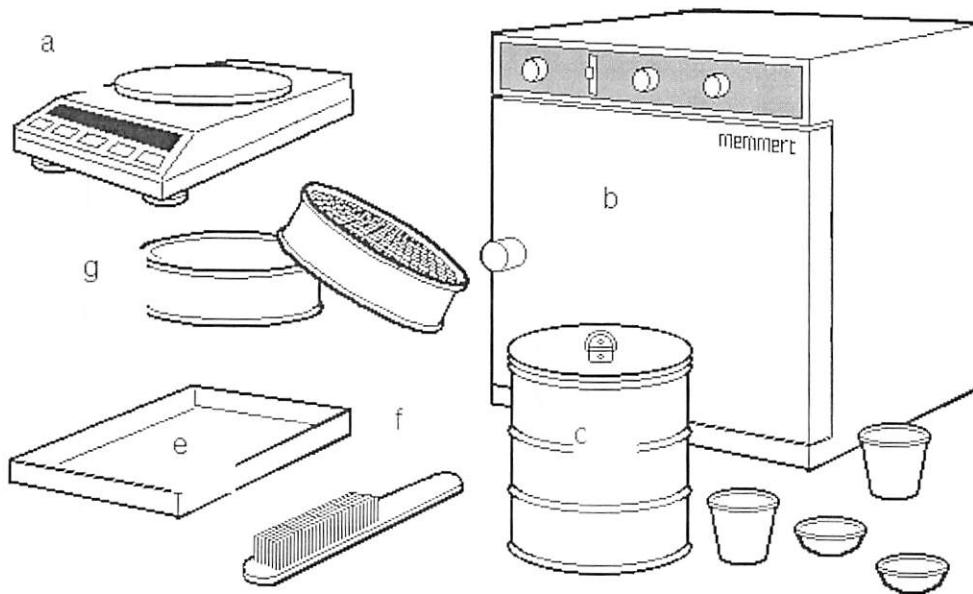
A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Pelaksanaan penentuan gradasi ini dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar. Alat yang digunakan adalah seperangkat saringan dengan ukuran lubang (jaring - jaring) tertentu.

B. Peralatan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,2 % dari berat benda uji.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- c. Alat pemisah contoh (*sample splitter*).

- d. Alat penggetar saringan (*shieve shaker*).
- e. Talam - talam.
- f. Kuas, sikat kuning, sendok
- g. Seperangkat saringan dengan ukuran :



Gambar 4.2. : Aparatus untuk analisis saringan agregat kasar dan halus

Tabel 4.4. Penentuan Saringan Untuk Agregat Kasar

Nomor Saringan	Diameter Lubang Saringan (mm)
(3")	76,2
(1 ½")	38,1
(¾")	19,1
(⅜")	9,6
(No. 4)	4,75
(No. 8)	2,36
(No. 16)	1,18
(No. 30)	0,6
(No. 50)	0,3
(No. 100)	0,15
(No. 200)	0,075

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

C. Bahan

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempatan. Berat dari contoh disesuaikan dengan ukuran maksimum diameter agregat kasar yang digunakan, seperti diuraikan pada tabel perangkat saringan.

D. Prosedur Pelaksanaan

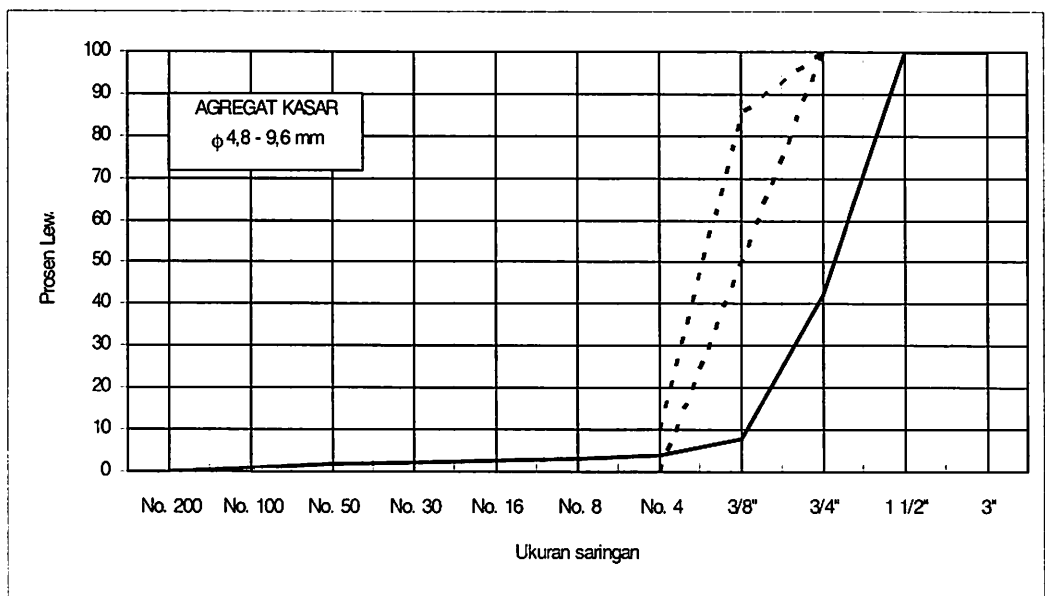
- a. Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat tetap.
- b. Contoh dicurahkan pada perangkat saringan. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar di atas. Perangkat saringan diguncang-guncang dengan tangan atau alat penggetar saringan, selama 15 menit.

E. Tabel Perhitungan

Tabel 4.5. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Batu Pecah

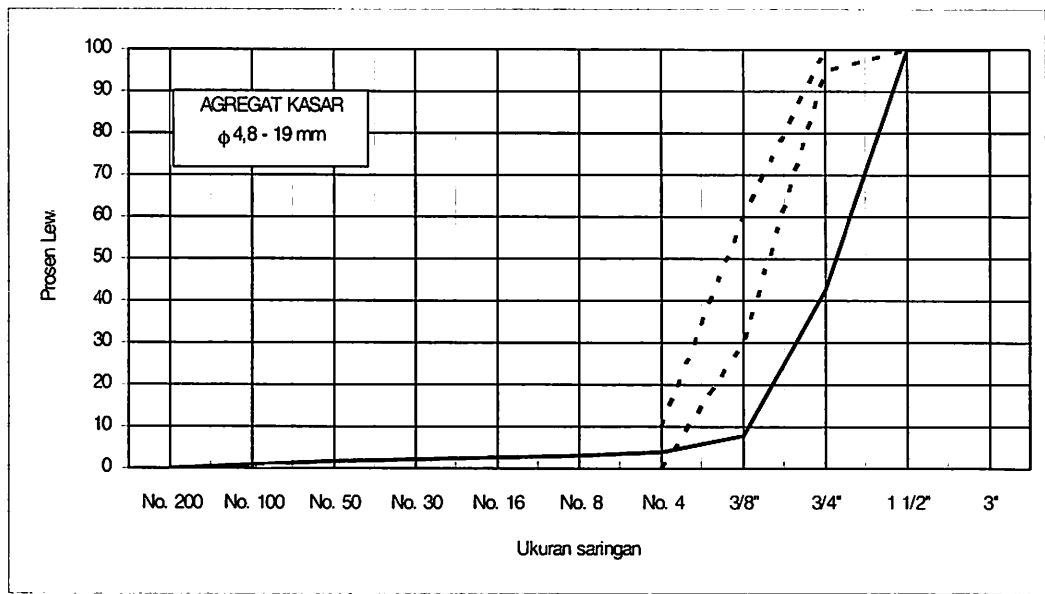
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	Lewat
76.2 mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38.1 mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19.1 mm (3/4")	11505,70	57,45	57,45	42,55
9.6 mm (3/8")	6964,90	34,78	92,23	7,77
4.75 mm (No. 4)	807,80	4,03	96,26	3,74
2.36 mm (No. 8)	100,40	0,50	96,77	3,23
1.18 mm (No. 16)	94,30	0,47	97,24	2,76
0.6 mm (No. 30)	114,70	0,57	97,81	2,19
0.3 mm (No. 50)	122,60	0,61	98,42	1,58
0.15 mm (No. 100)	113,50	0,57	98,99	1,01
0.075 mm (No. 200)	182,20	0,91	99,90	0,10
Pan	20.30	0.10	100,00	0,00

Sumber : Data Hasil Penelitian



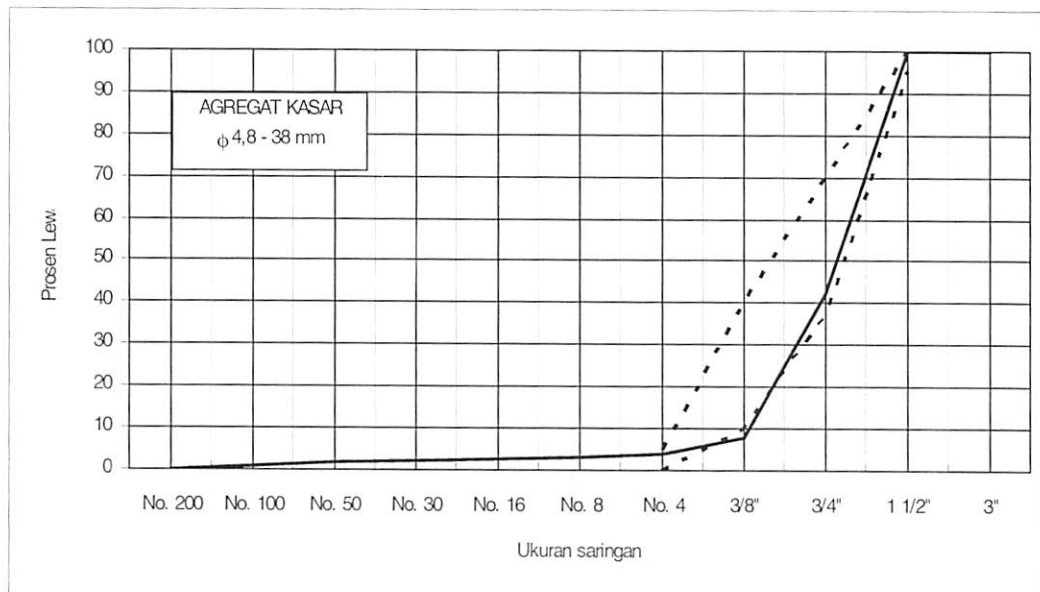
Grafik 4.1. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 9,6 mm

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 4.2. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 19 mm

Sumber : Data Hasil Penelitian



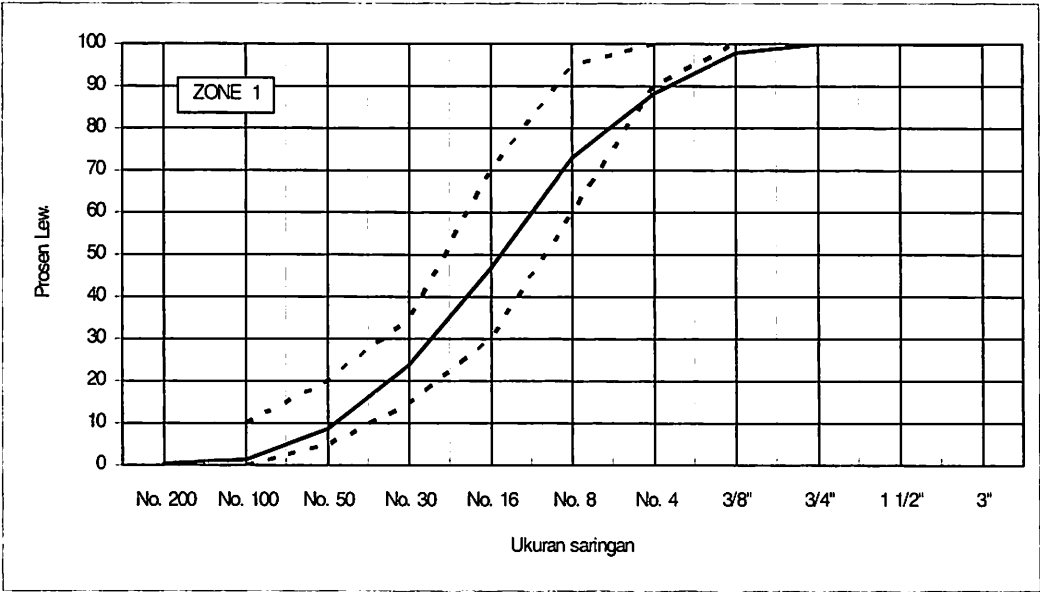
Grafik 4.3. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 38 mm

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.6. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

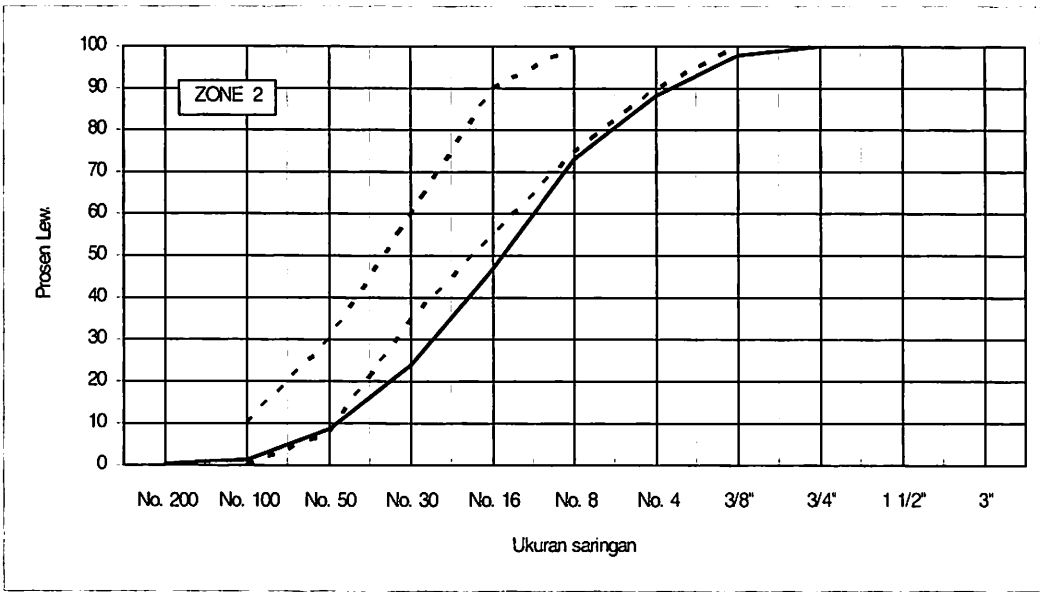
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38.1 mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19.1 mm (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
9.6 mm (3/8")	46,70	2,34	2,34	97,67
4.75 mm (No. 4)	192,10	9,61	11,94	88,06
2.36 mm (No. 8)	298,00	14,90	26,84	73,16
1.18 mm (No. 16)	521,90	26,10	52,94	47,07
0.6 mm (No. 30)	460,20	23,01	75,95	24,06
0.3 mm (No. 50)	304,50	15,23	91,17	8,83
0.15 mm (No. 100)	151,20	7,56	98,73	1,27
0.075 mm (No. 200)	18,50	0,93	99,66	0,34
Pan	1,90	0,10	99,75	0,25

Sumber : Data Hasil Penelitian



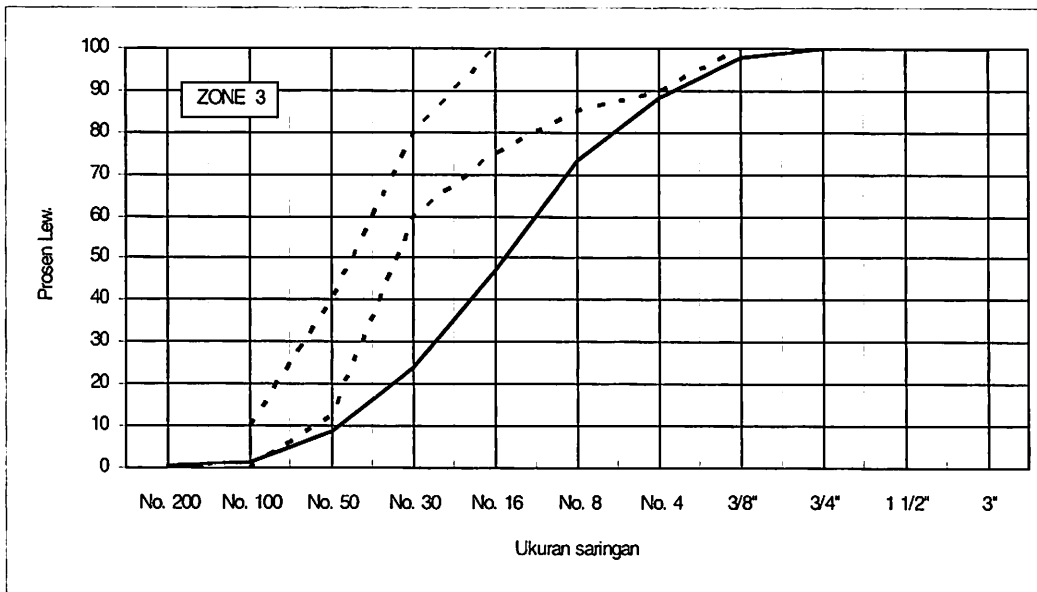
Grafik 4.4. : Batas Gradasi Zona 1 untuk Agregat Halus

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 4.5. : Batas Gradasi Zona 2 untuk Agregat Halus

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 4.6. : Batas Gradasi Zona 3 untuk Agregat Halus

Sumber : Data Hasil Penelitian

F. Hasil Penelitian

Dari pengujian analisa saringan agregat didapatkan :

- Agregat halus (pasir masuk zone 1)
- Modulus kehalusan Pasir agregat halus 2,18
- Agregat kasar masuk ukuran 4,8 – 38 mm

4.1.3. Pemeriksaan Kotoran Organik

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan adanya kandungan bahan organik dalam agregat halus. Kandungan bahan organik yang berlebihan dapat mempengaruhi kualitas penggunaan pasir untuk campuran beton.

B. Peralatan

- a. Botol gelas tembus pandang dengan penutup karet atau gabus atau bahan lainnya yang tidak bereaksi terhadap NaOH. Volume gelas = 350 ml.
- b. Standar warna (organics plate).
- c. Larutan NaOH 3%.

C. Bahan

Contoh pasir dengan volume 115 ml ($\frac{1}{3}$ volume botol)

D. Prosedur Pelaksanaan

- 1 Contoh benda uji dimasukkan ke dalam botol.
- 2 Tambahkan senyawa NaOH 3%. Setelah dikocok, total volume menjadi kira - kira $\frac{3}{4}$ volume botol.
- 3 Botol ditutup erat-erat, dan botol dikocok kembali. Diamkan botol selama 24 jam.
- 4 Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar No. 3 (apakah lebih tua atau lebih muda).

Tabel 4.7. Warna Standart

Warna Larutan	Penurunan Kekuatan
Putih	0
Kuning Muda	5 - 10
Kuning Merah	15 - 30
Coklat Muda	30 - 40
Coklat Tua	40 - 60

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

E. Catatan

- Larutan NaOH 3% diperoleh dari campuran 3 bagian larutan berat NaOH dalam 97 bagian berat air suling.
- Bila warna cairan contoh lebih tua dari warna standar No. 3, berarti kandungan bahan organik melebihi toleransi (pasir terlalu kotor).

F. Hasil Penelitian

Warna cairan NaOH 3 % yang didiamkan selama 24 jam untuk pasir berwarna **Bening**. Artinya, tidak ada kotoran organik dalam pasir.

4.1.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan prosentase kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur $< 5\%$ merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

B. Peralatan

- Gelas ukur
- Alat pengaduk

C. Bahan

Contoh pasir secukupnya (kondisi lapangan) dengan bahan pelarut air biasa.

D. Prosedur Pelaksanaan

- a. Contoh benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur.
- b. Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
- c. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
- d. Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
- e. Ukur tinggi pasir (V_1) dan tinggi lumpur (V_2).

E. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% = \frac{5}{490 + 5} \times 100\% = 1,010\%$$

(*Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton*)

Dimana :

V_1 = tinggi pasir

V_2 = tinggi Lumpur

F. Hasil penelitian

Kadar lumpur untuk pasir sebesar 1,010 %, berarti pasir yang diperiksa memenuhi syarat untuk digunakan untuk campuran beton ($< 5\%$).

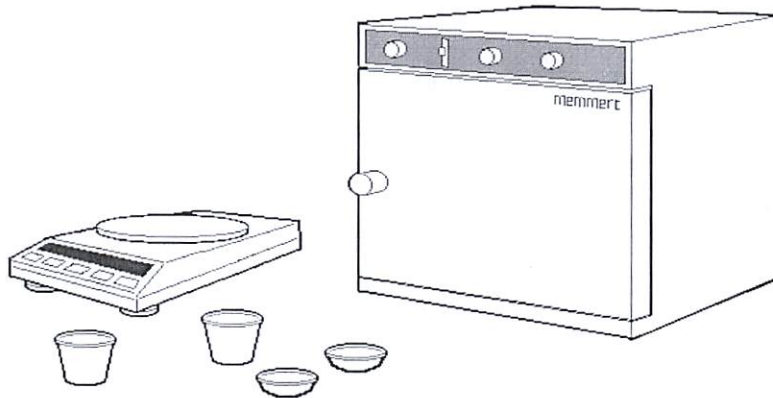
4.1.5. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering permukaan atau SSD (*saturated surface dry*).

B. Peralatan

- Timbangan.
- Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar bagi tempat pengeringan contoh benda uji.



Gambar 4.3 : Aparatus untuk pemeriksaan kadar air agregat

C. Bahan

Berat minimum contoh agregat tergantung pada ukuran maksimum, dengan batasan sebagai berikut :

Tabel 4.8. Ukuran Maksimum Agregat

Ukuran maksimum	Berat minimum	Ukuran maksimum	Berat minimum
6,30 mm (1/4 “)	0,50 kg	50,80 mm (2 “)	8,00 kg
9,50 mm (3/8 “)	1,50 kg	63,50 mm (2 ½ “)	10,00 kg
12,70 mm (1/2 “)	2,00 kg	76,20 mm (3 “)	13,00 kg
19,10 mm (3/4 “)	3,00 kg	88,90 mm (3 ½ “)	16,00 kg
25,40 mm (1 “)	4,00 kg	101,60 mm (4 “)	25,00 kg
38,00 mm (1 ½ “)	6,00 kg	152,40 mm (6 “)	50,00 kg

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

D. Prosedur Pelaksanaan

- Timbang dan catatlah berat talam (W_1).
- Masukkan benda uji ke dalam talam, kemudian timbang dan catatlah berat talam + benda uji (W_2).
- Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- Keringkan benda uji bersama talam dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat tetap.
- Setelah kering, timbang dan catatlah berat talam + benda uji kering (W_4).
- Hitung berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$).

E. Perhitungan

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$$

Dimana :

W_3 = berat contoh semula (gram)

W_5 = berat contoh kering (gram)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.9. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

BATU PECAH		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2550	2610	171,5	167,5
B.	Berat tempat + contoh (gr)	22230	21890	2171,7	2167,5
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	21940	21580	2100,9	2101,2
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100 \%$ (%)	1,50	1,63	3,67	3,43
F.	Kadar air rata-rata (%)	1,56		3,55	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.10. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	3310	2720	179,4	168,6
B.	Berat tempat + contoh (gr)	21760	19990	679,4	668,6
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	20530	18910	668,20	659,70
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100 \%$ (%)	7,14	6,67	2,29	1,81
F.	Kadar air rata-rata (%)	6,91		2,05	

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil penelitian

- a. Kadar air Agregat halus (pasir) SSD = 2,05 %, Asli = 6,91%
- b. Kadar air Agregat kasar Batu Pecah SSD = 3,55 %, Asli = 1,56 %

4.1.6. Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Batu Scoria

A. Tujuan Penelitian

Menentukan “*bulk* dan *apparent*” *specific gravity* dan penyerapan (absorpsi) agregat kasar menurut prosedur ASTM C-127. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton.

B. Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram yang mempunyai kapasitas 5 kg.
Keranjang besi diameter 203,2 mm (8”) dan tinggi 63,5 mm (2,5 “).
- Alat penggantung keranjang.
- Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Handuk
- Talam logam tahan karat untuk tempat pengeringan benda uji absorpsi

C. Bahan

Berat contoh agregat disiapkan sebanyak 11 liter dalam keadaan kering muka (*SSD = Saturated Surface Dry*). Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan. Butiran agregat yang lolos saringan No. 4 tidak dapat digunakan sebagai benda uji.

D. Prosedur Pelaksanaan

- Benda uji direndam selama 24 jam.
- Benda uji dikeringkan permukaanya (kondisi SSD) dengan menggulungkan handuk pada butiran agregat.
- Timbang contoh. Hitung berat contoh kondisi SSD (B_j).
- Contoh benda uji dimasukkan ke dalam keranjang dan direndam kembali di dalam air. Tempertur air dijaga $(73,4 \pm 3)^\circ$ Fahrenheit, dan kemudian ditimbang setelah keranjang digoyang-goyangkan dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap. Hitung berat contoh kondisi jenuh (B_a).
- Contoh dikeringkan pada temperatur $(212 \pm 130)^\circ$ Fahrenheit. Setelah didinginkan, contoh ditimbang. Hitung berat contoh kondisi kering (B_k).

E. Perhitungan

- Berat Jenis (*bulk*) $\frac{B_k}{B_j - B_a}$
- Berat jenis kering permukaan jenuh $\frac{B_j}{B_j - B_a}$
- Berat jenis semu (*apparent*) $\frac{B_k}{B_k - B_a}$
- Penyerapan (absorpsi) $\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$

Dimana :

- B_j = berat contoh kering permukaan jenuh = 5000 gram
- B_k = berat contoh kering oven
- B_a = berat contoh di dalam air

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.11. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Scoria

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4805,4	4817,5	4811,45
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	Ba	2949,9	2946,1	2948
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,34	2,35	2,34
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,44	2,43	2,44
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,59	2,57	2,58
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	4,05	3,79	3,92

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil penelitian

- a. Berat jenis (*bulk*) = 2,34
- b. Berat jenis SSD = 2,44
- c. Berat Jenis semu (*apparent*) = 2,58
- d. Penyerapan (absorpsi) = 3,92 %

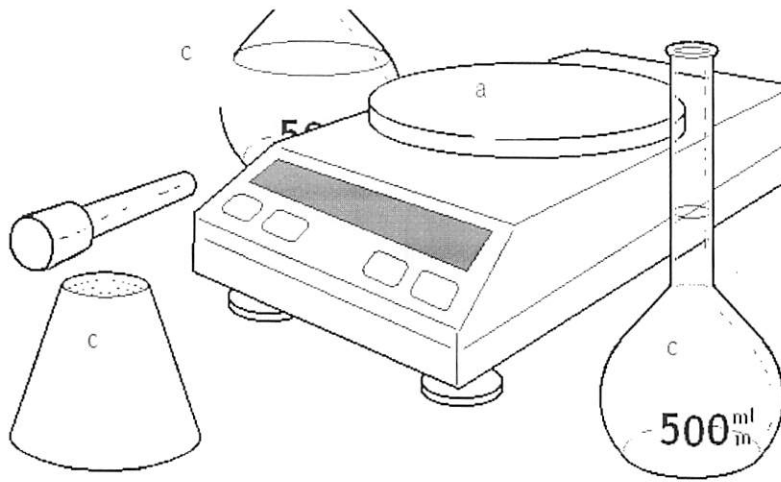
4.1.7. Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah menentukan “*bulk* dan *apparent*” *specific gravity* dan penyerapan agregat halus menurut prosedur ASTM C-128.

B. Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,5 gr dengan kapasitas minimum 1000 gram.
- Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Piknometer dengan kapasitas 500 gram.
- Cetakan kerucut pasir (metal sand cone) dan tongkat pemadat dari logam.



Gambar 4.4. Aparatus untuk analisis specific gravity dan absorpsi agregat halus

C. Bahan

Berat contoh agregat disiapkan sebanyak 1000 gram. Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan.

D. Prosedur Pelaksanaan

1. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
2. Sebagian dari contoh dimasukkan pada “metal sand cone mold”. Benda uji dipadatkan dengan tongkat pemadat (tamper). Jumlah tumbukan adalah 25 kali. Kondisi SSD (Saturated Surface Dry) contoh diperoleh jika cetakan diangkat, butiran-butiran pasir longsor/runtuh.
3. Contoh agregat halus seberat 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer. Isilah piknometer tadi dengan air sampai 90% penuh. Bebaskan gelembung-gelembung udara dengan cara menggoyang-goyangkan piknometer tadi. Rendamlah piknometer dengan suhu air $(73,4 \pm 3)^\circ$ Fahrenheit selama 24 jam.
4. Pisahkan contoh benda uji dengan piknometer dan keringkan pada suhu $(213 \pm 230)^\circ$ Fahrenheit. Langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam.
5. Timbanglah berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur $(73,4 \pm 4)^\circ$ Fahrenheit, dengan ketelitian 0,1 gram.

E. Perhitungan

- Berat Jenis (*bulk*) $\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$
- Berat jenis kering permukaan jenuh $\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$
- Berat jenis semu (*apparent*) $\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$
- Penyerapan (*absorpsi*) $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$

Dimana :

- Bj = berat contoh kering permukaan jenuh = 500 gram
- Bk = berat contoh kering oven
- B = berat piknometer diisi air pada 25°C
- Bt = berat piknometer + contoh SSD + air (25°C)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.12. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	487,70	489,00	488,35
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	678,90	666,80	672,85
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	985,60	974,20	979,90
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2,52	2,54	2,53
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2,59	2,60	2,59
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2,69	2,69	2,69
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	2,52	2,25	2,39

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil penelitian Agregat halus (pasir)

- Berat jenis (*bulk*) = 2,53
- Berat jenis SSD = 2,59
- Berat Jenis semu (*apparent*) = 2,69
- Penyerapan (*absorpsi*) = 2,39 %

4.1.8. Pengujian Keausan Agregat Kasar Batu pecah dengan Menggunakan Alat *Los Angeles*

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan (abrasi) menggunakan alat *Los Angeles*.

a. Peralatan

Mesin Abrasi *Los Angeles*, yaitu mesin yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (28") dan panjang 50 cm (20"). Silinder ini bertumpu pada dua poros pendek tidak menerus yang berputar pada poros mendatar. Silinder mempunyai lubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm (3,56").

- b. Bola-bola baja mempunyai diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram.

- c. Saringan mulai ukuran 37,5 mm (1 ½”) sampai 2,38 mm (N0. 8).
- d. Timbangan dengan kapasitas 5000 gram dan dengan ketelitian 1 gram.
- e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, memanasi sampai (110 ±5) °C.

B. Bahan

Benda uji harus bersih. Bila benda uji masih mengandung kotoran, debu, bahan organik atau terselimuti oleh bahan lain, maka benda uji harus dicuci dahulu sampai bersih kemudian dikeringkan dalam suhu (110 ±5)°C. Pisahkan benda uji ke dalam masing-masing fraksi kemudian digabungkan sesuai dengan daftar berikut.

Tabel 4.13. Berat dan Gradasi benda uji

Ukuran saringan		Berat dan gradasi benda uji (gram)			
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	A	B	C	D
37,5 (1 ½”)	25,0 (1”)	1250 ± 25	-	-	-
25,0 (1”)	19,0 (¾”)	1250 ± 25	-	-	-
19,0 (¾”)	12,5 (½”)	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
12,5 (½”)	9,5 (⅜”)	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
9,5 (⅜”)	6,3 (¼”)	-	-	2500 ± 25	-
6,3 (¼”)	4,75 (No.4)	-	-	2500 ± 25	-
4,75 (No.4)	2,36 (No. 8)	-	-	-	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Jumlah bola		12	11	8	6
Berat bola (gram)		5000 ± 25	4584 ± 25	3330 ± 25	2500 ± 25

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

C. Prosedur Praktikum

- a. Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles dan mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak 500 ± 1 putaran.
- b. Setelah selesai putaran, benda uji dikeluarkan, disaring dengan saringan 4,75 mm (No. 4) dan 1,7 (No. 12). Butiran yang lebih besar dari 1,7 mm (tertahan di kedua saringan tersebut) dicuci bersih, dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap. Kemudian timbang dengan ketelitian 5 gram.

D. Perhitungan

$$\text{Nilai keausan } Los Angeles = \frac{a - b}{a} \times 100 \%$$

Dimana :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan di saringan No. 12 (dan No. 4) (gram)

E. Tabel Perhitungan

Tabel 4.14. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)	
Saringan		I	
Lolos	Tertahan	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")	2500	580,7
12,50 mm (1/2")	9,50 Mm (3/8")	2500	852,6
9,50 mm (3/8")	6,30 Mm (1/4")		667
6,30 mm (1/4")	4,75 Mm (No. 4)		402,2
4,75 mm (No. 4)	2,38 Mm (No. 8)		576,6
Berat tertahan saringan no 12			282,3
Jumlah berat		5000	3361,4
a	Berat benda uji semula		5000
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)		3361,4
	Keausan : $\frac{(a - b)}{a} \times 100\%$		32,77

Sumber : Data Hasil Penelitian

F. Hasil penelitian

Nilai keausan = 32,77 %, menurut Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi, nilai keausan maksimum adalah 40 %

4.2. Perhitungan Komposisi Campuran Beton

4.2.1. Perhitungan Mix Design Beton untuk Agregat Kasar Batu Pecah

Metode British Mengacu Pada *SNI 03-2847-2002*

- **Data – data hasil test material**

- Berat isi agregat halus = $1,52 \text{ gr/cm}^3$
- Berat isi agregat kasar = $1,35 \text{ gr/cm}^3$
- Berat jenis agregat kasar = 2,34
- Berat jenis agregat halus = 2,53
- Max agregat size = 20 mm
- Kadar air agregat halus = 6,91 % kondisi asli & 2,05 % kondisi SSD
- Kadar air agregat kasar = 1,56 % kondisi asli & 3,55% kondisi SSD

- **Untuk kuat tekan karakteristik (f_c 17,5 MPa)**

1. Kekuatan tekan karakteristik = $17,5 \text{ MPa} = 17,5 \text{ N/mm}^2$

$$= 17,5 \times \frac{10^{-1}}{10^{-2}} \text{ Kg/cm}^2$$
$$= 175 \text{ kg/cm}^2$$

2. *Deviasi Standart* = diambil yang baik antara $5,5 < S < 6,5$

Tabel 4.15. Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar S (Mpa)		
Sebutan	Jumlah beton (m ³)	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,5 < S < 8,5$
Sedang	1000 – 3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 7,5$
Besar	> 3000	$2,5 < S < 3,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

3. *Faktor margin* = $1,34 \times \text{Deviasi Standart}$

$$= 1,34 \times 6,00 = 8,04 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Rencana = Kuat tekan karakteristik + Faktor Margin

$$= 17,5 + 8,04 = 25,54 \text{ MPa}$$

Untuk kuat tekan rencana dipakai nilai 25,54 MPa.

Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847 2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

4. *Jenis semen yang digunakan* : Semen Gresik PPC 40 kg

5. *Jenis Agregat Kasar* : Dipecah

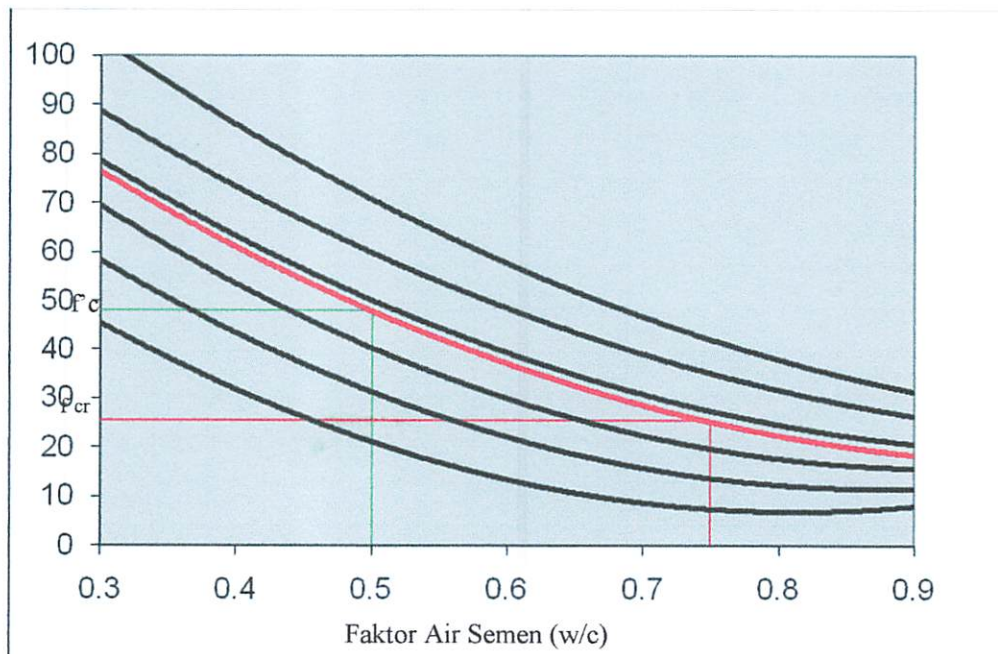
Jenis Agregat halus : Tidak dipecah

6. Faktor air semen (W/C) :

Tabel 4.16. Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) = 0,5

Tipe semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa) pada umur (hari)			
		3	7	28	91
Tipe I	Tidak dipecah	22	31	43	50
Tipe V	Dipecah	27	36	48	55
Tipe III	Tidak dipecah	29	37	49	55
	Dipecah	34	43	54	60

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi



Grafik 4.7. : Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C

Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

$$\frac{w}{c} \text{ rasio rencana} = 0.77$$

Dari pembacaan table diatas didapat W/C = 0,77

7. Faktor air semen maksimum :

Tabel 4. 17 : Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos

Kondisi Ekspos	Selimut beton (mm)								
Ringan	-	-	-	-	25	20	20	20	20
Sedang	-	-	-	-	-	35	30	25	20
Buruk	-	-	-	-	-	-	40	30	25
Sangat buruk	-	-	-	-	-	-	50	40	30
Ekstrim	-	-	-	-	-	-	-	60	50
W/C maksimum	0,78	0,75	0,73	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Jumlah semen minimum (kg/m ³)	213	225	238	250	275	300	325	350	400
Kekuatan minimum (MPa)	17,5	20	22,5	25	30	35	40	45	50

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

Karena mutu yang di tentukan 17,5 MPa pembacaan pada tebal diambil diambil w/c minimum pada tebal yaitu = 0,78

8. Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan :

terkecil antara Faktor air semen (W/C) (no.6) dan Faktor air semen maksimum (no.7) adalah 0,77

9. Slump rencana = 60 – 180 mm

10. Maximum agregat size dengan melihat agregat yang tertahan di saringan

no : $\frac{3}{4}$ / 19,1 mm dan di dapat Rata-rata agregat kasar 20 mm

11. Kadar air bebas :

Tabel 4. 18 : Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Tingkat Workability Tertentu

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis Agregat	Jumlah air (kg/m ³) untuk			
		Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 – 60	60 – 180
10	Dipecah	150	180	205	225
	Tidak dipecah	180	205	230	250
20	Dipecah	135	160	180	195
	Tidak dipecah	170	190	210	225
40	Dipecah	115	140	160	175
	Tidak dipecah	155	175	190	205

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

Menentukan kadar air bebas dengan melihat tabel 11 pada ukuran maksimum agregat 20 mm pada slump 60 - 180 dengan jenis agregat yang di pecah terdapat nilai kadar air bebas $= (2/3) \times 225 + (1/3) \times 195 = 215$ mm

$$\begin{aligned}
 12. \quad \text{Pemakaian jumlah semen} &= \frac{\text{KadarAirbebas}}{\text{FAS(rencana)}} \\
 &= \frac{215}{0.77} = 279,22 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

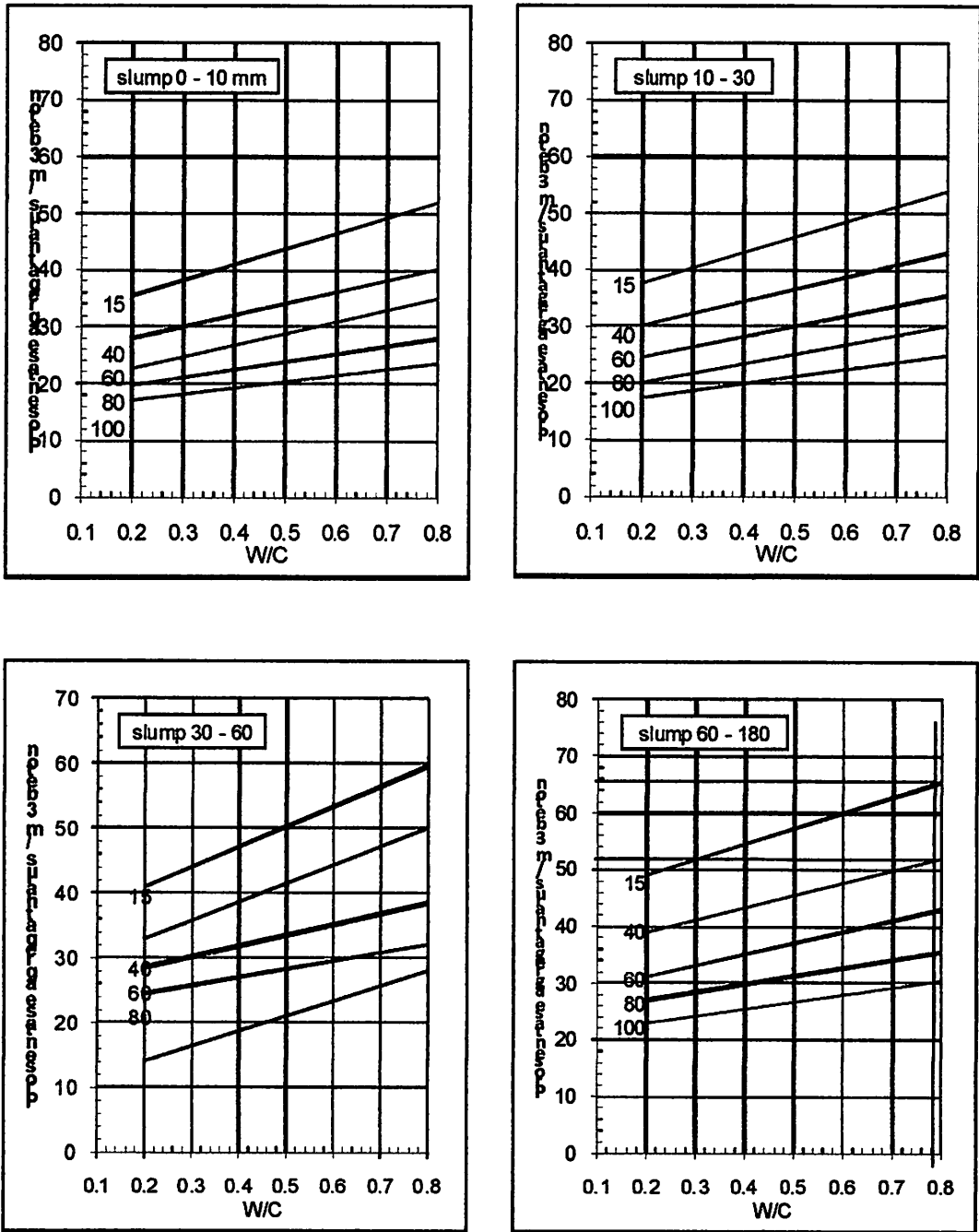
13. Jumlah semen minimum :

Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 4.17 dengan w/c maksimum 0,78 diperoleh jumlah semen minimum 213 mm

14. Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan :

adalah nilai terbesar antara jumlah pemakaian semen minimum (no.12) dengan jumlah semen minimum (no.13), yaitu 279,22 kg/m³.

15. Proporsi agregat Halus dengan slump 60 - 180 mm.



Grafik 4.8. : Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter

Maksimum 20 mm

Sumber : SNI 03-2847-2002

$$\text{Jumlah Proporsi agregat halus} = \frac{51\% + 64\%}{2} = 57,50\%$$

$$16. \text{ Proporsi agregat kasar} = 100\% - 57,50\% = 42,50\%$$

17. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat halus (SSD) = 2,59

18. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat kasar (SSD) = 2.44

19. Berat jenis agregat gabungan :

$$= \text{Proporsi agregat halus (no.15)} \times \text{berat jenis agregat halus (SSD)(no.17)}$$

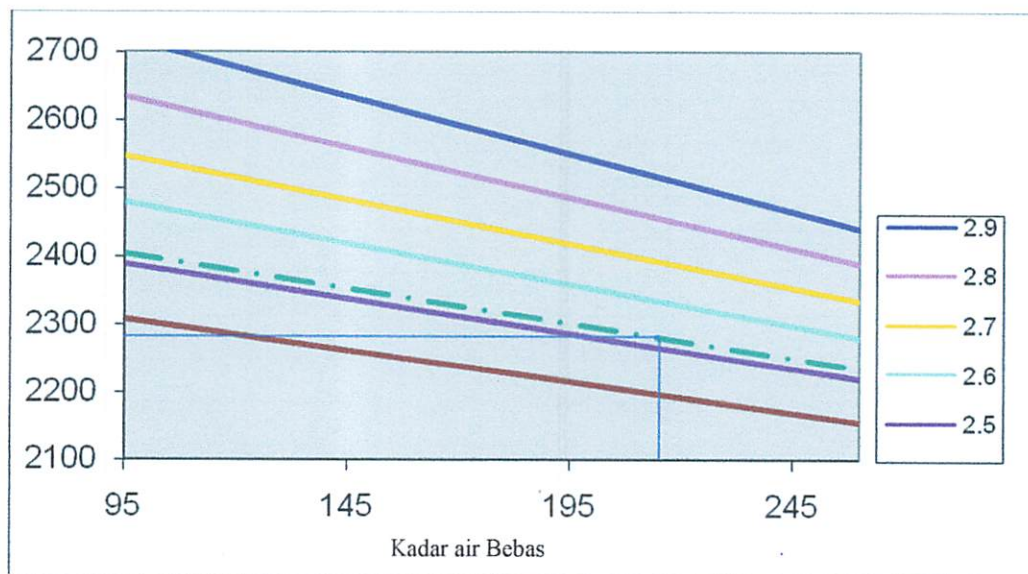
$$+ \text{Proporsi agregat kasar (no.16)} \times \text{berat jenis agregat kasar (SSD)(no.18)}$$

$$/100 \%$$

$$= ((57,50).(2,59) + (42,50).(2,44)) / 100$$

$$= 2,53$$

20. Berat isi beton basah dapat di lihat pada gambar 4.10 di dapat 2283kg/m^3



Grafik 4.9. : Perkiraan berat jenis beton segar

21. *Total jumlah agregat :*

$$\begin{aligned} &= \text{Berat jenis beton basah (no.20)} - \text{Kadar air bebas (no.11)} - \text{Jumlah} \\ &\quad \text{semen yang di rencanakan (no.14)} \\ &= (2283) - (215) - (279,22) = 1788,78 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

22. *Jumlah agregat halus :*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Proporsi agregat halus (no:15) x jumlah total agregat (no 21)}}{100} \\ &= \frac{57,50 \times 1788,78}{100} \\ &= 1028,55 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

23. *Jumlah agregat kasar :*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Proporsi agregat kasar (no:16) x jumlah total agregat (no. 21)}}{100} \\ &= \frac{42,50 \times 1788,78}{100} \\ &= 760,23 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

24. *Kadar air agregat halus (asli) :*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 6,91 %

25. *Kadar air agregat kasar (asli):*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 1,59 %

26. *Kadar air agregat halus (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 2,05 %

27. *Kadar air Agregat kasar (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 3,55 %

28. *Kelebihan air dalam agregat halus :*

= Kadar air SSD agregat halus – Kadar air agregat halus asli

$$= 2,05 - 6,91 = - 4,86 \text{ kg/m}^3$$

29. *Kelebihan air dalam agregat kasar :*

= Kadar air SSD agregat kasar – Kadar air agregat kasar asli

$$= 3,55 - 1,56 = 1,98 \text{ kg/m}^3$$

30. *Jumlah agregat halus :*

= {[100 + Kadar air agregat halus (asli) (no.24)] / [100 + Kadar air agregat halus (SSD) (no.26)] x Jumlah agregat halus (no.22)}

$$= {[100 + (6,91)] / [100 + (2,05)]} \times (1028,55) = 1077,48 \text{ kg/m}^3$$

31. *Jumlah agregat kasar :*

= {[100 + Kadar air agregat kasar (asli) (no.25)] / [100 + Kadar air agregat kasar (SSD) (no.27)] x Jumlah agregat kasar (no.23)}

$$= {[100 + (1,59)] / [100 + (3,55)]} \times (760,23) = 745,66 \text{ kg/m}^3$$

32. *Jumlah air :*

= Kadar air bebas (no.11) + Kelebihan air dalam agregat halus (no.28) +
Kelebihan air dalam Agregat kasar (no.29)

$$= 215 + (-4,86) + 1,98 = 212,13 \text{ kg/m}^3$$

Dari data di atas maka di dapat komposisi sebagai berikut :

- 279,22 kg/m³ untuk jumlah semen (no.14)
- 1077,48 kg/m³ untuk jumlah agregat halus (no.30)
- 745,66 kg/m³ untuk jumlah agregat kasar (no.31)
- 212,13 kg/m³ untuk jumlah kadar air (no.32)

Tabel 4. 19 : Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan				
Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
Per m ³	279,22	1077,48	745,66	212,13
Perbandingan berat	1	3,86	2,67	0,76

Sumber : Data Hasil Penelitian

- **Untuk kuat tekan karakteristik (f_c 20 MPa)**

1. *Kekuatan tekan karakteristik* = 20 MPa = 20 N/mm²

$$= 20 \times \frac{10^{-1}}{10^{-2}} \text{ Kg/cm}^2$$

$$= 200 \text{ kg/cm}^2$$

2. *Deviasi Standart* = diambil yang baik antara $5,5 < S < 6,5$

Tabel Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar S (Mpa)		
Sebutan	Jumlah beton (m ³)	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,5 < S < 8,5$
Sedang	1000 – 3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 7,5$
Besar	> 3000	$2,5 < S < 3,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

Sumber : *Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi*

3. *Faktor margin* = 1,34 x Deviasi Standart

$$= 1,34 \times 6,00 = 8,04 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Rencana = Kuat tekan karakteristik + Faktor Margin

$$= 20 + 8,04 = 28,04 \text{ MPa}$$

Untuk kuat tekan rencana dipakai nilai yang terbesar yaitu 28,04 MPa.

Sumber : *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847*

2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

4. *Jenis semen yang digunakan* : Semen Gresik PPC 40 kg

5. *Jenis Agregat Kasar* : Dipecah

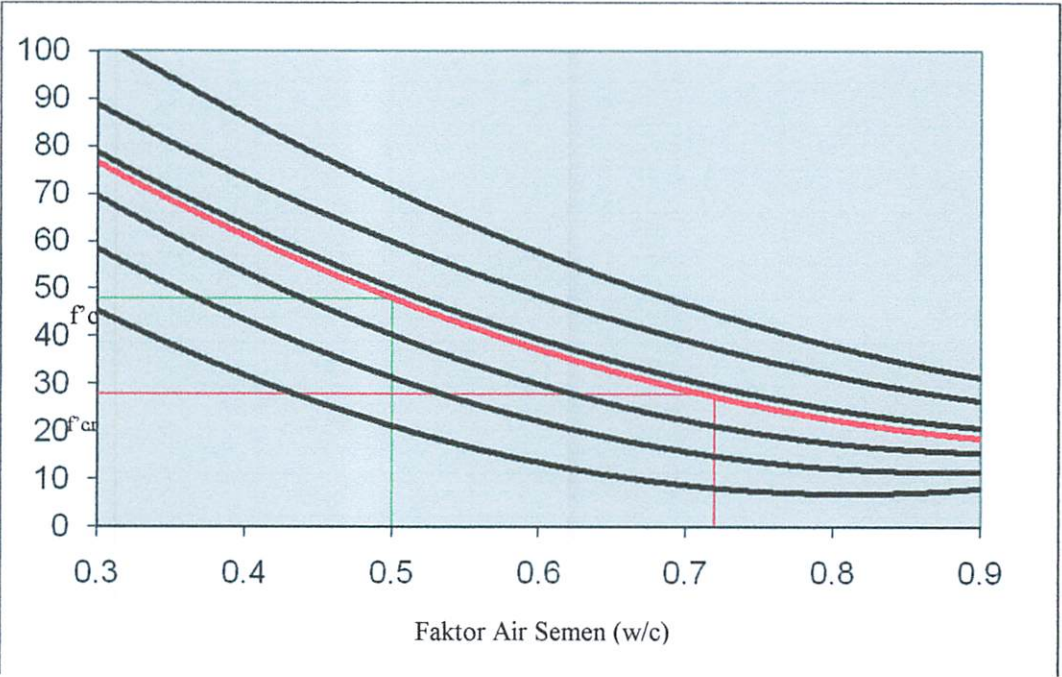
Jenis Agregat halus : Tidak dipecah

6. Faktor air semen (W/C) :

Tabel Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) = 0,5

Tipe semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa) pada umur (hari)			
		3	7	28	91
Tipe I Tipe V	Tidak dipecah	22	31	43	50
	Dipecah	27	36	48	55
Tipe III	Tidak dipecah	29	37	49	55
	Dipecah	34	43	54	60

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi



Grafik Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C

Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

$\frac{w}{c}$ rasio rencana = 0,73

Dari pembacaan table diatas didapat W/C = 0,73

7. Faktor air semen maksimum :

Tabel 4 . 18 : Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos

Kondisi Ekspos	Selimut beton (mm)							
Ringan				25	20	20	20	20
Sedang				-	35	30	25	20
Buruk				-	-	40	30	25
Sangat buruk				-	-	50	40	30
Ekstrim				-	-	-	60	50
W/C maksimum	0,75	0,73	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Jumlah semen minimum (kg/m ³)	225	232	250	275	300	325	350	400
Kekuatan minimum (MPa)	20	22,5	25	30	35	40	45	50

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

Karena mutu yang di tentukan 20 MPa pembacaan pada tebal diambil diambil w/c minimum pada tabel yaitu = 0,75

8. Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan :

terkecil antara Faktor air semen (W/C) (no.6) dan Faktor air semen maksimum (no.7) adalah 0,73

9. Slump rencana = 60 – 180 mm

10. Maximum agregat size dengan melihat agregat yang tertahan di saringan no

: $\frac{3}{4}$ / 19,1 mm dan di dapat Rata-rata agregat kasar 20 mm

11. Kadar air bebas :

**Tabel Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan
Tingkat Workability Tertentu**

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis Agregat	Jumlah air (kg/m ³) untuk			
		Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Dipecah	150	180	205	225
	Tidak dipecah	180	205	230	250
20	Dipecah	135	160	180	195
	Tidak dipecah	170	190	210	225
40	Dipecah	115	140	160	175
	Tidak dipecah	155	175	190	205

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

Menentukan kadar air bebas dengan melihat tabel 11 pada ukuran maksimum agregat 20 mm pada slump 60 - 180 dengan jenis agregat yang di pecah terdapat nilai kadar air bebas $= (2/3) \times 225 + (1/3) \times 195 = 215$ mm

$$\begin{aligned}
 12. \text{ Pemakaian jumlah semen} &= \frac{\text{Kadar Air bebas}}{FAS(\text{rencana})} \\
 &= \frac{215}{0.73} = 294,92 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

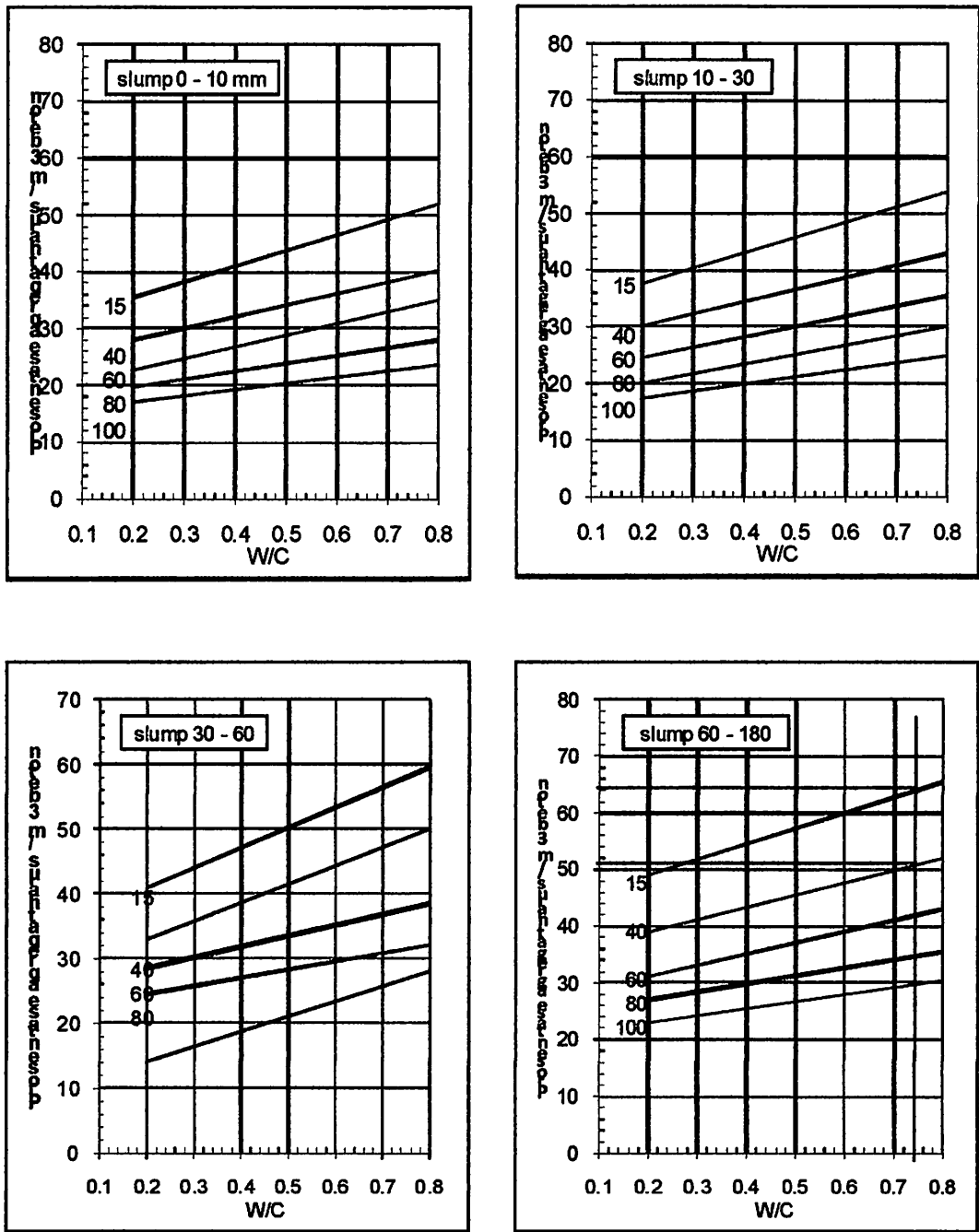
13. Jumlah semen minimum :

Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 4.17 dengan w/c maksimum 0.73 diperoleh jumlah semen minimum 232 mm.

14. Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan :

adalah nilai terbesar antara jumlah pemakaian semen minimum (no.12) dengan jumlah semen minimum (no.13), yaitu 294,92 kg/m³.

15. Proporsi agregat Halus dengan slump 60 - 180 mm.



Grafik: Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter

Maksimum 20 mm

Sumber : SNI 03-2847-2002

$$\text{Jumlah Proporsi agregat halus} = \frac{52\% + 62\%}{2} = 57\%$$

$$16. \text{ Proporsi agregat kasar} = 100\% - 57,50\% = 43\%$$

17. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat halus (SSD) : 2,59

18. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat kasar (SSD) : 2,44

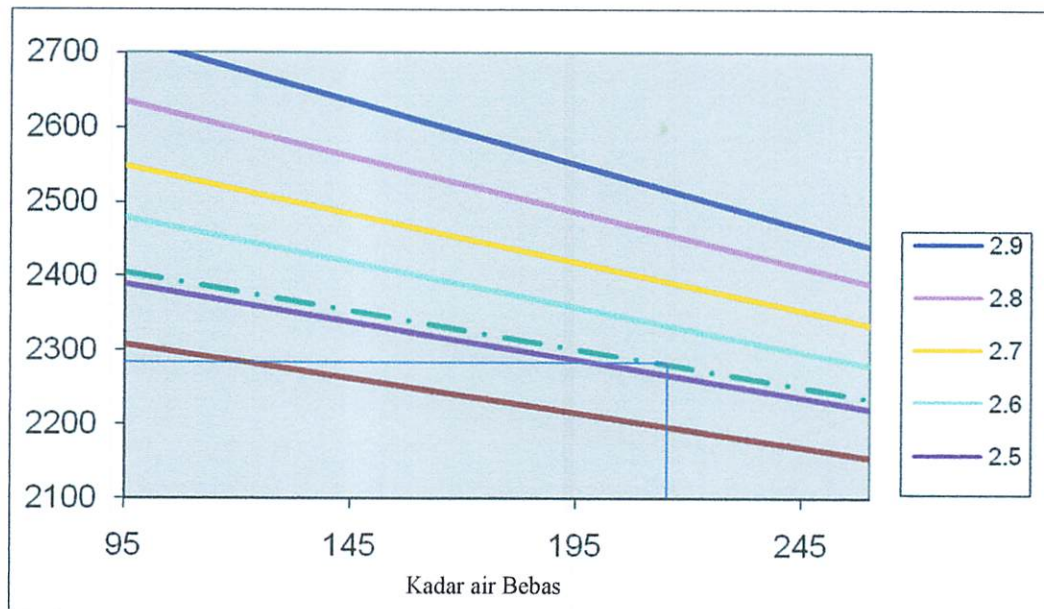
19. Berat jenis agregat gabungan :

$$\begin{aligned} &= \text{Proporsi agregat halus (no.15)} \times \text{berat jenis agregat halus (SSD) (no.17)} \\ &+ \text{Proporsi agregat kasar (no.16)} \times \text{berat jenis agregat kasar (SSD) (no.18)} \\ &/100 \% \end{aligned}$$

$$= ((57).(2,59) + (43).(2,44))/100$$

$$= 2,52$$

20. Berat isi beton basah dapat di lihat pada gambar 4.10 didapat 2283 kg/m^3



Grafik: Perkiraan berat jenis beton segar

21. *Total jumlah agregat :*

$$\begin{aligned} &= \text{Berat jenis beton basah (no.20)} - \text{Kadar air bebas (no.11)} - \text{jumlah} \\ &\quad \text{semen yang di rencanakan (no.14)} \\ &= (2283) - (215) - (294,92) = 1773,08 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

22. *Jumlah agregat halus :*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Proporsi agregat halus (no:15) x jumlah total agregat (no 21)}}{100} \\ &= \frac{57 \times 1773,08}{100} \\ &= 1010,65 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

23. *Jumlah agregat kasar :*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Proporsi agregat kasar (no:16) x jumlah total agregat (no.21)}}{100} \\ &= \frac{43 \times 1773,08}{100} \\ &= 762,42 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

24. *Kadar air agregat halus (asli) :*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 6,91 %

25. *Kadar air agregat kasar (asli) :*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 1,59 %

26. *Kadar air agregat halus (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 2,05 %

27. *Kadar air Agregat kasar (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 3,55 %

28. *Kelebihan air dalam agregat halus :*

= Kadar air SSD agregat halus – Kadar air agregat halus asli

$$= 2,05 - 6,91 = - 4,86 \text{ kg/m}^3$$

29. *Kelebihan air dalam agregat kasar :*

= Kadar air SSD agregat kasar – Kadar air agregat kasar asli

$$= 3,55 - 1,56 = 1,98 \text{ kg/m}^3$$

30. *Jumlah agregat halus :*

$$= \{ [100 + \text{Kadar air agregat halus (asli) (no.24)}] / [100 + \text{Kadar air agregat halus (SSD) (no.26)}] \times \text{Jumlah agregat halus (no. 22)} \}$$

$$= \{ [100 + (6,91)] / [100 + (2,05)] \times (1010,65) \} = 1058,73 \text{ kg/m}^3$$

31. *Jumlah agregat kasar :*

$$= \{ [100 + \text{Kadar air agregat kasar (asli) (no.25)}] / [100 + \text{Kadar air agregat kasar (SSD) (no.27)}] \times \text{Jumlah agregat kasar (no. 23)} \}$$

$$= \{ [100 + (1,59)] / [100 + (3,55)] \times (762,42) \} = 747,81 \text{ kg/m}^3$$

32. *Jumlah air :*

$$= \text{Kadar air bebas (no. 11)} + \text{Kelebihan air dalam agregat halus (no.28)} + \text{Kelebihan air dalam Agregat kasar (no.29)}$$

$$= 215 + (-4,86) + 1,98 = 212,13 \text{ kg/m}^3$$

Dari data di atas maka di dapat komposisi sebagai berikut :

- 294,92 kg/m³ untuk semen (no:14)
- 1058,73 kg/m³ untuk agregat halus (no:30)
- 747,81kg/m³ untuk jumlah agregat kasar (no:31)
- 212,13 kg/m³ untuk jumlah kadar air (no:32)

Tabel 4. 20 : Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan				
Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
Per m ³	294,92	1058,73	747,81	212,13
Perbandingan berat	1	3,59	2,54	0,72

Sumber : Data Hasil Penelitian

• **Untuk kuat tekan karakteristik 22,5**

1. *Kekuatan tekan karakteristik* = 22,5 MPa = 22,5 N/mm²

$$= 22,5 \times \frac{10^{-1}}{10^{-2}} \text{ Kg/cm}^2$$

$$= 250 \text{ kg/cm}^2$$

2. *Deviasi Standart* = diambil yang baik antara 5,5 < S < 6,5

Tabel Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar S (Mpa)		
Sebutan	Jumlah beton (m ³)	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,5 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

3. *Faktor margin* = 1,34 x Deviasi Standart

$$= 1,34 \times 6,00 = 8,04 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Rencana = Kuat tekan karakteristik + Faktor Margin

$$= 22,5 + 8,04 = 30,54 \text{ MPa}$$

Untuk kuat tekan rencana dipakai nilai yang terbesar yaitu 30,54 MPa.

Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847 2002)

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

4. *Jenis semen yang digunakan* : Semen Gresik PPC 40 kg.

5. *Jenis Agregat Kasar* : Dipecah.

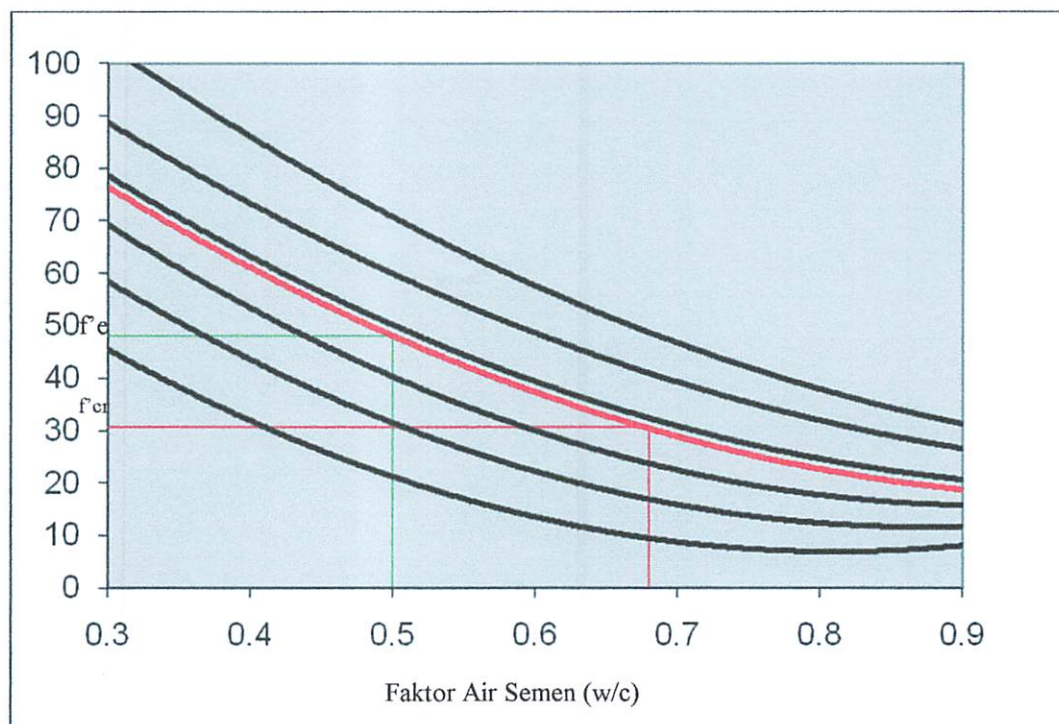
Jenis Agregat halus : Tidak dipecah.

6. Faktor air semen (W/C) :

Tabel Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) = 0,5

Tipe semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa) pada umur (hari)			
		3	7	28	91
Tipe I	Tidak dipecah	22	31	43	50
Tipe V	Dipecah	27	36	48	55
Tipe III	Tidak dipecah	29	37	49	55
	Dipecah	34	43	54	60

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi



Grafik: Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C

Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

$$\frac{w}{c} \text{ rasio rencana} = 0,68$$

Dari pembacaan table diatas didapat $W/C = 0,68$

7. Faktor air semen maksimum :

Tabel 4 . 21 : Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos

Kondisi Ekspos	Selimut beton (mm)						
Ringan	-	-	25	20	20	20	20
Sedang	-	-	-	35	30	25	20
Buruk	-	-	-	-	40	30	25
Sangat buruk	-	-	-	-	50	40	30
Ekstrim	-	-	-	-	-	60	50
W/C maksimum	0,73	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Jumlah semen minimum (kg/m ³)	238	250	275	300	325	350	400
Kekuatan minimum (MPa)	22,5	25	30	35	40	45	50

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

Karena mutu yang di tentukan 22,5 MPa pembacaan pada tabel diambil diambil

w/c minimum pada tabel yaitu = 0,73

8. Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan :

terkecil antara Faktor air semen (W/C) (no.6) dan Faktor air semen maksimum (no.7) adalah 0,68

9. Slump rencana = 60 – 180 mm.

10. Maximum agregat size dengan melihat agregat yang tertahan di saringan no

: $\frac{3}{4}$ / 19,1 mm dan di dapat Rata-rata agregat kasar 20 m.

11. Kadar air bebas :

**Tabel Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan
Tingkat Workability Tertentu**

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis Agregat	Jumlah air (kg/m ³) untuk			
		Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 – 60	60 – 180
10	Dipecah	150	180	205	225
	Tidak dipecah	180	205	230	250
20	Dipecah	135	160	180	195
	Tidak dipecah	170	190	210	225
40	Dipecah	115	140	160	175
	Tidak dipecah	155	175	190	205

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

Menentukan kadar air bebas dengan melihat tabel 11 pada ukuran maksimum agregat 20 mm pada slump 60 - 180 dengan jenis agregat yang di pecah terdapat nilai kadar air bebas $= (2/3) \times 225 + (1/3) \times 195 = 215 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 12. \text{ Pemakaian jumlah semen} &= \frac{\text{Kadar Air bebas}}{FAS(\text{rencana})} \\
 &= \frac{215}{0,68} = 318,52 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

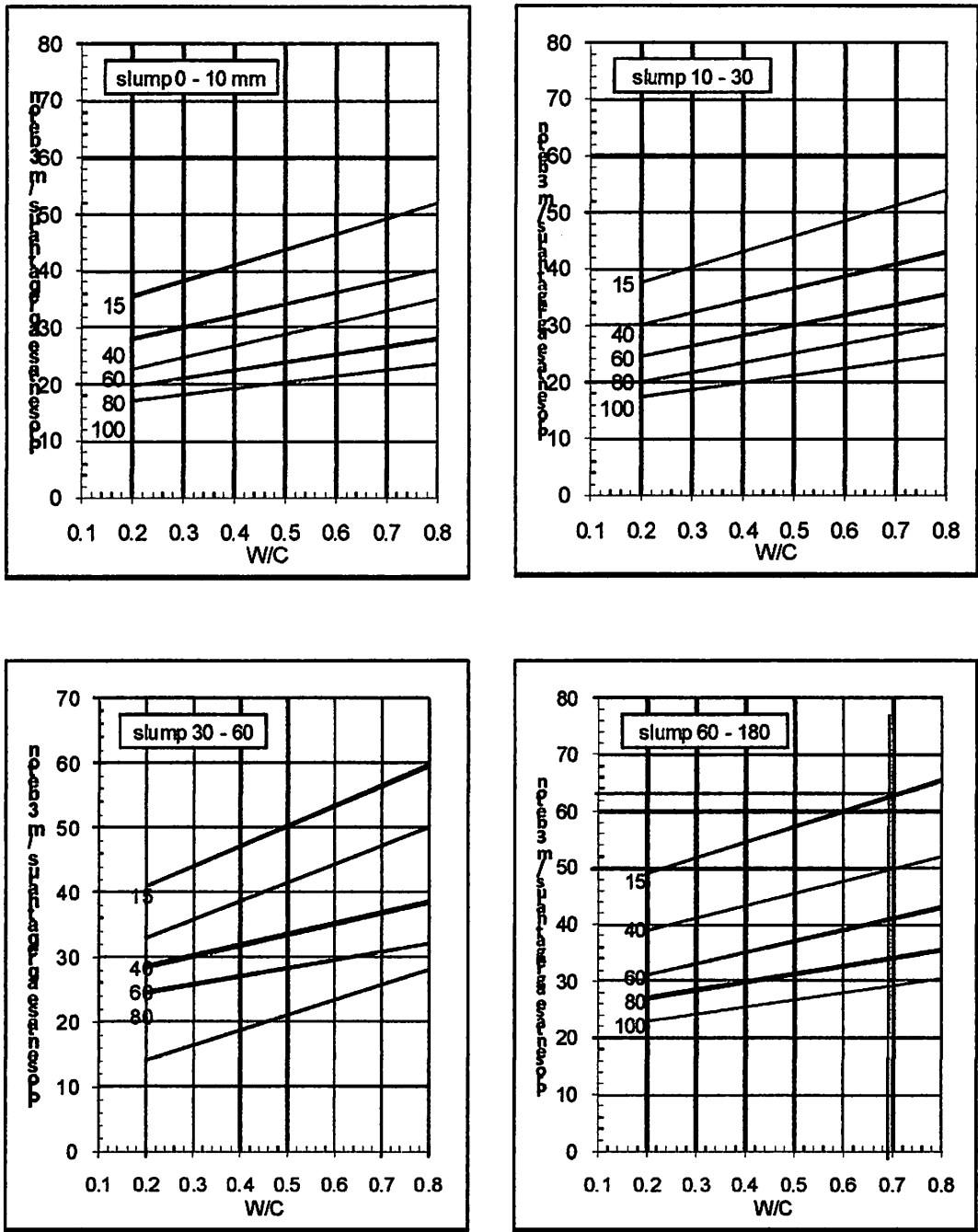
13. Jumlah semen minimum :

Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 4.17 dengan w/c maksimum 0,73 diperoleh jumlah semen minimum 238 mm.

14. Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan :

adalah nilai terbesar antara jumlah pemakaian semen minimum (no.12) dengan jumlah semen minimum (no.13), yaitu 318,52 kg/m³.

15. Proporsi agregat Halus dengan slump 60 - 180 mm.



Grafik: Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter

Maksimum 20 mm

Sumber : SNI 03-2847-2002

$$\text{Jumlah Proporsi agregat halus} = \frac{49\% + 63\%}{2} = 56\%$$

$$16. \text{ Proporsi agregat kasar} = 100\% - 57,50\% = 44\%$$

17. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat halus (SSD) : 2,59

18. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat kasar (SSD) : 2,44

19. Berat jenis agregat gabungan :

$$= \text{Proporsi agregat halus (no.15)} \times \text{berat jenis agregat halus (SSD) (no.17)}$$

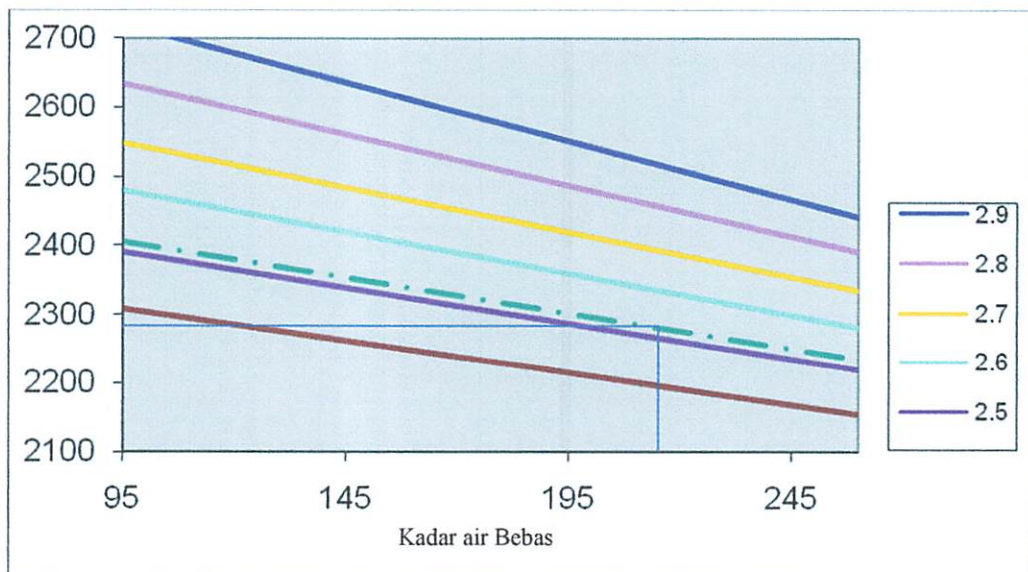
$$+ \text{Proporsi agregat kasar (no.16)} \times \text{berat jenis agregat kasar (SSD) (no.18)}$$

$$/100 \%$$

$$= ((56).(2,59) + (44).(2,44))/100$$

$$= 2,52$$

20. Berat isi beton basah dapat di lihat pada gambar 4.10 di dapat 2283 kg/m³



Grafik: Perkiraan berat jenis beton segar

21. *Total jumlah agregat :*

$$\begin{aligned} &= \text{Berat jenis beton basah (no.20)} - \text{Kadar air bebas (no.11)} - \text{jumlah semen} \\ &\quad \text{yang di rencanakan (no.14)} \\ &= (2283) - (215) - (318,52) = 1749,48 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

22. *Jumlah agregat halus :*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Proporsi agregat halus (no:15) x jumlah total agregat (no.21)}}{100} \\ &= \frac{56 \times 1749,48}{100} \\ &= 979,71 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

23. *Jumlah agregat kasar :*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Proporsi agregat kasar (no:16) x jumlah total agregat (no.21)}}{100} \\ &= \frac{44 \times 1749,48}{100} \\ &= 769,77 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

24. *Kadar air agregat halus (asli) :*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 6,91 %

25. *Kadar air agregat kasar (asli) :*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 1,59 %

26. *Kadar air agregat halus (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 2,05 %

27. *Kadar air Agregat kasar (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 3,55 %

28. *Kelebihan air dalam agregat halus :*

= Kadar air SSD agregat halus – Kadar air agregat halus asli

$$= 2,05 - 6,91 = - 4,86 \text{ kg/m}^3$$

29. *Kelebihan air dalam agregat kasar :*

= Kadar air SSD agregat kasar – Kadar air agregat kasar asli

$$= 3,55 - 1,56 = 1,98 \text{ kg/m}^3$$

30. *Jumlah agregat halus :*

= {[100 + Kadar air agregat halus (asli) (no.24)] / [100 + Kadar air agregat halus (SSD) (no.26)] x Jumlah agregat halus (no.22)}

$$= {[100 + (6,91)] / [100 + (2,05)] x (979,71)} = 1026,32 \text{ kg/m}^3$$

31. *Jumlah agregat kasar :*

= {[100 + Kadar air agregat kasar (asli) (no.25)] / [100 + Kadar air agregat kasar (SSD) (no.27)] x Jumlah agregat kasar (no.23)}

$$= {[100 + (1,59)] / [100 + (3,55)] x (769,77)} = 755,02 \text{ kg/m}^3$$

32. *Jumlah air :*

= Kadar air bebas (no.11) + Kelebihan air dalam agregat halus (no.28) + Kelebihan air dalam Agregat kasar (no.29)

$$= 215 + (-4,86) + 1,98 = 212,13 \text{ kg/m}^3$$

Dari data di atas maka di dapat komposisi sebagai berikut :

- 318,52 kg/m³ untuk semen (*no:14*)
- 1026,32 kg/m³ untuk agregat halus (*no:30*)
- 755,32 kg/m³ untuk jumlah agregat kasar (*no:31*)
- 212,13 kg/m³ untuk jumlah kadar air (*no:32*)

Tabel 4.22 : Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan				
Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
Per m ³	318,52	1026,32	755,32	212,13
Perbandingan berat	1	3,22	2,37	0,67

Sumber : Data Hasil Penelitian

• **Untuk kuat tekan karakteristik 25**

1. *Kekuatan tekan karakteristik* = 25 MPa = 25 N/mm²

$$= 25 \times \frac{10^{-1}}{10^{-2}} \text{ Kg/cm}^2$$

$$= 250 \text{ kg/cm}^2$$

2. *Deviasi Standart* = diambil yang baik antara $5,5 < S < 6,5$

Tabel Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar S (Mpa)		
Sebutan	Jumlah beton (m ³)	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,5 < S < 8,5$
Sedang	1000 – 3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 7,5$
Besar	> 3000	$2,5 < S < 3,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

Sumber : *Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi*

3. *Faktor margin* = 1,34 x Deviasi Standart

$$= 1,34 \times 6,00 = 8,04 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Rencana = Kuat tekan karakteristik + Faktor Margin

$$= 25 + 8,04 = 33,04 \text{ MPa}$$

Untuk kuat tekan rencana dipakai nilai yang terbesar yaitu 33,04 MPa.

Sumber : *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847 2002)*

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

4. *Jenis semen yang digunakan* : Semen Gresik PPC 40 kg

5. *Jenis Agregat Kasar* : Dipecah.

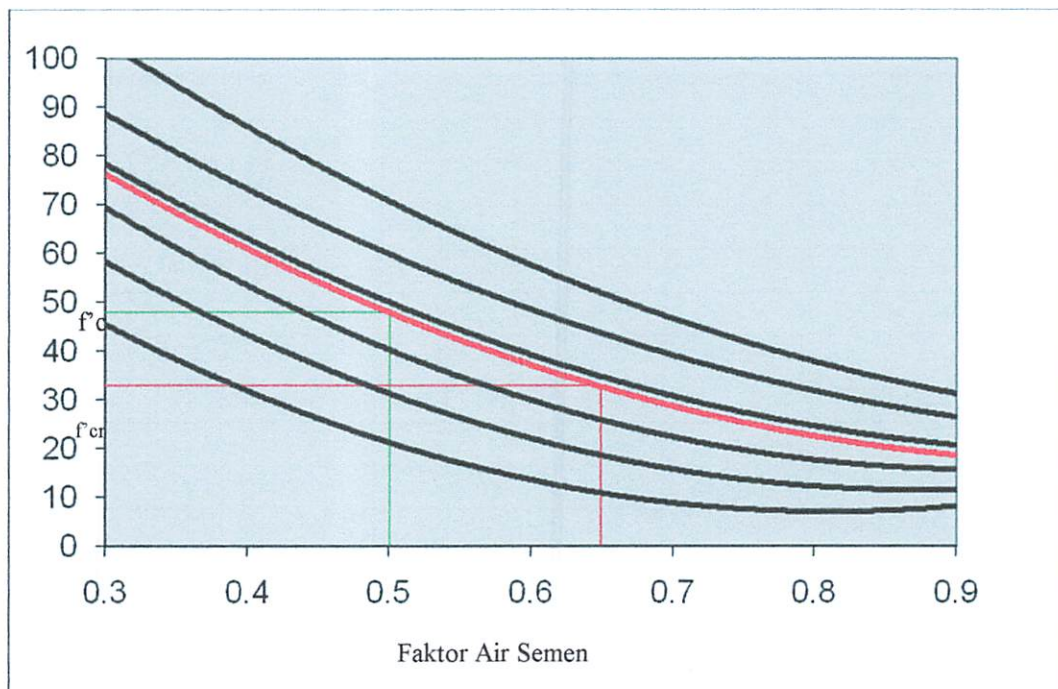
Jenis Agregat halus : Tidak dipecah.

6. Faktor air semen (W/C) :

Tabel Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) = 0,5

Type semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa) pada umur (hari)			
		3	7	28	91
Type I	Tidak dipecah	22	31	43	50
Type V	Dipecah	27	36	48	55
Type III	Tidak dipecah	29	37	49	55
	Dipecah	34	43	54	60

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi



Grafik: Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C

Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

$$\frac{w}{c} \text{ rasio rencana} = 0,66$$

Dari pembacaan table diatas didapat $W/C = 0,66$

7. Faktor air semen maksimum :

Tabel 4 . 23 : Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos

Kondisi Ekspos	Selimut beton (mm)					
Ringan	-	25	20	20	20	20
Sedang	-	-	35	30	25	20
Buruk	-	-	-	40	30	25
Sangat buruk	-	-	-	50	40	30
Ekstrim	-	-	-	-	60	50
W/C maksimum	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Jumlah semen minimum (kg/m ³)	250	275	300	325	350	400
Kekuatan minimum (MPa)	25	30	35	40	45	50

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

Karena mutu yang di tentukan 25 MPa pembacaan pada tabel diambil diambil w/c minimum pada tabel yaitu = 0,70

8. Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan :

terkecil antara Faktor air semen (W/C) (no.7) dan Faktor air semen maksimum (no.8) adalah 0,66

9. Slump rencana = 60 – 180 mm.

10. Maximum agregat size dengan melihat agregat yang tertahan di saringan no

: $\frac{3}{4}$ / 19,1 mm dan di dapat Rata-rata agregat kasar 20 mm

11. Kadar air bebas :

**Tabel Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan
Tingkat Workability Tertentu**

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis Agregat	Jumlah air (kg/m ³) untuk			
		Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Dipecah	150	180	205	225
	Tidak dipecah	180	205	230	250
20	Dipecah	135	160	180	195
	Tidak dipecah	170	190	210	225
40	Dipecah	115	140	160	175
	Tidak dipecah	155	175	190	205

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi

Menentukan kadar air bebas dengan melihat tabel 11 pada ukuran maksimum agregat 20 mm pada slump 60 - 180 dengan jenis agregat yang di pecah terdapat nilai kadar air bebas $= (2/3) \times 225 + (1/3) \times 195 = 215 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 12. \text{ Pemakaian jumlah semen} &= \frac{\text{KadarAirbebas}}{\text{FAS(rencana)}} \\
 &= \frac{215}{0.66} = 326,25 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

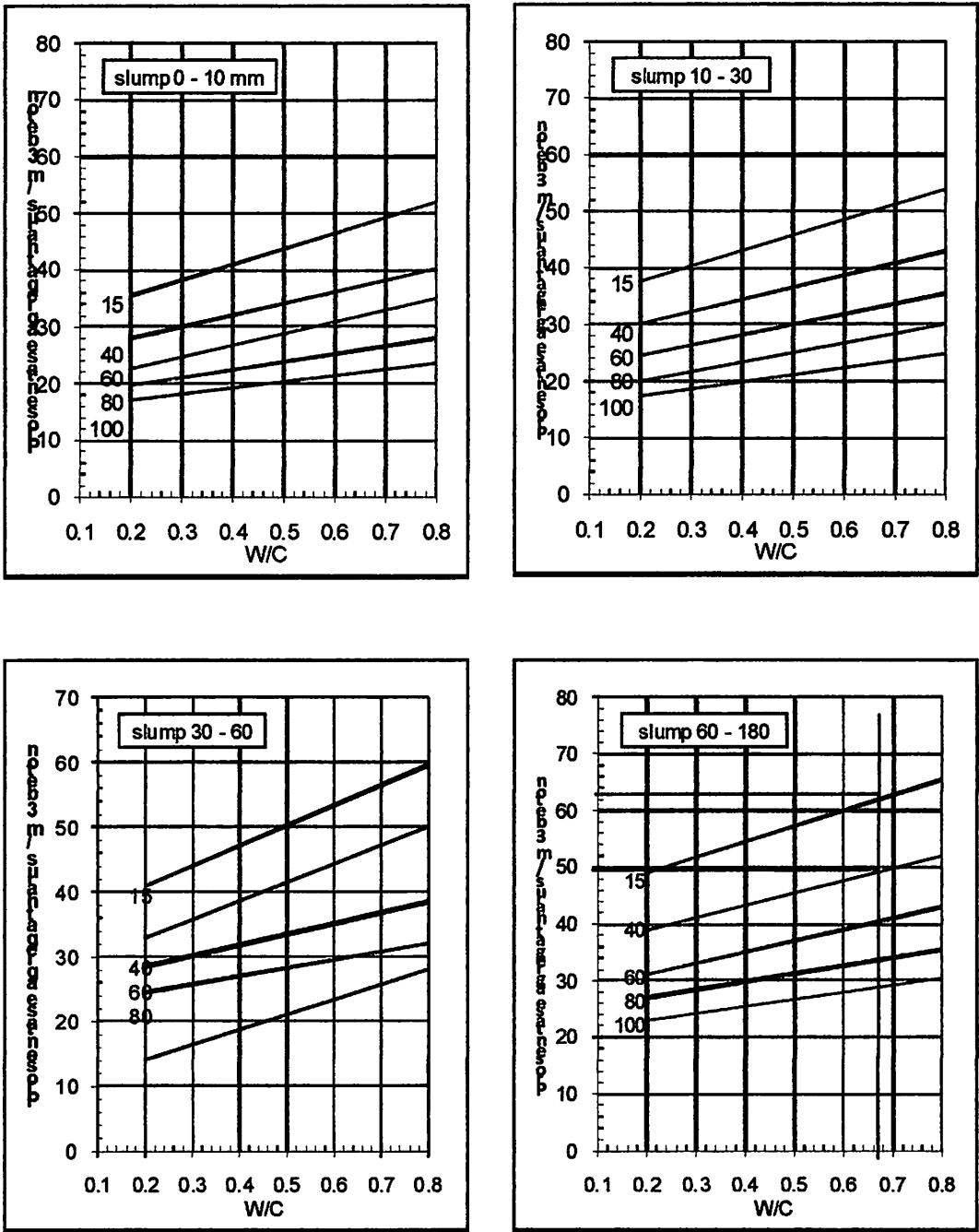
13. Jumlah semen minimum :

Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 4.17 dengan w/c maksimum 0.70 diperoleh jumlah semen minimum 250 mm.

14. Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan :

adalah nilai terbesar antara jumlah pemakaian semen minimum (no.12) dengan jumlah semen minimum (no.13), yaitu 326,25 kg/m³.

15. Proporsi agregat Halus dengan slump 60 - 180 mm.



Grafik: Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter

Maksimum 20 mm

Sumber : SNI 03-2847-2002

$$\text{Jumlah Proporsi agregat halus} = \frac{48\% + 62\%}{2} = 55\%$$

$$16. \text{ Proporsi agregat kasar} = 100\% - 57,50\% = 45\%$$

17. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat halus (SSD) : 2,59

18. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat kasar (SSD) : 2,44

19. Berat jenis agregat gabungan :

= Proporsi agregat halus (no.15) x berat jenis agregat halus (SSD) (no.17)

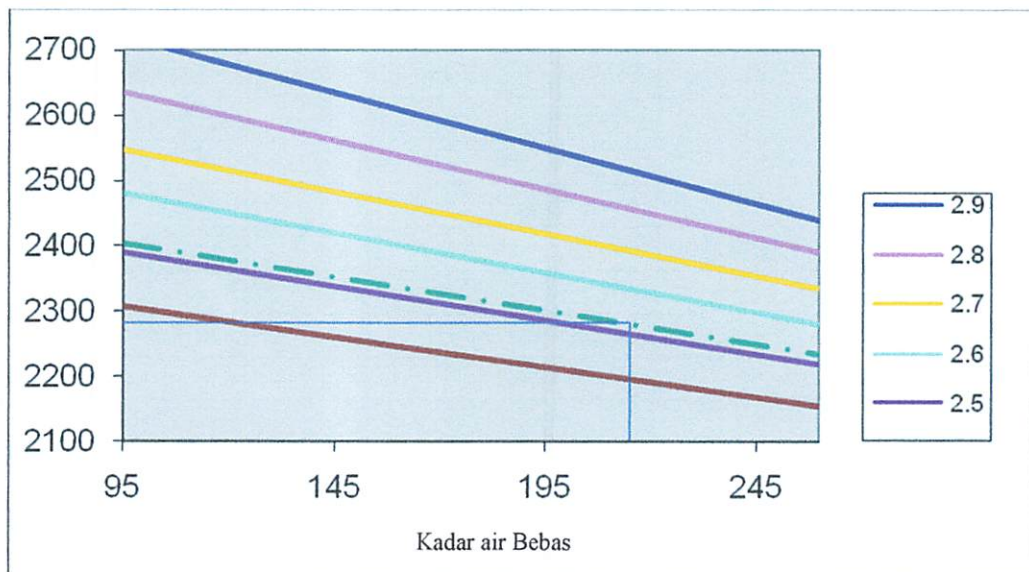
+ Proporsi agregat kasar (no.16) x berat jenis agregat kasar (SSD) (no.18)

/100 %

$$= ((55).(2,59) + (45).(2,44))/100$$

$$= 2,52$$

20. Berat isi beton basah dapat di lihat pada gambar 4.10 di dapat 2283 kg/m³



Grafik: Perkiraan berat jenis beton segar

21. *Total jumlah agregat :*

= Berat jenis beton basah (no.20) – Kadar air bebas (no.11) – jumlah semen yang di rencanakan (no.14)

$$= (2283) - (215) - (326,25) = 1741,75 \text{ kg/m}^3$$

22. *Jumlah agregat halus :*

$$= \frac{\text{Proporsi agregat halus (no:15) x jumlah total agregat (no 21)}}{100}$$

$$= \frac{55 \times 1741,75}{100}$$

$$= 957,96 \text{ kg/m}^3$$

23. *Jumlah agregat kasar :*

$$= \frac{\text{Proporsi agregat kasar (no:16) x jumlah total agregat (no. 21)}}{100}$$

$$= \frac{45 \times 1741,75}{100}$$

$$= 783,79 \text{ kg/m}^3$$

24. *Kadar air agregat halus (asli) :*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 6,91 %

25. *Kadar air agregat kasar (asli) :*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 1,59 %

26. *Kadar air agregat halus (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 2,05 %

27. *Kadar air Agregat kasar (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 3,55 %

28. *Kelebihan air dalam agregat halus :*

= Kadar air SSD agregat halus – Kadar air agregat halus asli

$$= 2,05 - 6,91 = - 4,86 \text{ kg/m}^3$$

29. *Kelebihan air dalam agregat kasar :*

= Kadar air SSD agregat kasar – Kadar air agregat kasar asli

$$= 3,55 - 1,56 = 1,98 \text{ kg/m}^3$$

30. *Jumlah agregat halus :*

= {[100 + Kadar air agregat halus (asli) (no.24)] / [100 + Kadar air agregat halus (SSD) (no.26)] x Jumlah agregat halus (no. 22)}

$$= {[100 + (6,91)] / [100 + (2,05)] x (957,96)} = 1003,54 \text{ kg/m}^3$$

31. *Jumlah agregat kasar :*

= {[100 + Kadar air agregat kasar (asli) (no.25)] / [100 + Kadar air agregat kasar (SSD) (no.27)] x Jumlah agregat kasar (no.23)}

$$= {[100 + (1,59)] / [100 + (3,55)] x (783,79)} = 768,77 \text{ m}^3$$

32. *Jumlah air :*

= Kadar air bebas (no.11) + Kelebihan air dalam agregat halus (no.28) +
Kelebihan air dalam Agregat kasar (no.29)

$$= 215 + (-4,86) + 1,98 = 212,13 \text{ kg/m}^3$$

Dari data di atas maka di dapat komposisi sebagai berikut :

- 326,25 kg/m³ untuk semen (no:14)
- 1003,54 kg/m³ untuk agregat halus (no:30)
- 768,77 kg/m³ untuk jumlah agregat kasar (no:31)
- 212,13 kg/m³ untuk jumlah kadar air (no:32)

Tabel 4. 24 : Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan				
Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
Per m ³	326,25	1003,54	768,77	212,13
Perbandingan berat	1	3,08	2,36	0,65

Sumber : Data Hasil Penelitian

4.3. Perhitungan kebutuhan bahan

4.3.1. Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan/m³.

Dalam pekerjaan pembuatan benda uji berdasarkan pada kapasitas alat pencampur atau molen yaitu 0,03 m³, maka untuk membuat benda uji sebanyak 164 buah dengan silinder 10 x 20 sebanyak 40 buah, silinder 15 x 30 sebanyak 104 buah, balok 15 x 15 x 60 sebanyak 20 buah, yang dilakukan secara bertahap, sehingga volume pekerjaan untuk setiap kali pencampuran:

4.3.2. Perhitungan volume Benda Uji Silinder d x t = 15 x 30

$$= (3,14 \times r^2 \times t) \times (n \times 1,2)$$

$$= (3,14 \times 7,5^2 \times 30) \times (40 \times 1,2)$$

$$= 0,25434 \text{ m}^3$$

Keterangan : 1,2 merupakan nilai faktor kehilangan

n = jumlah benda uji.

4.4. Hasil Uji Slump

Dalam pelaksanaan pembuatan benda uji beton silinder 15cm x 30cm didapatkan hasil uji slump seperti pada tabel.

Tabel 4.25 : Hasil uji slump untuk benda uji beton silinder 15cm x 30cm

No	Mutu (MPa)	Slump Rencana (Cm)	Slump Realisasi (Cm)
1	17,5	5 - 10	7
2	20	5 - 10	6
3	22,5	5 - 10	7
4	25	5 - 10	7

Sumber : Data Hasil Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton

5.1.1. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian Modulus elastisitas Beton ini dilakukan pada benda uji silinder 15 x 30 cm pada umur 28 hari. Terdapat 4 kelakuan penambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 5 benda uji.

Metode untuk menguji Modulus Elastisitas Beton ini disarankan Aman Subakti dalam buku Teknologi Beton, sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas beton batu pecah dengan perlakuan tanpa bahan tambahan.

➤ Perhitungan Teoritis Modulus Elastisitas Beton Mutu 17,5 MPa

- **Perhitungan Rengangan Beton (ϵ)**

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta L}{L} \\ &= \frac{1}{250} \\ &= 0,00400\end{aligned}$$

- **Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c)**

$$\begin{aligned}f_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{200000}{(3,14 \times 7,5^2)} \\ &= 11,323 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)**

$$\begin{aligned}
 E_c &= \frac{f'_c}{\varepsilon} \\
 &= \frac{11,323}{0,00400} \\
 &= 2830,856 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Teoritis**

$$\begin{aligned}
 E_{\text{teoritis}} &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{11,323} \\
 &= 8076,071 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dimana :

ε = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

ΔL = Perubahan panjang dari benda uji (mm)

L = panjang benda uji / tinggi silinder (mm)

f'_c = kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm^2)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

E_t = Modulus Elastisitas Teoritis (MPa)

➤ **Perhitungan Teoritis Modulus Elastisitas Beton Mutu 20 MPa**

- **Perhitungan Rengangan Beton (ε)**

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\Delta L}{L} \\ &= \frac{0,81}{250} \\ &= 0.00324\end{aligned}$$

- **Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c)**

$$\begin{aligned}f_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{280000}{(3,14 \times 7,5^2)} \\ &= 15,853 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)**

$$\begin{aligned}E_c &= \frac{f'_c}{\varepsilon} \\ &= \frac{15,853}{0,00324} \\ &= 4892,838 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Teoritis**

$$\begin{aligned}E_{\text{teoritis}} &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{15,853} \\ &= 9555,737 \text{ MPa}\end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Teoritis Modulus Elastisitas Beton Mutu 22,5 MPa**

- **Perhitungan Rengangan Beton (ε)**

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\Delta L}{L} \\ &= \frac{0,70}{250} \\ &= 0,00280\end{aligned}$$

- **Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c)**

$$\begin{aligned}f_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{360000}{(3,14 \times 7,5^2)} \\ &= 20,382 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)**

$$\begin{aligned}E_c &= \frac{f'_c}{\varepsilon} \\ &= \frac{20,382}{0,00280} \\ &= 7279,345 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Teoritis**

$$\begin{aligned}E_{\text{teoritis}} &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{20,382} \\ &= 10835,187 \text{ MPa}\end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Teoritis Modulus Elastisitas Beton Mutu 25 MPa**

- **Perhitungan Rengangan Beton (ϵ)**

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta L}{L} \\ &= \frac{0,53}{250} \\ &= 0,00212\end{aligned}$$

- **Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c)**

$$\begin{aligned}f_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{370000}{(3,14 \times 7,5^2)} \\ &= 20,948 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)**

$$\begin{aligned}E_c &= \frac{f'_c}{\epsilon} \\ &= \frac{20,948}{0,00212} \\ &= 9881,291 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Teoritis**

$$\begin{aligned}E_{\text{teoritis}} &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{20,948} \\ &= 10984,645 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Selanjutnya hasil perhitungan kuat tarik belah untuk semua perlakuan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel Perhitungan Modulus Elastisitas

Mutu Beton Rencana : 17,5 Mpa
 Bentuk Benda Uji : Silinder
 Ukuran Benda Uji : 15cm x 30cm
 Tgl Buat Benda Uji : 08 Juni 2011
 Tgl Pengetesan : 05 Juli 2011

No	Umur (Hari)	ΔL (mm)	L (mm)	e	P (N)	A (mm ²)	f _c (Mpa)	E _c	E _{seortis}	E _{c rata-rata}	E _{seortis rata-rata}	Berat Benda Uji (gr)	Volume Benda Uji (cm ³)	Berat volume (gr/cm ³)	Berat rata-rata
1	28	1.00	250	0.00400	200000	17662.5	11.323	2830.856	8076.071			11230	5298.750	2.119368	
2	28	0.80	250	0.0032	210000	17662.5	11.890	3715.499	8275.511			11820	5298.750	2.230715	
3	28	0.97	250	0.00388	210000	17662.5	11.890	3064.329	8275.511			11100.00	5298.750	2.094834	
4	28	0.89	250	0.00356	215000	17662.5	12.173	3419.293	8373.449			12030	5298.750	2.270347	
5	28	0.95	250	0.0038	210000	17662.5	11.890	3128.841	8275.511	3239.986	8294.742	12280	5298.750	2.317528	2.249587
6	28	0.98	250	0.00392	210000	17662.5	11.890	3033.060	8275.511			12330	5298.750	2.326964	
7	28	0.96	250	0.00384	215000	17662.5	12.173	3169.969	8373.449			12870	5298.750	2.428875	
8	28	0.85	250	0.00340	210000	17662.5	11.890	3496.940	8275.511			12680	5298.750	2.393017	
9	28	0.87	250	0.00348	215000	17662.5	12.173	3497.897	8373.449			11100.00	5298.750	2.094834	
10	28	1.00	250	0.00400	215000	17662.5	12.173	3043.171	8373.449			11760	5298.750	2.219391	

Mutu Beton Rencana : 20 Mpa
 Bentuk Benda Uji : Silinder
 Ukuran Benda Uji : 15cm x 30cm
 Tgl Buat Benda Uji : 09 Juni 2011
 Tgl Pengetesan : 06 Juli 2011

No	Umur (Hari)	ΔL (mm)	L (mm)	e	P (N)	A (mm ²)	f _c (Mpa)	E _c	E _{seortis}	E _{c rata-rata}	E _{seortis rata-rata}	Berat Benda Uji (gr)	Volume Benda Uji (cm ³)	Berat volume (gr/cm ³)	Berat rata-rata
1	28	0.81	250	0.00324	280000	17662.5	15.853	4892.838	9555.737			11880	5298.750	2.242038	
2	28	0.78	250	0.00312	280000	17662.5	15.853	5081.024	9555.737			12040	5298.750	2.272234	
3	28	0.75	250	0.00300	290000	17662.5	16.419	5472.989	9724.878			12070	5298.750	2.277896	
4	28	0.69	250	0.00276	300000	17662.5	16.985	6154.036	9891.127			12090	5298.750	2.281670	
5	28	0.69	250	0.00276	290000	17662.5	16.419	5948.901	9724.878	5323.578	9622.799	11330	5298.750	2.138240	2.219958
6	28	0.79	250	0.00316	290000	17662.5	16.419	5195.876	9724.878			11230	5298.750	2.119368	
7	28	0.73	250	0.00292	270000	17662.5	15.287	5235.145	9383.547			11820	5298.750	2.230715	
8	28	0.75	250	0.00300	280000	17662.5	15.853	5284.265	9555.737			11100	5298.750	2.094834	
9	28	0.80	250	0.00320	280000	17662.5	15.853	4953.999	9555.737			12030	5298.750	2.270347	
10	28	0.79	250	0.00316	280000	17662.5	15.853	5016.707	9555.737			12040	5298.750	2.272234	

Tabel Perhitungan Modulus Elastisitas

Mutu Beton Rencana : 22,5 Mpa
 Bentuk Benda Uji : Silinder
 Ukuran Benda Uji : 15cm x 30cm
 Tgl Buat Benda Uji : 10 Juni 2011
 Tgl Pengetesan : 07 Juli 2011

No	Umur (Hari)	ΔL (mm)	L (mm)	ϵ	P (N)	A (mm ²)	f'_c (Mpa)	E_c	$E_{soortita}$	$E_c \text{ rata-rata}$	$E_{soortita \text{ rata-rata}}$	Berat Benda Uji (gr)	Volume Benda Uji (cm ³)	Berat volume (gr/cm ³)	Berat rata-rata
1	28	0,70	250	0.00280	360000	17662.5	20.382	7279.345	10835.187			12870	5298.750	2.428875	
2	28	0,73	250	0.00292	360000	17662.5	20.382	6980.194	10835.187			12680	5298.750	2.393017	
3	28	0,63	250	0.00252	355000	17662.5	20.099	7975.825	10759.679			12340	5298.750	2.328851	
4	28	0,65	250	0.00260	350000	17662.5	19.816	7621.536	10683.638			11550	5298.750	2.179759	
5	28	0,69	250	0.00276	350000	17662.5	19.816	7179.708	10683.638	7779.574	10774.357	11430	5298.750	2.157113	2.239396
6	28	0,59	250	0.00236	360000	17662.5	20.382	8636.511	10835.187			11220.00	5298.750	2.117481	
7	28	0,67	250	0.00268	355000	17662.5	20.099	7499.657	10759.679			11560	5298.750	2.181647	
8	28	0,65	250	0.00260	345000	17662.5	19.533	7512.657	10607.052			12450	5298.750	2.349611	
9	28	0,62	250	0.00248	370000	17662.5	20.948	8446.910	10984.645			11330	5298.750	2.138240	
10	28	0,58	250	0.00232	355000	17662.5	20.099	8663.397	10759.679			11230	5298.750	2.119368	

Mutu Beton Rencana : 25 Mpa
 Bentuk Benda Uji : Silinder
 Ukuran Benda Uji : 15cm x 30cm
 Tgl Buat Benda Uji : 11 Juni 2011
 Tgl Pengetesan : 08 Juli 2011

10998.577

No	Umur (Hari)	ΔL (mm)	L (mm)	ϵ	P (N)	A (mm ²)	f'_c (Mpa)	E_c	$E_{soortita}$	$E_c \text{ rata-rata}$	$E_{soortita \text{ rata-rata}}$	Berat Benda Uji (gr)	Volume Benda Uji (cm ³)	Berat volume (gr/cm ³)	Berat rata-rata
1	28	0.53	250	0.00212	370000	17662.5	20.948	9881.291	10984.645			11780	5298.750	2.223166	
2	28	0.43	250	0.00172	380000	17662.5	21.515	12508.435	11132.096			12720	5298.750	2.400566	
3	28	0.46	250	0.00184	375000	17662.5	21.231	11538.817	11058.616			11980	5298.750	2.260911	
4	28	0.47	250	0.00188	375000	17662.5	21.231	11293.310	11058.616			11690	5298.750	2.206181	
5	28	0.51	250	0.00204	375000	17662.5	21.231	10407.560	11058.616	11513.248	10998.578	12070	5298.750	2.277896	2.223543
6	28	0.39	250	0.00156	380000	17662.5	21.515	13791.351	11132.096			12090	5298.750	2.281670	
7	28	0.45	250	0.00180	365000	17662.5	20.665	11480.695	10910.172			11330	5298.750	2.138240	
8	28	0.46	250	0.00184	380000	17662.5	21.515	11692.667	11132.096			11230	5298.750	2.119368	
9	28	0.41	250	0.00164	360000	17662.5	20.382	12428.150	10835.187			11820	5298.750	2.230715	
10	28	0.49	250	0.00196	350000	17662.5	19.816	10110.201	10683.638			11110	5298.750	2.096721	

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 telah didapatkan (Sudjana, 1982).

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

5.2.1 Pengujian Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas

Contoh pengujian interval kepercayaan untuk Porositas:

Tabel 5.1. Data Pengujian Modulus Elastisitas

No.	Modulus Elastisitas			
	Mutu beton Rencana 17,5 Mpa	Mutu beton Rencana 20 Mpa	Mutu beton Rencana 22,5 Mpa	Mutu beton Rencana 25 Mpa
1	2830.856	4892.838	7279.345	9881.291
2	3715.499	5081.024	6980.194	12508.435
3	3064.329	5472.989	7975.825	11538.817
4	3419.293	6154.036	7621.536	11293.310
5	3128.841	5948.901	7179.708	10407.560
6	3033.060	5195.876	8636.511	13791.351
7	3169.969	5235.145	7499.657	11480.695
8	3496.940	5284.265	7512.657	11692.667
9	3497.897	4953.999	8446.910	12428.150
10	3043.171	5016.707	8663.397	10110.201

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $$X = \frac{\text{Jumlah Modulus elastisitas}}{n}$$

$$= \frac{2830,856 + \dots + 3043,171}{10}$$

$$= 3239,986 \%$$
- $$S = \sqrt{\frac{((2830,856 - 3239,986)^2 + \dots + (3043,171 - 3239,986)^2)}{10 - 1}}$$

$$= 276.458$$
- $$P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$$
- $$dk = n - 1 = 10 - 1 = 9$$
- $$t_{0,975} = 4.303$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 3239,986 - \left(4,303 x \frac{276,948}{\sqrt{10}} \right) < \mu < 3239,986 + \left(4,303 x \frac{276,948}{\sqrt{10}} \right)$$

$$= 2863,802 < \mu < 3616,169$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Di bawah ini adalah tabel interval kepercayaan untuk semua perhitungan.

Tabel 5.2. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas

Variasi	X	s	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
Mutu beton rencana 17,5 Mpa	3239,986	276,458	0,975	9	4,303	2863,802	< μ <	3616,169
Mutu beton rencana 20 Mpa	5323,578	422,139	0,975	9	4,303	4749,161	< μ <	5897,995
Mutu beton rencana 22,5 Mpa	7779,574	616,711	0,975	9	4,303	6940,399	< μ <	8618,749
Mutu beton rencana 25 Mpa	11513,248	1199,715	0,975	9	4,303	9880,762	< μ <	13145,734

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi mutu beton rencana yang memenuhi syarat berjumlah 33 buah. Maka datanya seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.3. Data Pengujian Pada Modulus Elastisitas Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Modulus Elastisitas			
	Mutu beton Rencana 17,5 Mpa	Mutu beton Rencana 20 Mpa	Mutu beton Rencana 22,5 Mpa	Mutu beton Rencana 25 Mpa
1	-	4892.838	7279.345	9881.291
2	-	5081.024	6980.194	12508.435
3	3064.329	5472.989	7975.825	11538.817
4	3419.293	-	7621.536	11293.310
5	3128.841	-	7179.708	10407.560
6	3033.060	5195.876	-	-
7	3169.969	5235.145	7499.657	11480.695
8	3496.940	5284.265	7512.657	11692.667
9	3497.897	4953.999	8446.910	12428.150
10	3043.171	5016.707	-	10110.201

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.3. Pengujian Hipotesis

5.3.1. Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas Beton Batu Scoria

Untuk menguji hipotesis penelitian yang ada pada bab I, maka dilakukan uji Analisa Varian Satu Arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penambahan

Tabel 5.4. Pengujian Hipotesis Kuat Tekan

Modulus Elastisitas Pada Mutu Beton Rencana 17,5 MPa		Modulus Elastisitas Pada Mutu Beton Rencana 20 Mpa		Modulus Elastisitas Pada Mutu Beton Rencana 22,5 MPa		Modulus Elastisitas Pada Mutu Beton Rencana 25 MPa		Jumlah
Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
-	-	4892.838	23939863.694	7279.345	52988863.629	9881.291	97639911.827	
-	-	5081.024	25816804.889	6980.194	48723108.278	12508.435	156460946.149	
3064.329	9390112.220	5472.989	29953608.594	7975.825	63613784.431	11538.817	133144297.759	
3419.293	11691564.620	-	-	7621.536	58087810.999	11293.31	127538850.756	
3128.841	9789646.003	-	-	7179.708	51548206.965	10407.56	108317305.154	
3033.06	9199452.964	5195.876	26997127.407	-	-	-	-	
3169.969	10048703.461	5235.145	27406743.171	7499.657	56244855.118	11480.695	131806357.683	
3496.94	12228589.364	5284.265	27923456.59	7512.657	56440015.200	11692.667	136718461.573	
3497.897	12235283.423	4953.999	24542106.092	8446.91	71350288.548	12428.15	154458912.423	
3043.171	9260889.735	5016.707	25167349.124	-	-	10110.201	102216164.260	
25853.5		41132.843		60495.832		101341.126		228823.301
83844241.789		211747059.561		458996933.167		1148301207.584		1902889442.102
8		8		8		9		33

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 83844241,789+ 211747059,561+ 458996933,167+ 1148301207,584 \\ &= 1902889442,102 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$\begin{aligned}
 R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\
 &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\
 &= \frac{226623,301^2}{33} \\
 &= 1586669790,319
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat - kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}
 P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\
 &= \left(\frac{25853,5^2}{8} + \frac{41132,843^2}{8} + \frac{60495,832^2}{8} + \frac{101341,126^2}{9} \right) - \\
 &\quad 1586669790,319 \\
 &= 306951457,952
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat - kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}
 E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\
 &= 1902889442,102 - 1586669790,319 - 306951457,952 \\
 &= 9268193,830
 \end{aligned}$$

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 5.5. Analisa Varian Untuk Modulus Elastisitas

Sumber Variasi	Dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	1586669790,319	1586669790,319	320148
Antar perlakuan	3	306951457,952	102317152,651	
Dalam Perlakuan	29	9268193,830	319592,891	
Jumlah	33			

Sumber : *Data Hasil Penelitian*

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT\ (antar\ perlakuan)}{KT\ (kekeliruan)}$

$$F_{hitung} = \frac{102317152,651}{319592,891} = 320,148$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistik Teori dan Aplikasi Edisi ke 6 Jilid 2 (J. Supranto, MA)*, nilai $F_{tabel}\ (0.05\ ;\ 3\ ;\ 3) = 8,068$, Jadi nilai $F_{hitung} = 320,148 > F_{tabel} = 8,068$. Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi mutu beton terhadap nilai modulus elastisitas beton.

5.4 Analisa Regresi

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan, kemudian dicari hubungan dari parameter yang diuji dan variasi mutu beton yang telah diberikan.

Untuk menganalisis variasi mutu beton terhadap parameter - parameter yang diteliti, digunakan metode fungsi kuadratik (*Sudjana,2002; 338*) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$. Dengan persamaan

perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

5.4.1 Analisa Regresi Batu Pecah

Sebagai contoh, di bawah ini diambil data modulus elastisitas batu pecah untuk diuji dengan regresi.

Tabel 5.6. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Modulus Elastisitas Dengan Variasi Mutu Beton

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	17,5	3239,986	306,250	5359,375	93789,063	56699,76	992245,71	10497509.28
2	20	5323,578	400	8000	160000	106471,56	2129431,20	28340482.72
3	22,5	7779,574	506,250	11390,625	256289,063	175040,42	3938409,34	60521771.62
4	25	11513,248	625	15625	390265	287831,20	7195780,00	132554879.5
Total	85	3239,986	1837,500	40375	900703,125	626042,93	14255866,25	231914643.13

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari tabel 5.67. maka didapat persamaan :

$$27856.386 = 4 a + 85 b + 1837,5 c$$

$$626042.93 = 85 a + 1837,5 b + 40375 c$$

$$14255866.25 = 1837,5 a + 40375 b + 900703,125 c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 13068,637$$

$$b = -1714,108$$

$$c = 66.003$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = 66.003 x^2 - 1714,108 x + 13068,637$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$\begin{aligned}
 JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\
 &= \left(-1714,108 \left\{ 626042,93 - \frac{85 \times 3239,986}{4} \right\} \right) + \\
 &\quad \left(66,003 \left\{ 1425563,25 - \frac{1837,500 \times 231914643,3}{4} \right\} \right) \\
 &= 37879106,837
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\
 &= 231914643,13 - \frac{(3239,986)^2}{4} \\
 &= 85074705,55
 \end{aligned}$$

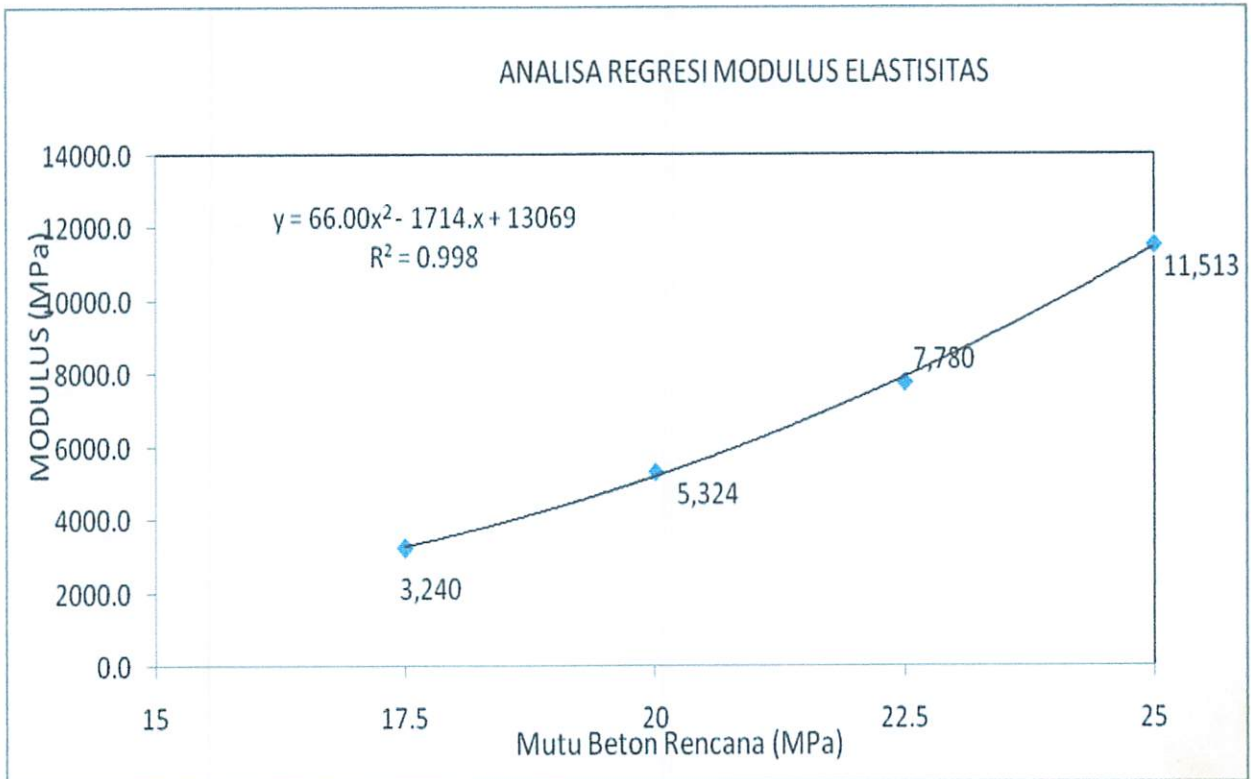
$$\begin{aligned}
 R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
 &= \frac{37879106,837}{85074705,55} \\
 &= 0,99891
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kuat Tarik belah dengan variasi mutu beton menghasilkan persamaan $\hat{Y} = 66.003 x^2 - 1714,108 x + 13068,637$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,99891. Hal ini berarti bahwa 99,89% perubahan nilai Modulus Elastisitas dipengaruhi oleh variasi mutu beton disain sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain.

Tabel 5.7 Hasil Regresi Modulus Elastisitas

Mutu Beton (Mpa)	Modulus Hasil Regresi	Modulus (MPa)
17.5	3285.250	3239.986
20	5187.787	5323.578
22.5	7915.365	7779.57
25	11467.984	11513.25

Grafik 5.1. Analisa Regresi Modulus Elastisitas



5.5. Hubungan Nilai Mutu Beton Realisasi Dan Berat Volume Terhadap

Mutu Beton Rencana

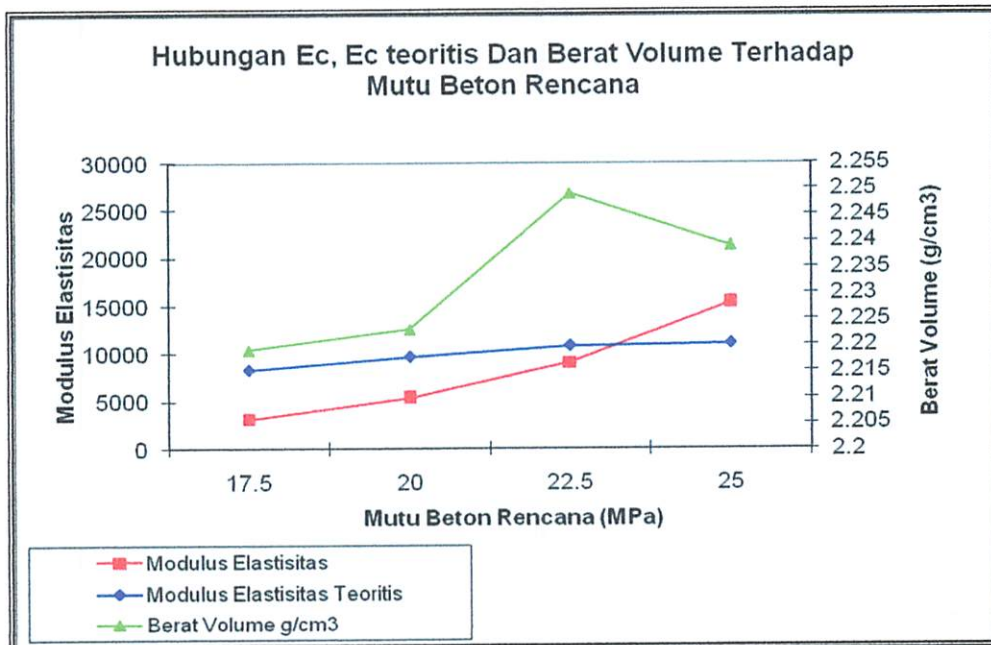
Tabel 5.8 Hubungan Modulus Elastisitas dan Berat Volume Terhadap Mutu Beton rencana

Mutu Beton Rencana Mpa	Modulus Elastisitas	Modulus Elastisitas Teoritis	Berat Volume g/cm3
17.5	3119.477	8294.742	2.219
20	5323.578	9622.799	2.223
22.5	8996.1	10774.357	2.249
25	15296.23	10998.578	2.239

Sumber : Data Hasil Penelitian

Grafik 5.2. Hubungan Modulus Elastisitas dan Berat Volume Terhadap

Mutu Beton rencana



Pada grafik 5.2. di atas dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan trend antara nilai modulus elastisitas realisasi dan nilai modulus elastisitas teoritis antara mutu beton rencana 17,5 MPa; 20 MPa; 22,5 MPa; 25 MPa; sedangkan untuk berat

volume benda uji pada mutu beton rencana 17,5 MPa; 20 MPa; 22,5 MPa; mengalami peningkatan dan pada mutu 25 MPa mengalami penurunan.

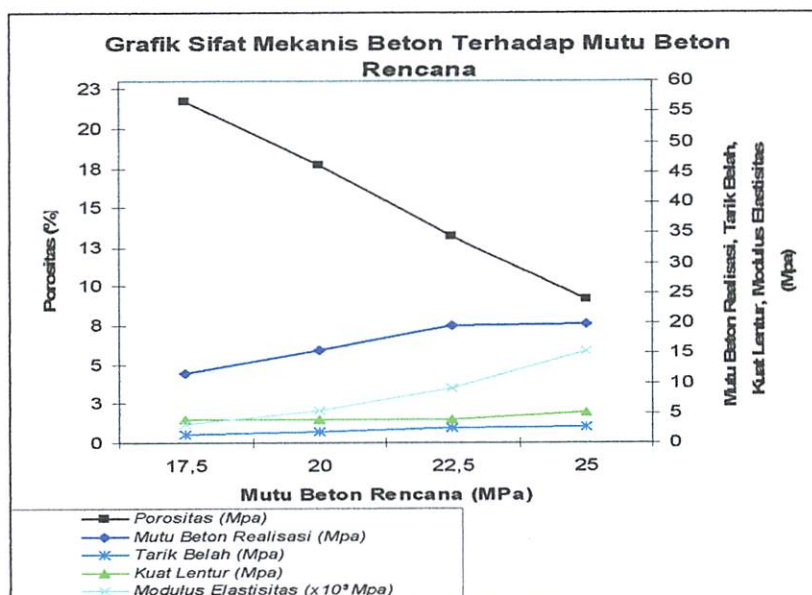
5.6. Analisis Dan Pembahasan Sifat Mekanis Beton Terhadap Mutu Beton Rencana

Untuk melihat pengaruh variasi mutu beton rencana pada sifat mekanis beton maka kita menyadur data dari Brian Mardian (05.21.026) untuk kuat lentur, Al Afsa Haris Kardana (03.21.025) untuk kuat tarik belah, Sulistianto (03.21.014) untuk porositas, Kiki Setyo Siswantoro (03.21.032) untuk mutu beton relisasi.

Tabel 5.9. Daftar Nilai Sifat Mekanis Beton

Mutu Beton Rencana (Mpa)	Porositas (Mpa)	Mutu Beton Realisasi (Mpa)	Tarik Belah (Mpa)	Kuat Lentur (Mpa)	Modulus Elastisitas ($\times 10^3$ Mpa)
17,5	21,720	11,584	1,508	3,850	3,119
20	17,707	15,392	1,876	3,884	5,324
22,5	13,213	19,525	2,372	4,000	8,996
25	9,172	19,854	2,703	5,087	15,296

Grafik 5.3. Hubungan Sifat Mekanis Beton Terhadap Mutu Beton Rencana



Pada grafik 5.3. di atas dapat dilihat adanya pengaruh variasi mutu beton rencana terhadap sifat mekanis beton. Jika nilai mutu beton rencana ditingkatkan. Maka nilai porositas akan menurun, nilai mutu beton realisasi, nilai tarik belah, nilai kuat lentur, dan nilai modulus elastisitas akan meningkat

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

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

1. Dari hasil penelitian diperoleh nilai rata – rata modulus elastisitas sebesar $3,119 \times 10^3 \text{ MPa}$ pada mutu beton rencana 17.5 MPa, sedangkan untuk mutu beton rencana 20 MPa didapatkan nilai rata – rata modulus elastisitas sebesar $5,324 \times 10^3 \text{ MPa}$, kemudian untuk mutu beton rencana 22.5 MPa didapatkan nilai rata – rata modulus elastisitas sebesar $8,996 \times 10^3 \text{ MPa}$, dan untuk mutu beton rencana 25 MPa didapatkan nilai rata – rata modulus elastisitas sebesar $15,296 \times 10^3 \text{ MPa}$.
2. Nilai maksimum dari modulus elastisitas diperoleh dari mutu beton rencana 25 MPa yaitu sebesar $15,296 \times 10^3 \text{ MPa}$

6.2. Saran

Karena keterbatasan waktu penelitian, maka untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Dikarenakan pada penelitian ini mutu beton realisasi lebih kecil dari mutu beton rencana maka penulis menyarankan untuk membuat penelitian

selanjutnya tentang batu scoria sebagai agregat kasar dengan penambahan zat aditif.

2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan memperhatikan faktor cuaca karena berpengaruh terhadap kadar air pada material.
3. Penulis berharap adanya pembaharuan dan penambahan alat - alat laboratorium sehingga hasil yang di dapat lebih akurat.
4. Perlunya membuat formula baru untuk membuat bahan campuran yang digunakan untuk memperoleh hasil beton yang ekonomis

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Badan Penelitian Dan Pengembangan Permukiman Dan Prasarana Wilayah, ***SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung***, Bandung.
- Anonim, ***Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi***, Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang.
- Natalia, Celly, Ch (2006), ***Studi Penelitian Penggunaan Limestone Sebagai Alternatif Agregat kasar Pada Beton Ditinjau Dari sifat Mekanis ($f_c' 20$ MPa) Dengan Metode Doe***, Tugas Akhir, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Prawito, Eri, (2002), ***Pemanfaatan Batu Apung Dalam Pembuatan Beton Ringan Dengan Sikament – NN dan Sika Fume***, Tugas Akhir, Universitas Sumatra Utara.
- Subakti, Aman (1994), ***Teknologi Beton Dalam Praktek***, Surabaya : Divisi Percetakan, Jurusan Teknik Sipil FTSP, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Supranto. J, (2001), ***Statistik Teori dan Aplikasi***, Edisi ke Enam Jilid Dua, Jakarta : PT. Gelora Aksara Pratama.
- Website : <http://digilib.gunadarma.ac.id/go>
 <http://en.wikipedia.org/wiki/scoria>
 <http://www.itb.ac.id/news/2765.xhtml>
 <http://www.scribd.com/rock/scoria.htm>
 <http://Wijoseno.wordpress.com/betonringan>.

LAMPIRAN



Standart pengujian yang digunakan :

No.	Jenis	Pengujian	Standard
1.	Agregat Halus (Pasir)	Analisa Ayak/Saringan	SNI 03-1969-1990/ASTM C 136
2.	Agregat Halus (Pasir)	Kadar Lumpur	SNI 03-1754-1990/ASTM C 117
3.	Agregat Halus (Pasir)	Kadar Zat Organik	SNI 03-1755-1990/ASTM C 40
4.	Agregat Halus (Pasir)	Berat Jenis & Penyerapan Air	SNI 03-1970-1990/ASTM C 128
5.	Agregat Halus (Pasir)	Bobot Isi	ASTM C 29
6.	Agregat Halus (Pasir)	Kadar air	ASTM C 566-97
7.	Agregat Kasar	Analisa Ayak	SNI 03-1969-1990/ASTM C 136
8.	Agregat Kasar	Bobot Isi	ASTM C 29
9.	Agregat Kasar	Berat Jenis & Penyerapan Air	SNI 03-1970-1990/ASTM C 128
10.	Agregat Kasar	Abrasi	SNI 03-3795-1995/ASTM C 131
11.	Agregat Halus (Pasir)	Kadar air	ASTM C 566-97
12.	Kubus dan Silinder Beton	Kuat Tekan Beton	SNI 03-1974-1990/ASTM C 39
13.	Kubus dan Silinder Beton	Kuat Lentur Beton	ASTM C 293 / ASTM C 78
14.	Silinder Beton	Porositas	SNI 03-09-2774-1992
15.	Kubus dan Silinder Beton	Kuat Tarik Belah	SNI 03-2491-1991/ASTM C 496
16.	Kubus dan Silinder Beton	Modulus Elastisitas	ASTM C 469
17.	Kubus dan Silinder Beton	Berat Jenis	SNI 03-1973-1990
18.	Kubus dan Silinder Beton	Perawatan Laboratorium	SNI 03-2493-199/ASTM C 113





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bendungan Sigura-gura no. 2

Malang 65415

Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015

LEMBAR ASISTENSI

BIMBINGAN SKRIPSI

YUDHA YOGI PRASETIAWAN

(03.21.051)

Dosen Pembimbing : Ir. Hirijanto, MT

Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
16-7-2011	- Ugi flump masukan semua - yg dibelikan hanya Modulus Elastisitas saja, yg lain tdk. - Masukan Cara pengujian di bab <u>III</u>	
20-7-2011	U/masing ϵ muti di bedakan tabel Eo. U/masing	
30-7-2011	Buat pembalasan/aksi dan kesimpulan	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bendungan Sigura-gura no. 2

Malang 65415

Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015

LEMBAR ASISTENSI

BIMBINGAN SKRIPSI

YUDHA YOGI PRASETIAWAN

(03.21.051)

Dosen Pembimbing : Ir. Hirijanto, MT

Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
04/03/11	- literatur & penelitian - tips & manfaat - penelitian	
05/03/11	- penelitian - di lapangan - dapatkan data point. - Seminar Hotel	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG PENELITIAN

Nama : YUDHA YOGI
NIM : 0321051
Hari / tanggal : Kamis 18 Agustus 2011

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

Rumus (Rumus no 2 :

→ Mutu beton tepat ?

Bahan beton no 2

→ Mutu beton (tepat ?)

→ perbandingan beton & pasir (Rumus
tersebut) → ter.
→ kur.))

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, 2011

Dosen Pembahas

(Kusnata)

Malang, 2011

Dosen Pembahas

(Kusnata)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG PENELITIAN

Nama : YUDHA YOGI
NIM : 0321051
Hari / tanggal : Kamis 18 Agustus 2011

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

Konsultasikan ke hasil model elastis



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

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

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 19-08- 2011

Dosen Pembahas

Malang, 19-08- 2011

Dosen Pembahas



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2
Jl. Raya Karanglo Kru. 2
Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : _____

NIM : _____

Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- Muat beton reme > Muat beton analisis ?

- perkelas grafik perluasan beton segm ?

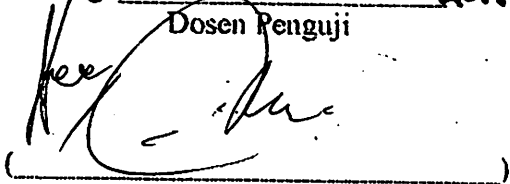
- Grafik kurva hub. keluwatan beton w/c ?

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

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

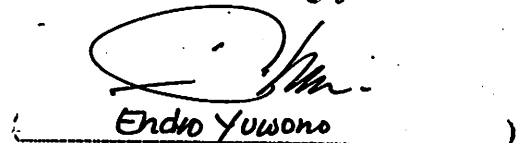
Malang, _____ 2016

Dosen Penguji



Malang, 24-08- 2016

Dosen Penguji


Endro Yuwono



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2
Jl. Raya Katanglo Km. 2
Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Struktur

Nama :

Yudha Xog

NIM :

032151

Hari / tanggal :

Rabu / 29-8-11

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

semua sumber / Referensi → harus dicantumkan dan harus ada di pustaka

tampilkan alat uji sesuai gambar

Catatan lain : + prosedurnya

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

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____

2011

Dosen Penguji

Kustar

Malang, _____

2011

Dosen Penguji

Kustar