

TESIS

**ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH
BETON RINGAN DENGAN SUBSTITUSI LIMBAH
BATA RINGAN DAN STYROFOAM**

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)



Oleh :

MUHAMAD ALI MA'SUM

NIM : 20202200057

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH
BETON RINGAN DENGAN SUBSTITUSI LIMBAH BATA
RINGAN DAN STYROFOAM**

Disusun oleh :

MUHAMAD ALI MA'SUM

NIM : 20202200057

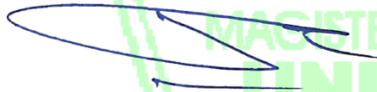
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Tanggal,

Tanggal,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ir. H. Sumirin, MS

Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si

NIK. 220288009

NIK. 210288011

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN
DENGAN SUBSTITUSI LIMBAH BATA RINGAN DAN STYROFOAM**

Disusun oleh :

MUHAMAD ALI MA'SUM

NIM : 20202200057

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :

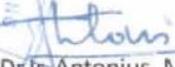
(22 November 2024)

Tim Penguji:

1. Ketua 
(Dr. Ir. Sumirin, MS)
2. Anggota 
(Dr. Ir. Soedarsono, M.ST)
3. Anggota 
(Dr. Ir. Henny Pratiwi Adi, ST., MT)

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)
Semarang, (22 November 2024)
Mengetahui,

Ketua Program Studi


Prof. Dr. Ir. Antonius, MT
NIK. 210202033

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik


Dr. Abdul Rochim, ST, MT
NIK. 210200031

MOTTO

- Al-Qur'an surat Ali Imran ayat 110.
وَلَوْ ۙ بِاللَّهِ وَتُؤْمِنُونَ الْمُنْكَرَ عَنِ وَتَنْهَوْنَ بِالْمَعْرُوفِ تَأْمُرُونَ لِلنَّاسِ أُخْرِجَتْ أُمَّةٌ خَيْرٌ كُنْتُمْ
الْفَاسِقُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْمُؤْمِنُونَ مِنْهُمْ ۙ لَهُمْ خَيْرًا لَكَانَ الْكِتَابِ أَهْلُ أَمَنَ
- **Artinya :** *“Kalian adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.”*
- Sebaik-baik waktumu adalah kapan engkau menyadari kekuranganmu, dan engkau pun kembali mengakui kerendahanmu. (Ibnu Athaillah)
- Ridha Allah SWT tergantung pada keridhaan Orang Tua
- “Yakinlah ada sesuatu yang menantimu selepas banyak kesabaran (yang kau jalani) yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa pedihnya rasa sakit “. [Iman Ali Bin Abu Thalib AS]
- Rosulullah Muhammad SAW bersabda:
بِالْعِلْمِ فَعَلَيْهِ أَرَادَهُمَا وَمَنْ بِالْعِلْمِ فَعَلَيْهِ الْأَخْرَةَ أَرَادَ وَمَنْ بِالْعِلْمِ فَعَلَيْهِ الدُّنْيَا أَرَادَ مَنْ
“Barang siapa menginginkan dunia, maka carilah ilmu dan barang siapa yang menginginkan akhirat, maka carilah ilmu dan barang siapa yang menginginkan keduanya, maka carilah ilmu.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Tesis ini Penulis persembahkan untuk :

1. Dr. Ir. H. Sumirin, MS sebagai dosen pembimbing 1 yang senantiasa membimbing dan sabar terhadap penulis selama pengerjaan tesis ini.
2. Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si sebagai dosen pembimbing 2 yang senantiasa membimbing dan sabar terhadap penulis selama pengerjaan tesis ini.
3. Kedua orang tua tercinta Bapak H. Abdul Khanan dan Ibu Hj. Nuraeni atas semua cinta, pengertian, kasih sayang dan doa.
4. Keempat Saudara kandung atas dukungannya.
5. Untuk Defiana Laili Ramadani, A.Md. RMIK sebagai calon istri yang sabar memberi dukungan dan semangat dalam pengerjaan Tesis ini
6. Teman Magister Teknik Sipil se-Angkatan 51 yang telah memberikan dukungan dan semangat.

Muhamad Ali Ma'sum
20202200057

ABSTRAKSI

Beton Ringan adalah beton yang memiliki Berat Jenis (*density*) lebih ringan dari pada beton pada umumnya, beton biasa memiliki manfaat dari bahan penyusunnya yang terdiri oleh agregat halus, air, portland cement, agregat kasar, serta bahan tambah lainnya. beton biasa juga mempunyai kelemahan yakni berat jenis yang tinggi. sehingga beban yang mati pada struktur akan menjadi besar karenanya, inovasi pada teknologi beton diharapkan mampu menjawab segala tantangan kebutuhan, salah satunya bersifat ramah lingkungan dan mempunyai berat jenis yang rendah, atau yang disebut dengan beton ringan.

Penggunaan bata limbah bata ringan dimaksudkan untuk ikut andil dalam sistem ramah lingkungan ,yaitu agar dapat digunakan kembali atas limbah-limbah bata ringan yang pecah dan tidak terpakai pada pesatnya pembangunan konstruksi di inonesia ataupun dunia, sedangkan penggunaan styrofoam di maksudkan agar ikut menekan nilai berat jenis beton itu sendiri (self weight)

Tujuan tesis ini adalah untuk mengetahui perbedaan kuat tekan dan kuat Tarik belah beton campuran limbah bata ringan dan styrofoam.

Hasil nilai kuat tekan pada benda uji dengan kadar penambahan styrofoam dan bata ringan sebanyak 40% mempunyai kuat tekan rata-rata 10.85 Mpa dan ketika komposisi diturunkan menjadi 30% kuat tekan naik menjadi 51% yaitu sebesar 21.1 Mpa sedangkan ketika komposisi diturunkan menjadi 20% kuat tekan naik menjadi 53% yaitu 22.7 Mpa sedangkan nilai kuat tarik belah pada benda uji dengan kadar penambahan styrofoam dan bata ringan sebanyak 40% mempunyai kuat tarik belah rata-rata 0.875 Mpa dan ketika komposisi diturunkan menjadi 30% kuat tarik belah rata-rata naik sebesar 13.8% yaitu sebesar 1.2 Mpa sedangkan ketika komposisi diturunkan menjadi 20% kuat tarik belah rata-rata naik sebesar 18.3% yaitu 1.6 Mpa.

Kata Kunci : Beton Ringan, Agregat Kasar, Agregat Halus, Styrofoam, Bata Ringan

ABSTRACT

Lightweight concrete is concrete that has a lighter density than concrete in general. Lightweight concrete is made by adding air pores to the concrete mixture. Concrete has the benefits of its constituent materials which consist of fine aggregate, water, Portland cement, coarse aggregate, and other added materials. Concrete also has a weakness, namely its high specific gravity. So the dead load on the structure will become large. Therefore, innovation in concrete technology is expected to be able to answer all the challenges of needs, one of which is environmentally friendly and has a low specific gravity, or what is called lightweight concrete.

The use of lightweight brick waste is intended to contribute to an environmentally friendly system, namely so that it can be reused for broken and unused lightweight brick waste due to the rapid construction development in Indonesia and the world, while the use of styrofoam is intended to help reduce the specific gravity value. the concrete itself (self weight)

The aim of this thesis is to determine the difference in compressive strength and tensile strength of concrete mixed with lightweight brick waste and styrofoam.

The results of the compressive strength value of the test object with the addition of 40% styrofoam and light brick had an average compressive strength of 10.85 Mpa and when the composition was reduced to 30% the compressive strength increased by 51%, namely 21.1 Mpa, whereas when the composition was reduced to 20% the compressive strength increased by 53%, namely 22.7 Mpa, while the splitting tensile strength value of the test object with the addition of styrofoam and lightweight bricks of 40% had an average splitting tensile strength of 0.875 and when the composition was reduced to 30% the average splitting tensile strength increased by 13.8%, namely amounted to 1.2 Mpa, while when the composition was reduced to 20% the average splitting tensile strength increased by 18.3%, namely 1.6 Mpa.

Keywords : Light Concrete, Coarse Aggregate, Fine Aggregate, Styrofoam, Light Brick

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

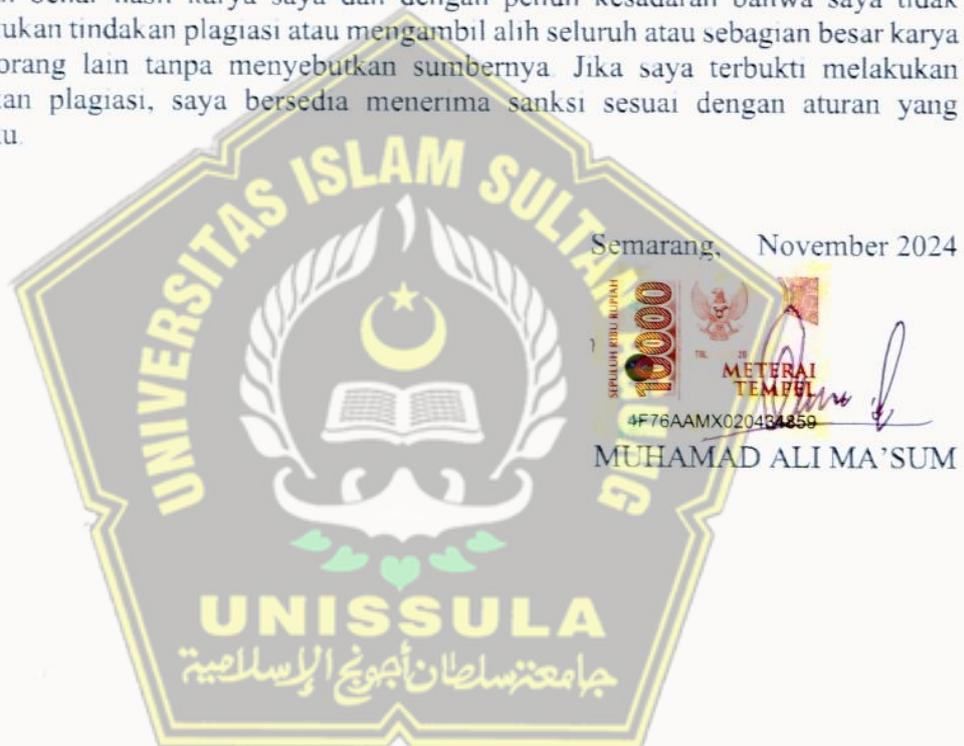
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMAD ALI MA'SUM
NIM : 20202200057

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN DENGAN SUBSTITUSI LIMBAH BATA RINGAN DAN STYROFOAM

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis dengan judul **“ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN DENGAN SUBSTITUSI LIMBAH BATA RINGAN DAN STYROFOAM”** ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyelesaian laporan ini dimaksudkan untuk menyelesaikan Program Studi Magister Teknik Sipil (S2) di Fakultas Teknik Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Prof. Ir. Antonius., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang
3. Bapak Dr. Ir. H. Sumirin, MS selaku Dosen Pembimbing yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
4. Bapak Ir. H. Soedarsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing II, yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
5. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tesis ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunanya.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis juga bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Muhamad Ali Ma'sum

NIM : 20202200057

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	ii
MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAKSI	v
ABSTRACT	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I	
PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Keaslian Penelitian.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Beton	8
2.2 Beton Ringan.....	8
2.3 Semen	9
2.4 Agregat	11
2.4.1 Agregat Kasar.....	12
2.4.2 Agregat Halus.....	14

2.5 Air	17
2.6 <i>Styrofoam</i>	18
2.7 Batu Bata	26
2.7 Perancangan Campuran (<i>Mix Design</i>) Berdasarkan SNI 03- 2834-2000	26
2.8 Kuat Tekan	38
BAB III	
METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat Pelaksanaan	41
3.2 <i>Flow Chart</i> Penelitian	41
3.3 Metode Pengumpulan Data	42
3.4 Material dan Bahan yang Digunakan	42
3.4.1. Bahan Pembuatan Beton	42
3.4.2. Peralatan Pembuatan Beton	42
3.5 Perhitungan <i>Mix Design</i>	43
3.5.1 Tahapan Perhitungan <i>Mix Design</i>	43
3.6 Langkah Penelitian	45
3.6.1 Jumlah Benda Uji	46
3.6.2 Benda Uji	47
3.6.3 Bata Ringan	47
3.6.4 <i>Styrofoam</i>	47
3.6.5 Uji <i>Slump</i> (SNI 03 – 1972 – 1990)	47
3.6.6. Uji Kuat Tekan	48
3.6.7. Uji Kuat Tarik belah	49
3.7 Metode Analisis Hasil	51
BAB IV	
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Umum	53
4.2 Hasil dan analisa pemeriksaan agregat	53

4.2.1 Berat Jenis Agregat Halus	53
4.2.2 Penyerapan Agregat Halus	54
4.2.3 Analisa Gradasi Agregat Halus	54
4.2.4 Kadar Lumpur Agregat Halus	56
4.2.5 Berat Isi Agregat Halus	56
4.2.6 Kadar Air Agregat Halus.....	56
4.2.7 Pemeriksaan Agregat Kasar	57
4.2.8 Hasil Pengujian Kelembaban Kerikil.....	57
4.2.9 Hasil Pengujian Berat Jenis Kerikil	58
4.2.10 Hasil Pengujian Berat Volume Kerikil.....	58
4.2.11 Hasil Pengujian Air Resapan Kerikil	59
4.2.12 Hasil Analisa Saringan Kerikil.....	59
4.3 Rancang campur dan kebutuhan bahan beton ringan.....	60
4.3.1 Benda uji 20%.....	60
4.3.2 Benda uji 30%.....	60
4.3.3 Benda uji 40%.....	61
4.4 Hasil dan analisa pengujian beton keras	62
4.4.1 Uji kuat tekan.....	63
4.4.2 Pengujian Kuat Tarik Belah	64
4.4.3 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah	66

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 10 mm	13
Gambar 2.2: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 20 mm.	14
Gambar 2.3: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 40 mm.	14
Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir kasar.	15
Gambar 2.5: Daerah gradasi pasir sedang.	16
Gambar 2.6: Daerah gradasi pasir agak halus.	16
Gambar 2.7: Daerah gradasi pasir halus.	16
Gambar 2.8. Styrofoam	19
Gambar 2.9: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton	30
Gambar 2.10: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000).35	
Gambar 2.11: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).36	
Gambar 2.12: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan Untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).36	
Gambar 2.13: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000).	37
Gambar 3.1 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan FAS	45
Gambar 3.2 Hubungan Berat Isi Beton Dan Kadar Air	46
Gambar 3.3 Alat uji kuat tekan beton	50
Gambar 3.6 Alat uji kuat Tarik Belah beton.....	52
Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus	55
Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar	60
Gambar 4.3: Pengujian Kuat Tekan dan Tarik belah Benda Uji Silinder Umur 28 Hari.....	62
Gambar 4.4: Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder Umur 28 Hari.....	63
Gambar 4.5 Diagram data hasil pengujian kuat tekan beton.....	64

Gambar 4.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Benda Uji Silinder Umur
28 Hari.....65

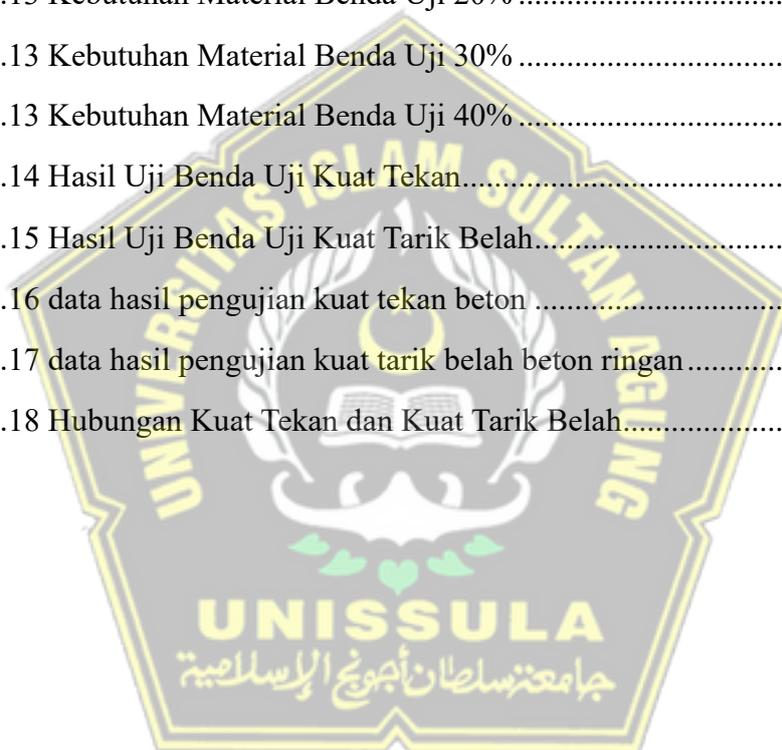
Gambar 4.7 Diagram data hasil pengujian kuat tarik belah beton66



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar (SNI 032834-2000).....	13
Tabel 2.2: Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-2000).	15
Tabel 2.3 Daftar Massa Jenis Material (Styrofoam)	25
Tabel 2.4: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834-2000).....	27
Tabel 2.5: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).....	27
Tabel 2.6: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen Dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	29
Tabel 2.7: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000).....	31
Tabel 2.8: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834- 2000).	32
Tabel 2.9: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat (SNI 03-2834- 2000).....	33
Tabel 2.10: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air (SNI 03-2834-2000).	34
Tabel 3.1. Perkiraan Kuat Tekan	44
Tabel 3.2. Kadar Air Bebas	45
Tabel 3.3 Matrix Ortogonal Array L4 (4 ²).....	47
Tabel 3.4 Variasi benda uji	47
Tabel 3.5 Form data benda uji.....	53
Tabel 4.1 Berat Jenis Pasir	54
Tabel 4.2 Air Resapan pada Pasir.....	55
Tabel 4.3 Gradasi Pasir	55
Tabel 4.4 Hasil Ayakan Kerikil	56

Tabel 4.5 Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur	57
Tabel 4.6 Berat Volume Pasir	57
Tabel 4.7 Air Resapan pada Pasir.....	58
Tabel 4.8 Pengujian Kelembaban Kerikil	58
Tabel 4.9 Pengujian Berat Jenis Kerikil.....	59
Tabel 4.10 Berat Volume Kerikil.....	59
Tabel 4.11 Air Resapan pada Kerikil	60
Tabel 4.12 Hasil Ayakan Kerikil	60
Tabel 4.13 Kebutuhan Material Benda Uji 20%	61
Tabel 4.13 Kebutuhan Material Benda Uji 30%	62
Tabel 4.13 Kebutuhan Material Benda Uji 40%	62
Tabel 4.14 Hasil Uji Benda Uji Kuat Tekan.....	63
Tabel 4.15 Hasil Uji Benda Uji Kuat Tarik Belah.....	63
Tabel 4.16 data hasil pengujian kuat tekan beton	65
Tabel 4.17 data hasil pengujian kuat tarik belah beton ringan.....	66
Tabel 4.18 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah.....	67



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tercatat mulai dari beberapa dekade kebelakang, konstruksi pembangunan suatu bangunan tidak luput dari bahan beton. Mulyono (2003) berpendapat, beton yaitu kombinasi yang meliputi semen, air dan agregat. Tegangan hancur tekan yang begitu tinggi dan tegangan hancur tarik yang begitu rendah merupakan karakteristik sebuah beton. Beton memiliki manfaat dari bahan penyusunnya yang terdiri oleh agregat halus, air, *portland cement*, agregat kasar, serta bahan tambah lainnya.

Hingga detik ini, beton sudah menjadi opsi teratas pada dunia struktur. Ini dikarenakan beton mempunyai kekuatan tekan yang begitu tinggi, pengerjaan yang mudah, dan bahan-bahannya mudah untuk didapatkan. Tjokrodimuljo (2007) mengatakan, penyebab harga beton bisa murah dikarenakan bahan dasarnya mudah didapat. Beton merupakan material yang tahan lama terhadap pelapukan atau karat serta tahan panas terhadap keadaan daerah setempat, maka anggaran pemeliharaan relatif terjangkau.

Beton dijadikan sebagai komponen konstruksi telah lama dipakai serta diterapkan begitu luas karena mempunyai beberapa keunggulan dan kelebihan dibandingkan dengan komponen material lainnya. Diantaranya beton mempunyai kuat tekan yang begitu tinggi, apabila disatukan bersama baja tulangan yang kuat tariknya tinggi. Maka akan menjadi perpaduan struktur yang tahan tarik dan tekan. Oleh sebab itu, struktur beton bertulang bisa di implementasikan, juga digunakan sebagai fondasi, balok, kolom, dinding, perkerasan jalan, jembatan, bendungan, pelabuhan, landasan pesawat udara, bangunan penampung air, dan lain-lain (Tjokrodimuljo, 2007).

Akan tetapi, beton juga mempunyai kelemahan yakni berat jenis yang tinggi, sehingga beban yang mati pada struktur akan menjadi besar (R.B. Anugraha dkk 2010). Karenanya, inovasi pada teknologi beton diharapkan mampu menjawab segala tantangan kebutuhan, salah satunya

bersifat ramah lingkungan dan mempunyai berat jenis yang rendah, atau yang disebut dengan beton ringan (A.I. Candra dkk 2019). Menurut F. Octaviani Lomboan dkk (2016), Salah satu yang menentukan kuat tekan beton yaitu dari kekuatan agregat dan kekuatan pengikatnya.

Menurut Pujianto dkk (2021), seiring berjalannya waktu, bata ringan sering dipakai sebagai penyusun dinding karna bobotnya yang ringan dan ukuran yang *flexible*. Pada penelitian ini memanfaatkan limbah bata ringan sebagai salah satu penyusun beton. Pemanfaatan limbah ini bertujuan sebagai matrial pengganti agregat kasar pada penelitian. Bata ringan umumnya di produksi memakai campuran pasir kwarsa, semen, kapur, air, gypsum serta aluminium pasta.

Menurut Agung (2015) pada proses produksi beton ringan tentu diperlukan material gabungan yang mempunyai berat jenis rendah. Satu diantara bahan pilihan yang bisa dipakai pada campuran beton ringan yakni *Styrofoam*. *Styrofoam* adalah salah satu bahan material yang mempunyai berat jenis yang begitu rendah. Selain harganya yang terjangkau, *styrofoam* atau *expanded polystyrene* yang berkomposisi polisterin atau yang sering dikenal dengan gabus putih sering menjadi limbah industri ataupun limbah rumah tangga yang menjadi permasalahan lingkungan karna sifatnya yang bisa membusuk dan tidak terurai di alam.

Dari pembahasan diatas, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental “Analisa Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan Akibat Pengaruh Substitusi Limbah Bata Ringan dan Styrofoam” untuk mengevaluasi sejauh mana pengaruh bata ringan dan styrofoam pada campuran beton.

1.2. Rumusan Masalah

Berhubungan dengan latar belakang pembahasan diatas yang mencakup beton ringan maka bisa dijelaskan rumusan masalah pada proposal ini yaitu :

- a. Bagaimana pengaruh nilai kuat tekan dan kuat Tarik belah beton ringan dengan substitusi limbah bata ringan dan styrofoam dengan variasi 20% 30% 40%?
- b. Bagaimana perbedaan kuat tekan dan kuat tarik belah beton campuran limbah bata ringan dan styrofoam dengan variasi 20% 30% 40% ?

1.3. Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah yang dibatasi yaitu :

1. Direncanakan target mutu beton ringan yaitu $f'c = 15$ Mpa.
2. Variasi perbandingan bata ringan dan styrofoam adalah (20% 30% 40%).
3. Hanya menguji kuat tekan dan kuat tarik belah beton saja.
4. Pembuatan, pemeriksaan dan pengujian benda uji dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK), Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

1.4. Keaslian Penelitian

Untuk menentukan keaslian penelitian, peneliti dan berdasarkan pengetahuan peneliti sebagai penulis penelitian dengan judul “Analisa Kuat Tekan Beton Ringan Akibat Pengaruh Substitusi Limbah Bata Ringan dan Styrofoam” peneliti yakin tidak ada penelitian yang memiliki judul yang sama dengan penelitian saya, akan tetapi mungkin saja ada penelitian serupa dengan penelitian yang ditulis oleh peneliti, seperti :

1. Putra A. Agung Fadhilah, Karakteristik Beton Ringan Dengan Bahan Pengisi Styrofoam, 2015.

Penelitian ini mempunyai kesamaan variabel terikat yaitu penggunaan styrofoam guna menemukan kadar presentase pencampuran yang optimal untuk menaikkan kuat tekan beton, akan tetapi ada perbedaan variabel bebasnya, yaitu penggunaan styrofoam peneliti tersebut menambahkan komposisi styrofoam dengan 4 variasi yaitu 0% 10% 30% 50% rata-rata pada umur 28 hari berturut-turut

adalah 27.74 MPa, 17.76 MPa, 13.12 MPa, dan 5.26 MPa. Sehingga dapat disimpulkan kuat tekan optimal pada penambahan 0%.

2. Faizah, restu dkk, Pemanfaatan Limbah Bata Ringan Sebagai Bahan Penyusun Pengganti Pada Beton, 2021.

Penelitian ini mempunyai kesamaan variabel terikat yaitu penggunaan limbah bata ringan, akan tetapi terdapat perbedaan variabel bebasnya, yaitu pemanfaatan limbah bata ringan sebagai agregat kasar dan pengganti semen dengan 3 variasi yaitu 5% (PS5), 10% (PS10), 15% (PS15) pada saat beton limbah bata ringan pengganti semen berumur 28 hari memperoleh kuat tekan sebesar 17,32 MPa, 14,30 MPa, 9,82 MPa. Dan limbah bata ringan sebagai agregat kasar dengan 3 variasi ukuran agregat maksimal 16 mm (PA16), 22,4 mm (PA22,4), 25 mm (PA25) pada saat berumur 28 hari memperoleh kuat tekan sebesar 6,55 MPa, 6,43 MPa, 5,72 MPa. Sehingga bisa disimpulkan pada pemanfaatan limbah bata ringan sebagai pengganti semen semakin banyak porsi limbah maka kuat tekannya semakin berkurang. Begitu juga dengan sebagai agregat kasar, semakin besar ukuran agregat maka kuat tekan yang didapat semakin berkurang, akan tetapi tidak signifikan.

3. Miswar Khairul, Beton Ringan Dengan Menggunakan Limbah Styrofoam, 2018.

Penelitian ini mempunyai kesamaan variabel terikat yaitu penggunaan styrofoam guna menemukan kadar presentase pencampuran yang optimal untuk menaikkan kuat tekan beton, akan tetapi ada perbedaan variabel bebasnya, yaitu penggunaan styrofoam peneliti tersebut menambahkan komposisi styrofoam dengan 4 variasi yaitu 0% 60% 80% 100% rata-rata pada umur 28 hari berturut-turut adalah 22,08 MPa, 10,54 MPa, 7,57 MPa, 5,27 MPa. Sehingga dari segi kuat tekan, beton komposisi styrofoam 60% 80% 100% yang sudah diuji memnuhi batasan minimal kuat tekan beton ringan untuk struktur ringan dan non struktur.

4. Danang Purwanto, Dio Damas Permadi, Utamy Sukmayu Saputri Model Analisis Penelitian Pada Penelitian ini Uji Kuat Beton Dengan Menggunakan Limbah Styrofoam Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus,2023.

Pada Penelitian ini Proporsi perbandingan komposisi campuran dari hasil mix design beton normal mutu sedang yaitu dengan besar kuat tekan $f_c'k$ 30 Mpa yang kemudian dicampur dengan bahan tambahan sebagai pengganti sebagian pasir yaitu limbah Styrofoam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kekuatan beton normal dan beton dengan styrofoam sebagai pengganti agregat halus. Pengujian yang dilakukan yaitu dengan melakukan pemeriksaan fisik beton uji terhadap Campuran Beton. yang menggunakan bahan tambahan limbah styrofoam sebanyak 24 benda uji (0%, 0,1 % 0,5%, 1%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari yaitu, pada beton normal dengan persentase 0% didapatkan hasil 30,180 N/mm² , pada beton SF dengan persentasi 0,1% didapatkan hasil 28,860 N/mm² , pada beton SF dengan persentase 0,5% didapatkan hasil 26,785 N/mm² , dan pada beton SF dengan persentase 1% didapatkan hasil 24,144 N/mm² . Maka pada hasil tersebut dapat dilihat bahwa styrofoam sebagai penggantian sebagian agregat halus berpengaruh terhadap penurunan kuat tekan beton, semakin besar jumlah pasir yang diganti dengan styrofoam semakin kecil nilai kuat tekannya.

5. Nathalia Samaria Marisi Siahaan Marthin D. J. Sumajouw, Mielke R. I. A. J. Mondoringin, Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, penelitian ini membahas mengenai Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan.

Penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Dengan variasi 0%, 60%, 70% dan 80%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik belah beton ringan umur 28 hari dengan campuran 0% styrofoam sebesar 3,36 Mpa, dengan campuran 60% styrofoam menurun menjadi 1.82 Mpa, dengan campuran 70% styrofoam turun menjadi 1.75 dan dengan campuran styrofoam 80% turun menjadi 1.71 Mpa.

1.5 Tujuan Penelitian

Berhubungan dengan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka tujuan yang dibahas dalam proposal ini yaitu :

- a. Mengetahui perbedaan kuat tekan dan kuat Tarik belah beton campuran limbah bata ringan dan styrofoam dengan variasi 20% 30% 40%.
- b. Mengetahui perbedaan kuat tekan dan kuat Tarik belah beton campuran limbah bata ringan dan styrofoam dengan variasi 20% 30% 40%.

1.6 Manfaat Penelitian

Dari maksud dan tujuan penulisan tersebut diatas, maka faedah penulisan yang bisa dipetik dari latar belakang tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Memperluas pengetahuan ilmu teknik sipil dibagian beton ringan.
- b. Menambah wawasan mengenai kuat tekan beton dengan substitusi bata ringan dan styrofoam.
- c. Secara akademis penelitian ini diharapkan mampu menambah referensi untuk penelitian berikutnya.
- d. Untuk penggunaan bangunan dengan konstruksi 1 lantai.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembaca dalam memahami dari penelitian thesis ini, maka penyusunan sistematika thesis sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Mencakup latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan thesis.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori peneliti terdahulu dan landasan teori yang akan peneliti gunakan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang jenis penelitian, variabel penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, tahapan/bagan alir penelitian dan jadwal penelitian.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang karakteristik dan diskripsi data yang terkumpul, hasil penelitian dan pembahasannya

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan. Saran dibuat berdasarkan pengamatan dan pertimbangan penulis



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Berdasarkan SNI-03-2847-2002, Beton adalah campuran antara Semen Portland atau Semen Hidraulik lainnya, Agregat Halus, Agregat Kasar, dan air dengan atau tanpa Bahan Tambahan yang membentuk massa padat. Menurut Asih (2018) beton merupakan material yang menyerupai batu diperoleh dengan membuat suatu campuran. Campuran dengan proporsi tertentu dari Semen, Pasir Dan Agregat lainnya dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Tingkat mutu beton atau sifat-sifat lain yang hendak dicapai, dapat dihasilkan dengan perencanaan yang baik dalam pemilihan bahan-bahan pembentuk serta komposisinya. Beton yang dihasilkan diharapkan memenuhi ketentuan-ketentuan seperti kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton dengan mudah tanpa menimbulkan segregasi atau pemisahan agregat dan *bleeding*, ketahanan terhadap kondisi khusus yang diinginkan, memenuhi kekuatan yang hendak dicapai, serta ekonomis dari segi biayanya (Karwur, R. Tenda, Wallah, & Windah, 2013).

2.2. Beton Ringan

Beton Normal merupakan bahan yang cukup berat, dengan Berat Sendiri mencapai 2400 kg/m³. Untuk mengurangi Beban Mati pada suatu Struktur Beton maka telah banyak dipakai jenis Beton Ringan. Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847 Tahun 2002, Beton dapat digolongkan sebagai Beton Ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg/ m³. Dalam membuat beton ringan tentunya dibutuhkan material yang memiliki berat jenis ringan pula. Pada umumnya Berat Jenis yang lebih ringan dapat dicapai jika Berat Beton diperkecil yang berpengaruh pada menurunnya kekuatan beton tersebut. Pembuatan Beton Ringan pada prinsipnya adalah membuat rongga didalam beton. Semakin banyak rongga udara dalam beton semakin ringan beton yang dihasilkan. Ada 3 macam cara membuat rongga udara dalam beton, yaitu:

- a. Yang paling sederhana yaitu dengan memberikan agregat ringan. Agregat itu bisa berupa Batu Apung, Batu Alwa Atau Abu Terbang (Fly Ash) yang dijadikan batu.

Adapun spesifikasi Agregat Ringan yang digunakan dalam pembuatan beton ringan yang digunakan dalam pembuatan beton dengan pertimbangan utama adalah ringannya bobot dan tinggi kekuatan yang meliputi: persyaratan komposisi kimia dan sifat agregat sesuai Standar SNI 03-2461-2002.

- b. Menghilangkan Agregat Halus (agregat halus disaring, contohnya debu/abu terbangnya dibersihkan).
- c. Meniup atau mengisi udara di dalam beton. Cara ketiga ini terbagi lagi menjadi Secara Mekanis dan secara kimiawi. Bahan campuran antara lain pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air dan dicampur aluminium pasta sebagai bahan pengembang secara kimiawi.

Secara umum, kandungan udara mempengaruhi kekuatan beton. kekuatan beton berkurang 5,5% dari Kuat Tekan setiap pemasukan 1% dari volume campuran. Beton dengan Bahan Pengisi Udara mempunyai kekuatan 10% lebih kecil daripada Beton Tanpa Pemasukan Udara Pada Kadar Semen Dan Workabilitas yang sama (Murdock & book, 1999). Pada beton dengan kekuatan menengah dan tinggi, tiap 1% peningkatan kandungan udara akan mengurangi kekuatan tekan beton sekitar 5% tanpa perubahan air semen (Mehta, 1986). Pada penelitian ini material tambahan yang digunakan adalah *Styrofoam*. *Styrofoam* pada penelitian ini berfungsi sebagai pembentuk rongga pada beton sehingga peneliti tidak terfokus pada *durabilitas Styrofoam*. Namun secara umum beton ringan memiliki standar yang berhubungan dengan durabilitas yakni "*Freezing and Thawing Test for Concrete, Method A*" berdasarkan JIS A1148. Hal ini berhubungan dengan faktor lingkungan (cuaca) khususnya di daerah dingin. Pengujian dilakukan dengan melakukan perendaman dalam air. pada kasus ini, beton dengan Agregat Ringan yang dibasahi terlebih dahulu, hingga memiliki kandungan air sebesar 25-30%. namun hasil pengujian ini tidak bisa menunjukkan secara akurat tentang Ketahanan Beton Ringan sebab dapat dipengaruhi oleh beberapa kondisi diantaranya, durasi siklus "*freezing and thawing*" pada cuaca, temperatur minimum dan perubahan temperatur secara drastis.

2.3 Semen

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara

Agregat Kasar Dengan Agregat Halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air selang beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan Agregat Halus (Pasir) Dan Air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. (Saifuddin, Edison, & Fahmi, 2013)

Menurut SNI 02-2834-2000, Semen Portland-Pozolan adalah campuranN semen Portland dengan pozolan antara 15%-40% berat total campuran dan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam pozolan minimum 70%. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton dan mortar untuk memperbaiki kekecekan (keenceran) dan membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas). (Mulyati, Dahlan, & Adril, 2012).

Menurut SNI 15-2049-2004, jenis - jenis semen dapat dibagi sebagai berikut:

- a. Jenis I yaitu Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II yaitu Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV yaitu Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V yaitu Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Keterangan lebih lanjut tentang prosentase kandungannya, semen Portland terdiri dari 5 tipe yaitu:

- a. Semen Portland tipe I

Adalah perekat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang kandungan utamanya kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk negatif senyawa kalsium sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 55% (C3S); 19% (C2S); 10% (C3A);

7% (C4AF); 2,8% MgO; 2,9% (SO₃); 1,0% hilang dalam pembakaran, dan 1,0% bebas CaO.

b. Semen Portland tipe II

Dipakai untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal, dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat dan lain-lain. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 51% (C3S); 24% (C2S); 6% (C3A); 11% (C4AF); 2,9% MgO; 2,5% (SO₃); 0,8% hilang dalam pembakaran, dan 1,0% bebas CaO.

c. Semen Portland tipe III

Dipakai untuk konstruksi bangunan dari beton massa (tebal) yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang, bangunan dipinggir laut, bangunan bekas tanah rawa, saluran irigasi, dam-dam. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 57% (C3S); 19% (C2S); 10% (C3A); 7% (C4AF); 3,0% MgO; 3,1% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 1,3% bebas CaO.

d. Semen Portland tipe IV

Dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, untuk pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan bertingkat, bangunan-bangunan dalam air. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 28% (C3S); 49% (C2S); 4% (C3A); 12% (C4AF); 1,8% MgO; 1,9% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO.

e. Semen Portland tipe V

Dipakai untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 38% (C3S); 43% (C2S); 4% (C3A); 9% (C4AF); 1,9% MgO; 1,8% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO. (Nurzal & Mahmud, 2013)

2.4 Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik. Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70% - 75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan dengan kepadatan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik pula. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm. (Saifuddin et al., 2013) Agregat harus mempunyai gradasi yang baik dan memenuhi syarat agar seluruh massa beton dapat berfungsi secara utuh, homogen dan padat, dimana agregat yang berukuran kecil dapat mengisi rongga-rongga yang ada diantara agregat yang berukuran besar.

2.4.1 Agregat Kasar

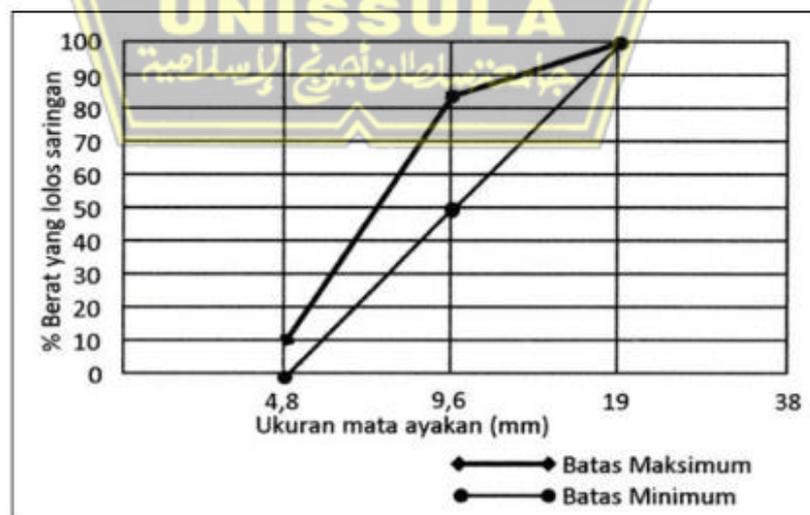
Agregat kasar menurut SNI 03-2834-2000 adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Jenis agregat kasar yang umum adalah:

- a. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
- b. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.

- c. Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang bisa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari blast-furnace dan lain-lain.
- d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk perlindungan dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang diklasifikasikan disini misalkan baja pecah, barit, magnetit, dan limonit. (Pane, Tanudjaja, & Windah, 2015) Agregat kasar yang digunakan pada campuran harus memenuhi persyaratan-persyaratan pada Tabel 2.2. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.1 sampai dengan Gambar 2.3 untuk mempermudah pemahaman.

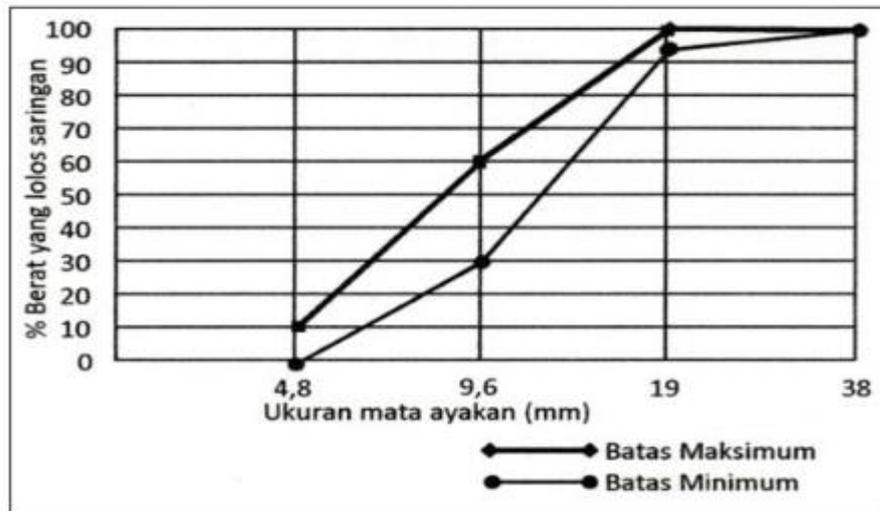
Tabel 2.1: persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	38 - 4.76	19.0 - 4.76	9.6 - 4.76
38.1	95 - 100	100	
19.0	37 - 70	95 - 100	100
9.52	10 - 40	30 - 60	50 - 85
4.76	0 - 5	0 - 10	0 - 10



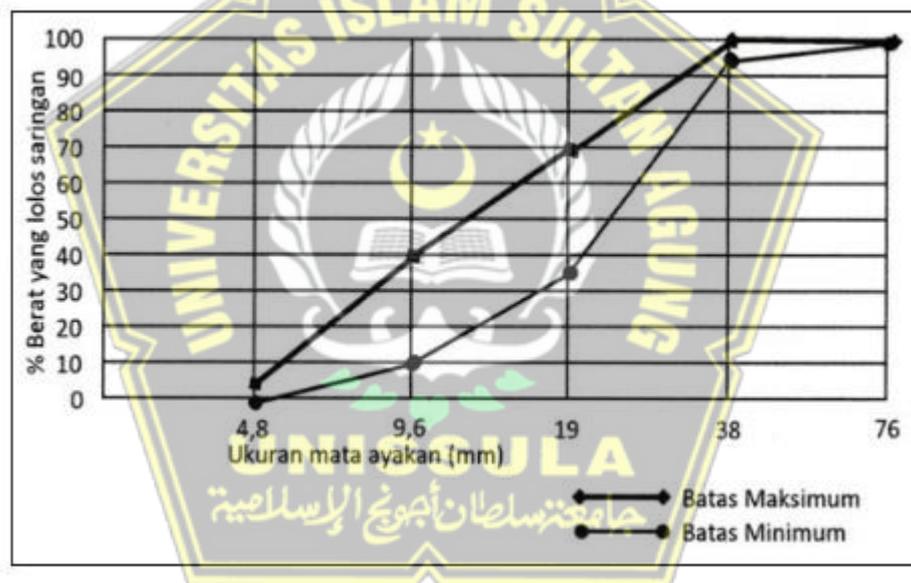
Gambar 2.1: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 10 mm.

(Sumber : SNI 032834-2000)



Gambar 2.2: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 20 mm.

(Sumber : SNI 032834-2000)



Gambar 2.3: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 40 mm.

(Sumber : SNI 032834-2000)

2.4.2 Agregat Halus

Agregat halus menurut SNI 03-2834-2000 adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.2. Tabel tersebut

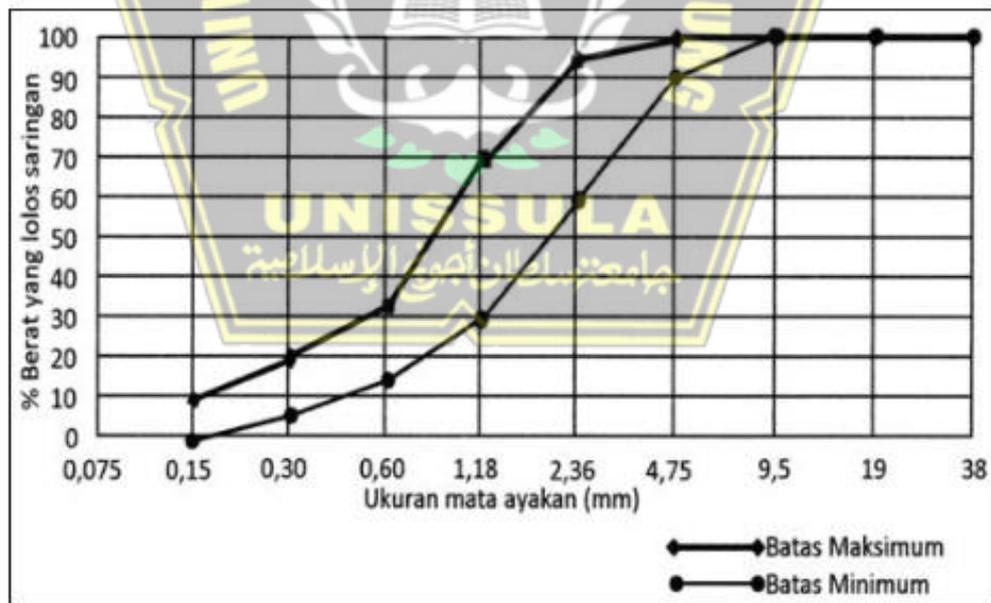
dijelaskan dalam Gambar 2.4 sampai dengan Gambar 2.7 untuk mempermudah pemahaman

Tabel 2.2: Batas gradasi agregat halus

Ukuran mata ayakan (mm)	No	Persen berat butir yang lewat ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	No.8	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	No.16	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	No.30	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	No.50	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,25	No.100	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

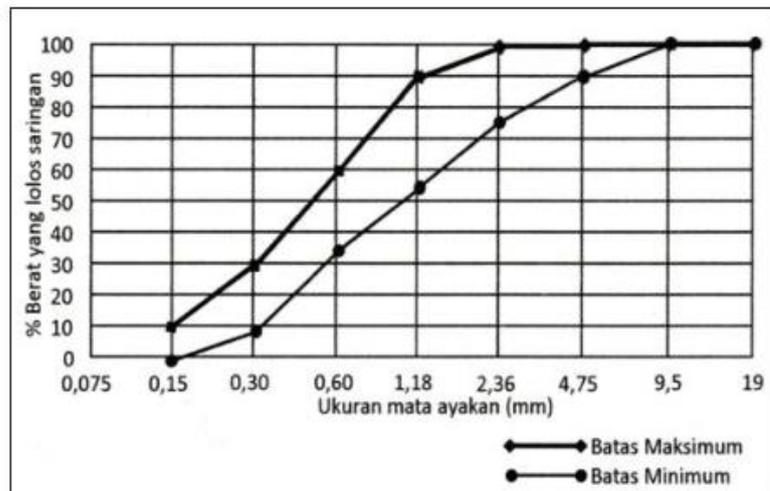
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

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



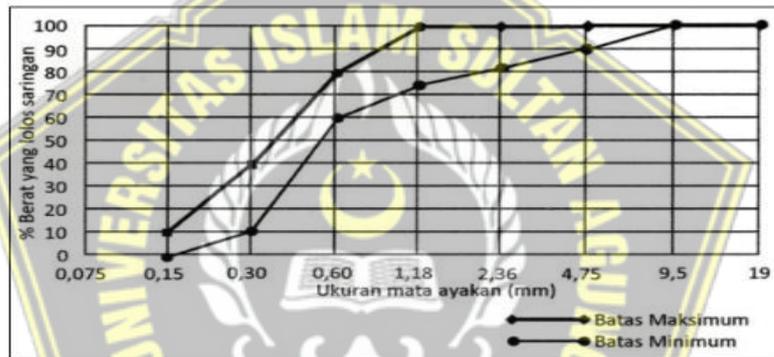
Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir kasar

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



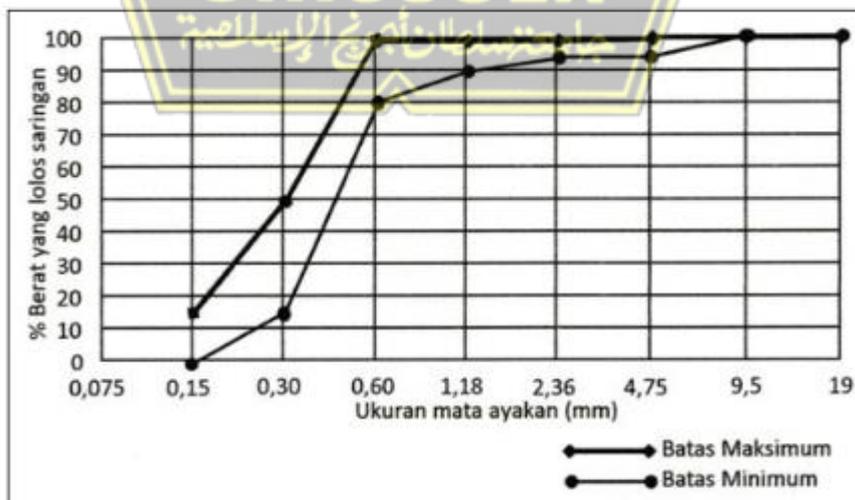
Gambar 2.5: Daerah gradasi pasir sedang

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 2.6: Daerah gradasi pasir agak halus

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 2.7: Daerah gradasi pasir halus

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

2.5 Air

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi blending, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada:

- a. Sifat workability adukan beton.
- b. Besar kecilnya nilai susut beton.
- c. Kelangsungan reaksi dengan semen Portland, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
- d. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik; (Saifuddin et al., 2013)

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi daya kerjanya menjadi berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar dapat memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaannya, tetapi kekuatan hancur beton akan menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam Faktor Air Semen (water cement ratio) atau yang sering kita singkat dengan FAS, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dibagi dengan berat semen dalam adukan beton tersebut. Beton untuk konstruksi gedung biasanya memiliki nilai rasio semen sebesar 0,45 hingga 0,65. Dengan rasio tersebut dapat dihasilkan beton yang kedap air, namun mutu beton tetap dipengaruhi cara pemadatan dan daya kerjanya. Bilamana daya kerja beton rendah, maka diperlukan zat additive, sehingga daya kerja beton menjadi lebih baik, tanpa mempengaruhi kekuatan atau faktor air-semen. Kebutuhan kualitas air untuk beton mutu tinggi tidak jauh berbeda dengan air untuk beton normal. Pengerasan beton dipengaruhi reaksi semen dan air, maka air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan air minum yang memenuhi syarat untuk

bahan campuran beton, tetapi air untuk campuran beton adalah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% dari kekuatan beton yang menggunakan air suling. Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur (benda-benda melayang lain) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
- d. Air harus bebas terbebas dari zat-zat yang membahayakan beton, dimana pengaruh zat tersebut antara lain:
 - Mortar atau beton dapat mengalami kerusakan oleh pengaruh asam dalam air. Serangan asam pada beton atau mortar akan mempengaruhi ketahanan pasta mortar dan beton.
 - Air yang mengandung lumpur atau bahan padat apabila dipakai untuk mencampur semen dan agregat maka proses pencampurannya atau pembentukan pasir kurang sempurna, karena permukaan agregat akan terlapisi lumpur sehingga ikatan agregat kurang sempurna antar satu dengan yang lain. Akibatnya agregat akan lepas dan mortar atau beton akan tidak kuat; (Nurzal & Mahmud, 2013)

2.6 Styrofoam

Styrofoam atau foam polysterene adalah bahan yang dibentuk dari polysterene dengan cara menghembuskan udara pada polysterene dalam kondisi panas sehingga menghasilkan foam dengan kandungan udara mencapai 95% sehingga berat satuan Styrofoam cukup rendah berkisar antara 15 – 22 kg/m³. Beton Styrofoam merupakan salah satu beton ringan yang dibentuk dengan menggunakan material ringan berupa butiran Styrofoam, beton Styrofoam dapat dibentuk dari campuran semen, agregat halus dan butiran Styrofoam atau semen, dan agregat kasar. Styrofoam yang ditambahkan campuran beton dapat dianggap sebagai rongga udara (K Kusnadi, D Sulistyorini, 2011)



Gambar 2.8. Styrofoam

(Sumber : internet)

Styrofoam yang memiliki nama lain polystyrene, begitu banyak digunakan oleh manusia dalam kehidupannya sehari-hari. Begitu Styrofoam diciptakan pun langsung marak digunakan di Indonesia. Banyak keunggulan pada Styrofoam yang akan sangat menguntungkan bagi para penjual makanan seperti tidak mudah bocor, praktis dan ringan sudah pasti lebih disukai sebagai pembungkus makanan mereka. Bahkan kita tidak dapat dalam satu hari saja tidak menggunakan bahan polimer sintetik. Polistirena merupakan salah satu polimer yang ditemukan pada sekitar tahun 1930, dibuat melalui proses polimerisasi adisi dengan cara suspensi. Stirena dapat diperoleh dari sumber alam yaitu petroleum. Stirena merupakan cairan yang tidak berwarna menyerupai minyak dengan bau seperti benzena dan memiliki rumus kimia $C_6H_5CH=CH_2$ atau ditulis sebagai C_8H_8 .

a. Sifat-Sifat Styrofoam

- Ketahanan kerja pada suhu rendah (dingin) : Jelek
- Kuat Tensile 256 (j/12) : 0,13-0,34
- Modulus elastisitas tegangan ASTM D747 (MNm x 10⁻⁴)
- Kuat kompresif ASTM D696 (MNm) : 74,9-110
- Muai termal ASTM 696 (mm C x 10) : 6-8
- Titik leleh (lunak 0C) : 82-103

- Berat jenis ASTMd 792 : 1,04-1,1
- Elongasi tegangan ASTM 638 (%) : 1,0-2,5
- Kuat fexural ASTM D790 (mnM) : 83,9-118
- Tetapan elektrik ASTM 150 (10 Hz) : 2,4-3,1
- Kalor jenis (kph) (Kg) : 1,3-1,45

b. Contoh Polisterina

Salah satu jenis polistirena yang cukup populer di kalangan masyarakat produsen maupun konsumen adalah polistirena foam. Polistirena foam dikenal luas dengan istilah Styrofoam yang seringkali digunakan secara tidak tepat oleh publik karena sebenarnya Styrofoam merupakan nama dagang yang telah dipatenkan oleh perusahaan Dow Chemical. Oleh pembuatnya Styrofoam dimaksudkan untuk digunakan sebagai insulator pada bahan konstruksi bangunan. Polistirena foam dihasilkan dari campuran 90-95% polistirena dan 5-10% gas seperti n-butana atau n-pentana. Polistirena foam dibuat dari monomer stirena melalui polimerisasi suspensi pada tekanan dan suhu tertentu, selanjutnya dilakukan pemanasan untuk melunakkan resin dan menguapkan sisa blowing agent. Polistirena foam merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator panas yang sangat baik. Polistirena foam begitu banyak dimanfaatkan dalam kehidupan, tetapi tidak dapat dengan mudah direcycle sehingga pengolahan limbahnya harus dilakukan secara benar agar tidak merugikan lingkungan. Pemanfaatan polistirena bekas untuk bahan aditif dalam pembuatan aspal polimer merupakan salah satu cara meminimalisir limbah tersebut.

c. Kegunaan/ Kelebihan

Stirena pertama kali diproduksi secara komersil pada tahun 1930 sebelum terjadi perang dunia ke-II dan memegang peranan penting dalam perkembangan kimia polimer. Setelah perang dunia II sudah banyak pengolahan stirena menjadi

polistirena dan kopolimernya secara komersial. Polistirena banyak dipakai dalam produk-produk elektronik sebagai casing, kabinet dan komponen-komponen lainnya. Peralatan rumah tangga yang terbuat dari polistirena, a.l: sapu, sisir, baskom, gantungan baju, ember.

d. Cara Pembuatan

Secara laboratorium dapat dibuat melalui dehidrogenasi etil benzene, yaitu dengan melewatkan etilena melalui cairan benzena dengan tekanan yang cukup dan aluminiumklorida sebagai katalisnya. Etil benzena didehidrogenasi menjadi stirena dengan melewatkannya melalui katalis oksida aktif. Pada suhu sekitar 6000C stirena disuling dengan cara destilasi maka didapatkan polistirena. Polistirena padat murni adalah sebuah plastik tak berwarna, keras dengan fleksibilitas yang terbatas yang dapat dibentuk menjadi berbagai macam produk dengan detil yang bagus.

Penambahan karet pada saat polimerisasi dapat meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan kejut. Polistirena jenis ini dikenal dengan nama *High Impact Polystyrene (HIPS)*. Polistirena murni yang transparan bisa dibuat menjadi beraneka warna melalui proses *compounding*. *Polistirena foam* yang dihasilkan dari percampuran 90-95% polistirena dan 5-10% gas-gas tertentu seperti n-butana atau n-pentana. Dahulu, blowing agent yang digunakan adalah berupa senyawa CFC (Freon), karena golongan senyawa ini dapat merusak lapisan ozon oleh karnanya saat ini tidak dipergunakan lagi, kini yang digunakan adalah blowing agent yang lebih ramah lingkungan. Polistirena yang dibuat dari monomer stirena dilakukan melalui proses polimerisasi. Polistirena foam yang dibuat dari monomer stirena melalui polimerisasi suspensi pada tekanan-tekanan dan suhu tertentu, selanjutnya dilakukan pemanasan untuk melunakkan resin yang ada serta ikut menguapkan sisa-sisa blowing merupakan insulator-insulator yang baik. Sedangkan monomer polistirena foam merupakan bahan plastik yang memiliki sifat tertentu atau khusus dengan struktur yang tersusun dari beberapa butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat di dalam ruang-ruang antar butiran yang berisi udara minuman-minuman beralkohol atau bersifat asam juga meningkatkan laju migrasi.

e. Bahaya

Dibalik semua keunggulan styrofoam itu dapat menimbulkan kerugian yang sangat merugikan bagi manusia dan alam. Bila ditinjau dari faktor alam atau lingkungan sudah kita semua tahu kalau styrofoam sangat berbahaya karena bila sampahnya terus menumpuk dan tidak ada upaya untuk mendaur maka akan dapat menimbulkan timbunan sampah yang sulit untuk diurai. Walaupun faktanya sudah banyak pengrajin yang menggunakan styrofoam sebagai bahan utamanya untuk diolah lebih lanjut tetapi jumlah sampah styrofoam tetap saja masih meningkat setiap harinya. Bila sampah styrofoam yang mengalir ke arah laut maka sudah tentu biota laut akan terganggu ekosistemnya karena styrofoam akan bereaksi dengan air laut dan menyebabkan biota laut terganggu kehidupannya. Dampak yang lainnya adalah bagi kesehatan manusia, kandungan yang terdapat pada styrofoam seperti benzen, carsinogen, dan styrene akan bereaksi dengan cepat begitu makanan dimasukkan ke dalam styrofoam.

Uap panas dari makanan akan memicu reaksi kimia ini terjadi lebih cepat, misalnya saja zat benzen yang bila sudah bereaksi dan masuk ke dalam tubuh dan masuk ke dalam jaringan darah dan terakumulasi selama bertahun-tahun akan menimbulkan kerusakan pada sumbu tulang belakang, menimbulkan anemia dan bahkan mengurangi produksi sel darah merah yang sangat dibutuhkan tubuh untuk mengangkut sari pati makanan dan oksigen ke seluruh tubuh. Bila jumlah sel darah merah kita semakin berkurang akibat dari reaksi styrofoam ini maka tubuh kita akan mengalami beberapa gejala yang kurang wajar. Lalu zat yang tidak kalah bahayanya adalah carsinogen yang dapat mengakibatkan kanker, carsinogen akan lebih berbahaya bila pemakai wadah styrofoam atau plastik digunakan berulang-ulang karena carsinogen mudah larut. Lalu styrene pada penelitian di New Jersey ditemukan 75% ASI (air susu ibu) terkontaminasi styrene. Hal ini terjadi akibat si ibu menggunakan wadah styrofoam saat mengonsumsi makanan. Penelitian yang sama juga menyebutkan bahwa styrene bisa bermigrasi ke janin melalui plasenta pada ibu-ibu yang sedang mengandung. Terpapar dalam jangka panjang, tentu akan menyebabkan penumpukan styrene dalam tubuh. Akibatnya bisa muncul gejala saraf, seperti kelelahan, gelisah, sulit tidur, dan anemia..

Pencegahan Sebenarnya banyak pencegaham yang dilakukan para pedagang atau penjual makanan , salah satunya adalah dengan melapisi styrofoam dengan plastik transparan. Sebenarnya hal ini akan menambah jumlah reaksi zat kimia yang terjadi pada pengemasan makanan bertambah banyak, karena plastik juga bahan yang berbahaya untuk pembungkus makanan, jadi langkah ini dianggap kurang cocok untuk mengurangi bahaya styrofoam . Jadi antisipasi yang dapat kita lakukan untuk mengurangi bahaya syrofoam bagi kesehatan kita adalah dengan membawa sendiri wadah yang akan kita gunakan untuk membungkus makanan dan segeralah pindahkan makanan yang sudah dibungkus dengan styrofoam kedalam wadah yang lebih aman seperti piring kaca atau mangkuk kaca. Setelah itu kumpulkan bahan pembungkus makanan styrofoam ini agar nantinya dapa di daur ulang. Banyak sudah negara yang mengeluarkan peraturan untuk tidak menggunakan styrofoam contohnya Kanada, Korea, Jepang dan masih banyak lagi. Polystyrene ini dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH_9CH_{12}$) yang mempunyai gugus phnyl yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. styrofoam ini memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m³, kuat tarik sampai 40 MN/m² , dan modulus lentur sampai 3 GN/m² , modulus geser sampai 0,99 GN/m² , angka poison 0,33 (Dharmagiri, I.B, dkk, 2008). Dalam bentuk butiran (granular) expanded polystyrene mempunyai berat satuan sangat kecil yaitu 13-22 kg/m³ . sehingga *expanded polystyrene* dalam campuran beton sangat cocok digunakan untuk mendapatkan berat jenis beton yang ringan.

Penggunaan styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan styrofoam dibandingkan dengan rongga udara dalam beton adalah styrofoam mempunyai kuat tarik, kerapatan atau berat jenis beton dengan campuran styrofam dapat diatur dengan mengontrol jumlah campuran styrofoam dalam beton (Dharmagiri, I.B, dkk, 2008). Pada penelitian ini digunakan expanded polystyrene yang memiliki ukuran butiran sebesar 3 mm - 5 mm. Persentase penggunaan expamdted polystrene pada campuran beton bervariasi yaitu sebesar 10% dan 20% dari volume beton. Penetapan persentase expanded polystrene yang bevariasi dimaksudkan untuk mengetahui perilaku mekank beton (kuat tekan, kuat tarik belah serta kuat lentur) terbaik dalam campuran beton. Pada penelitian ini tidak dilakukan treatment khusus pada

styrofoam sesuai dengan standar pengujian beton ringan sebelum dapat digunakan/dicampur dengan beton, sebab peneliti ingin menerapkan secara langsung dilapangan tentang penggunaan styrofoam dalam campuran beton.

g. Massa Jenis Styrofoam

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air). Satuan SI massa jenis adalah kilogram per meter kubik ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Massa jenis berfungsi untuk menentukan zat. Setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Dan satu zat berapapun massanya berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama. Rumus untuk menentukan massa jenis adalah

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan,

ρ adalah massa jenis,

m adalah massa,

V adalah volume.

Satuan massa jenis dalam 'CGS [centi-gram-sekon]' adalah: gram per sentimeter kubik (g/cm^3).

$$1 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Massa jenis air murni adalah $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ atau sama dengan $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$. Selain karena angkanya yang mudah diingat dan mudah dipakai untuk menghitung, maka massa jenis air dipakai perbandingan untuk rumus ke-2 menghitung massa jenis, atau yang dinamakan Massa Jenis Relatif. Rumus massa jenis relatif = Massa bahan / Massa air yang volumenya sama. Contoh Massa Jenis Beberapa Material ($1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$) Untuk polipropilena dan PETE/PVC

Tabel 2.3 Daftar Massa Jenis Material (Styrofoam)

Material	ρ dalam kg/m ³	Catatan
Medium antarbintang	10-25 – 10 ⁻¹⁵	Assuming 90% H, 10% He; variable T
Atmosfer Bumi	1.2	Pada permukaan laout
Aerogel	1 – 2	
Styrofoam	30 – 120	
Gabus	220 – 260	
Air	1000	Pada kondisi standar untuk suhu dan tekanan
Plastik	850 – 1400	
Bumi	5515.3	Rata-rata keseluruhan
Tembaga	8920 – 8960	Mendekati suhu ruangan
Timah	11340	Mendekati suhu ruangan
Inti Bumi	~13000	Seperti yang tercantum dalam bumi
Uranium	19100	Mendekati suhu ruangan
Iridium	22500	Mendekati suhu ruangan
Inti Matahari	~150000	
Inti Atom	$\sim 3 \times 10^{17}$	Seperti yang tercantum dalam neutron star
Bintang neutron	8.4×10^{16} – 1×10^{18}	
Black hole	4×10^{17}	Mean density inside the Schwarzschild radius of an earth-mass black hole (theoretical)
Nama zat	ρ dalam kg/m ³	ρ dalam gr/cm ³
Air (4 derajat Celcius)	1.000 kg/m ³	1 gr/cm ³
Alkohol	800 kg/m ³	0,8 gr/cm ³
Air raksa	13.600 kg/m ³	13,6 gr/cm ³
Aluminium	2.700 kg/m ³	2,7 gr/cm ³
Besi	7.900 kg/m ³	7,9 gr/cm ³
Emas	19.300 kg/m ³	19,3 gr/cm ³
Kuningan	8.400 kg/m ³	8,4 gr/cm ³

Tabel Lanjutan

Perak	10.500 kg/m ³	10,5 gr/cm ³
Platina	21.450 kg/m ³	21,45 gr/cm ³
Seng	7.140 kg/m ³	7,14 gr/cm ³
Udara (27 derajat Celcius)	1,2 kg/m ³	0,0012 gr/cm ³
Es	920 kg/m ³	0,92 gr/cm ³

(Sumber : Norma Aswabi,2019)

Penggunaan styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Beton styrofoam adalah sejenis beton ringan dengan bahan penyusunnya berupa semen, pasir dan styrofoam serta mempunyai berat jenis sekitar 600 kg/m³. Panel styrofoam adalah panel yang terbuat dari beton styrofoam sehingga panel

styrofoam lebih ringan 35,5% dari berat bata biasa (Darmawan, 1994). Bahan polystrene atau styrofoam juga sering digunakan pada balok beton bertulang sebagai bahan dasar untuk perkerasan, yaitu sebagai bahan konstruksi (Ravindrarajah dan Tuck, 1994).

2.7 Bata Ringan

Berdasarkan SNI 8640-2018, bata ringan adalah suatu jenis unsur bangunan blok bata dengan bentuk prisma siku dengan ukuran lebih besar dari bata merah yang memiliki bobot isi yang lebih rendah dari bahan bangunan beton ataupun bata beton pada umumnya. Bobot yang ringan merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki bata ringan. Hal ini berpengaruh signifikan saat bata ringan digunakan pada bangunan gedung bertingkat pada kondisi tanah dengan daya dukung buruk seperti tanah lunak karena akan mengurangi berat sendiri bangunan yang akan ditopang pondasi. Limbah batu Ringan adalah salah satu limbah yang dihasilkan dari reruntuhan bangunan yang di buat menjadi gradasi 10-20 mm dan 30-40 mm.

2.8 Perencanaan Pembuatan Campuran (Mix Design) Menurut SNI 03- 2834-2000

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') pada umur tertentu.
2. Penghitungan nilai deviasi standar (S)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada Tabel 2.4. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 2.4: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f_c + 12$ MPa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

3. Penghitungan nilai tambah/margin (m) ditentukan menggunakan tingkat mutu pekerjaan pembetonan yang dijelaskan pada Tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.5: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

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

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

4. Kuat tekan rata-rata perlu f_{cr}

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan menggunakan Pers. 2.1 di bawah ini:

$$f_{cr} = f_c + S + m \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan:

f_{cr} = Kuat tekan rata-rata perlu (MPa).

f_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa).

S = Standar deviasi (MPa).

m = Nilai tambah (MPa).

5. Penetapan jenis semen portland

Pada cara ini dipilih semen tipe I.

6. Penetapan jenis agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, berupa agregat alami (batu pecah atau pasir buatan).

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

Dari tabel 2.6 diketahui untuk jenis agregat kasar, maupun tipe semen untuk kekuatan tekan umur 28 hari yang diharapkan sesuai dengan bentuk benda uji.

Tabel 2.6: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

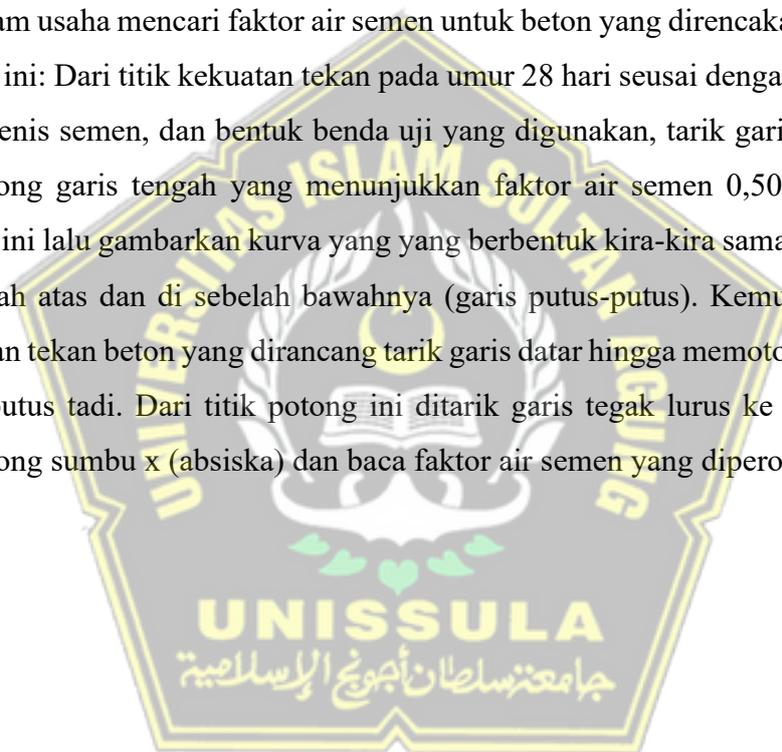
Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen portland Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	

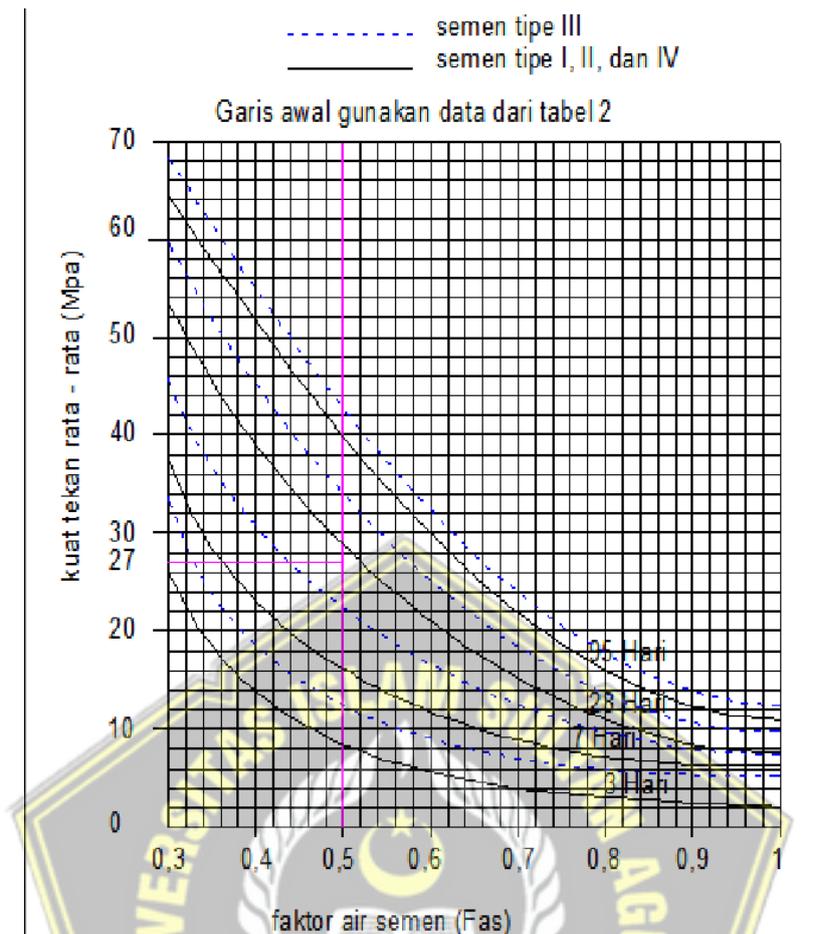
Tabel Lanjutan

Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Harga ini dipakai untuk membuat kurva yang harus diikuti menurut Gambar 2.8 dalam usaha mencari faktor air semen untuk beton yang direncanakan dengan cara berikut ini: Dari titik kekuatan tekan pada umur 28 hari seusai dengan jenis agregat kasar, jenis semen, dan bentuk benda uji yang digunakan, tarik garis datar hingga memotong garis tengah yang menunjukkan faktor air semen 0,50. Melalui titik potong ini lalu gambarkan kurva yang berbentuk kira-kira sama dengan kurva disebelah atas dan di sebelah bawahnya (garis putus-putus). Kemudian dari titik kekuatan tekan beton yang dirancang tarik garis datar hingga memotong kurva garis putus-putus tadi. Dari titik potong ini ditarik garis tegak lurus ke bawah hingga memotong sumbu x (absiska) dan baca faktor air semen yang diperoleh.





Gambar 2.9: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan

Dalam hal faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 2.8 tidak sama dengan yang ditetapkan. Untuk perhitungan selanjutnya dipakai nilai faktor air semen yang lebih kecil.

9. Penetapan nilai slump.

Penetapan nilai slump ditentukan, berupa 0-10mm, 10-30mm, 30-60mm atau 60-180 mm.

10. Penetapan besar butir agregat maksimum.

Penetapan besar butir maksimum agregat pada beton standar ada 3, yaitu 10mm, 20mm atau 40mm.

11. Jumlah kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung dengan menggunakan Pers. 2.2 berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \dots\dots\dots(2.2)$$

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

12. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan menggunakan Pers. 2.3 di bawah ini:

$$W_{smn} = 1/Fas * W \text{ air} \dots\dots\dots(2.3)$$

Fas = Faktor air per meter kubik beton

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 2.9, 2.10, dan 2.11. Dari ketiga tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

Tabel 2.8: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti		
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		Lihat Tabel 2.8
b. Air laut		Lihat Tabel 2.9

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Tabel 2.9: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat.

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			F.a.s
	Dalam Tanah	SO ₃ dalam air tanah g/l			40 mm	20 mm	10 mm	
1.	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300	350	0,5
2.	0,2-0,5	1,0-0,9	0,3-1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,50
				Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe V	250	290	340	0,55

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			F.a.s
	Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
3.	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
				Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50
4.	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
5.	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V Lapisan Pelindung	330	370	420	0,45

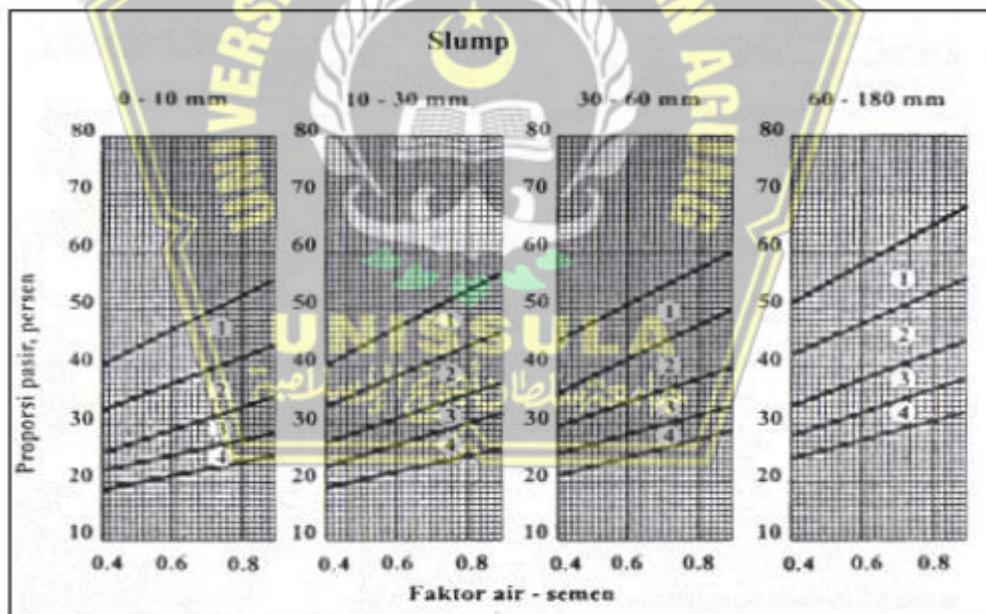
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Tabel 2.10: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air

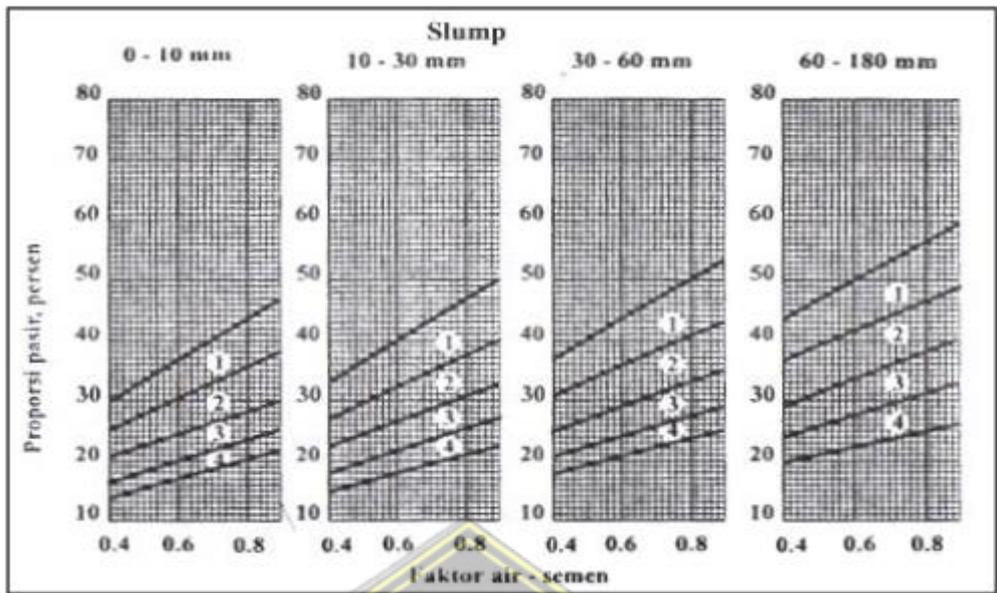
Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor air maks.	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran nominal Maksimum agregat	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Pra tegang	Air tawar	0,50	Tipe-V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380
	Air laut	0,50	Tipe II atau Tipe V		
		0,45	Tipe II atau Tipe V		

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

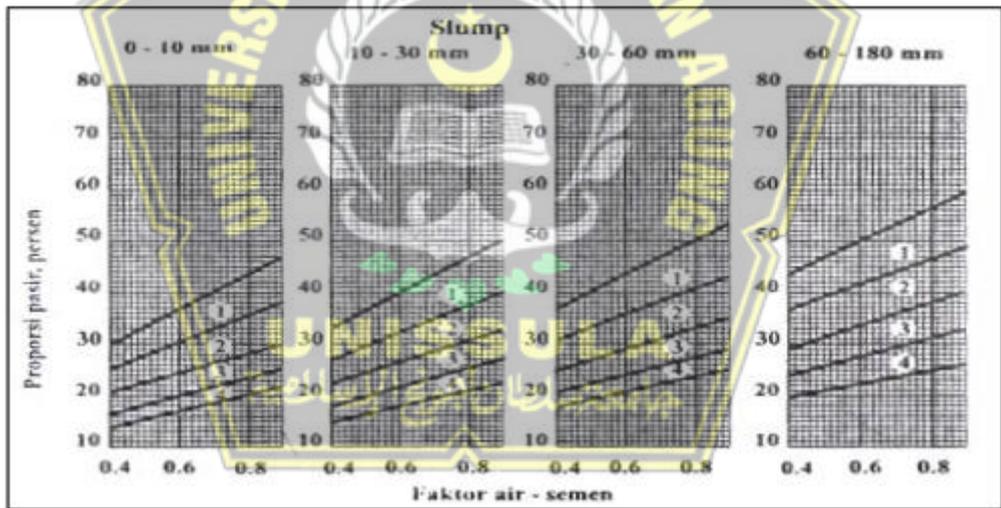
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Penetapan jenis agregat halus: Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 2.1), agak kasar (Gambar 2.2), agak halus (Gambar 2.3) dan pasir halus (Gambar 2.4).
17. Penetapan jenis agregat kasar menurut Gambar 2.2.
18. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran. Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 2.9, Gambar 2.10, dan Gambar 2.11.



Gambar 2.10: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.11: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.12: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

19. Berat jenis agregat campuran.

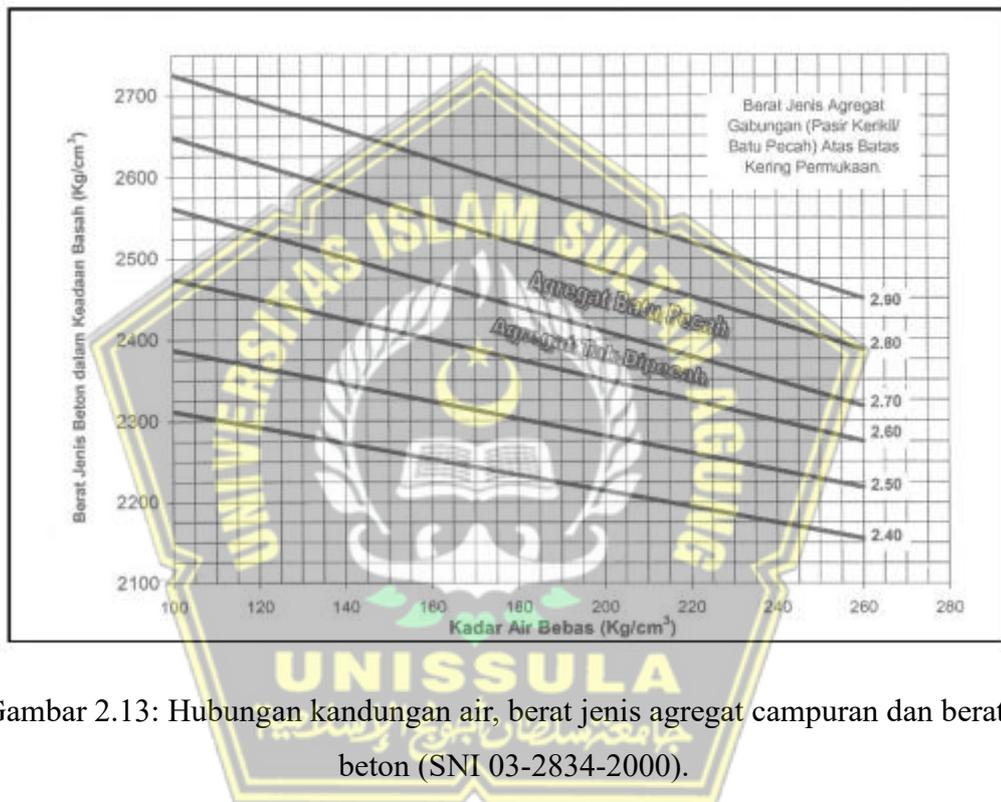
Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_j \text{ camp} = K_h/100 \times B_{jh} + K_k/100 \times B_{jk} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- Bj camp = berat jenis agregat campuran.
- Bjh = berat jenis agregat halus.
- Bjk = berat jenis agregat kasar.
- Kh = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.
- Kk = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

20. Perkiraan berat isi beton Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 2.12.



Gambar 2.13: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000).

21. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,camp} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan:

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg/m³).

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg/m³).

Wair = Berat air per meter kubik beton (kg/m³).

Wsmn = Berat semen per meter kubik beton (kg/m³).

22. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,h} = K_h \times W_{agr,camp} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan:

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%).

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m³).

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (21) dan (22). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,k} = K_k \times W_{agr,camp} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan :

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (%).

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m³).

24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m³ adukan.

25. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut:

a. Air

$$a. \text{ Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$$

$$b. \text{ Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100}$$

$$c. \text{ Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$$

Dengan:

B : jumlah air (kg/m³).

C adalah agregat halus (kg/m³).

D adalah jumlah agregat kasar (kg/m³).

Ca adalah absorpsi air pada agregat halus (%).

Da adalah absorpsi agregat kasar (%).

Ck adalah kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%).

2.9 Perhitungan Mix Design

Mix design mengacu pada peraturan SNI metode SNI 03-2834-2000

2.9.1 Tahapan Perhitungan Mix Design

Berikut adalah tahapan dalam pelaksanaan mix design beton

1. Menentukan kuat tekan rencana pada tabel 3.1, kemudian dilakukan penambahan margin akibat standart deviasi sebesar 1,64 x standart deviasi yang diinginkan.

Tabel 2.11. Perkiraan Kuat Tekan

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	91	
Semen <i>Portland</i> Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI-03-2834-2000

Kuat tekan rencana ditentukan berdasarkan jenis semen, jenis agregat dan cetakan benda uji melalui tabel 3.1.

- Menentukan ukuran agregat maksimum yang digunakan pada tabel 3.2.

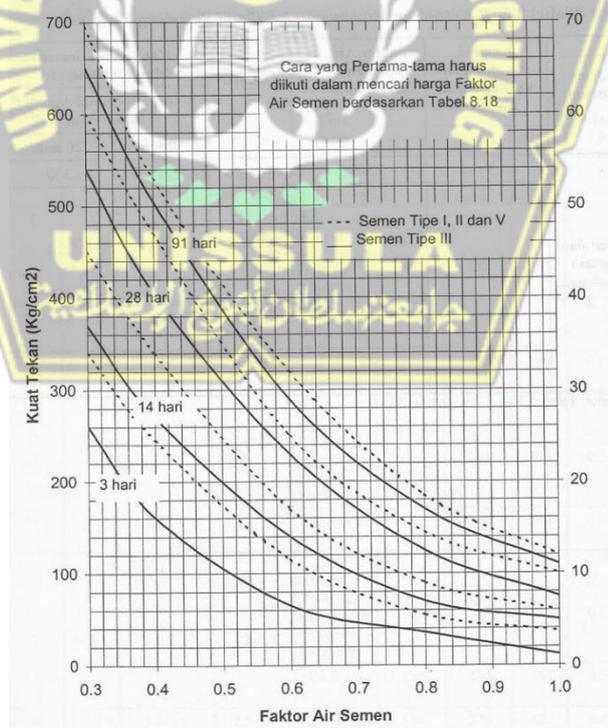
Tabel 2.12. Kadar Air Bebas

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

Ukuran agregat maksimum pada tabel 3.2 ditentukan berdasarkan *slump* rencana.

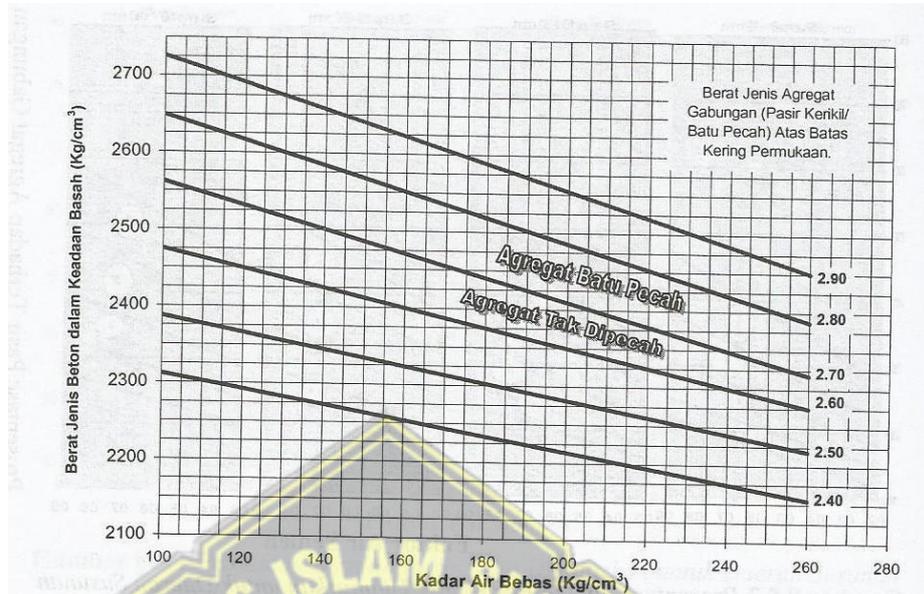
- Menentukan faktor air semen dengan acuan gambar 3.3



Gambar 2.14 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan FAS

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

4. Menentukan berat jenis gabungan dari masing-masing berat jenis agregat.
5. Menentukan berat isi beton dengan acuan gambar 3.4



Gambar 2.15 Hubungan Berat Isi Beton Dan Kadar Air

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

6. Menentukan jumlah kebutuhan material dalam 1 kali pelaksanaan pengecoran.

2.10 Kuat Tekan

Kuat Tekan Beton Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Berdasarkan SNI 1974:2011, kuat tekan beton dihitung dengan membagi beban tekan maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luar penampang melintang.

$$f'c = P A \dots\dots\dots(04)$$

Dimana:

$f'c$ = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang yang menerima beban (cm²)

Dalam penelitian ini, kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum f'_c dengan satuan N/mm^2 atau MPa (Mega Pascal). Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a) Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kuat tekan rata-rata dan kuat batas beton
- b) Jenis dan tekstur bidang permukaan agregat
- c) Perawatan beton harus diperhatikan, sebab kehilangan kekuatan akibat pengeringan sebelum waktunya adalah sekitar 40%
- d) Suhu mempengaruhi kecepatan pengerasan
- e) Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya kecepatan bertambahnya kekuatan, bergantung pada jenis semen yang digunakan, misal semen dengan alumina yang tinggi akan menghasilkan beton dengan kuat hancur pada umur 24 jam sama dengan semen Portland biasa umur 28 hari. Pengerasan berlangsung terus seiring dengan pertambahan umur beton.

Mutu beton ditentukan oleh banyak faktor antara lain :

- a. Faktor Air Semen (FAS).
- b. Perbandingan bahan-bahannya.
- c. Mutu bahan-bahannya.
- d. Susunan butiran agregat yang dipakai.
- e. Ukuran maksimum agregat yang dipakai.
- f. Bentuk butiran agregat.
- g. Kondisi pada saat mengerjakan.
- h. Kondisi pada saat pengerasan.

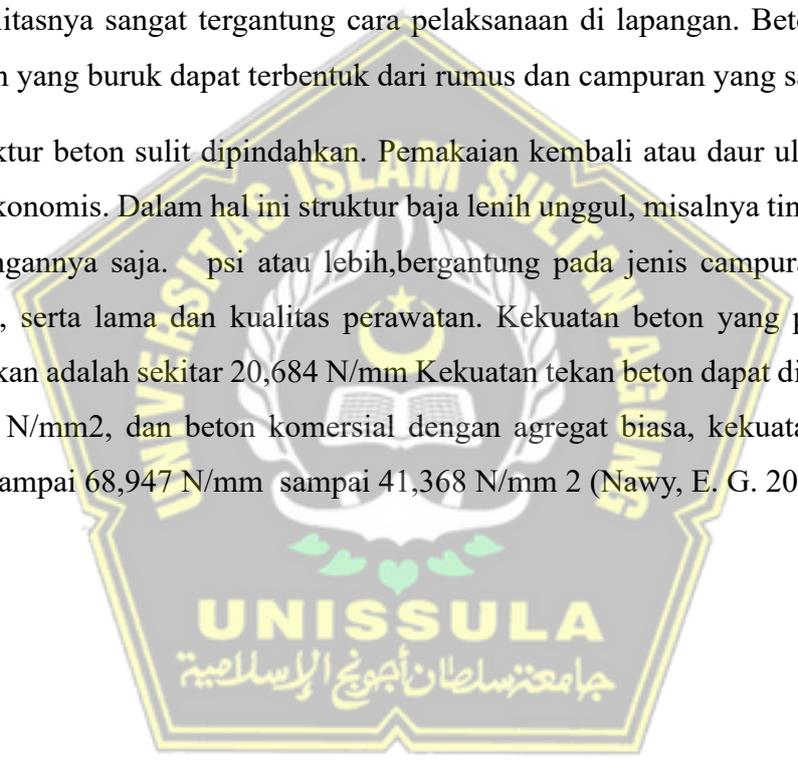
Keunggulan Beton:

- a. Ketersediaan (availability) material dasar.
- b. Kemudahan untuk digunakan.

- c. Kemampuan beradaptasi (adaptability).
- d. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal.

Kelemahan Beton:

- a. Berat sendiri beton yang besar, 2400 kg/
- b. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
- c. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis. Baja tulangan bisa berurat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja.
- d. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
- e. Struktur beton sulit dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja. psi atau lebih, bergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta lama dan kualitas perawatan. Kekuatan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 20,684 N/mm² Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 96,526 N/mm², dan beton komersial dengan agregat biasa, kekuatannya sekitar 2,068 sampai 68,947 N/mm² sampai 41,368 N/mm² (Nawy, E. G. 2010).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Pelaksanaan

Pengujian beton umur 28 hari dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam pembuatan beton ini adalah sebagai berikut:

a. Data Primer

Data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dari sumbernya, yaitu data Metode pengujian laboratorium ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil pengujian yang dilakukan, serta memperoleh data-data dari pengujian tersebut. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar yang ada, sesuai dengan peraturan dan ketentuan-ketentuan yang berlaku, seperti :

- Berat jenis agregat halus
- Penyerapan agregat halus
- Analisa gradasi agregat halus
- Kadar lumpur agregat halus
- Berat isi agregat halus
- Kadar air agregat halus
- Hasil Hasil Pengujian Berat Jenis Kerikil
- Pengujian Kelembaban Kerikil
- Hasil Pengujian Berat Volume Kerikil
- Hasil Pengujian Air Resapan Kerikil
- Hasil Analisa Saringan Kerikil
- Kuat tekan
- Kuat tarik belah

b. Data Sekunder

Data yang telah dikumpulkan sebelumnya oleh pihak lain dan digunakan sebagai data pendukung dalam penelitian, yaitu :

- Studi Literatur

Metode studi literatur ini dilakukan dengan cara menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat. Studi literatur ini bias didapatkan dari berbagai sumber seperti jurnal, buku dokumentasi, pustaka dan internet.

3.3 Material dan Bahan yang Digunakan

3.4.1. Bahan Pembuatan Beton

Bahan pembuatan beton ini sebagai berikut:

1. semen pcc tipe 1 dengan merk semen gresik dalam zak dengan satuan, 40 kg/zak.
2. Agregat kasar berupa batu pecah.
3. Agregat halus berupa pasir.
4. Air yang digunakan berasal dari instalasi air bersih di Laboratorium Fakultas Teknik Unissula Semarang.
5. Bahan tambahan berupa styrofoam dan bata ringan dengan perbandingan variasi beton dengan bata ringan dan styrofoam adalah 20%, 30% dan 40% yang digunakan sebagai Subtitusi agregat kasar

3.4.2. Peralatan Pembuatan Beton

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Timbangan
2. Satu set saringan
3. Oven
4. Mesin pengaduk beton
5. Cetakan silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm
6. Sekop
7. Slump *Cone*
8. Plat baja yang kedap air
9. tongkat baja diameter 16 mm dan panjangnya 600 mm dengan ujung tongkat baja ini dibulatkan
10. Palu Karet
11. kalkulator dan laptop

12. Mesin pengujian kuat tekan beton (*Compression Tention Strength Machine*)

3.4 Langkah Penelitian

Penelitian eksperimental berikut dilakukan di laboratorium. Untuk benda uji tekan direncanakan dengan menggunakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji tekan direncanakan dengan mutu 15 Mpa. Setelah penentuan mix desain akan dilakukan pencampuran agregat dengan metode dan akan diuji slump menggunakan Slump Cone lalu dicetak pada bekisting. Setelah itu benda uji akan melalui proses perawatan (27 hari) dan pengujian yaitu uji tekan untuk benda uji silinder ketika berumur 28 hari. Dengan hasil yang sudah didapat dari masing-masing pengujian, akan dilakukan analisa kuat tekan dan lentur.

3.4.1 Jumlah benda Uji

Optimasi variabel-variabel penelitian dalam pembuatan beton ringan menggunakan Metode Taguchi dengan Orthogonal Array (OA). Berikut Tabel Taguchi yang dalam penelitian ini :

L3 (3¹)

Dengan,

3 : banyaknya eksperimen yang dilakukan

3 : banyaknya level dari setiap faktor

(1) : banyaknya kolom dari Orthogonal Array (OA)

Tabel 3.3 Matrix Ortogonal Array L₃ (3¹)

KODE SAMPEL	KADAR SUBSTITUSI BATA RINGAN DAN STYROFOM
Benda Uji 40%	1
Benda Uji 30%	2
Benda Uji 20%	3

Berdasarkan metode taguchi di atas, dapat disimpulkan sampling yang akan diteliti adalah sebagai berikut :

Tabel 3.4 Variasi benda uji

KODE SAMPEL	BENTUK BENDA UJI	KADAR SUBSTITUSI BATA RINGAN DAN STYROFOM	JUMLAH
Benda Uji 40%	Silinder	40%	4 buah
Benda Uji 30%	Silinder	30%	4 buah
Benda Uji 20%	Silinder	20%	4 buah

Keterangan :

Benda Uji 20% : ringan berbentuk silinder dengan kadar bata ringan dan styrofoam 20% dengan pengujian kuat tekan

Benda Uji 30% : Beton ringan berbentuk silinder dengan kadar bata ringan dan styrofoam 30% dengan pengujian kuat tekan

Benda Uji 40% : Beton ringan berbentuk silinder dengan kadar bata ringan dan styrofoam 40% dengan pengujian kuat tekan

3.4.2 Benda Uji

Langkah Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara :

1. Analisis agregat halus, agregat kasar meliputi kadar air, analisis berat jenis dalam keadaan SSD, analisis berat isi dan penyerapan agregat
2. Campurkan semua bahan kedalam mixer mulai dari agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan bahan tambah lain sesuai dengan mix desain yang sudah direncanakan
3. Lakukan uji kelecakan pada setiap campuran dengan slump test
4. Cetak campuran beton kedalam cetakan besi benda uji silinder
5. Pelepasan beton dari cetakan dan perawatan beton dengan direndam pada kolam air bersih
6. Uji kuat tekan beton pada umur 28 hari

3.4.3 Bata Ringan

Langkah pengolahan bata ringan dilakukan dengan cara :

1. Memisahkan antara bata ringan dan beton yang telah menyatu pada bata ringan.
2. memecahkan bata ringan hingga ukuran 10-40 mm.
3. Setelah itu menyaring menyaring bata ringan hingga ukuran yang diinginkan.

3.6.4 Styrofoam

Langkah Pengolahan Styrofoam dilakukan dengan cara:

1. Styrofoam yang digunakan adalah styrofoam berbentuk bulat dengan diameter 2 mm.

3.6.5 Uji Slump (SNI 03 – 1972 – 1990)

Pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai slump pada beton segar, melihat perbandingan antara nilai slump dengan kuat tekan beton yang tercapai.

1. Peralatan
 - a. Kerucut Abram, yaitu kerucutterpancung dengan ukuran diameter bawah 20 cm diameter atas 10 cm, tinggi 30 cm.
 - b. Plat baja tahan karat untuk alas pengujian.
 - c. Tongkat pemadat diameter 20 mm panjang 50 cm.
 - d. Mistar pengukur.
2. Prosedur
 - a. Bagian dalam alat slump serta landasannya dilumasi dengan kain basah, supaya tidak menyerap air dari sample.
 - b. Kemudian alat slump diletakan di tempat datar atau landasan yang sudah disiapkan. Lalu tahan kerucut terpancung tersebut dengan cara menekannya dengan kedua tangan pada bagian atas agar tidak terangkat pada saat beton dimasukkan.
 - c. Selanjutnya beton dimasukkan dalam tiga lapisan.
 - d. Setiap lapisan dipadatkan dengan batang pemadat sebanyak 25 kali. Kemudian diratakan permukaan atasnya, dengan menggeserkan

batang pematat secara mendatar. Apabila kelebihan beton yang menempel pada alat slump dibersihkan.

- e. Lalu secara perlahan angkat vertical keatas kerucut abrasinya.
- f. Kemudian bandingkan tinggi cetakan dengan tinggi beton, lalu hasil dari pengukurannya dicatat.

3.6.6. Uji Kuat Tekan

Menurut *SNI 03-4154-1996* Pada tahapan persiapan pengujian, benda uji harus diperlakukan

sebagai berikut:

1. Mengambil benda uji dari bak perendam.
2. Membersihkan kotoran yang menempel dengan kain basah.
3. Menentukan berat dan ukuran benda uji.
4. Melapisi permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang (capping) dengan cara sebagai berikut;
 - a. melelehkan mortar belerang di dalam pot peleleh yang dinding dalamnya telah dilapisi tipis dengan gemuk,
 - b. meletakkan benda uji tegak lurus pada cetakan,
 - c. angkat benda uji dari cetakan lalu angin-anginkan (SNI 03-6369-2000).

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
2. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara sampai 4 kg/cm² per detik.
3. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji (data mentah kuat tekan).



Gambar 3.3 Alat uji kuat tekan beton

3.6.7. Uji Kuat Tarik Belah

Menurut *SNI 03-2491-2014* tahapan pengujian dilakukan sebagai berikut :

1. Pemberian tanda pada benda uji

Tarik garis tengah pada setiap sisi ujung silinder benda uji dengan mempergunakan peralatan bantu yang sesuai hingga dapat memastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada dalam bidang aksial yang sama.

2. Peralatan bantu perletakan benda uji pada posisi uji

Peralatan bantu ini terdiri dari tiga bagian, sebagai berikut:

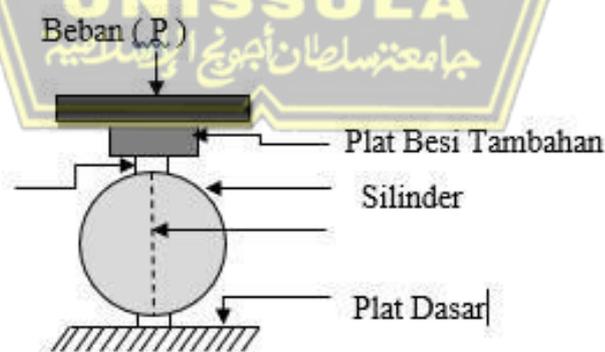
- a. bagian alas tempat untuk meletakkan bantalan bantu pembebanan bagian bawah dan benda uji silinder.
- b. pelat atau batang bantu penekanan yang memenuhi persyaratan pada sus pasal 4.1, baik ukuran maupun kerataanya
- c. dua buah bagian tegak yang kegunaanya untuk meletakkan benda uji pada posisi uji lengkap dengan pelat atau batang penekan tambahan dan bantalan bantu pembebenanya.

3. Pengukuran

Tentukan diameter benda uji dengan ketelitian sampai 0.25cm

4. Perletakan benda uji pada posisi uji dengan berpedoman pada tanda garis tengah pada kedua ujung

- a. letakkan sebuah dari dua bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu lapis pada tengah – tengah pelat menekan bagian – bagian bawah dari mesin uji.
 - b. letakkan benda uji di atas bantalan bantu dari kayu lapis tersebut sedemikian rupa hingga tanda garis tengah pada benda uji terlihat tegak lurus terhadap titik tengah dan bantalan kayu lapis
 - c. letakkan bantalan kayu lapis lainnya memanjang di atas silinder sedemikian rupa hingga bagian tengahnya tepat berpotongan dengan tanda garis tengah yang ada pada ujung silinder
 - d. atur posisi pengujian
5. Perletakan benda uji pada posisi uji dengan menggunakan peralatan bantu benda uji Cara meletakkannya adalah sebagai berikut :
- a. letakkan bantalan – bantalan bantu pembebanan dari kayu lapis, benda uji dan peralatan tambahan penekan (batang atau pelat penekan tambahan) secara sentris dengan menggunakan peralatan bantu perletakan benda uji seperti pada gambar 5.
 - b. titik tengah pelat penekan tambahan dan titik tengah benda uji pada posisi uji harus berada tepat dibawah titik tengah penekan bagian atas.



Gambar 3.6 Alat uji kuat Tarik Belah beton

3.7 Metode Analisis Hasil

1. Analisis teoritis

Analisis Teoritis digunakan untuk membedah persoalan yang ada dalam penelitian telah benar secara ilmu pengetahuan.

Didalam tesis ini menganalisa nilai kuat tekan dan kuat Tarik belah beton ringan dengan substitusi limbah bata ringan dan styrofoam dengan menggunakan pengujian material dan pengujian benda uji silinder yang nantinya akan dilihat nilai kuat tekan dan dan kuat tarik belahnya.

2. Analisis data eksperimental

Analisis dari hasil data yang didapat dari pengujian benda uji agar mendapatkan hasil yang akan digunakan untuk menyusun kesimpulan tentang pengaruh nilai kuat tekan dan kuat Tarik belah beton ringan dengan substitusi limbah bata ringan dan styrofoam.

Berdasarkan hasil uji tersebut akan didapatkan nilai beban maksimum yang akan dimasukkan ke dalam tabel berikut :

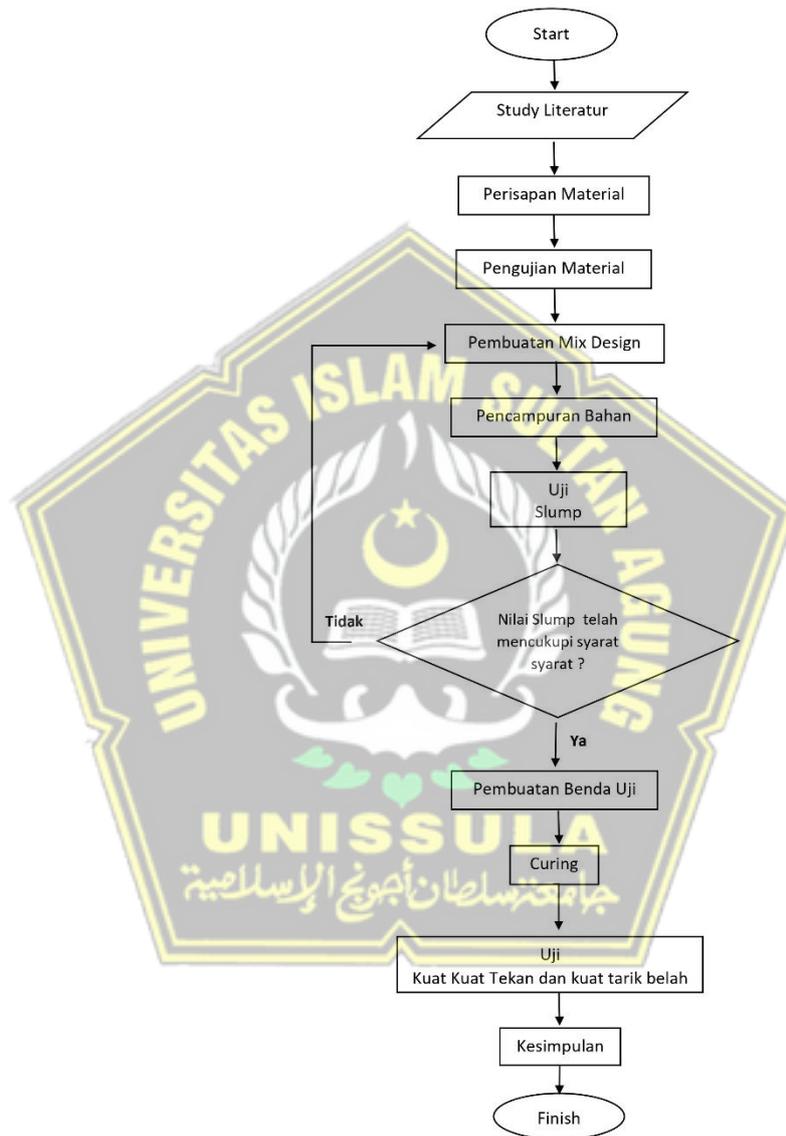
Tabel 3.5 Form data benda uji

DATA HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI FAKULTAS
TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Benda uji no	Tanggal Cor (Hari)	Tanggal Pengetesan (Hari)	Slump (mm)	Ukuran Benda Uji (PxLxT)	Berat Beton (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
Benda Uji 40% (1)						
Benda Uji 40% (1)						
Benda Uji 30% (1)						
Benda Uji 30% (2)						
Benda Uji 20% (1)						
Benda Uji 20% (2)						
Benda Uji 40% (1)						
Benda Uji 40% (1)						
Benda Uji 30% (1)						

3.5 Flow Chart Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan berbagai langkah kerja yang sistematis sehingga mendapatkan hasil yang optimal, adapun langkah – langkah yang digunakan dalam penelitian ini dilihat dalam flowchart penelitian sebagai berikut:



BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada umumnya beton ringan sama seperti beton normal hanya saja agregatnya diganti dengan agregat ringan. Pemakaian beton ringan bisa menjadi alternatif untuk mengurangi berat dari bangunan bertingkat banyak sehingga berdampak pada perhitungan pondasi dari bangunan tersebut.

4.2 Hasil dan analisa pemeriksaan agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK) Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat.

4.2.1 Berat jenis agregat halus

Berikut hasil pengujian berat jenis pasir :

Tabel 4.1 Berat Jenis Pasir

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Labu + Pasir + Air (W1)	1538 gram	1536 gram
Berat Pasir SSD	500 gram	500 gram
Berat Labu + Air (W2)	1227 gram	1226 gram
Berat Jenis Pasir = $500 / (500 + W2 - W1)$	2,645 gram/cm ³	2,631 gram/cm ³
Rata-Rata Berat Jenis Pasir	2,638 gram/cm ³	

Berdasarkan ASTM C 128 – 01, selisih antara dua percobaan berat jenis pasir berkisar antara 1,6 gram/cm³ sampai 3,2 gram/cm³. Rata-rata percobaan berat jenis pasir tabel 4.2 sebesar 2,638 gram/cm³, sehingga memenuhi persyaratan berat jenis ASTM C 128-01.

4.2.2 Penyerapan agregat halus

Berikut hasil pengujian resapan air pada material pasir :

Tabel 4.2 Air Resapan pada Pasir

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Pasir SSD	500 gram	500 gram
Berat Pasir oven (W1)	490 gram	491 gram
Kadar Air Resapan = $((500 - W1) / W1) \times 100\%$	2,01%	1,83 %
Rata-rata Resapan	1,92 %	

Berdasarkan standar ASTM C 128 – 01. Selisih antara dua percobaan resapan air tidak lebih dari 0,31 %. Besarnya resapan air pada pasir antara 0,2 % hingga 2 %. Rata-rata kadar resapan air pada tabel 4.3 sebesar 1,21 % dan selisih analisa 1 dan 2 adalah 0,18 %, sehingga material pasir memenuhi persyaratan kadar resapan air ASTM C 128- 01.

4.2.3 Analisa gradasi agregat halus

Menurut SNI 03-2834-2000, definisi agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Agregat halus memiliki zona-zona berdasarkan ukuran lolos saringannya. Menurut SK-SNI-T-15-1990-03, gradasi pasir dibagi menjadi empat kelompok yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus, dan pasir halus seperti tersaji pada Tabel 2.3.

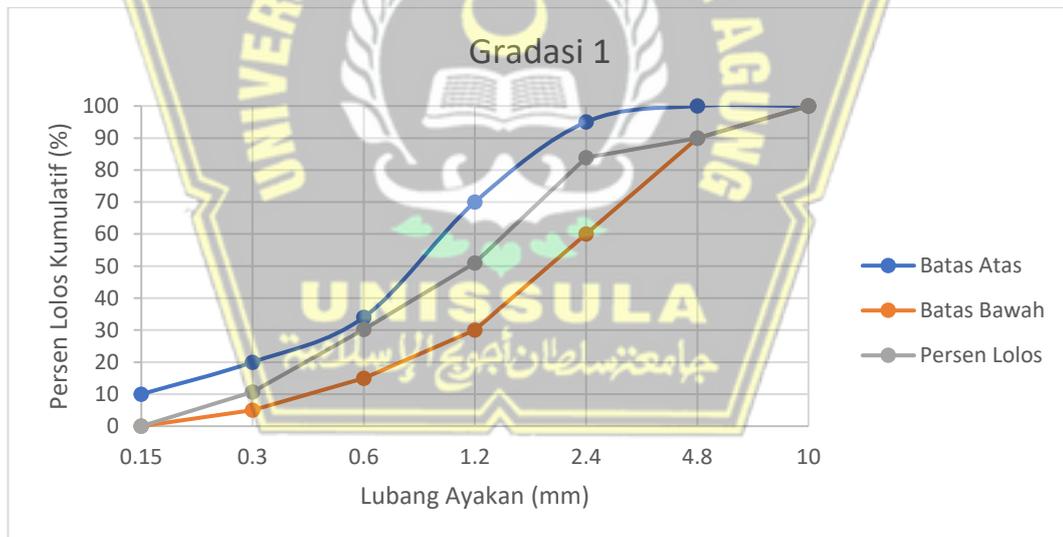
Tabel 4.3 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	daerah 1	daerah 2	daerah 3	daerah 4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	95-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	33-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-10

Berikut hasil analisa saringan ayakan pasir :

Tabel 4.4 Hasil Ayakan Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0.00%	0.00%	100.00%
20,00	0	0.00%	0.00%	100.00%
10,00	0	0.00%	0.00%	100.00%
4,80	80	5.19%	5.19%	94.81%
2,40	75	4.87%	10.06%	89.94%
1,20	600	38.96%	49.03%	50.97%
0,60	320	20.78%	69.81%	30.19%
0,30	300	19.48%	89.29%	10.71%
0,15	165	10.71%	100.00%	0.00%
Sisa	0	0.00%	100.00%	0.00%
	1540	100.00%	323.38%	



Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Dari grafik tersebut, uji analisa pasir menunjukkan gradasi pasir masuk dalam daerah 1.

4.2.4 Kadar lumpur agregat halus

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata.

Tabel 4.5 Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Tinggi Lumpur (h)	0,25	0,27
Tinggi Pasir (H)	3.45	3,5
Kadar Lumpur (h/H) x 100%	7,24 %	7,71 %
Rata-rata Kadar Lumpur	7,475 %	

Berdasarkan ASTM C 117 – 03, kadar lumpur yang diperbolehkan maksimal 6 %. Rata-rata kadar lumpur dalam pengujian tabel 4.6 sebesar 7,475 %. Sehingga pasir tidak memenuhi standar kadar lumpur pasir pada ASTM C 117 – 03 yaitu maksimal 6 %.

4.2.5 Berat isi agregat halus

Berikut pengujian berat volume pasir :

Tabel 4.6 Berat Volume Pasir

PERCOBAAN NOMOR	Dengan Rojokan	Tanpa Rojokan
Berat Silinder (W1)	140 gram	140 gram
Berat Silinder + Pasir (W2)	715 gram	710 gram
Volume Silinder (V)	345 cm ³	345 cm ³
Berat Volume (W2 – W1)/V	1,66 gram/cm ³	1,65 gram/cm ³
Rata-Rata Berat Volume	1,655 gram/cm ³	

Berdasarkan standar ASTM C 29/C 29M – 97 reapproved 2003, berat volume pasir yang dirojok dengan yang tidak dirojok tidak lebih dari 0,14 gram/cm³. Pada tabel 4.4 selisih analisa 1 dan 2 sebesar 0,01 gram/cm³ dan rata-rata berat volume pasir adalah 1,655 gram/cm³, sehingga Berat volume pasir memenuhi persyaratan berat volume ASTM C 29/C 29M– 97 reapproved 2003.

4.2.6 Kadar air agregat halus

Berikut hasil pengujian resapan air pada material pasir :

Tabel 4.7 Air Resapan pada Pasir

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Pasir SSD	500 gram	500 gram
Berat Pasir oven (W1)	490 gram	491 gram
Kadar Air Resapan = $((500 - W1) / W1) \times 100\%$	2,01%	1,83 %
Rata-rata Resapan	1,92 %	

Berdasarkan standar ASTM C 128 – 01. Selisih antara dua percobaan resapan air tidak lebih dari 0,31 %. Besarnya resapan air pada pasir antara 0,2 % hingga 2 %. Rata-rata kadar resapan air pada tabel 4.3 sebesar 1,21 % dan selisih analisa 1 dan 2 adalah 0,18 %, sehingga material pasir memenuhi persyaratan kadar resapan air ASTM C 128- 01.

4.2.7 Pemeriksaan agregat kasar

Berdasarkan hasil dari pengujian analisis gradasi agregat kasar (batu pecah) dari Binjai ini menunjukkan bahwa mempunyai bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm.

4.2.8 Hasil Pengujian Kelembaban Kerikil

Berikut hasil pengujian kelembaban kerikil :

Tabel 4.8 Pengujian Kelembaban Kerikil

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Kerikil Asli (W1)	500 gram	500 gram
Berat Kerikil oven (W2)	493 gram	494 gram
Kelembaban Kerikil = $(W1-W2)/W2 \times 100\%$	1,42 %	1,21 %
Rata-rata kelembaban Kerikil	1,32 %	

Berdasarkan standar ASTM C 556-89. Selisih antara dua percobaan kelembaban kerikil tidak lebih dari 0,28%. Rata-rata kelembaban kerikil pada tabel

4.8 sebesar 1,32 %. Kemudian selisih analisa 1 dan 2 sebesar 0,21 %. Sehingga memenuhi persyaratan kelembaban kerikil ASTM C 566-89.

4.2.9 Hasil Pengujian Berat Jenis Kerikil

Berikut hasil pengujian berat jenis kerikil :

Tabel 4.9 Pengujian Berat Jenis Kerikil

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Kerikil di Udara (W1)	3000 gram	3000 gram
Berat Kerikil di Air (W2)	1895 gram	1915 gram
Berat Jenis Kerikil = $W1 / (W1 - W2)$	2,71 gram/cm ³	2,76 gram/cm ³
Rata-Rata Berat Jenis Kerikil	2,74 gram/cm ³	

Berdasarkan ASTM C 127 – 88 Reapproved 2001, selisih antara dua percobaan berat jenis kerikil berkisar antara 1,6 gram/cm³ sampai 3,2 gram/cm³. Rata-rata berat jenis kerikil pada tabel 4.9 adalah 2,74 gram/cm³. Sehingga kerikil memenuhi persyaratan berat jenis ASTM C 127 – 88 reapproved 2001.

4.2.10 Hasil Pengujian Berat Volume Kerikil

Berikut hasil pengujian berat volume kerikil :

Tabel 4.10 Berat Volume Kerikil

PERCOBAAN NOMOR	Dengan Rojokan	Tanpa Rojokan
Berat Silinder (W1)	140 gram	140 gram
Berat Silinder + Kerikil (W2)	730 gram	727 gram
Volume Silinder (V)	345 cm ³	345 cm ³
Berat Volume (W2 – W1)/V	1,71 gram/cm ³	1,70 gram/cm ³
Rata-Rata Berat Volume	1,503 gram/cm ³	

Berdasarkan standar ASTM C 29/C 29M – 97 reapproved 2003, berat volume kerikil berkisar 1,2 gram/ cm³ – 1,61 gram/ cm³. Selisih analisa 1 dan 2 pada tabel 4.11 sebesar 0,08 gram/cm³ dan rata-rata berat volume kerikil sebesar 1,44 gram/cm³. Sehingga memenuhi persyaratan berat volume ASTM C 29/C 29M – 97 reapproved 2003.

4.2.11 Hasil Pengujian Air Resapan Kerikil

Berikut hasil pengujian resapan air pada material kerikil :

Tabel 4.11 Air Resapan pada Kerikil

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Kerikil SSD	1000 gram	1000 gram
Berat Kerikil oven (W1)	985 gram	980 gram
Kadar Air Resapan = $((500 - W1) / W1) \times 100\%$	1,52%	2,04 %
Rata-rata Resapan	1,78 %	

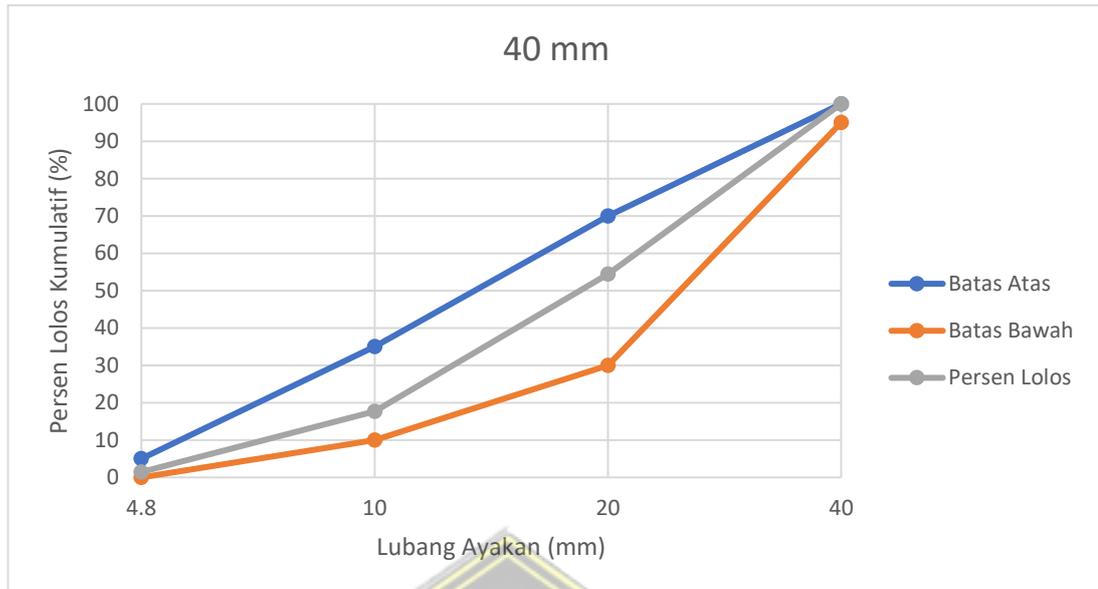
Berdasarkan standar ASTM C 127 – 88 reapproved 2001. Besarnya resapan air pada kerikil antara 0,2 % hingga 2 %. Rata-rata kadar resapan air pada tabel 4.10 sebesar 1,78 %. Sehingga memenuhi persyaratan ASTM C 127 – 88 reapproved 2001 yaitu antara 0,2 % hingga 2 %.

4.2.12 Hasil Analisa Saringan Kerikil

Berikut hasil analisa saringan ayakan pasir :

Tabel 4.12 Hasil Ayakan Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0.00%	0.00%	100.00%
20,00	1402	28.18%	28.18%	71.82%
10,00	2876	57.81%	85.99%	14.01%
4,80	439	8.82%	94.81%	5.19%
2,40	172	3.46%	98.27%	1.73%
1,20	72	1.45%	99.72%	0.28%
0,60	0	0.00%	99.72%	0.28%
0,30	0	0.00%	99.72%	0.28%
0,15	0	0.00%	99.72%	0.28%
Sisa	14	0.28%	100.00%	0.00%
Jumlah	4975		706.13%	



Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

Dari grafik tersebut dapat di simpulkan bahwa agregat kasar masuk dalam kriteria lolos saringan 40 mm

4.3 Rancang campur dan kebutuhan bahan beton ringan

Mix design pada penelitian ini terdiri dari 3 versi dalam penambahan bata ringan dan styrofoam sebesar 20%, 30% dan 40%.

4.3.1 Benda uji 40%

Berikut kebutuhan material pengecoran benda uji 40% yang merupakan Beton ringan berbentuk silinder :

Tabel 4.13 Kebutuhan Material Benda Uji 40%

No	Material	Jumlah	Satuan	Keterangan
1	Pasir	4	Kg	
2	Kerikil	2,75	Kg	
3	Air	1,5	Liter	
4	Semen	3	Kg	
5	Bata Ringan	0,6	Kg	
6	Styrofoam	0,018	Kg	

4.3.2 Benda uji 30%

Berikut kebutuhan material pengecoran benda uji 30% yang merupakan Beton ringan berbentuk silinder :

Tabel 4.13 Kebutuhan Material Benda Uji 30%

No	Material	Jumlah	Satuan	Keterangan
1	Pasir	4	Kg	
2	Kerikil	4,5	Kg	
3	Air	1,5	Liter	
4	Semen	3	Kg	
5	Bata Ringan	0,3	Kg	
6	Styrofoam	0,009	Kg	

4.3.3 Benda uji 20%

Berikut kebutuhan material pengecoran benda uji 20% yang merupakan Beton ringan berbentuk silinder :

Tabel 4.13 Kebutuhan Material Benda Uji 20%

No	Material	Jumlah	Satuan	Keterangan
1	Pasir	4	Kg	
2	Kerikil	5,5	Kg	
3	Air	1,5	Liter	
4	Semen	3	Kg	
5	Bata Ringan	0,15	Kg	
6	Styrofoam	0,0045	Kg	

Berdasarkan data pengujian berat isi beton untuk berbagai variasi campuran masing – masing sebesar 1840 – 2222 kg/m³.

Berikut adalah hasil pengujian dari kuat tekan beton dan kuat tarik belah :

Tabel 4.14 Hasil Uji Benda Uji Kuat Tekan

Benda uji no	Tanggal Cor (Hari)	Tanggal Pengetesan (Hari)	Slump (cm)	Ukuran Benda Uji (PxLxT)	Berat Beton (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
Benda Uji 40% (1)	18-09-2024	15-10-2024	3	15x15x30	9.3	11.1
Benda Uji 40% (2)	18-09-2024	15-10-2024	3	15x15x30	9.1	10.6
Benda Uji 30% (1)	18-09-2024	15-10-2024	12	15x15x30	9.8	24

Benda Uji 30% (2)	18-09-2024	15-10-2024	12	15x15x30	9.75	18.2
Benda Uji 20% (1)	18-09-2024	15-10-2024	12,5	15x15x30	11.1	22.6
Benda Uji 20% (2)	18-09-2024	15-10-2024	12,5	15x15x30	11.2	22.8

Tabel 4.15 Hasil Uji Benda Uji Kuat Tarik Belah

Benda uji no	Tanggal Cor (Hari)	Tanggal Pengetesan (Hari)	Slump (cm)	Ukuran Benda Uji (PxLxT)	Berat Beton (Kg)	Kuat Tarik Belah(MPa)
Benda Uji 40% (1)	18-09-2024	15-10-2024	3	15x15x30	9.2	0.9
Benda Uji 40% (2)	18-09-2024	15-10-2024	3	15x15x30	9.1	0.85
Benda Uji 30% (1)	18-09-2024	15-10-2024	12	15x15x30	9.9	1.2
Benda Uji 30% (2)	18-09-2024	15-10-2024	12	15x15x30	9.7	1.2
Benda Uji 20% (1)	18-09-2024	15-10-2024	12,5	15x15x30	11.1	1.7
Benda Uji 20% (2)	18-09-2024	15-10-2024	12,5	15x15x30	11.1	1.5

4.4 Hasil dan analisa pengujian beton keras

Pengujian beton keras dengan umur 28 hari meliputi pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah.



Gambar 4.3: Pengujian Kuat Tekan dan Tarik belah Benda Uji Silinder Umur 28 Hari

4.4.1 Uji kuat tekan

Uji kuat tekan merupakan salah satu sifat teknis atau uji kuat tekan yang umum digunakan dalam mekanika batuan untuk mengetahui titik runtuh.

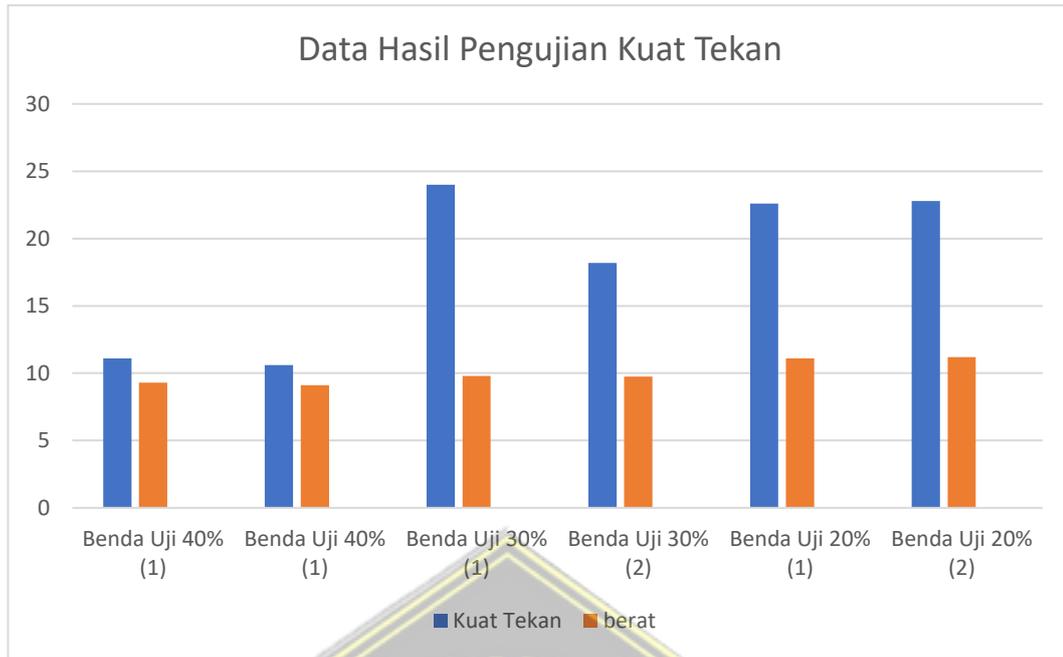


Gambar 4.4: Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder Umur 28 Hari

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tekan beton sebagai berikut :

Tabel 4.16 data hasil pengujian kuat tekan beton

NO	Benda Uji	Berat (kg)	Berat Volume	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan rata-rata (Mpa)
1	Benda Uji 40% (1)	9,3	1755,131	11,1	10,85
2	Benda Uji 40% (1)	9,1	1717,386	10,6	
3	Benda Uji 30% (1)	9,8	1849,493	24	21,1
4	Benda Uji 30% (2)	9,75	1840,057	18,2	
5	Benda Uji 20% (1)	11,1	2094,834	22,6	22,7
6	Benda Uji 20% (2)	11,2	2113,706	22,8	



Gambar 4.5: Diagram data hasil pengujian kuat tekan beton

Berdasarkan data diatas benda uji dengan kadar penambahan *styrofoam* dan bata ringan sebanyak 40% mempunyai Kuat Tekan rata-rata 10,85 dan ketika komposisi diturunkan menjadi 30% Kuat Tekan naik sebesar 51% yaitu sebesar 21,1 MPa sedangkan ketika komposisi diturunkan menjadi 20% Kuat Tekan naik sebesar 53% yaitu 22,7 MPa sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan bata ringan dan *styrofoam*, maka semakin kecil pula nilai Kuat Tekan Beton yang di hasilkan, namun dapat berpengaruh oleh pengurangan berat dari beton.

4.4.2 Pengujian Kuat Tarik Belah

Menurut *SNI 03-2491-2014* Kuat Tarik Belah ialah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekanan uji desak.

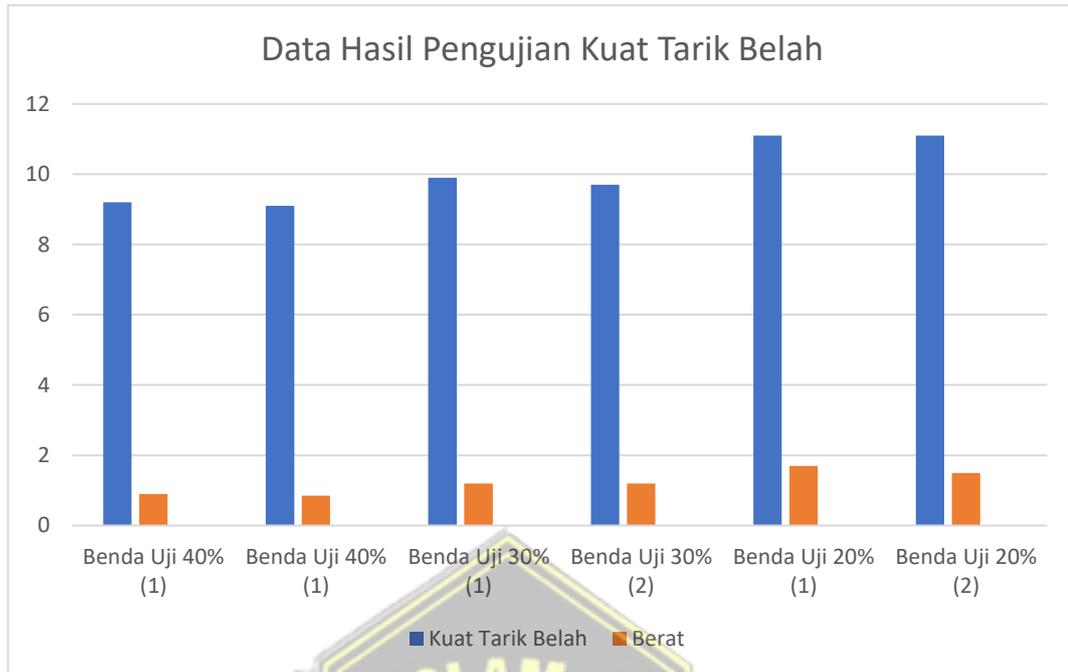


Gambar 4.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Benda Uji Silinder Umur 28 Hari

Berikut adalah hasil pengujian kuat tarik belah beton ringan :

Tabel 4.17 data hasil pengujian kuat tarik belah beton ringan

NO	Benda Uji	Berat (kg)	Berat Volume	Kuat tarik belah (Mpa)	Kuat tarik belah rata-rata (Mpa)
1	Benda Uji 40% (1)	9,2	1736,259	0,9	0,875
2	Benda Uji 40% (1)	9,1	1717,386	0,85	
3	Benda Uji 30% (1)	9,9	1868,365	1,2	1,2
4	Benda Uji 30% (2)	9,7	1830,62	1,2	
5	Benda Uji 20% (1)	11,1	2094,834	1,7	1,6
6	Benda Uji 20% (2)	11,1	2094,834	1,5	



Gambar 4.7: Diagram data hasil pengujian kuat tarik belah beton

Berdasarkan data diatas benda uji dengan kadar penambahan *styrofoam* dan bata ringan sebanyak 40% mempunyai Kuat Tarik Belah rata-rata 0,875 dan ketika komposisi diturunkan menjadi 30% Kuat Tarik Belah rata-rata naik sebesar 13,8% yaitu sebesar 1,2 Mpa sedangkan ketika komposisi diturunkan menjadi 20% Kuat Tarik Belah rata-rata naik sebesar 18,3% yaitu 1,6 Mpa sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik belah relatif kecil dikarenakan bahan bahan yang digunakan sangat mempengaruhi pada daya tarik antar materialnya yaitu semakin banyak penambahan bata ringan dan *styrofoam*, maka semakin kecil pula nilai Kuat Tarik Belah Beton yang di hasilkan, namun dapat berpengaruh oleh pengurangan berat dari beton.

4.4.3 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Menurut SNI 03-3449-2002[5], beton ringan struktural adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³, Berikut adalah tabel hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton ringan :

Tabel 4.18 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

F'c (Mpa)	Fct (Mpa)	$\sqrt[3]{f'c}$	Koef	Rata-rata	Rumus Hubungan fct dan f'c
11,1	0,9	3,3	0,27	0,265	$F_{ct}=0,265 \sqrt[3]{f'c}$
10,6	0,85	3,25	0,26		
24	1,2	4,9	0,245	0,265	$F_{ct}=0,265 \sqrt[3]{f'c}$
18,2	1,2	4,2	0,285		
22,6	1,7	4,75	0,36	0,58	$F_{ct}=0,58 \sqrt[3]{f'c}$
22,8	1,5	4,77	0,31		

Dari tabel di atas di simpulkan bahwa kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton ringan mempunyai hubungan $F_{ct}=0,265 \sqrt[3]{f'c}$ dan $F_{ct}=0,58 \sqrt[3]{f'c}$ yang berarti keduanya mempunyai hubungan yang dapat dihitung.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Nilai kuat tekan pada benda uji dengan penambahan styrofoam dan bata ringan pada kadar 40% mempunyai nilai 10,85 Mpa dan mengalami kenaikan berturut-turut 51% dan 53% pada saat pengurangan komposisi bata ringan dan styrofoam.
2. Nilai kuat tarik belah pada benda uji dengan substitusi styrofoam dan bata ringan pada kadar 40% mempunyai nilai 0,9 MPa dan mengalami kenaikan berturut-turut 13,8% dan 20% pada saat pengurangan komposisi bata ringan dan styrofoam.
3. Material bata ringan yang digunakan merupakan limbah pada konstruksi bangunan yang tidak dipakai dan menyebabkan penurunan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah, namun mengurangi berat jenis beton.
4. Material Styrofoam yang digunakan berfungsi sebagai penurun berat jenis beton agar mengurangi berat sendiri (*self weight*) beton.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Pada saat proses pengadukan campuran beton sebaiknya styrofoam di masukan paling awal agar adukan dapat merata
2. Pada nilai kuat tekan dan tarik belah di mungkinkan terdapat faktor *human eror* pada saat pencampuran bahan, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut

DAFTAR PUSTAKA

- A.Agung Fadilah Putra. 2015. Karakteristik Beton Ringan Dengan Bahan Pengisi. Styrofoam. Universitas Hasanudin, Makasar.
- anang Purwanto, Dio Damas Permadi, Utamy Sukmayu Saputri. 2023. Model Analisis Uji Kuat Beton Dengan Menggunakan Limbah Styrofoam Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus, Jurnal Teslink : Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 5., No. 1, Maret 2023,pp. 10-17
- Anugrah Pamungkas, Erny Harianti. 2010. Desain Pondasi Tahan Gempa. Surabaya : ITS Press.
- Asih, W. A. (2018). Pengaruh Serbuk Kaca sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus pada Beton Mutu Tinggi (Skripsi). Mataram: Universitas Mataram. <http://eprints.unram.ac.id/10335/1/JURNAL.pdf>.
- Departemen Pekerjaan Umum. Tata Cara Pembuatan Kaping untuk Benda Uji Silinder Beton. SNI 6369 : 2008. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2008.
- Candra, A.I., dkk, 2019, Pemanfaatan Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Bahan. Campuran Beton Ringan Berpori, Program Studi Teknik Sipil
- Faizah Restu. 2015. Pengaruh Frekuensi Gempa Terhadap Respons Bangunan. Bertingkat. Jurnal. Teknik. Sipil. Vol. 5. (1).
- Karwur, H. Y., Tenda, R., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2013). Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen, Jurnal Sipil Statistik Vol. 1 No. 4 (276-281). ISSN 2337-6732. Manado: Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Lomboan Octaviani Felisa, Ellen J. Kumaat, Reky S. Windah. 2016. Pengujian Kuat Tekan Mortar Dan Beton Ringan Dengan Menggunakan Agregat Ringan Batu Apung Dan Abu Sekam.
- Mehta, P.K., 1986, Structure, Properties and Material, Prentice Hall, New Jersey.

- Miswar, Khairul (2020), Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Material Beton Ringan,. Vol. 12, No. 1, Jurnal Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri.
- Murdock, L. J., dan. Brook, K.M., 1999, Bahan dan Praktek Beton, Erlangga,. Jakarta.
- Mulyono, Tri. 2003. Teknologi Beton. ANDI: Yogyakarta. Setiawan, Agus. 2016. Perancangan Struktur Beton Bertulang. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Pane, F.P., Tanudjaja, R. S., Windah, 2015, Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton, Jurnal Sipil Statik, Vol.3, No.5. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Pujianto, As'at dkk. 2011. Beton Mutu Tinggi Dengan Admixture Superplastiziser dan Aditif Silicafume. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Purnawiraty, G. A. N., K. Salain, M. A., & Putra, D. (2016). Properti Mekanik Beton Ringan Dengan Menggunakan Agregat Batu Apung Serta Abu Terbang Sebagai Pengganti Sebagian Semen Portland Dan Superplasticizer. 4(2), 27–35.
- Saifuddin, M. I., Edison, B., & Fahmi, K. 2013. Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal Mahasiswa Teknik, 1(1).
- Rahamudin, Rio Herdianto. 2016. Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- SNI- 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan. Struktur Beton Bertulang Gedung. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1972-1990, 1990, Metode Pengujian Slump Beton, Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-4154-1996. Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji. Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana. Campuran Beton Normal.
Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

SNI- 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan. Struktur Beton Bertulang Gedung.
Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 15-2094-2000. Standar Nasional Indonesia, 1991. Mutu dan Cara Uji Batu
Merah Pejal.

SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji. Silinder yang
Dicetak, Badan Standarisasi Nasional

Standar Nasional Indonesia (SNI), 2002, SNI 03-2461-2002. Spesifikasi Agregat.
Ringan Untuk Beton Ringan Struktural.

Tjokrodimuljo, 1996. Teknologi Beton. Nafiri: Yogyakarta. Tjokrodimuljo, 2007.
Teknologi Beton, Biro penerbit: Yogyakarta.

