

**ANALISA PENGARUH BAHAN TAMBAH LIMBAH KERTAS
TERHADAP KUAT TEKAN PADA DINDING PARTISI**



**Disusun oleh:
Zion Sophos Patuan
NPM 17.811.0088**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH BAHAN TAMBAH LIMBAH KERTAS
TERHADAP KUAT TEKAN PADA DINDING PARTISI**

**Tugas Akhir ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Studi pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area**

Oleh:

ZION SOPHOS PATUAN

NPM : 17-811-0088

JURUSAN : TEKNIK SIPIL

Menyetujui :

Komisi Pembimbing

Pembimbing I



(Ir. H. Irwan, M.T)

Pembimbing II



(Ir. Nurmaidah, M.T)

Mengetahui



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2020

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zion Sophos Patuan

NIM : 178110088

Judul : Analisa Pengaruh Bahan Tambah Limbah Kertas
Terhadap Kuat Tekan Pada Dinding Partisi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Medan, 03 September 2020

Yang membuat pernyataan



Zion Sophos Patuan

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zion Sophos Patuan

NPM : 178110088

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

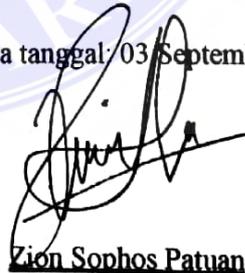
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul “Analisa Pengaruh Bahan Tambah Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Pada Dinding Partisi ” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini

Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan

Pada tanggal: 03 September 2020



Zion Sophos Patuan
17 811 0088

ABSTRAK

Beton Ringan adalah beton yang memiliki berat dibawah beton normal. Dalam proses pembuatan beton ringan tentunya dibutuhkan material campuran yang memiliki berat jenis rendah. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan yaitu kertas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah kertas sebagai bahan tambahan campuran dalam pembuatan beton ringan dinding. Pada penelitian ini agregat halus yang digunakan sebagai penyusun beton dibentuk menyerupai kerikil berukuran butiran 10-20 mm. Variasi agregat halus yang diganti dengan persentase kertas sebesar 0%, 60%, dan 70% dari keseluruhan agregat halus. Benda uji beton dibuat dengan bentuk silinder dengan ukuran tinggi 30cm dan diameter 15cm. Setiap variasi dibuat sebanyak 5 buah benda uji dan pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada saat benda uji berumur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan yang saya uji dengan variasi campuran kertas 0% sebesar 21,53933 Mpa dan variasi campuran kertas 60% sebesar 19,32088 Mpa lebih besar dari 17,24 Mpa dan lebih kecil dari 41,36 Mpa sehingga termasuk beton struktural, sedangkan dengan variasi campuran kertas 70% diperoleh hasil kuat tekan 15,78946 Mpa lebih kecil dari 17,24 Mpa sehingga campuran ini tidak termasuk beton struktural. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin kecil persentase campuran kertas maka kuat tekan semakin besar dengan ketentuan bahan jenis agregat ringan batu pecah maka dikategorikan kedalam konstruksi beton ringan struktural. Sedangkan semakin besar persentase campuran kertas maka kuat tekan semakin kecil dengan ketentuan bahan jenis agregat ringan batu pecah maka tidak dikategorikan kedalam konstruksi beton ringan struktural dan tidak dapat digunakan untuk dinding partisi.

Kata Kunci: Beton ringan, Campuran limbah kertas, Kuat tekan beton

ABSTRACT

Lightweight Concrete is concrete that has a weight below normal concrete. In the process of making lightweight concrete, a mixture of low density materials is needed. One of the alternative materials that can be used is paper. The purpose of this study was to utilize paper waste as an additive to the mixture in making lightweight concrete walls. In this study, the fine aggregate used as a constituent of concrete is formed to resemble 10-20 mm grain size of gravel. Variations of fine aggregate are replaced with paper percentages of 0%, 60%, and 70% of the total fine aggregate. Concrete specimens are made in a cylindrical shape with a height of 30cm and a diameter of 15cm. Each variation was made as many as 5 specimens and the concrete compressive strength test was carried out when the test objects were 28 days old. The results of the compressive strength test that I tested with a variation of 0% paper mix of 21.53933 Mpa and a variation of 60% paper mix of 19.32088 Mpa, greater than 17.24 MPa and less than 41.36 MPa so that it includes structural concrete, while with a variation of 70% paper mixture, the compressive strength is 15.78946 Mpa smaller than 17.24 MPa so that this mixture does not include structural concrete. Thus it is concluded that the smaller the percentage of the paper mixture, the greater the compressive strength provided that the light aggregate type material is crushed stone, it is categorized into structural lightweight concrete construction. Whereas the greater the percentage of the paper mixture, the smaller the compressive strength provided that the light aggregate type material is crushed stone, it is not categorized into structural lightweight concrete construction and cannot be used for partition walls.

Keywords: *lightweight concrete, mixed waste paper, compressive strength of concrete*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis sampaikan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat-Nya memberikan kesempatan pada penulis, sehingga mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi ini berjudul “ **Analisa Pengaruh Bahan Tambah Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Pada Dinding Partisi (Penelitian)**” merupakan tugas akhir yang wajib diselesaikan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program Strata I (S1) di jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Sesuai dengan judulnya, dalam skripsi ini akan dilakukan penelitian seperti: pengujian kuat tekan beton ringan dinding dan pengolahan data dari penelitian (Riset). Dalam proses penulisan skripsi ini, penulis banyak menemukan kesulitan, namun berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak yang berkaitan dengan penulis skripsi ini, sehingga dapat di selesaikan.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak. Prof.Dr. Dadan Ramdan M.Eng,M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Grace Yuswita Harahap, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Nurmaidah, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir.Irwan, MT, selaku Dosen Pembimbing Skripsi I.
5. Ibu Ir.Nurmaidah, MT, selaku Dosen Pembimbing Skripsi II.

6. Kedua Orang Tua Tercinta & Seluruh Keluarga.Seluruh Dosen Dan Pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.
7. Kepala Laboratorium Beton Universitas medan area yang memberikan ijin untuk melakukan penelitian, serta asisten laboratorium yang turut mebantu dan membimbing.
8. Seluruh teman –teman yang telah memberikan dukungannya.

Kemungkinan masih terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dimasa mendatang.

Medan, 3 September 2020

Penyusun

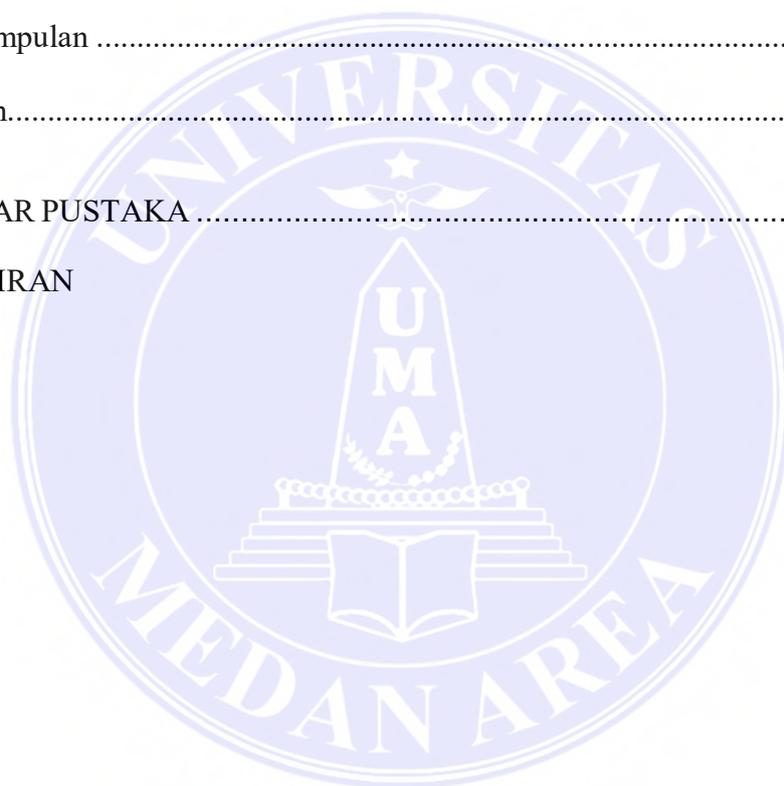


Zion Sophos Patuan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Bagan Alur Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Beton.....	8
2.2 Beton Ringan.....	11
2.3 Bahan Penyusun Beton Ringan	14
2.4 Macam-Macam Beton Ringan	25
2.5 Bahan Tambahan	27
2.6 Hasil Penelitian Sebelumnya	27
2.7 Jenis-jenis Beton Secara Karakteristik.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Pelaksanaan Penelitian.....	35
3.2 Teknis Analisis Data.....	37
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	41

3.4 Bahan dan Alat.....	41
3.5 Pembuatan Benda Uji	42
3.6 Pengujian Benda Uji.....	44
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan dan Benda Uji.....	46
4.2 Pembahasan.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Beton Ringan Berdasarkan Berat Jenis	14
Tabel 2.2 Batas-Batas Gradasi Agregat halus.....	22
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir	47
Tabel 4.2 Berat Satuan Beton Agregat Kertas	49
Tabel 4.3 Kuat Tekan Uji Beton Ringan Dinding.....	52
Tabel 4.4 Hasil Penelitian Penelitian Beton Ringan	55
Tabel 4.5 Perbandingan Ukuran Beton Ringan	56
Tabel 4.6 Variasi Campuran 0%	57
Tabel 4.7 Variasi Campuran 60%	57
Tabel 4.8 Variasi Campuran 70%	57
Tabel 4.9 Hasil Uji Normalitas Data.....	58
Tabel 4.10 Hasil Uji Heterokedastisitas Data.....	59
Tabel 4.11 Hasil Uji Parsial (Uji t).....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan Alur Penelitian	7
Gambar 2.1 Gambar Beton Mortar	30
Gambar 2.2 Gambar Beton Ringan.....	30
Gambar 2.3 Gambar Non – Pasir	31
Gambar 2.4 Gambar Beton Hampa.....	32
Gambar 2.5 Gambar Beton Pra-Cetak	32
Gambar 2.6 Gambar Beton Massa	33
Gambar 2.7 Gambar Beton Serat	33
Gambar 3.1 Gambar Universal Test Machine.....	44
Gambar 3.2 Gambar Benda Uji 15 x 30.....	44
Gambar 3.3 Gambar Kertas Yang Sudah Dihaluskan.....	45
Gambar 4.1 Grafik Gradasi pasir yang berasal dari Sungai Binjai	48
Gambar 4.2 Gambar Kertas Yang Sudah Dihaluskan.....	48
Gambar 4.3 Grafik Berat Satuan Rerata Beton.....	50
Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Rerata Satuan	52
Gambar 4.5 Gambar Beton Ringan Silinder.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Job mix design analisa pengaruh bahan tambah limbah kertas terhadap kuat tekan pada dinding

Foto dokumentasi proses penelitian



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Populasi bangunan di dunia semakin meningkat dan beragam. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan peradaban manusia telah semakin baik. Akan tetapi keadaan ini juga menimbulkan permasalahan baru yakni meningkatnya permintaan akan bahan bangunan yang selama ini selalu diambil dari alam, baik berupa mineral logam maupun non logam. Penambangan mineral-mineral tersebut yang hanya dilakukan atau hanya terdapat pada lokasi tertentu menyebabkan terbatasnya ketersediaan bahan bangunan di lokasi yang tidak memiliki sumber mineral-mineral tersebut.

Kertas merupakan salah satu komoditi yang sangat dibutuhkan oleh hampir seluruh umat manusia didunia. Kehidupan modern sehari-hari ini tidak bisa lepas dari kertas yang bahan bakunya sebagian besar kayu hasil tebangan pohon dari hutan. Dengan demikian, makin boros masyarakat memakai kertas, makin banyak pohon yang harus ditebang untuk dijadikan bubur calon kertas. Jadi dapat dibayangkan apabila penggunaan kertas hanya dipenuhi oleh serat asli maka akan berdampak langsung pada kelestarian lingkungan hidup. Dan dari semua kertas yang dikonsumsi tersebut hanya sebagian kecil yang kembali ke pabrik untuk didaur ulang karena terjadi benturan kepentingan dengan penggunaan lain oleh masyarakat. Namun demikian bukan berarti kertas yang tidak kembali ke pabrik kertas tersebut sepenuhnya dimanfaatkan oleh masyarakat. Kertas bekas yang tidak bermanfaat karena satu dan lain hal akhirnya akan bermuara ke

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sehingga akan menambah volume sampah dan memperpendek umur TPA itu sendiri.

Dilain pihak, terlihat banyak sekali limbah, terutama limbah kertas yang dihasilkan sebagai akibat semakin luasnya pemanfaatan kertas dalam kehidupan sehari-hari, maka dari itu limbah tersebut bisa di manfaatkan untuk menjadi pengganti agregat kasar untuk beton ringan.

Dalam proses pembuatan beton ringan tentunya dibutuhkan material campuran yang memiliki berat jenis rendah. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan yaitu, Kertas. Kertas merupakan salah satu bahan material yang memiliki berat jenis rendah. Selain harganya yang relatif murah, Kertas yang terbuat dari serat kayu (*selulosa*) dari pohon tanaman.

Perkembangan teknologi ini mulai dimanfaatkan untuk mengolah potensi sumber daya alam yang ada, salah satunya ialah limbah kertas. Limbah kertas sendiri saat ini tersedia dalam jumlah yang tidak sedikit oleh karena itu pemanfaatan kertas limbah sebagai bahan baku beton mungkin merupakan salah satu alternatif yang dapat diaplikasikan pada struktur beton. Selain itu pemanfaatan kertas limbah ini juga dapat

Mengatasi permasalahan pembuangan limbah kertas sekaligus mendukung program pemerintah dalam pengadaan bahan konstruksi bangunan yang murah, dan ringan yang diharapkan dapat meningkatkan karakteristik beton.

Menurut Susanta, Gatut (2007) seringkali konsumen mengalami kebingungan dalam pemilihan bata ringan yang akan digunakan. Banyak pertimbangan yang dilakukan konsumen, sehingga menghambat waktu pelaksanaan yang seharusnya bisa dilakukan sesuai jadwal. Selain mengalami kebingungan, terkadang konsumen kurang mengerti tentang jenis bata ringan tersebut, sehingga melakukan pembelian hanya berdasarkan perkataan sales beberapa brand ternama. Selain itu, konsumen juga terkadang belum memikirkan tentang barang yang ramah lingkungan. Pada penelitian ini, penulis ingin meninjau beberapa jenis bata ringan, yang kemudian meneliti mengenai material yang terkandung, biaya yang diperlukan serta produktivitas dari masing-masing produk bata ringan.

Beton yang memanfaatkan limbah kertas yang selanjutnya disebut dengan beton kertas/*papercrete* adalah material yang cukup kuat yang mempunyai komposisi terdiri dari kertas, pasir, dan semen.

Beton kertas (*papercrete*) adalah beton yang terbuat dari campuran antara semen, pasir dan kertas daur ulang. Menurut Rahmadhon (2009), beton kertas (*papercrete*) merupakan suatu material yang terbuat dari campuran kertas dengan semen portland. Kertas yang digunakan adalah kertas bekas yang diolah menjadi bubuk kertas dengan tujuan mempermudah proses pengadukan campuran. Bubur kertas memiliki beberapa senyawa oksida seperti Silikon Dioksida (SiO) 2,35%, Aluminium Oksida (Al₂O₃) 7,70%, Magnesium oksida (MgO) 3,62%, Kalsium Oksida *Material* (CaO) 56,38%, Ferri Oksida (Fe₂O₃) 1,68%, dimana oksida-oksida tersebut merupakan bahan dasar untuk membuat produk klinker semen, seperti Tricalcium Silicate (C₃S = 3CaO.SiO), Dicalcium Silicate (C₂S=2CaO.SiO₂), Tricalcium Aluminate (C₃A=3CaO. Al₂O₃), Tetracalcium

Aluminate Ferrit ($C_4AF=4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$). Senyawa yang paling dominan adalah Kalsium Oksida (CaO) sebesar 56,38%, air (H₂O), Sulfur Trioksida (SO₃) 11,26% (Norman, dan Juis, 2009).

Semakin banyak bubuk kertas yang dicampurkan pada papan beton maka semakin kecil nilai berat/volume, jadi papan beton semakin ringan. Penambahan bubuk kertas yang disertai pengurangan pasir dalam papan beton menunjukkan nilai berat panel yang semakin kecil. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh faktor penyusun, salah satunya adalah berat jenis. Berat jenis pasir dan kerikil sekitar 2,1-2,2 gr/cm³ lebih besar daripada berat jenis bubuk kertas 1,24 gr/cm³ (Hardiani dan Sugesty, 2009).

Maidayani (2009) juga menyebutkan hal serupa bahwa penambahan limbah padat (*sludge*) pada beton cenderung akan menurunkan nilai densitas beton karena sebagian air yang terikat di dalam *sludge* akan terlepas pada saat proses pengeringan dan waktu pengeringan yang optimal adalah selama 28 hari, apabila waktu pengeringan diperpanjang maka pengaruh terhadap nilai densitas beton tidak terlalu signifikan.

Salah satu yang melatar belakangi dalam pengerjaan skripsi ini adalah untuk melanjutkan penelitian dari peneliti terdahulu yang diangkat dari judul “Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus”. dengan nama peneliti Rangga P Tandipayuk (2017) dari Universitas Politeknik Ujung Pandang Makassar.

Rangga P Tandipayuk (2017) dari hasil penelitiannya menjelaskan bahwa pengaruh yang dihasilkan dari variasi 0%, 25% dan 50% untuk limbah kertas sebagai pengganti agregat halus terjadi pada perubahan berat isi dan kuat tekan

beton. Dari hasil penelitiannya perubahan signifikan terjadi pada berat isi beton, namun pada kuat tekan beton perubahan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk melanjutkan penelitian terdahulu dengan judul “Analisa Pengaruh Bahan Tambah Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan pada Dinding Partisi”.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menciptakan inovasi baru beton ringan yang telah memenuhi kriteria-kriteria sebagai beton ringan pengganti bata yang dapat berfungsi sebagai dinding yang memiliki keunggulan yaitu kuat namun ringan.

Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah kertas yang terbuang sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton ringan dinding, sehingga diharapkan penelitian ini mampu sedikitnya mengurangi limbah kertas yang terbuang dan dapat dimanfaatkannya sebagai bahan tambah pada pembuatan beton ringan dinding.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh tambahan limbah kertas sebagai alternatif bahan tambah limbah kertas terhadap kuat tekan pada dinding partisi dalam pembuatan beton ringan dengan persentasi nilai variasi tembahan limbah kertas yang digunakan yaitu 0%, 60% dan 70% pada pembuatan beton ringan pada dinding partisi?

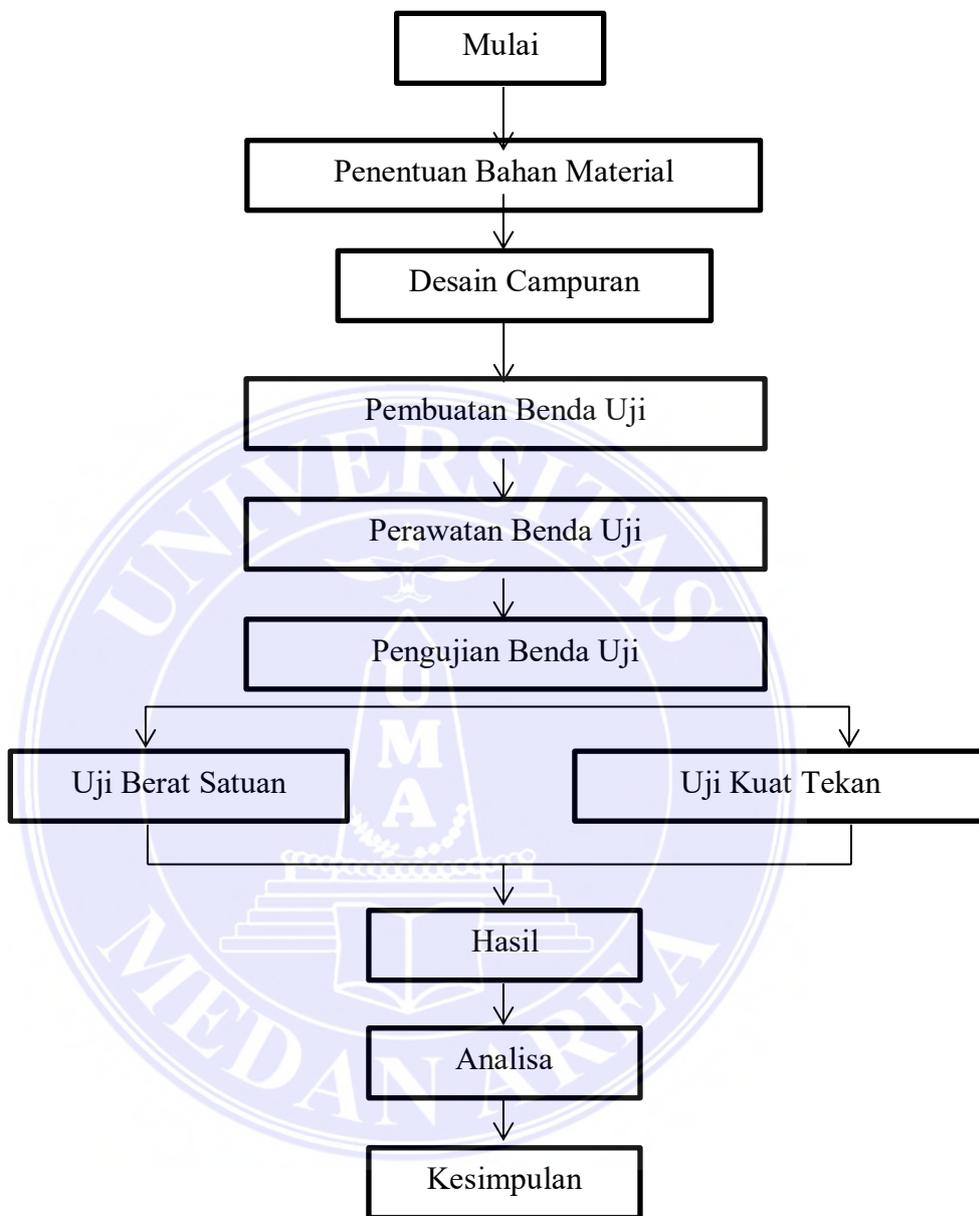
1.4 BatasanMasalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah melakukan pengujian beton ringan dengan menghasilkan kualitas beton ringan yang baik sebagai dasar dalam pembuatan dinding partisi..

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian kuat tekan dari bahan tambah limbah kertas terhadap kuat tekan dan uji berat satuan beton ringan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji masing-masing 5 buah berdasarkan SNI 03-2847-2002 yang akan digunakan sebagai dinding partisi.



1.5 Bagan Alur Penelitian



Gambar 1.1 Bagan Alur Penelitian
Sumber: Peneliti

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu (SNI-03-2847-2002).

Berdasarkan beratnya, beton diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu beton normal (*normal weight concrete*), beton ringan (*light-weight concrete*) dan Beton berat (*heavy-weight concrete*). Beton yang termasuk normal-weight concrete umumnya adalah beton dengan berat sekitar 2400 kg/m^3 , untuk *lightweight concrete* dengan berat kurang dari 1800 kg/m^3 , dan untuk *heavyweight concrete* dengan berat lebih besar dari 3200 kg/m^3 (SNI-03-2847-2002).

Aplikasi penggunaan *normal weight concrete* biasa sebagai bahan bangunan rumah atau gedung sedangkan *Light-weight concrete* umumnya dipergunakan untuk dinding ataupun atap bangunan rumah maupun gedung, Dan *heavy-weight concrete* biasanya dipergunakan untuk struktur bangunan tinggi, jembatan maupun flyover (SNI-03-2847-2002).

Susunan beton secara umum, yaitu: 7-15 % PC, 16-21 % air, 25-30% pasir, dan 31-50% kerikil. Kekuatan beton terletak pada perbandingan jumlah

semen dan air, rasio perbandingan air terhadap semen (*W/C ratio*) yang semakin kecil akan menambah kekuatan (*compressive strength*) beton. Kekuatan beton ditentukan oleh perbandingan air semen, selama campuran cukup plastis, dapat dikerjakan dan beton itu dipadatkan sempurna dengan agregat yang baik”.

Sifat dan karakter mekanik beton secara umum

1. Beton sangat baik menahan gaya tekan (*high compressive strength*), tetapi tidak begitu pada gaya tarik (*low tensile strength*). Bahkan kekuatan gaya tarik beton hanya sekitar 10% dari kekuatan gaya tekannya.
2. Beton tidak mampu menahan gaya tegangan (*tension*) yang tinggi, karena elastisitasnya yang rendah dari beton.
3. Konduktivitas termal beton relatif rendah.

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat sampai bahan buangan non kimia) pada perbandingan tertentu.

Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan itu terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dan semen yang berlangsung selama waktu yang panjang, dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir), dan pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen).

Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara

pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan. Luasnya pemakaian beton disebabkan karena terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu.

Menurut Mulyono, Tri (2003) jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (beton segar/*fresh concrete*) yang baik dan beton (beton keras/*hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton yang baik ialah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

Faktor-faktor yang membuat beton banyak digunakan karena memiliki keunggulan- keunggulannya antara lain:

1. *Kemudahan pengolahannya*: yaitu dalam keadaan plastis, beton dapat diendapkan dan diisi dalam cetakan.
2. *Material yang mudah didapat*: Sebagian besar dari material- material pembentuknya, biasanya tersedia dilokasi dengan harga murah atau pada tempat yang tidak terlalu jauh dari lokasi konstruksi.
3. *Kekuatan tekan tinggi*: Seperti juga kekuatan tekan pada batu alam, yang membuat beton cocok untuk dipakai sebagai elemen yang terutama memikul gaya tekan, seperti kolom dan konstruksi busur.
4. Daya tahan yang tinggi terhadap api dan cuaca merupakan bukti dari kelebihan.

5. Harganya relatif murah.
6. Mampu memikul beban yang berat.
7. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
8. Biaya pemeliharaan/perawatannya kecil

Kekurangan beton antara lain:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*).
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
3. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

2.2 Beton Ringan

Bidang ilmu teknologi beton dikenal adanya istilah beton ringan (*lightweight concrete*). Pembuatan beton ringan dengan pemakaian agregat ringan dimulai sejak munculnya agregat ringan yang dibuat dari proses pembakaran *shale* dan *clays* pada tahun 1917 oleh *S.J. Hayde*. Pemakaian beton ringan pertama kali diperkenalkan di Amerika pada Perang Dunia I (1917) oleh perusahaan *Emergency Fleet Building*, dengan memakai aggregate *expanded shale*, dan dipakai untuk konstruksi kapal serta perahu. Beton ringan bertulang tersebut mempunyai kekuatan 34,47 Mpa dan berat isi 1760 kg/m³. Sejak tahun 1950-an beton ringan telah dipakai pada struktur gedung bertingkat, lantai kendaraan pada jembatan dan beton precast, dan lain- lain.

Berdasarkan SNI 03 - 2847 - 2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m³. Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara ke dalam campuran betonnya. Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara ke dalam campuran betonnya.

Menurut Tjokrodimuljo (2007) pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara:

1. Membuat gelembung-gelembung gas udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Bahan Tambahan Khusus (pembentuk gelembung udara dalam beton) ditambahkan ke dalam semen dan akan terbentuk gelembung udara.
2. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar dan batu apung. Dengan demikian beton yang terjadi pun akan lebih ringan daripada beton normal.
3. Pembuatan beton tidak dengan butir-butir agregat halus. Dengan demikian beton ini disebut “beton non-pasir” dan hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butir maksimum agregat kasar sebesar 20 mm atau 10 mm). Beton ini mempunyai pori-pori yang hanya berisi udara (yang semula terisi oleh butir-butir agregat halus).

Menurut Tjokrodinuljo (2003), Beton ringan adalah beton yang mempunyai berat jenis beton antara 1000-2000 kg/m³. Berdasarkan berat jenis dan pemakaiannya beton dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok seperti yang ditunjuk dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Beton Berdasarkan Jenis Dan Pemakaiannya

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (Kg/m ³)	Pemakaian
Beton Sangat Ringan	<1000	Non struktur
Beton Ringan	1000-2000	Struktur Ringan
Beton Normal	2300-2500	Struktur
Beton Berat	>3000	Perisai Sinar X

Sumber: Tjokrodinuljo, K (2003)

Menurut SK SNI 03-3449-2002 beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan beton dengan berat jenis di bawah 1850 kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan dengan tujuan structural kuat tekan minimum 17,24 MPa dan maksimum 41,36 MPa. Sedangkan beton isolasi adalah beton ringan yang mempunyai berat isi kering oven maksimum 1440 kg/m³. Dengan kuat tekan maksimum 17,24 MPa dan kuat tekan minimumnya adalah 6,68 MPa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis-jenis Beton Ringan Berdasarkan Kuat Tekan, Berat Beton, dan Agregat Penyusunnya.

Konstruksi Beton Ringan	Beton Ringan		Jenis Agregat Ringan
	Kuat tekan (MPa)	Berat Isi (kg/m ³)	
Struktural			Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan batu serpih, batu apung, batu sabak, terak besi atau abu terbang;
• Minimum	17.24	1400	
• Maksimum	41.36	1850	
Struktural ringan			Agregat mangan alami seperti scoria atau batu apung
• Minimum	6.89	800	
• Maksimum	17.24	1400	
Struktur sangat ringan, sebagai isolasi, maksimum	-	<800	Pendit atau vermikulit

Sumber: SK SNI 03-3449-2002

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah (SNI 03-1974-1990)

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

Keterangan:

$f'c$ = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

2.3 Bahan Penyusun Beton

2.3.2 Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan – perubahan volume beton setelah

pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan. Adapun jenis semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu semen non hidrolik dan semen hidrolik. (Murdock, L.J. Dan Brook 2005)

Semen non hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air akan tetapi dapat mengeras diudara. Contoh utama adalah kapur. Kapur dihasilkan oleh proses kimia dan mekanis dialam, kapur telah digunakan selama berabad – abad lamanya sebagai bahan adukan dan plasteran untuk bangunan. Hal tersebut terlihat pada piramida – piramida di Mesir yang dibangun sejak 4500 tahun sebelum masehi. (Murdock, L.J. Dan Brook 2005)

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozzolan semen terak, semen alam semen portland, semen portland pozzolan, semen portland terak tanur tinggi, semen alumina dan semen expansif. Contoh lain adalah semen portland putih, semen warna dan semen – semen untuk keperluan khusus. Dan dalam penelitian ini peneliti menggunakan semen portland. (Murdock, L.J. Dan Brook 2005)

Semen Portland adalah bahan Konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C – 150,1985, semen portlan didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama –sama dengan bahan utamanya. (Murdock, L.J. Dan Brook 2005).

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013 -81 atau Standart Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standart tersebut (PB.1989:3.2-8).

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sector konstruksi sipil. Jika ditambah air semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang telah mengeras akan menjadi beton keras (*Concrete*).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir –butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga – rongga udara diantara butir –butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Menurut SK.SNI T-15-1990-03:2 semen Portland dibagi 5 jenis yaitu sebagai berikut:

1. Tipe I, Semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis –jenis lainnya.
2. Tipe II, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah peningkatan terjadi.

4. Tipe IV, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang terhadap tinggi sulfat.

Dalam SII 0013 – 1981 dan Ulasan PB 1989, semen tipe I digunakan untuk bangunan – bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen tipe II yang memiliki kadar C3A tidak lebih dari 8% digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus menerus berhubungan dengan air kotor dan air tenah atau untuk pondasi yang tertanam di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam – garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa. Semen tipe III yang memiliki kadar C3A serta C3S yang tinggi dan butirannya digiling sangat halus, sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen jenis ini dipergunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*). Semen tipe IV mempunyai panas hidrasi yang rendah, kadar C3S-nya dibatasi maksimum sekitar 35% dan kadar C3A-nya maksimum 5%. Semen tipe ini digunakan untuk pekerjaan – pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya. Semen tipe V digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan tanah yang mengandung sulfat dalam

presentase yang tinggi. Total alkali yang terkandung dalam semen dalam campuran beton harus dibatasi sekitar 0.5% - 0.6% (Stanton 2010).

2.3.2 Pasir

Tri Mulyono (2005) menjelaskan bahwa pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan menggali dari dalam tanah. Pasir jenis ini pada umumnya berbutir tajam, bersudut, berpori dan bebas kandungan garam yang membahayakan. Namun karena pasir jenis ini diperoleh dengan cara menggali maka pasir ini sering bercampur dengan kotoran atau tanah, sehingga sering harus dicuci dulu sebelum digunakan

Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Namun karena bentuk yang bulat itu, daya rekat antar butir menjadi agak kurang baik. Pasir kasar alami umumnya dapat memenuhi syarat gradasi zona I dari *British Standard (B.S)*, tetapi mineral halus yang berukuran lebih kecil dari 0.3 mm tidak cukup banyak. Pasir yang masuk zona II dan zona III dapat juga ditemukan dalam pasir alami, tetapi biasanya banyak mengandung *silt* dan tanah liat. Agregat halus (pasir alam) yang berasal dari sumber ini biasanya berbutir halus dan berbentuk bulat – bulat akibat proses gesekan sehingga daya lekat antara butirannya agak kurang. Agregat ini cocok digunakan untuk campuran plasteran karena butirannya halus.

Agregat (pasir) yang berasal dari pantai umumnya memiliki mutu yang agak kurang baik karena banyak mengandung garam-garam. Garam-garaman tersebut menyebabkan pasir banyak menyerap air dari udara sehingga kondisi pasir akan selalu basah atau agak basah yang tidak

dikehendaki dalam pekerjaan beton. Pasir ini juga menyebabkan terjadinya pengembangan ketika beton sudah jadi. Kerena itu, sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton (Tri Mulyono 2005).

Serapan air dan kadar air agregat halus (pasir) pada saat terbentuknya agregat kemungkinan ada terjadinya udara yang terjebak dalam lapisan agregat atau terjadi karena dekomposisi mineral pembentuk akibat perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil didalam butiran agregat (pori). Pori dalam agregat mempunyai variasi yang cukup besar dan menyebar di seluruh tubuh butiran. Pori-pori mungkin menjadi reservoir air bebas didalam agregat. Presentase berat air yang mampu diserap agregat didalam air disebut sebagai serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat disebut kadar air.

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering (JPK) atau *saturatrd surface dry* (SSD), kondisi ini merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya. Kadar air dilapangan lebih banyak mendeteksi kondisi SSD dari pada kondisi kering tungku.

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam pasir. Kadar air dapat dibedakan menjadi empat jenis : kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair; kadar air kering udara, yaitu kondisi permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air; jenuh kering muka (*saturaded and surface-dry*,

SSD), yaitu keadaan dimana tidak ada air pada kondisi ini, air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton; kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton. Dari keempat kondisi beton hanya dua kondisi yang sering dipakai yaitu kering tungku dan kondisi SSD.

Berat jenis dan daya serap agregat digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregatnya maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut. Gradasi agregat (pasir) ialah distribusi dari ukuran agregat distribusi ini bervariasi dapat dibedakan menjadi 3 yaitu gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continuous grade*), dan gradasi seragam (*uniform grade*). Untuk mengetahui gradasi tersebut dilakukan pengujian melalui analisa ayak sesuai dengan standar dari BS 812, ASTM C-33, C-136, ASHTO T.12 ataupun Standar Indonesia.

Gradasi sela (*gap graduation*) yaitu jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada, maka gradasi ini akan menunjukkan satu garis horizontal dalam grafiknya. Keistimewaan dari gradasi ini yaitu pada nilai Faktor Air Semen (FAS) tertentu, kemudahan pengerjaan akan lebih tinggi bila kandungan pasir lebih sedikit. Pada kondisi kelecakan yang tinggi, lebih cenderung mengalami segregasi, oleh

karena itu gradasi sela disarankan dipakai pada tingkat kemudahan pekerjaan yang rendah, yang pematatannya dengan penggetaran (*vibration*). Gradasi ini tidak berpengaruh buruk terhadap kekuatan beton.

Gradasi menerus didefinisikan jika agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusikan dengan baik. Agregat ini lebih sering dipakai dalam campuran beton. Untuk mendapatkan angka pori yang kecil dan kemampatannya yang tinggi sehingga terjadi *interlocking* yang baik, campuran beton membutuhkan variasi ukuran butir agregat. Dibandingkan dengan gradasi sela atau seragam, gradasi menerus adalah yang paling baik.

Gradasi seragam adalah agregat yang mempunyai ukuran yang sama didefinisikan sebagai agregat seragam. Agregat ini terdiri dari batas yang sempit dari ukuran fraksi, dalam diagram terlihat garis yang hampir tegak/vertikal. Agregat dengan gradasi ini biasanya dipakai untuk beton ringan yaitu jenis beton tanpa pasir atau untuk mengisi agregat dengan gradasi sela, atau untuk campuran agregat yang kurang baik atau tidak memenuhi syarat.

Seperti yang telah diuraikan di atas, gradasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela, gradasi menerus dan gradasi seragam. Untuk mendapatkan campuran beton yang baik kadang-kadang kita perlu mencampur beberapa jenis agregat. Untuk itu pengetahuan mengenai gradasi ini pun menjadi penting. Dalam pekerjaan beton yang banyak dipakai adalah agregat normal dengan gradasi yang harus memenuhi syarat

standart, namun untuk keperluan yang khusus sering dipakai agregat ringan ataupun agregat berat.

Tabel 2.3. Batas-Batas Gradasi Agregat Halus

Persentase Berat Butir yang Lolos Saringan

Ukuran Saringan (mm)	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
10	100	100	100	100
4.80	90 – 100	90 - 100	90 - 100	95 – 100
2.40	60 – 95	95 - 75	85 - 100	95 – 100
1.20	30 – 70	55 – 90	75 - 100	90 – 100
0.60	15 – 34	35 – 59	60 - 79	80 – 100
0.30	5 – 20	8 - 30	12 - 40	15 – 50
0.15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber: SK SNI T-15-1990-03

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

2.3.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam

campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai Faktor Air Semen (*water cement ratio*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standard/ suling (PB 1989:9).

Tri Mulyono (2005) menguraikan bahwa sumber air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laur maupun air limbah asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang ditetapkan air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam – garam dalam air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra-tegang maupun beton bertulang karna resiko terhadap karat lebih besar. Air buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan. Sumber – sumber air yang ada adalah air yang terdapat di udara, air hujan, air tanah, air permukaan, air laut.

Persyaratan air yang digunakan adalah air harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pratekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (ACI 318-89:2 – 2). Untuk perlindungan terhadap korosi, konsentrasi ion klorida maksimum yang terdapat dalam beton yang telah mengeras pada umur 28 hari yang dihasilkan dari bahan campuran termasuk air, agregat, bahan bersemen dan bahan campuran tambahan tidak boleh melampaui nilai bahas diberikan.

2.3.4 Kertas

Seiring dengan perkembangan teknologi, banyak sekali dikembangkan material-material pintar (*smart material*) dalam bidang konstruksi dengan berbagai tujuan penggunaan, di antaranya adalah untuk mengurangi berat struktur. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah membuat agregat ringan buatan yaitu membuat agregat kasar yang terbuat dari kertas.

(Sumber: <https://id.wikipedia.org/kertas>)

Kertas adalah suatu bahan yang dibuat dalam bentuk lembaran-lembaran tipis dari jerami, kulit, kayu, rami, dan lain-lain. Kertas yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas HVS. Selain itu, penggunaan kertas juga ditujukan untuk memanfaatkan kembali limbah kertas yang

semakin banyak akibat semakin tingginya penggunaan kertas di dunia.

(Sumber: <https://id.wikipedia.org/kertas>)

2.3.5 Batu Pecah

Aigbodion. V. S, dkk (2010) menguraikan bahwa batu pecah atau disebut juga kricak (Split Stone/Batu Split/Batu Pecah), adalah agregat kasar yang diperoleh dari batu alam yang dipecah, berukuran 5-70mm. Proses penggilingan biasanya dilakukan dengan mesin pemecah batu (crusher). Batu beton atau split untuk mempunyai bentuk variasi sesuai dengan kebutuhan pekerjaan dalam membuat sebuah konstruksi bangunan.

2.4 Macam-macam Beton Ringan

2.4.1. Beton Non Pasir.

Beton non pasir (*non-fines concrete*) merupakan beton yang terbuat dari semen, air dan kerikil, tanpa pasir, karena tanpa pasir maka rongga-rongga antarbutir kerikil tidak terisi oleh butir-butir pasir. Rongga tersebut mengakibatkan berat jenis beton menjadi lebih ringan. Beton non pasir umumnya digunakan pada non struktural seperti pagar, rabat beton, batako. Beton non pasir lebih menonjolkan estetikanya dan hanya menggunakan sedikit semen yaitu karena untuk melapisi permukaan agregat kasar saja Berat Jenis beton non pasir ini berkisar dari 1963,04 kg/m³ (minimum) sampai dengan 2047,34 kg/m³ (maksimum). Kuat tekan beton non pasir minimum diperoleh pada variasi berdiameter agregat 15 mm adalah 5,66

MPa; dan kuat tekan maksimum diperoleh pada variasi diameter 10 mm adalah 7,45 MPa (Ermiati dan Gussyafri, 2008).

2.4.2. Beton Ringan dengan Agregat Ringan

Beton ringan dapat dibuat dengan cara membuat beton ringan menggunakan agregat kasar ringan yaitu agregat dengan berat isi kering gembur maksimum 1100 kg/m^3 (SK SNI 03-3449-2002). Agregat kasar ringan dibagi menjadi dua yaitu agregat kasar ringan buatan berupa tanah liat yang sudah diproses pemanasan bahan-bahan seperti terak dan peleburan besi, tanah liat, diatomite, abu terbang, batu sabak, batu serpih, batu lempung, perlit dan vermikulit selain itu, ada juga agregat alami berupa batu apung skoria atau tufa.

2.4.3. Beton Kertas

Beton kertas (*papercrete*) adalah beton yang terbuat dari kertas dari campuran antara semen, pasir, dan kertas daur ulang. Limbah kertas yang digunakan umumnya dalam bentuk bubur kertas (*pulp*). Kertas dapat juga dijadikan sebagai pengganti agregat kasar yang akan digunakan dalam campuran adukan beton. Selain itu, penggunaan kertas juga untuk memanfaatkan kembali kertas yang semakin banyak akibat semakin tingginya penggunaan kertas di dunia.

2.5 Bahan Tambahan

Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya (Spesifikasi Bahan Tambah untuk Beton. SK SNI S-18-1990-03). Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang diteliti tentang pengaruhnya pada beton., khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan pengerjaan, dan kekedaapan terhadap air.

2.6 Hasil Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan penelitian Gunarto, dkk, (2008), kertas koran bekas sebagai bahan limbah sampah dapat dimanfaatkan sebagai beton dalam bentuk panel *papercrete*, dengan variasi campuran 1 : 2, 1 : 3, dan 1 : 4, dengan bahan tambah 0,2% gula pasir pada masing-masing variasinya, menghasilkan berat *papercrete* pada kategori beton ringan dengan berat antara 840 – 933 kg/m³. Kuat tekan *papercrete* terendah pada campuran 1 semen : 4 kertas non gula pasir sebesar 1,23 MPa dan kuat tekan tertinggi sebesar 2,48 MPa pada campuran 1 semen : 2 kertas dengan gula pasir. Modulus elastisitas beton terendah pada campuran 1 semen : 4 kertas, non gula pasir yaitu sebesar 2,53 MPa, dan tertinggi adalah pada campuran 1 semen : 3 kertas dengan bahan tambah gula pasir yaitu sebesar 6,48 MPa.

Berdasarkan penelitian Santoso, (2010) agregat kertas dengan diameter butiran 10-20 mm sebagai agregat beton ringan dengan perbandingan semen : agregat = 1 : 4, dengan variasi prosentase volume agregat kertas 0%, 15%, 30% dan 45% dari volume agregat keseluruhan diperoleh data berat jenis beton berturut-turut sebesar $2157,93 \text{ kg/m}^3$; $2010,31 \text{ kg/m}^3$; $1974,33 \text{ kg/m}^3$ dan $1936,23 \text{ kg/m}^3$, dengan kuat tekan 13,31 MPa; 8,59 MPa; 10,15 MPa dan 11,40 MPa dan modulus elastis beton berturut-turut sebesar 7770,19 MPa; 8047,92 MPa; 30429,12 MPa dan 24191,05 MPa.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Santosa, (2000) dengan menggunakan agregat ringan kasar berupa batu apung dengan diameter maksimum 2,5 mm, serta agregat halus dari Galunggung dengan bahan tambah *sika aer* sebesar 1,5% dari berat semen dan kadar *sika fume* adalah 3%, 6% dan 10% terhadap berat semen didapatkan peningkatan kuat tekan berturut-turut sebesar 0,79%, 15,36%, dan 21,90%, sedangkan *sika aer* mengakibatkan penurunan kuat tekan sebesar 0,35%, serta dapat menurunkan berat volume beton ringan 8,5% dibandingkan terhadap beton ringan tanpa aditif.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Arimurti (2009) dengan cara membuat beton non-pasir dengan perbandingan volume semen : agregat = 1 : 7, dan dengan faktor air-semen tetap, yaitu 0,40. Agregat kasar berasal dari Sungai Boyong. Beton non-pasir dibuat dengan variasi penambahan *silica fume* sebesar 0%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% dari berat semen dengan masing-masing variasi berjumlah 6 silinder. Jumlah keseluruhan benda uji berjumlah 108 silinder beton.

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. Dari hasil penelitian menunjukkan peningkatan kuat tekan pada masing-masing umur (14, 28, dan 56) hari secara signifikan terjadi pada penggunaan 5% *silica fume* sebesar 0,55 MPa (7,60%) , 0,46 MPa (5,51%), dan 0,32 MPa (3,75%) sedangkan untuk kuat tarik belahnya, peningkatan persentase pada masing-masing umur secara signifikan terjadi pada penggunaan 10% *silica fume*. 0,46 MPa (52,71%), 0,6 MPa (52,76%), dan 0,38 MPa (25,74%).

Modulus Elastisitas beton non pasir dengan peningkatan paling signifikan terjadi pada penggunaan 5% *silica fume* sebesar 1115,87 MPa. Berdasarkan hasil analisis varian yang dilakukan terhadap hasil penelitian, menunjukkan bahwa penggunaan variasi tertentu *silica fume* pada lingkungan standard ASTM berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan beton non-pasir.

2.7 Jenis Beton Ringan dan Karakteristiknya

Berdasarkan fungsi dan kegunaannya, jenis beton dapat dibedakan menjadi sepuluh macam. Di antaranya yaitu beton mortar, beton ringan, beton non-pasir, beton hampa, beton pra-cetak, beton massa dan beton serat. Simak penjelasan mengenai karakteristik dari masing-masing beton tersebut.

1. Beton Mortar



Gambar 2.1 Beton Mortar

Sumber: <https://www.klopmart.com/article/detail/kenali-jenis-beton-kegunaannya>

Bahan baku pembuatan beton mortar terdiri atas mortar, pasir, dan air. Ada tiga ragam mortar yang sering digunakan antara lain semen, kapur, dan lumpur. Beton mortar semen yang dipasangi anyaman tulangan baja di dalamnya dikenal sebagai ferro cement. Beton ini memiliki kekuatan tarik dan daktilitas yang baik.

2. Beton Ringan



Gambar 2.2 Beton Ringan

Sumber: <https://www.klopmart.com/article/detail/kenali-jenis-beton-kegunaannya>

Sesuai namanya, beton ringan dibuat dengan memakai agregat yang berbobot ringan. Beberapa orang juga kerap menambahkan zat aditif yang bisa

membentuk gelembung-gelembung udara di dalam beton. Semakin banyak jumlah gelembung udara yang tersimpan pada beton, maka pori-porinya pun akan semakin bertambah sehingga ukurannya juga bakal kian membesar. Hasilnya, bobot beton tersebut lebih ringan daripada beton lain yang memiliki ukuran sama persis. Beton ringan biasanya diaplikasikan pada dinding non-struktur.

3. Beton Non-Pasir



Gambar 2.3 Beton Non-Pasir

Sumber: <https://www.klopmart.com/article/detail/kenali-jenis-beton-kegunaannya>

Proses pembuatan beton non-pasir sama sekali tidak menggunakan pasir, melainkan hanya kerikil, semen, dan air. Hal ini menyebabkan terbentuknya rongga udara di celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun lebih rendah. Karena tidak memakai pasir, kebutuhan semen pada beton ini juga lebih sedikit. Penggunaan beton non-pasir misalnya pada struktur ringan, kolom dan dinding sederhana, bata beton, serta buis beton.

4. Beton Hampa

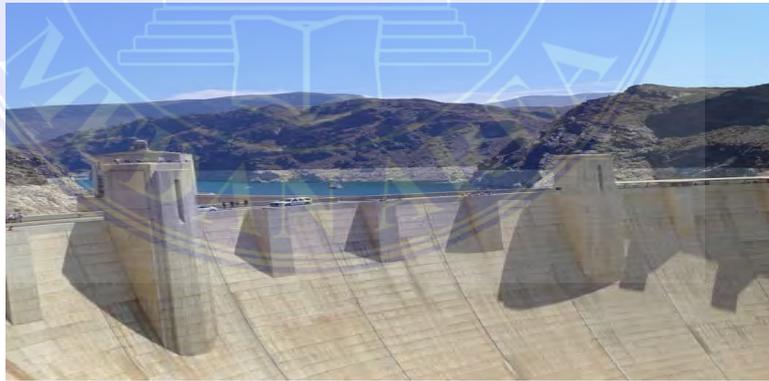


Gambar 2.4 Beton Hampa

Sumber: <https://www.klopmart.com/article/detail/kenali-jenis-beton-kegunaannya>

Disebut hampa karena dalam pembuatannya dilakukan penyedotan air pengencer adukan beton memakai vacuum khusus. Akibatnya beton pun hanya mengandung air yang telah bereaksi dengan semen saja sehingga memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Tak heran, beton hampa banyak sekali dimanfaatkan dalam pendirian bangunan-bangunan pencakar langit.

5. Beton Pra-Cetak



Gambar 2.5 Beton Pra-Cetak

Sumber: <https://www.klopmart.com/article/detail/kenali-jenis-beton-kegunaannya>

Beton yang dicetak di luar area pengerjaan proyek pembangunan disebut beton pra-cetak. Beton ini memang sengaja dibuat di tempat lain agar kualitasnya lebih baik. Selain itu, pemilihan beton tersebut juga kerap didasari pada sempitnya lokasi proyek dan tidak adanya tenaga yang tersedia. Beton pra-cetak biasanya

diproduksi oleh perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang pembangunan dan pengadaan material.

6. Beton Massa



Gambar 2.6 Beton Massa

Sumber: <https://www.klopmart.com/article/detail/kenali-jenis-beton-kegunaannya>

Beton massa yaitu beton yang dibuat dalam jumlah yang cukup banyak. Penuangan beton ini juga sangat besar di atas kebutuhan rata-rata. Begitu pula dengan perbandingan antara volume dan luas permukaannya pun sangat tinggi. Pada umumnya, beton massa memiliki dimensi yang berukuran lebih dari 60 cm. Beton ini banyak diaplikasikan pada pembuatan pondasi besar, pilar bangunan, dan bendungan.

7. Beton Serat



Gambar 2.7 Beton Serat

Sumber: <https://www.klopmart.com/article/detail/kenali-jenis-beton-kegunaannya>

Secara prinsip, beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adukan beton. Contoh-contoh serat yang lumrah dipakai di antaranya asbestos, plastik, kawat baja, hingga tumbuh-tumbuhan. Penambahan serat dimaksudkan untuk menaikkan daktilitas pada beton tersebut sehingga tidak mudah mengalami keretakan.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Pelaksanaan pembuatan benda uji dan pengujian beton ringan dinding dilakukan di Laboratoruim beton UMA di jalan Kolam No. 1 Medan Estate Sumatera Utara. Adapun pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian kuat tekan.

3.1.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan (*treatment*) tertentu. Rancangan penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton ringan yang ditinjau dari kuat tekan. Unit studi penelitian ini adalah beton ringan sebanyak 15 buah.

3.1.3 Sumber Data

Sumber data yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini dikelompokkan menjadi dua macam:

- a. Data primer yang diperoleh dari hasil pengujian eksperimen di laboratorium yaitu melalui pengujian diantaranya: pengujian produk beton ringan meliputi kuat tekan

- b. Data sekunder didapat dari literatur/referensi berupa buku-buku relevan dan jurnal penelitian yang dapat menunjang berlangsungnya penelitian ini.

3.1.4 Variabel Penelitian

Sugiyono (2013: 61) mengatakan bahwa variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Sugiyono (2013: 61-64) membedakan menjadi lima macam variabel dalam penelitian yaitu : Variabel Independen (Variabel Bebas), Variabel Dependen (Variabel Terikat), Variabel Moderator, Variabel Intervening, dan Variabel Kontrol. Di penelitian ini akan dijelaskan tiga variabel yaitu Independen (Variabel Bebas), Variabel Dependen (Variabel Terikat), dan Variabel Kontrol,

Variabel adalah obyek penelitian atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Variabel dalam penelitian ini ada tiga macam, yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel independen. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi presentase limbah kertas dan pengurangan pasir.

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jenis pengujian yang dilakukan pada beton ringan, yaitu:

Kuat tekan yaitu Rasio yang menunjukkan kuat tekan maksimal beton ringan.

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan dilihat konstan sehingga peneliti dapat melakukan penelitian bersifat membandingkan. Sebagai variabel control dalam penelitian ini adalah Beton Ringan dengan 0% Limbah Kertas.

3.2 Teknis Analisis Data

3.2.1 Uji Normalitas Data

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi data pada variabel penelitian berdistribusi normal atau tidak. Data yang layak dan baik digunakan dalam penelitian adalah data yang memiliki distribusi normal. Data berdistribusi normal artinya data mempunyai sebaran merata sehingga benar-benar mewakili populasi. Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan uji statistik *Kolomogorov Smirnov* pada program analisis SPSS 23.0 (Ghozali, 2013 : 50)

Kriteria:

Ho = data berdistribusi normal

Ha = data tidak berdistribusi normal

Dasar pengambilan keputusan adalah berdasarkan probabilitas: Jika probabilitas (nilai *Sig.*) > 0,05; maka Ho diterima.

Jika probabilitas (nilai *Sig.*) $< 0,05$; maka H_0 ditolak.

Menurut Santoso (2001) ketentuannya adalah sebagai berikut:

- 1) Jika data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal, maka model regresi memenuhi asumsi normalitas.
- 2) Jika data menyebar jauh dari garis diagonal dan atau tidak mengikuti garis diagonal, maka regresi tidak memenuhi asumsi normalitas.

3.2.2 Uji Heteroskedastisitas

Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah terjadi ketidaksamaan varians dari residual untuk semua pengamatan dalam model regresi ganda. Perlu diketahui prasyarat regresi ganda adalah tidak adanya gejala heteroskedastisitas. (Ghozali, 2013 : 45)

Adapun dasar pengambilan keputusan uji heterokedastisitas dengan menggunakan glejser adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai signifikansi (*Sig.*) lebih besar dari 0,05, maka kesimpulannya adalah tidak terjadi gejala heterokedastisitas dalam model regresi.
2. Sebaliknya jika nilai signifikansi (*Sig.*) lebih kecil dari 0,05, maka kesimpulannya adalah terjadi gejala heterokedastisitas dalam model regresi

3.2.3 Analisis Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi dalam program SPSS 23.0 adalah dengan menggunakan *Regression*. Analisis data yang digunakan untuk mengetahui

ada atau tidaknya pengaruh penambahan kertas terhadap kuat tekan yaitu dengan analisis regresi linier sederhana. Analisis ini merupakan gambaran dari variabel bebas dalam penelitian yang dilakukan dengan variabel terikat yang dipengaruhi oleh variabel bebas yang ada. Dalam penelitian ini variabel bebas adalah variasi penambahan kertas 70%, sedangkan variabel terikatnya penambahan kertas 60%.(Ghozali, 2013 : 65)

Persamaan regresi linier sederhana :

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

Y = Kekuatan beton

X = Limbah Kertas

Analisis yang digunakan dalam SPSS 16.0 adalah *Regression (Linear)*. Selanjutnya untuk mengetahui apakah pengaruh pengujian ini signifikan, maka perlu diuji signifikansi (Uji t).

1. Uji Parsial (Uji t)

Uji parsial atau uji t digunakan untuk mengetahui apakah variabel-variabel bebas secara parsial (terpisah) mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat, dengan cara membandingkan probabilitas (*P Value*) dengan taraf signifikan 0,05. Dasar Pengambilan Keputusan Untuk Uji t (Parsial) Dalam Analisis Regresi. Berdasarkan nilai t hitung dan t tabel :

1. Jika nilai t hitung $>$ t tabel maka variabel bebas (X) berpengaruh terhadap variabel terikat (Y).
2. Jika nilai t hitung $<$ t tabel maka variabel bebas (X) tidak berpengaruh terhadap variabel terikat (Y).

Berdasarkan nilai signifikansi hasil output SPSS

1. Jika nilai Sig. $<$ 0,05 maka variabel bebas (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y).
2. Jika nilai Sig. $>$ 0,05 maka variabel bebas (X) tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y).

3.2.4 Pengujian Hipotesis

Hipotesis pertama pada penelitian ini menyatakan bahwa ada pengaruh penambahan limbah kertas terhadap kuat tekan beton ringan . Hipotesis ini diuji dengan menggunakan persamaan garis regresi dengan menggunakan program SPSS 23.0 yaitu dengan uji *Regression (linear)*. (Ghozali, 2013 : 38)

Pengambilan keputusan pada SPSS 23.0 adalah sebagai Uji t

Hipotesis:

H_0 = tidak ada pengaruh limbah kertas terhadap kuat tekan secara terpisah

H_a = ada pengaruh limbah kertas terhadap kuat tekan secara terpisah

Pengambilan keputusan:

Jika probabilitas $>$ 0,05, maka H_0 diterima

Jika probabilitas $<$ 0,05, maka H_0 ditolak

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan instrument yang merupakan keberhasilan suatu penelitian. Oleh karena itu dalam menentukan metode yang digunakan harus benar-benar sesuai dengan jenis-jenis data yang akan diselidiki. Secara garis besar data yang akan diselidiki dalam penelitian ini berupa kuat tekan, maka metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengujian kuat tekan di Laboratorium Beton Universitas Medan Area.

3.4 Bahan dan Alat

3.4.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen yang dipakai adalah semen portland merk “Andalas” dengan kemasan 50 kg. Pasir yang digunakan adalah pasir yang dibeli dari tempat penjual bahan bangunan. Air yang digunakan dalam pembuatan beton ringan adalah air yang berada di laboratorium UMA. Limbah kertas yang digunakan adalah kertas hvs bekas fotocopy pasir.

3.4.2 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini baik pembuatan sempel dan pengujian sempel antara lain ayakan yang digunakan adalah ayakan yang dipergunakan pada laboratorium tersebut. Mesin uji kuat tekan yang digunakan untuk menguji kuat tekan beton ringan. Meteran ini digunakan untuk mengukur panjang dan lebar beton ringan. Cetakan Beton Ringan Digunakan untuk mencetak beton ringan dinding, alat ini terdapat di tempat

Penelitian/laboratorium UMA. Sekop digunakan untuk mengaduk bahan susun beton ringan. Sendok semen yang digunakan untuk menuang serta meratakan adukan ke cetakan beton ringan. Ember digunakan untuk melebur kertas agar menjadi bubur adalah ember yang dipergunakan pada laboratorium tersebut. Oli yang digunakan untuk mengoles cetakan beton ringan adalah oli yang sudah ada di laboratorium.

3.5 Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji, adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Persiapan pasir yang akan digunakan, pasir yang digunakan adalah pasir yang sudah dibeli dan dipersiapkan di laboratorium. Persiapan semen portland yang akan digunakan, yaitu dengan memeriksa apakah semen dalam kondisi halus tidak menggumpal. Semen yang digunakan adalah semen Andalas dengan kemasan 50 kg. Persiapan limbah kertas yang akan digunakan, yaitu limbah kertas dari fotocopy dan dalam keadaan bersih tanpa ada limbah yang lain.

2. Perencanaan Kebutuhan Bahan Benda Uji

Dalam penelitian ini, telah ditetapkan memakai ASTM C33. Selanjutnya perbandingan ini dikonversikan ke dalam perbandingan volume. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jumlah perencanaan kebutuhan bahan per adukan dalam membuat sejumlah benda uji beton ringan. Sedangkan kebutuhan limbah kertas yang digunakan untuk membuat beton ringan sudah dilebur dan sudah dibandingkan 0%; 60%; dan 70% dari volume pasir yang diperlukan.

3. Pembuatan Benda Uji Beton Ringan Dinding

Dalam penelitian penambahan limbah kertas sebagai pengganti pasir dalam campuran beton ringan perlu adanya persiapan yang harus dilakukan agar dalam pelaksanaannya dapat berlangsung dengan baik. Persiapan yang utama antara lain persiapan bahan baku beton ringan dan tempat untuk pengerjaannya. Bahan yang harus disiapkan adalah pasir, semen portland, limbah kertas, dan air. Sedangkan untuk pembuatannya dilaksanakan di Laboratorium Beton UMA, Medan *Estate* Sumatera Utara.

Tahap pencampuran dan pengadukan bahan susun beton ringan :

Adukan yang telah homogen, selanjutnya dituang dalam cetakan beton ringan sampai penuh yang sebelumnya telah diolesi pelumas. Lalu ditekan dan digosok-gosok sampai halus, setelah itu beton ringan yang sudah jadi diangkat ke tempat pemeliharaan. Demikian seterusnya langkah ini dilakukan berulang-ulang hingga jumlah beton ringan mencapai jumlah yang diinginkan untuk diuji.

Pengeringan

Beton ringan yang telah selesai dicetak, dikeringkan dengan ditempatkan di atas tatakan atau rak-rak, kemudian diangin-anginkan pada tempat yang terlindung dari terik matahari dan hujan selama 24 jam.

Perawatan benda uji genteng beton

Setelah proses pencetakan benda uji selesai, kemudian disimpan dalam ruangan lembab selama 24 jam dengan menggunakan tempat pengeringan beton. Kemudian di diamkan selama 28 hari dan setelah 28 hari akan di tes uji kuat tekan sample tersebut

3.6 Pengujian Benda Uji

1. Tujuan

Untuk mengetahui kuat tekan beton dari beton ringan yang mewakili specimen beton dalam analisa campuran.

2. Peralatan

Universal Testing Machine dengan kapasitas 300 KN dan ketelitian 1 KN



Gambar 3.1 Universal Testing Machine dengan kapasitas 300 KN

Sumber: Laboratorium Universitas Medan Area

3. Bahan

Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15cm x 30cm



Gambar 3.2 Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15cm x 30cm

Sumber : Laboratorium Universitas Medan Area

Kertas yang sudah dihancurkan menjadi halus



Gambar 3.3 Kertas yang sudah dihancurkan menjadi halus
Sumber: Laboratorium Universitas Medan Area



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan beton ringan yang menggunakan bahan campuran limbah kertas sebagai bahan tambah dengan nilai variasi persentase campuran 0%, 60% dan 70% dengan diameter butiran kertas 10-20 mm, maka pengujian kuat tekan didapat hasil sebagai berikut:

- 1) Variasi campuran kertas 0% sebesar 21,53933 MPa.
- 2) Variasi campuran kertas 60% sebesar 19,32088 MPa
- 3) variasi campuran kertas 70% diperoleh hasil kuat tekan 15,78946 MPa

Berdasarkan SK SNI 03-2847-2002 menyatakan bahwa kuat tekan beton lebih besar dari 17,24 Mpa dan lebih kecil dari 41,36 MAa yang menggunakan bahan jenis agregat ringan batu pecah sehingga termasuk beton struktural, sedangkan dengan lebih kecil dari 17,24 Mpa sehingga campuran ini tidak termasuk beton struktural.

Sehingga dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin kecil persentase campuran kertas maka kuat tekan semakin besar dengan ketentuan bahan jenis agregat ringan batu pecah maka dikategorikan kedalam konstruksi beton ringan struktural.

Sedangkan semakin besar persentase campuran kertas maka kuat tekan semakin kecil dengan ketentuan bahan jenis agregat ringan batu pecah maka tidak dikategorikan kedalam konstruksi beton ringan struktural dan tidak dapat digunakan untuk dinding partisi.

5.2 Saran

Karena agregat ini terbuat dari kertas, dan bersifat lembek jika dicampur dengan air, sehingga apabila dilakukan pemadatan secara berlebihan maka agregat akan mengalami perubahan bentuk menjadi penyet/gepeng, dengan begitu disarankan pada saat proses pemadatan berlangsung, harus dilakukan dengan hati-hati agar agregat halus yang diganti dengan kertas tidak berubah menjadi penyet/gepeng sehingga tidak mengurangi proporsi volume agregat halus yang diganti dengan kertas didalam suatu campuran beton, yang nantinya dapat mempengaruhi berat satuan beton yang dihasilkan.

Mengingat masih jarang literatur dan pedoman dalam pembuatan beton agregat halus yang diganti dengan kertas, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memperbanyak referensi mengenai beton jenis ini. Penelitian selanjutnya dengan subjek yang sama dapat diterapkan beberapa variasi yang berbeda dari penelitian ini, antara lain berupa variasi persentase agregat, variasi diameter agregat, variasi jenis semen dan pasir, maupun variasi non pasir.

Diharapkan penelitian selanjutnya dapat dicari bahan tambahan alternatif lain yaitu lem yang fungsi utamanya adalah untuk mengurangi tingkat serapan agregat halus yang diganti dengan kertas, selain itu dapat dilakukan uji coba penambahan zat aditif di limbah kertas untuk dapat mengetahui apakah kekuatan kuat tekan beton tersebut naik atau menurun.

Penelitian selanjutnya agregat halus yang diganti dengan kertas dapat dibuat dari jenis kertas yang lain untuk mencari bahan agregat halus yang diganti dengan kertas yang lebih kuat. Pada penelitian kali ini digunakan kertas HVS yang memiliki struktur yang rapuh dan lembek.

DAFTAR PUSTAKA

- Aigbodion. V. S, dkk. 2010. Potential Utilization of Solid Waste (Bagasse Ash).[http://www.imp.mtu.edu/jmmce/issue9-1/issue9 1%20P67-77.pdf](http://www.imp.mtu.edu/jmmce/issue9-1/issue9%20P67-77.pdf)
- Determination of the Effects of Bagasse Ash on the Properties of Portland Cement*, Jurnal dari : Mashair Khalil Idris¹, Kamal Eldin Eltayeb Yassin²
¹Sudanese Standard and Metrology Organization Khartoum, Sudan
Corresponding author ²Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Khartoum, Sudan kamalty.
- Gede, I Dewa. (2015). *Karakteristik Beton Ringan Dari Limbah Kertas Dengan Bahan Tambahan Fiberglass*. Bali: Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Udayana, (UNUD).
- Mulyono, Tri. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Murdock, L. J. dan Brook, K. M.1991. *Bahan dan Praktek Beton*.
- SNI 03-0349-1989, Bata Beton Untuk Pasangan Dinding, ICS 91.100.30, Badan Standardisasi Nasional Indonesia BSNI. Sdh
- SK SNI T-03-3449-2002, SNI 03-3449-2002 Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan, Departemen Pekerjaan Umum.
- SK SNI 03-3449-2002. Beton Ringan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 03-2847-2002. Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Surabaya: Kampus Institut Teknik Sepuluh November
- Rangga P Tandipayuk (2013). *Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus*. Makassar: Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang
- Supatmi. (2011). *Analisis Kualitas Beton Ringan Dengan Bahan Tambah limbah kertas Dan Pengurangan Pasir*. Yogyakarta: Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Yogyakarta, (UNY)