

TUGAS AKHIR
PENGARUH BAHAN TAMBAH SERAT NYLON TERHADAP
KUAT TARIK BELAH BETON KERTAS
(Studi Penelitian)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat – Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :
DIMAS IRHAM RAMADHANA
2107210084



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dimas Irham Ramadhana
Npm : 2107210084
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Bahan Tambah Serat Nylon Terhadap Kuat Tarik
Belah Beton
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing



Rizki Efrida, S.T, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dimas Irham Ramadhana
Npm : 2107210084
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Bahan Tambah Serat Nylon Terhadap Kuat Tarik
Belah Beton Kertas
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 27 Agustus 2025

Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing



Rizki Efrida, S.T, M.T

Dosen Penguji I



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain,
S.T., M.Sc., Ph.D.

Dosen Penguji II



Assoc. Prof. Dr. Ade Faisal, S.T.,
M.Sc., Ph.D

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana. ST., M.Sc.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dimas Irham Ramadhana
Tempat, Tanggal Lahir : Paya Bakung, 18 November 2003
Npm : 2107210084
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Pengaruh Bahan Tambah Serat Nylon Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Kertas.”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya merupakan karya tulis. Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 27 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



Dimas Irham Ramadhana

ABSTRAK

PENGARUH BAHAN TAMBAH SERAT NYLON TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON KERTAS

Dimas Irham Ramadhana

2107210084

Rizki Efrida,S.T.,M.T

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat nylon terhadap kuat tarik belah beton kertas (papercrete) yang merupakan inovasi material ramah lingkungan dari campuran semen,pasir,dan limbah kertas HVS. Beton Kertas dikenal ringan,fleksibel, serta dapat mengurangi limbah kertas juga, tapi mempunyai kekurangan dari segi kuat tariknya. Untuk mengatasi kelemahan itu, maka dilakukan penambahan serat nylon dengan variasi 0,4%, 0,8%, dan 1,2% terhadap berat semen. Sampel atau benda uji sebanyak 21 sampel berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tingginya 300mm yang diuji pada umur 28 hari. Hasil penelitian juga menunjukkan dengan ditambah serat nylon mampu meningkatkan kuat tarik belah beton kertasnya. Variasi campuran dengan serat nylon 1,2% memberikan hasil kuat tarik belah beton tertinggi, yaitu 1,699 Mpa, Sama seperti beton normal. Sedangkan campuran beton kertas dengan serat nylon yang direndam menunjukkan penurunan kekuatan secara signifikan. Oleh sebab itu, proporsi serat dan metode perawatan juga menjadi faktor dalam menghasilkan beton kertas yang optimal.

Kata kunci: beton kertas, serat nylon, kuat tarik belah, limbah kertas, beton ramah lingkungan.

ABSTRACT

THE EFFECT OF NYLON FIBER ADDITIVES ON THE SPLIT TENSILE STRENGTH OF PAPERCRETE

Dimas Irham Ramadhana

2107210084

Rizki Efrida, S.T., M.T

This study aims to investigate the effect of adding nylon fibers on the split tensile strength of papercrete, an environmentally friendly construction material composed of cement, sand, and recycled HVS paper waste. Papercrete is known for being lightweight and flexible, as well as for its potential to reduce paper waste; however, it has a drawback in terms of low tensile strength. To address this limitation, nylon fibers were added in proportions of 0.4%, 0.8%, and 1.2% by weight of cement. A total of 21 cylindrical specimens with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm were tested at the age of 28 days. The results of the study showed that the addition of nylon fibers effectively increased the split tensile strength of papercrete. The mixture containing 1.2% nylon fiber achieved the highest tensile strength of 1.699 MPa, equivalent to that of normal concrete. On the other hand, the papercrete mixture containing nylon fibers that underwent water curing exhibited a significant reduction in strength. Therefore, the proportion of fibers and the curing method are key factors in producing structurally strong and durable papercrete.

Keywords: *papercrete, nylon fiber, split tensile strength, recycled paper, eco-friendly concrete.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh bahan tambah serat Nylon terhadap beton kertas (papercrete) pada kuat tarik belah beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc., Prof., Ir., Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Dosen Penguji I yang telah memberi masukan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof., Ir., Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji II yang telah memberi masukan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Assoc. Prof., Ir., Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Josef Hadipramana. ST., M.Sc. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmunya.

8. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kepada orang Tua dan keluarga, yang tidak pernah berhenti mendoakan dan mendukung.
10. Semua sahabat penulis yaitu teknik sipil 2021, keluarga A3 Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.

Wassalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, 27 Agustus 2025

Dimas Irham Ramadhana

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton kertas	5
2.2 Material pembuatan beton kertas	6
2.3 Serat Nylon	8
2.4 kuat tarik belah beton	9
2.5 Penelitian Terdahulu	9
BAB 3 METODE PENELITIAN	12
3.1 Bagan Alir	12
3.2 Metode Penelitian	13
3.3 Tahapan Penelitian	13
3.4 Lokasi dan waktu penelitian	15
3.5 Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data	15
3.4.1 Data Primer	15

3.4.2 Data Skunder	15
3.6 Alat Dan Bahan	16
3.6.1 Alat	16
3.6.2 Bahan	16
3.7 Jumlah Benda Uji	18
3.8 Langkah-Langkah Pengujian	19
3.8.1 Berat Jenis Dan Penyerapan	19
3.8.2 Berat Isi Agregat	21
3.8.3 Pengujian Kadar Air	21
3.8.4 Pengujian Kadar Lumpur	22
3.8.5 Perencanaan Campuran Beton (mix design)	22
3.8.6 Pembuatan Benda Uji	23
3.8.7 Pemeriksaan Slump Test	24
3.8.7 Perawatan (Curring) Benda Uji	24
3.8.8 Pengujian Kuat Tarik Beton	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Tinjauan umum	26
4.2 Hasil dan Analisis pemeriksaan agregat	26
4.3 Pemeriksaan agregat halus	26
4.3.1 pemeriksaan analisa saringan agregat halus	26
4.3.2 Pengujian kadar air agregat halus	28
4.3.3 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	28
4.3.4 Pengujian kadar lumpur agregat halus	29
4.3.5 Pengujian berat isi agregat halus	30
4.4 Pemeriksaan agregat kasar	31
4.4.1 Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar	31
4.4.2 Pengujian kadar air agregat kasar	32
4.4.3 Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	32
4.4.4 Kadar Lumpur agregat kasar	34
4.4.5 Berat isi agregat kasar	34
4.5 Perencanaan campuran beton	35
4.6 Perhitungan mix design beton kertas serat nylon	35

4.6.1 Mix design beton	35
4.6.2 Kebutuhan Material	37
4.6.3 Kebutuhan kertas	38
4.6.4 Kebutuhan serat nylon	38
4.6.5 Kebutuhan Material keseluruhan	39
4.7 Slump test	39
4.8 Hasil pengujian kuat tarik belah beton	40
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji	19
Tabel 3.2 Persentase Campuran	20
Tabel 3.3 Nilai Slump Yang Di Anjurkan Berdasarkan SNI 7656-2012	25
Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan Analisa saringan agregat halus	27
Tabel 4.2 Hasil pengujian kadar air agregat halus	28
Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	29
Tabel 4.4 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	30
Table 4.5 Hasil pengujian berat isi agregat halus	30
Tabel 4.6 Hasil pengujian Analisa saringan agregat kasar	31
Tabel 4.7 Hasil pengujian kadar air agregat kasar	32
Tabel 4.8 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	33
Tabel 4.9 Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	34
Tabel 4.10 Hasil pengujian berat isi agregat kasar	34
Tabel 4.11 Data-data tes dasar	35
Tabel 4.12 Kebutuhan kertas Hvs untuk 1 benda uji	38
Tabel 4.13 Kebutuhan serat nylon untuk 1 benda uji	38
Tabel 4.14 Kebutuhan material untuk 3 benda uji	39
Tabel 4.15 Hasil pengujian slump test	39
Tabel 4.16 Hasil pengujian kuat tarik belah beton	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.2 Limbah Kertas HVS	18
Gambar 3.3 Serat Nylon	18
Gambar 3.4 Benda Uji	24
Gambar 3.5 set up pengujian	26
Gambar 4.1 sampel beton silinder	37
Gambar 4.2 Grafik perbandingan nilai kuat tarik belah terhadap variasi Campuran beton kertas serat nyloon	49

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kertas dalam bahasa Inggris disebut paper dan dalam bahasa Belanda disebut papier. Kertas adalah barang baru ciptaan manusia berwujud lembaranlembaran tipis yang dapat dirobek, digulung, dilipat, direkat, dicoret dan mempunyai sifat yang berbeda dari bahan bakunya yaitu tumbuh-tumbuhan. Kertas merupakan bahan yang tipis dan rata, yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari pulp. Serat yang digunakan biasanya adalah alami, dan mengandung selulosa dan hemiselulosa. Kertas dibuat untuk memenuhi kebutuhan hidup yang sangat beragam (Sudaryatno, 2010).

Disatu sisi, ada beberapa limbah kertas bisa dimanfaatkan sebagai pengganti agregat untuk beton kertas(*papercrete*). beton kertas (*papercrete*) merupakan suatu material yang terbuat dari campuran kertas dengan semen portland.secara umum beton kertas dapat dikatakan sebagai bahan pengembangan dalam dunia industri konstruksi yang terdiri dari bubur kertas atau bubur kertas ditambah semen portland dan agregat halus.beton ini tergolong ramah lingkungan karena menggunakan kertas bekas yang tidak terpakai. *Papercrete* dalam bentuk campuran semen berfungsi sangat baik sebagai peredam suara, lebih tahan terhadap api dan jamur, serta tahan terhadap serangga atau hewan pengerat. Selain itu, karena material beton kertas lebih ringan dan *fleksibel* dibandingkan batu atau beton biasa, maka sangat cocok sebagai material tahan gempa. Limbah kertas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah kertas HVS yang mengabaikan efek tinta (Rahmadhon , 2009).

Kertas HVS(*high grade vellum substance*) adalah kertas berkualitas tinggi yang sering digunakan untuk berbagai keperluan cetak, termasuk untuk beton kertas. HVS ini juga memiliki manfaat yang tak terduga karena dapat didaur ulang menjadi *papercrete*.Beton kertas juga memiliki banyak variasi,selain campuran kertas bisa ditambah campuran lain, seperti serat *asbestos*, serat baja (*steel fiber*), *nylon*, dan *plastic (polypropylene)*,serat kaca (*glass fiber*), dan serat tumbuh-tumbuhan (Cahyono, 2011).Pada penelitian ini menggunakan serat *nylon*,Serat

nylon mempunyai sifat yang elastis, sehingga diharapkan dapat meningkatkan sifat kerapuhan beton. Serat *nylon* juga dapat meningkatkan kekuatan beton (ketahanan tekan, tarik, dan lentur), serta mengurangi retak-retak karena susut dan terjadinya korosi tulangan baja, memungkinkan adanya kekuatan beton setelah terjadinya keretakan (Balaguru dan Shah, 1992). kualitas beton dipengaruhi oleh sejumlah aspek, salah satunya adalah kekuatan tarik, yang berfungsi sebagai indikator untuk kualitas beton yang diterapkan. Semakin tinggi kekuatan tarik beton, semakin baik pula kualitas beton tersebut. Maka dari latar belakang ini dapatlah sebuah judul penelitian yang akan di uji yaitu ” PENGARUH BAHAN TAMBAH SERAT *NYLON* TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON ”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis merumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Berapa besar kekuatan tarik belah beton kertas (*papercrete*) dengan serat *nylon* dengan persentase 0,4%, 0,8%, 1,2% terhadap jumlah berat semen?
2. Berapa jumlah persentase perbandingan campuran beton kertas dengan *serat nylon* terhadap beton normal?

1.3 Ruang Lingkup

Mungkin ada baiknya membuat batasan pada masalah yang akan dibahas agar diskusi lebih singkat dan tidak menyimpang. Di antara masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Metode pengujian kuat tarik beton berdasarkan SNI 2491: 2014.
3. Metode pembuatan sampel beton berdasarkan SNI 2458 : 2018.
4. Kuat tarik belah beton rencana f_c 20 Mpa .
5. Ketentuan bahan penelitian, yaitu:
 - a. Semen yang digunakan adalah *Portland Pozzollan Cement type 1*.
 - b. Batu Kerikil berasal dari Binjai.
 - c. Pasir berasal dari Binjai.

- d. jenis kertas yang dipakai HVS dengan mengabaikan efek tinta.
 - e. variasi campuran serat nylon 0,4%,0.8%,1,2% terhadap berat semen.
 - f. Penggunaan bubur kertas pada campuran beton yaitu dengan perbandingan 25% kertas : 75% pasir.
5. Sampel pengujian berupa silinder 15cm x 30cm sebanyak 21 benda uji.
 6. Umur pengujian adalah 28 hari.
 7. Pada tiap variasi campuran terdapat 3 benda uji.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui dampak dari tambahan serat *nylon* terhadap kekuatan tarik belah dari beton kertas (*papercrete*) dengan variasi persentase 0,4%,0.8% dan 1,2% berdasarkan berat semen yang digunakan.
2. Untuk mengetahui persentase campuran beton kertas dan serat *nylon* yang ideal untuk membuat beton yang lebih kuat dan tahan lama daripada beton normal .

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan kebijakan untuk mengetahui tingkat kinerja penambahan serat *nylon* terhadap kuat tarik belah beton kertas (*papercrete*).
2. Hasil penelitian ini juga meningkatkan pemahaman untuk menganalisa data agar mengetahui kekuatan pada tarik beton dari hasil yang di uji.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan diskusi penelitian ini, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Latar belakang,rumusan masalah,tujuan penelitian,ruang lingkup,keuntungan dan sistematika penulisan dibahas dalam bab ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang landasan teori atau tinjauan pustaka dari berbagai sumber dibahas dalam bab ini.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data, jenis penelitian, data dan sumber data dibahas dalam bab ini.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berfokus tentang hasil analisa yang dibuat selama analisis data yang diperoleh secara kuantitatif maupun kualitatif.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisi penutup dari penelitian yang peneliti tulis dijelaskan secara singkat mengenai hasil penelitian yang telah peneliti laksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton kertas

Beton kertas (*papercrete*) adalah jenis material yang dibuat dari campuran semen, pasir, dan kertas yang telah didaur ulang. Secara umum, material ini dapat dianggap sebagai suatu terobosan dalam sektor konstruksi yang terdiri dari komponen bubur kertas, semen Portland, dan agregat yang lebih halus. Beton ini tergolong ringan dan bersifat eksperimen, di mana bubur kertas berfungsi sebagai pengganti agregat halus dalam campurannya. Jenis beton ini termasuk dalam kategori yang ramah lingkungan karena memanfaatkan limbah kertas yang tidak digunakan. Dari beberapa perspektif para ahli, terdapat berbagai definisi mengenai beton kertas:

1. kertas merupakan suatu material yang terbuat dari beton kertas dengan semen Portland. Kertas yang digunakan adalah kertas bekas yang diolah menjadi bubur kertas dengan tujuan mempermudah proses pengadukan campuran. Beton kertas digunakan sebagai salah satu bahan alternatif seperti dinding partisi, blok, panel, plesteran, dan lain-lain (Bermansyah dkk, 2011).
2. Inovasi mengenai beton kertas dimulai dengan pemikiran tentang bagaimana cara memperoleh suatu struktur beton yang ringan serta dapat mengurangi volume bahan-bahan sisa yang umum terdapat di lingkungan. Maka diperoleh ide mencampurkan beton dengan limbah kertas. Hal ini dikarenakan semen yang berikatan dengan bubur kertas akan menimbulkan suatu ikatan yang keras (Nepal dan Aggarwal, 2014).
3. beton kertas (*papercrete*) merupakan suatu material yang terbuat dari campuran kertas dengan semen portland. Kertas yang digunakan adalah kertas bekas yang diolah menjadi bubur kertas dengan tujuan mempermudah proses pengadukan campuran (Rahmadhon, 2009).
4. Papercrete tidak boleh ditempatkan pada luar ruangan maupun dekat dengan tanah karena daya serap air yang cukup tinggi. Walaupun penambahan gula pasir pada campuran *papercrete* dapat mengurangi daya serap air, sayangnya daya serap air *papercrete* masih tinggi yaitu diatas 50% (Arief Gunarto, 2008).

Dari berbagai para ahli diatas dapat didefinisikan bahwa Beton kertas, atau yang dikenal sebagai *papercrete*, memiliki kelebihan tersendiri. Selain ringan, bahan ini dapat diproduksi secara mandiri tanpa harus membeli dari pabrik. Beton kertas adalah salah satu jenis material yang tidak merusak lingkungan. Namun, ada pihak yang meragukan keamanan dari bangunan yang menggunakan material ini. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi keunggulan dan kelemahan beton kertas berdasarkan hasil uji coba yang akan dilaksanakan. Pembuatan bubur kertas dimulai dengan merendam potongan kertas HVS yang kemudian dihancurkan, dan terdapat beberapa metode dalam membuat bubur kertas, tergantung pada kebutuhan. Terdapat berbagai jenis beton kertas, seperti beton serat atau *fibercrete*.

2.2 Material Pembuatan Beton Kertas

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 (SNI 2847:2019)).

1. Semen

Menurut SNI 2847:2019, semen adalah material hidrolis pengikat utama dalam beton yang harus sesuai dengan standar mutu internasional (ASTM) atau standar nasional (SNI) terkait masing-masing jenisnya. Standar ini bertujuan menjamin kualitas beton secara struktural, durabilitas, serta keseragaman mutu dalam aplikasi bangunan gedung.

2. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat dengan sebagian besar butirannya lolos ayakan 4,75 mm (No. 4 ASTM) dan umumnya tertahan pada ayakan 75 mikron (No. 200 ASTM).(SNI 2847:2019, Bagian 26.4.2.2 – Agregat Halus). Agregat halus yang memenuhi standar harus memenuhi beberapa syarat, di antaranya:

- Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir batu pecah, atau gabungan keduanya.
- Ukuran agregat halus bervariasi, mulai dari yang lolos saringan 75 mikron (No. 200) hingga yang tertahan pada saringan 4,75 milimeter.

- Agregat halus harus bebas dari bahan organik, lempung, dan partikel yang lebih kecil dari saringan No.100.
- Agregat halus harus memiliki gradasi yang baik, yaitu sesuai dengan standar analisis saringan dari SNI.
- Agregat halus harus memiliki modulus kehalusan antara 1,5–3,8.
- Agregat halus harus memiliki sisa di atas ayakan 4,8 mm, $\leq 2\%$ berat.
- Agregat halus harus memiliki sisa di atas ayakan 1,2 mm, $\leq 10\%$ berat.
- Agregat halus harus memiliki sisa di atas ayakan 0,3 mm, $\leq 15\%$ berat

3. Air

Air adalah bahan pencampur beton yang digunakan untuk reaksi hidrasi semen dan meningkatkan kelecakan/workability campuran beton. Air harus bebas dari zat berbahaya yang dapat memengaruhi kekuatan, durabilitas, atau waktu ikat beton. (SNI 2847:2019). Air tidak boleh digunakan jika :

- Mengandung minyak, asam, alkali, garam, atau bahan organik yang dapat mengganggu pengerasan atau kekuatan beton
- Air penncampur beton harus bersih, bebas zat berbahaya dan sesuai standar.
- Untuk air yang digunakan sebagai perawatan beton, dapat digunakan air yang digunakan pada saat pengadukan.

4. Kertas

Kertas yang digunakan adalah kertas HVS. Kertas, apabila dilihat dari komponen yang menyusunnya, terdiri dari serat *Cellulose* yang berasal dari kayu, yang juga termasuk dalam kategori material berserat. *Cellulose* adalah salah satu bahan yang paling melimpah di bumi, hanya setelah batu. Bahan ini merupakan komponen utama dari dinding kayu tumbuhan hijau, yang dapat digunakan sebagai bahan untuk kain maupun kertas. Selulosa, atau dikenal dalam Bahasa Indonesia sebagai *cellulose*, adalah suatu polimer alami yang terdiri dari rangkaian yang terhubung dengan molekul gula, yang berasal dari molekul-molekul kecil. Rangkaian ini kaya akan hidrogen yang mengikat molekul OH, dengan karakteristik ikatan yang keras, memiliki struktur kristal, stabil, dan sangat kokoh. Hal ini menjadikan hidrogen sebagai komponen utama dari kekuatan kertas beton. Berdasarkan penjelasan mengenai struktur ikatan kimia yang mendasar pada bahan beton kertas, maka bisa ditambahkan material lain

untuk meningkatkan kualitas dan memperluas variasinya. Penerapan semen sebagai pelapis akan meningkatkan ketahanannya. Beton kertas, yang dibuat hanya dari campuran semen, memiliki nilai R/nilai R (2–3 *per inch*) dan berfungsi sebagai peredam suara yang sangat baik.

2.3 Serat Nylon

Bahan tambah merujuk pada unsur tambahan di luar komponen utama beton kertas (seperti air, semen, pasir, dan bubur kertas) yang dimasukkan ke dalam campuran beton, baik sebelum maupun saat proses pengadukan. Diharapkan bahwa penerapan bahan tambahan ini mampu memodifikasi satu atau lebih karakteristik beton ketika masih dalam kondisi cair atau setelah mengeras. Beton kertas juga memiliki banyak variasi, selain campuran kertas bisa ditambah campuran lain, seperti serat *asbestos*, serat baja (*steel fiber*), *nylon*, dan *plastic (polypropylene)*, serat kaca (*glass fiber*), dan serat tumbuh- tumbuhan, (Cahyono, 2011). Penelitian ini memanfaatkan bahan tambahan berupa *serat nylon*.

Serat *nylon* mempunyai sifat yang sangat elastis dan liat sehingga diharapkan dapat memperbaiki sifat getas pada beton. Serat *nylon* juga mampu meningkatkan kekuatan beton (tekan, tarik, dan lentur), kedapatan beton, daya tahan terhadap beban kejutan, daktilitas, kapasitas penyerapan energi, daya tahan beban berulang, dan daya abrasi, serta mengurangi retak-retak karena susut dan terjadinya korosi tulangan baja, memungkinkan adanya kekuatan beton setelah terjadinya keretakan. (Balaguru dan Shah, 1992). Dengan demikian serat *nylon* sangat mungkin dapat dijadikan sebagai bahan tambah beton untuk meningkatkan sifat-sifat struktural beton. *Nylon* stabil terhadap panas, *hidrofilis* lembam dan resistan terhadap sejumlah material. *Nylon* sangat efektif untuk menambah resistensi terhadap tumbukan dan kekuatan serta mempertahankan dan meningkatkan kapasitas beban beton setelah retak pertama (*Cement and Concrete Institute, 2001*). Serat *nylon* memiliki sifat licin pada permukaannya, disamping itu kinerjanya sangat dipengaruhi oleh angka *poisson* (Susilorini, 2007). *Nylon* umumnya mempunyai tingkat keuletan (*toughness*), ketahanan terhadap kelelahan dan abrasi (*fatigue and abrasion resistance*), kekuatan dan daya tahan (*strength and durability*) yang tinggi. *Nylon* juga memiliki ketahanan terhadap bahan– bahan kimia seperti minyak,

bahan pelarut dan alkali, tetapi *nylon* tidak tahan terhadap asam karena apabila *nylon* bereaksi dengan asam akan terhidrolis

Melihat dari aspek ketersediaan dan manfaatnya, maka secara teknis, pemanfaatan kertas dan *nylon* dalam campuran pembuatan beton dapat berfungsi sebagai efisiensi penggunaan semen serta sebagai langkah untuk mendaur ulang kertas.

2.4 Kuat tarik belah beton

Kuat tarik belah beton adalah 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 penekan mesin uji ditekan (SNI 03-2491-2002). (BJBPJ, 2008), kuat tarik belah merupakan alternatif terhadap kuat tarik langsung dengan melakukan uji kuat tarik dengan gaya aksial secara langsung. Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah adalah berupa silinder atau kubus sebagaimana yang digunakan untuk pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik belah umumnya menggunakan benda uji silinder. Pada saat beban P mencapai maksimum, silinder atau kubus beton yang diuji akan terbelah. Pada umumnya nilai kuat tarik belah beton berkisar $1/8 \pm 1/12$ nilai kuat tekan beton.

2.5 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian – penelitian terdahulu menurut beberapa ahli dibawah ini :

1. Kajian kuat tekan dan kuat tarik belah beton kertas (papercrete) dengan bahan tambah serat nylon (hisyam dan pratama, 2016).

Hasil pengujian kuat tekan benda uji variasi penambahan nylon terhadap jumlah berat semen memperlihatkan nilai kuat tekan benda uji dengan penambahan nylon 0 % = 0,561 Mpa, penambahan nylon 0,25 % = 0,584 Mpa, penambahan nylon 0,5 % = 0,708 MPa, penambahan nylon 0,75 % = 0,740 MPa dan penambahan nylon 1% = 0,918 MPa, sehingga nilai kuat tekan maksimal didapat pada benda uji dengan penambahan nylon 1% terhadap jumlah berat semen sebesar 0,918 MPa. Pengaruh dengan adanya penambahan serat nylon dapat meningkatkan kuat tarik belah beton kertas. Pada penambahan serat nylon pada persentase 0 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1 %, 1,25 %, 1,50 %, 1,75 %, 2 %, 2,25 %, 2,50 %, 2,75 %, 3 %, 3,25 %, 3,50 %, 3,75 %, 4 %, 4,25 %, 4,50 %, 4,75 %, 5 %, 5,25 %, 5,50 %, 5,75 %, 6 %, 6,25 %, 6,50 %, 6,75 %, 7 %, 7,25 %, 7,50 %, 7,75 %, 8 %, 8,25 %, 8,50 %, 8,75 %, 9 %, 9,25 %, 9,50 %, 9,75 %, 10 %, 10,25 %, 10,50 %, 10,75 %, 11 %, 11,25 %, 11,50 %, 11,75 %, 12 %, 12,25 %, 12,50 %, 12,75 %, 13 %, 13,25 %, 13,50 %, 13,75 %, 14 %, 14,25 %, 14,50 %, 14,75 %, 15 %, 15,25 %, 15,50 %, 15,75 %, 16 %, 16,25 %, 16,50 %, 16,75 %, 17 %, 17,25 %, 17,50 %, 17,75 %, 18 %, 18,25 %, 18,50 %, 18,75 %, 19 %, 19,25 %, 19,50 %, 19,75 %, 20 %, 20,25 %, 20,50 %, 20,75 %, 21 %, 21,25 %, 21,50 %, 21,75 %, 22 %, 22,25 %, 22,50 %, 22,75 %, 23 %, 23,25 %, 23,50 %, 23,75 %, 24 %, 24,25 %, 24,50 %, 24,75 %, 25 %, 25,25 %, 25,50 %, 25,75 %, 26 %, 26,25 %, 26,50 %, 26,75 %, 27 %, 27,25 %, 27,50 %, 27,75 %, 28 %, 28,25 %, 28,50 %, 28,75 %, 29 %, 29,25 %, 29,50 %, 29,75 %, 30 %, 30,25 %, 30,50 %, 30,75 %, 31 %, 31,25 %, 31,50 %, 31,75 %, 32 %, 32,25 %, 32,50 %, 32,75 %, 33 %, 33,25 %, 33,50 %, 33,75 %, 34 %, 34,25 %, 34,50 %, 34,75 %, 35 %, 35,25 %, 35,50 %, 35,75 %, 36 %, 36,25 %, 36,50 %, 36,75 %, 37 %, 37,25 %, 37,50 %, 37,75 %, 38 %, 38,25 %, 38,50 %, 38,75 %, 39 %, 39,25 %, 39,50 %, 39,75 %, 40 %, 40,25 %, 40,50 %, 40,75 %, 41 %, 41,25 %, 41,50 %, 41,75 %, 42 %, 42,25 %, 42,50 %, 42,75 %, 43 %, 43,25 %, 43,50 %, 43,75 %, 44 %, 44,25 %, 44,50 %, 44,75 %, 45 %, 45,25 %, 45,50 %, 45,75 %, 46 %, 46,25 %, 46,50 %, 46,75 %, 47 %, 47,25 %, 47,50 %, 47,75 %, 48 %, 48,25 %, 48,50 %, 48,75 %, 49 %, 49,25 %, 49,50 %, 49,75 %, 50 %, 50,25 %, 50,50 %, 50,75 %, 51 %, 51,25 %, 51,50 %, 51,75 %, 52 %, 52,25 %, 52,50 %, 52,75 %, 53 %, 53,25 %, 53,50 %, 53,75 %, 54 %, 54,25 %, 54,50 %, 54,75 %, 55 %, 55,25 %, 55,50 %, 55,75 %, 56 %, 56,25 %, 56,50 %, 56,75 %, 57 %, 57,25 %, 57,50 %, 57,75 %, 58 %, 58,25 %, 58,50 %, 58,75 %, 59 %, 59,25 %, 59,50 %, 59,75 %, 60 %, 60,25 %, 60,50 %, 60,75 %, 61 %, 61,25 %, 61,50 %, 61,75 %, 62 %, 62,25 %, 62,50 %, 62,75 %, 63 %, 63,25 %, 63,50 %, 63,75 %, 64 %, 64,25 %, 64,50 %, 64,75 %, 65 %, 65,25 %, 65,50 %, 65,75 %, 66 %, 66,25 %, 66,50 %, 66,75 %, 67 %, 67,25 %, 67,50 %, 67,75 %, 68 %, 68,25 %, 68,50 %, 68,75 %, 69 %, 69,25 %, 69,50 %, 69,75 %, 70 %, 70,25 %, 70,50 %, 70,75 %, 71 %, 71,25 %, 71,50 %, 71,75 %, 72 %, 72,25 %, 72,50 %, 72,75 %, 73 %, 73,25 %, 73,50 %, 73,75 %, 74 %, 74,25 %, 74,50 %, 74,75 %, 75 %, 75,25 %, 75,50 %, 75,75 %, 76 %, 76,25 %, 76,50 %, 76,75 %, 77 %, 77,25 %, 77,50 %, 77,75 %, 78 %, 78,25 %, 78,50 %, 78,75 %, 79 %, 79,25 %, 79,50 %, 79,75 %, 80 %, 80,25 %, 80,50 %, 80,75 %, 81 %, 81,25 %, 81,50 %, 81,75 %, 82 %, 82,25 %, 82,50 %, 82,75 %, 83 %, 83,25 %, 83,50 %, 83,75 %, 84 %, 84,25 %, 84,50 %, 84,75 %, 85 %, 85,25 %, 85,50 %, 85,75 %, 86 %, 86,25 %, 86,50 %, 86,75 %, 87 %, 87,25 %, 87,50 %, 87,75 %, 88 %, 88,25 %, 88,50 %, 88,75 %, 89 %, 89,25 %, 89,50 %, 89,75 %, 90 %, 90,25 %, 90,50 %, 90,75 %, 91 %, 91,25 %, 91,50 %, 91,75 %, 92 %, 92,25 %, 92,50 %, 92,75 %, 93 %, 93,25 %, 93,50 %, 93,75 %, 94 %, 94,25 %, 94,50 %, 94,75 %, 95 %, 95,25 %, 95,50 %, 95,75 %, 96 %, 96,25 %, 96,50 %, 96,75 %, 97 %, 97,25 %, 97,50 %, 97,75 %, 98 %, 98,25 %, 98,50 %, 98,75 %, 99 %, 99,25 %, 99,50 %, 99,75 %, 100 %, 100,25 %, 100,50 %, 100,75 %, 101 %, 101,25 %, 101,50 %, 101,75 %, 102 %, 102,25 %, 102,50 %, 102,75 %, 103 %, 103,25 %, 103,50 %, 103,75 %, 104 %, 104,25 %, 104,50 %, 104,75 %, 105 %, 105,25 %, 105,50 %, 105,75 %, 106 %, 106,25 %, 106,50 %, 106,75 %, 107 %, 107,25 %, 107,50 %, 107,75 %, 108 %, 108,25 %, 108,50 %, 108,75 %, 109 %, 109,25 %, 109,50 %, 109,75 %, 110 %, 110,25 %, 110,50 %, 110,75 %, 111 %, 111,25 %, 111,50 %, 111,75 %, 112 %, 112,25 %, 112,50 %, 112,75 %, 113 %, 113,25 %, 113,50 %, 113,75 %, 114 %, 114,25 %, 114,50 %, 114,75 %, 115 %, 115,25 %, 115,50 %, 115,75 %, 116 %, 116,25 %, 116,50 %, 116,75 %, 117 %, 117,25 %, 117,50 %, 117,75 %, 118 %, 118,25 %, 118,50 %, 118,75 %, 119 %, 119,25 %, 119,50 %, 119,75 %, 120 %, 120,25 %, 120,50 %, 120,75 %, 121 %, 121,25 %, 121,50 %, 121,75 %, 122 %, 122,25 %, 122,50 %, 122,75 %, 123 %, 123,25 %, 123,50 %, 123,75 %, 124 %, 124,25 %, 124,50 %, 124,75 %, 125 %, 125,25 %, 125,50 %, 125,75 %, 126 %, 126,25 %, 126,50 %, 126,75 %, 127 %, 127,25 %, 127,50 %, 127,75 %, 128 %, 128,25 %, 128,50 %, 128,75 %, 129 %, 129,25 %, 129,50 %, 129,75 %, 130 %, 130,25 %, 130,50 %, 130,75 %, 131 %, 131,25 %, 131,50 %, 131,75 %, 132 %, 132,25 %, 132,50 %, 132,75 %, 133 %, 133,25 %, 133,50 %, 133,75 %, 134 %, 134,25 %, 134,50 %, 134,75 %, 135 %, 135,25 %, 135,50 %, 135,75 %, 136 %, 136,25 %, 136,50 %, 136,75 %, 137 %, 137,25 %, 137,50 %, 137,75 %, 138 %, 138,25 %, 138,50 %, 138,75 %, 139 %, 139,25 %, 139,50 %, 139,75 %, 140 %, 140,25 %, 140,50 %, 140,75 %, 141 %, 141,25 %, 141,50 %, 141,75 %, 142 %, 142,25 %, 142,50 %, 142,75 %, 143 %, 143,25 %, 143,50 %, 143,75 %, 144 %, 144,25 %, 144,50 %, 144,75 %, 145 %, 145,25 %, 145,50 %, 145,75 %, 146 %, 146,25 %, 146,50 %, 146,75 %, 147 %, 147,25 %, 147,50 %, 147,75 %, 148 %, 148,25 %, 148,50 %, 148,75 %, 149 %, 149,25 %, 149,50 %, 149,75 %, 150 %, 150,25 %, 150,50 %, 150,75 %, 151 %, 151,25 %, 151,50 %, 151,75 %, 152 %, 152,25 %, 152,50 %, 152,75 %, 153 %, 153,25 %, 153,50 %, 153,75 %, 154 %, 154,25 %, 154,50 %, 154,75 %, 155 %, 155,25 %, 155,50 %, 155,75 %, 156 %, 156,25 %, 156,50 %, 156,75 %, 157 %, 157,25 %, 157,50 %, 157,75 %, 158 %, 158,25 %, 158,50 %, 158,75 %, 159 %, 159,25 %, 159,50 %, 159,75 %, 160 %, 160,25 %, 160,50 %, 160,75 %, 161 %, 161,25 %, 161,50 %, 161,75 %, 162 %, 162,25 %, 162,50 %, 162,75 %, 163 %, 163,25 %, 163,50 %, 163,75 %, 164 %, 164,25 %, 164,50 %, 164,75 %, 165 %, 165,25 %, 165,50 %, 165,75 %, 166 %, 166,25 %, 166,50 %, 166,75 %, 167 %, 167,25 %, 167,50 %, 167,75 %, 168 %, 168,25 %, 168,50 %, 168,75 %, 169 %, 169,25 %, 169,50 %, 169,75 %, 170 %, 170,25 %, 170,50 %, 170,75 %, 171 %, 171,25 %, 171,50 %, 171,75 %, 172 %, 172,25 %, 172,50 %, 172,75 %, 173 %, 173,25 %, 173,50 %, 173,75 %, 174 %, 174,25 %, 174,50 %, 174,75 %, 175 %, 175,25 %, 175,50 %, 175,75 %, 176 %, 176,25 %, 176,50 %, 176,75 %, 177 %, 177,25 %, 177,50 %, 177,75 %, 178 %, 178,25 %, 178,50 %, 178,75 %, 179 %, 179,25 %, 179,50 %, 179,75 %, 180 %, 180,25 %, 180,50 %, 180,75 %, 181 %, 181,25 %, 181,50 %, 181,75 %, 182 %, 182,25 %, 182,50 %, 182,75 %, 183 %, 183,25 %, 183,50 %, 183,75 %, 184 %, 184,25 %, 184,50 %, 184,75 %, 185 %, 185,25 %, 185,50 %, 185,75 %, 186 %, 186,25 %, 186,50 %, 186,75 %, 187 %, 187,25 %, 187,50 %, 187,75 %, 188 %, 188,25 %, 188,50 %, 188,75 %, 189 %, 189,25 %, 189,50 %, 189,75 %, 190 %, 190,25 %, 190,50 %, 190,75 %, 191 %, 191,25 %, 191,50 %, 191,75 %, 192 %, 192,25 %, 192,50 %, 192,75 %, 193 %, 193,25 %, 193,50 %, 193,75 %, 194 %, 194,25 %, 194,50 %, 194,75 %, 195 %, 195,25 %, 195,50 %, 195,75 %, 196 %, 196,25 %, 196,50 %, 196,75 %, 197 %, 197,25 %, 197,50 %, 197,75 %, 198 %, 198,25 %, 198,50 %, 198,75 %, 199 %, 199,25 %, 199,50 %, 199,75 %, 200 %, 200,25 %, 200,50 %, 200,75 %, 201 %, 201,25 %, 201,50 %, 201,75 %, 202 %, 202,25 %, 202,50 %, 202,75 %, 203 %, 203,25 %, 203,50 %, 203,75 %, 204 %, 204,25 %, 204,50 %, 204,75 %, 205 %, 205,25 %, 205,50 %, 205,75 %, 206 %, 206,25 %, 206,50 %, 206,75 %, 207 %, 207,25 %, 207,50 %, 207,75 %, 208 %, 208,25 %, 208,50 %, 208,75 %, 209 %, 209,25 %, 209,50 %, 209,75 %, 210 %, 210,25 %, 210,50 %, 210,75 %, 211 %, 211,25 %, 211,50 %, 211,75 %, 212 %, 212,25 %, 212,50 %, 212,75 %, 213 %, 213,25 %, 213,50 %, 213,75 %, 214 %, 214,25 %, 214,50 %, 214,75 %, 215 %, 215,25 %, 215,50 %, 215,75 %, 216 %, 216,25 %, 216,50 %, 216,75 %, 217 %, 217,25 %, 217,50 %, 217,75 %, 218 %, 218,25 %, 218,50 %, 218,75 %, 219 %, 219,25 %, 219,50 %, 219,75 %, 220 %, 220,25 %, 220,50 %, 220,75 %, 221 %, 221,25 %, 221,50 %, 221,75 %, 222 %, 222,25 %, 222,50 %, 222,75 %, 223 %, 223,25 %, 223,50 %, 223,75 %, 224 %, 224,25 %, 224,50 %, 224,75 %, 225 %, 225,25 %, 225,50 %, 225,75 %, 226 %, 226,25 %, 226,50 %, 226,75 %, 227 %, 227,25 %, 227,50 %, 227,75 %, 228 %, 228,25 %, 228,50 %, 228,75 %, 229 %, 229,25 %, 229,50 %, 229,75 %, 230 %, 230,25 %, 230,50 %, 230,75 %, 231 %, 231,25 %, 231,50 %, 231,75 %, 232 %, 232,25 %, 232,50 %, 232,75 %, 233 %, 233,25 %, 233,50 %, 233,75 %, 234 %, 234,25 %, 234,50 %, 234,75 %, 235 %, 235,25 %, 235,50 %, 235,75 %, 236 %, 236,25 %, 236,50 %, 236,75 %, 237 %, 237,25 %, 237,50 %, 237,75 %, 238 %, 238,25 %, 238,50 %, 238,75 %, 239 %, 239,25 %, 239,50 %, 239,75 %, 240 %, 240,25 %, 240,50 %, 240,75 %, 241 %, 241,25 %, 241,50 %, 241,75 %, 242 %, 242,25 %, 242,50 %, 242,75 %, 243 %, 243,25 %, 243,50 %, 243,75 %, 244 %, 244,25 %, 244,50 %, 244,75 %, 245 %, 245,25 %, 245,50 %, 245,75 %, 246 %, 246,25 %, 246,50 %, 246,75 %, 247 %, 247,25 %, 247,50 %, 247,75 %, 248 %, 248,25 %, 248,50 %, 248,75 %, 249 %, 249,25 %, 249,50 %, 249,75 %, 250 %, 250,25 %, 250,50 %, 250,75 %, 251 %, 251,25 %, 251,50 %, 251,75 %, 252 %, 252,25 %, 252,50 %, 252,75 %, 253 %, 253,25 %, 253,50 %, 253,75 %, 254 %, 254,25 %, 254,50 %, 254,75 %, 255 %, 255,25 %, 255,50 %, 255,75 %, 256 %, 256,25 %, 256,50 %, 256,75 %, 257 %, 257,25 %, 257,50 %, 257,75 %, 258 %, 258,25 %, 258,50 %, 258,75 %, 259 %, 259,25 %, 259,50 %, 259,75 %, 260 %, 260,25 %, 260,50 %, 260,75 %, 261 %, 261,25 %, 261,50 %, 261,75 %, 262 %, 262,25 %, 262,50 %, 262,75 %, 263 %, 263,25 %, 263,50 %, 263,75 %, 264 %, 264,25 %, 264,50 %, 264,75 %, 265 %, 265,25 %, 265,50 %, 265,75 %, 266 %, 266,25 %, 266,50 %, 266,75 %, 267 %, 267,25 %, 267,50 %, 267,75 %, 268 %, 268,25 %, 268,50 %, 268,75 %, 269 %, 269,25 %, 269,50 %, 269,75 %, 270 %, 270,25 %, 270,50 %, 270,75 %, 271 %, 271,25 %, 271,50 %, 271,75 %, 272 %, 272,25 %, 272,50 %, 272,75 %, 273 %, 273,25 %, 273,50 %, 273,75 %, 274 %, 274,25 %, 274,50 %, 274,75 %, 275 %, 275,25 %, 275,50 %, 275,75 %, 276 %, 276,25 %, 276,50 %, 276,75 %, 277 %, 277,25 %, 277,50 %, 277,75 %, 278 %, 278,25 %, 278,50 %, 278,75 %, 279 %, 279,25 %, 279,50 %, 279,75 %, 280 %, 280,25 %, 280,50 %, 280,75 %, 281 %, 281,25 %, 281,50 %, 281,75 %, 282 %, 282,25 %, 282,50 %, 282,75 %, 283 %, 283,25 %, 283,50 %, 283,75 %, 284 %, 284,25 %, 284,50 %, 284,75 %, 285 %, 285,25 %, 285,50 %, 285,75 %, 286 %, 286,25 %, 286,50 %, 286,75 %, 287 %, 287,25 %, 287,50 %, 287,75 %, 288 %, 288,25 %, 288,50 %, 288,75 %, 289 %, 289,25 %, 289,50 %, 289,75 %, 290 %, 290,25 %, 290,50 %, 290,75 %, 291 %, 291,25 %, 291,50 %, 291,75 %, 292 %, 292,25 %, 292,50 %, 292,75 %, 293 %, 293,25 %, 293,50 %, 293,75 %, 294 %, 294,25 %, 294,50 %, 294,75 %, 295 %, 295,25 %, 295,50 %, 295,75 %, 296 %, 296,25 %, 296,50 %, 296,75 %, 297 %, 297,25 %, 297,50 %, 297,75 %, 298 %, 298,25 %, 298,50 %, 298,75 %, 299 %, 299,25 %, 299,50 %, 299,75 %, 300 %, 300,25 %, 300,50 %, 300,75 %, 301 %, 301,25 %, 301,50 %, 301,75 %, 302 %, 302,25 %, 302,50 %, 302,75 %, 303 %, 303,25 %, 303,50 %, 303,75 %, 304 %, 304,25 %, 304,50 %, 304,75 %, 305 %, 305,25 %, 305,50 %, 305,75 %, 306 %, 306,25 %, 306,50 %, 306,75 %, 307 %, 307,25 %, 307,50 %, 307,75 %, 308 %, 308,25 %, 308,50 %, 308,75 %, 309 %, 309,25 %, 309,50 %, 309,75 %, 310 %, 310,25 %, 310,50 %, 310,75 %, 311 %, 311,25 %, 311,50 %, 311,75 %, 312 %, 312,25 %, 312,50 %, 312,75 %, 313 %, 313,25 %, 313,50 %, 313,75 %, 314 %, 314,25 %, 314,50 %, 314,75 %, 315 %, 315,25 %, 315,50 %, 315,75 %, 316 %, 316,25 %, 316,50 %, 316,75 %, 317 %, 317,25 %, 317,50 %, 317,75 %, 318 %, 318,25 %, 318,50 %, 318,75 %, 319 %, 319,25 %, 319,50 %, 319,75 %, 320 %, 320,25 %, 320,50 %, 320,75 %, 321 %, 321,25 %, 321,50 %, 321,75 %, 322 %, 322,25 %, 322,50 %, 322,75 %, 323 %, 323,25 %, 323,50 %, 323,75 %, 324 %, 324,25 %, 324,50 %, 324,75 %, 325 %, 325,25 %, 325,50 %, 325,75 %, 326 %, 326,25 %, 326,50 %, 326,75 %, 327 %, 327,25 %, 327,50 %, 327,75 %, 328 %, 328,25 %, 328,50 %, 328,75 %, 329 %, 329,25 %, 329,50 %, 329,75 %, 330 %, 330,25 %, 330,50 %, 330,75 %, 331 %, 331,25 %, 331,50 %, 331,75 %, 332 %, 332,25 %, 332,50 %, 332,75 %, 333 %, 333,25 %, 333,50 %, 333,75 %, 334 %, 334,25 %, 334,50 %, 334,75 %, 335 %, 335,25 %, 335,50 %, 335,75 %, 336 %, 336,25 %, 336,50 %, 336,75 %, 337 %, 337,25 %, 337,50 %, 337,75 %, 338 %, 338,25 %, 338,50 %, 338,75 %, 339 %, 339,25 %, 339,50 %, 339,75 %, 340 %, 340,25 %, 340,50 %, 340,75 %, 341 %, 341,25 %, 341,50 %, 341,75 %, 342 %, 342,25 %, 342,50 %, 342,75 %, 343 %, 343,25 %, 343,50 %, 343,75 %, 344 %, 344,25 %, 344,50 %, 344,75 %, 345 %, 345,25 %, 345,50 %, 345,75 %, 346 %, 346,25 %, 346,50 %, 346,75 %, 347 %, 347,25 %, 347,50 %, 347,75 %, 348 %, 348,25 %, 348,50 %, 348,75 %, 349 %, 349,25 %, 349,50 %, 349,75 %, 350 %, 350,25 %, 350,50 %, 350,75 %, 351 %, 351,25 %, 351,50 %, 351,75 %, 352 %, 352,25 %, 352,50 %, 352,75 %, 353 %, 353,25 %, 353,50 %, 353,75 %, 354 %, 354,25 %, 354,50 %, 354,75 %, 355 %, 355,25 %, 355,50 %, 355,75 %, 356 %, 356,25 %, 356,50 %, 356,75 %, 357 %, 357,25 %, 357,50 %, 357,75 %, 358 %, 358,25 %, 358,50 %, 358,75 %, 359 %, 359,25 %, 359,50 %, 359,75 %, 360 %, 360,25 %, 360,50 %, 360,75 %, 361 %, 361,25 %, 361,50 %, 361,75 %, 362 %, 362,25 %, 362,50 %, 362,75 %, 363 %, 363,25 %, 363,50 %, 363,75 %, 364 %, 364,25 %, 364,50 %, 364,75 %, 365 %, 365,25 %, 365,50 %, 365,75 %, 366 %, 366,25 %, 366,50 %, 366,75 %, 367 %, 367,25 %, 367,50 %, 367,75 %, 368 %, 368,25 %, 368,50 %, 368,75 %, 369 %, 369,25 %, 369,50 %, 369,75 %, 370 %, 370,25 %, 370,50 %, 370,75 %, 371 %, 371,25 %, 371,50 %, 371,75 %, 372 %, 372,25 %, 372,50 %, 372,75 %, 373 %, 373,25 %, 373,50 %, 373,75 %, 374 %, 374,25 %, 374,50 %, 374,75 %, 375 %, 375,25 %, 375,50 %, 375,75 %, 376 %, 376,25 %, 376,50 %, 376,75 %, 377 %, 377,25 %, 377,50 %, 377,75 %, 378 %, 378,25 %, 378,50 %, 378,75 %, 379 %, 379,25 %, 379,50 %, 379,75 %, 380 %, 380,25 %, 380,50 %, 380,75 %, 381 %, 381,25 %, 381,50 %, 381,75 %, 382 %, 382,25 %, 382,50 %, 382,75 %, 383 %, 383,25 %, 383,50 %, 383,75 %, 384 %, 384,25 %, 384,50 %, 384,75 %, 385 %, 385,25 %, 385,50 %, 385,75 %, 386 %, 386,25 %, 386,50 %, 386,75 %, 387 %, 387,25 %, 387,50 %, 387,75 %, 388 %, 388,25 %, 388,50 %, 388,75 %, 389 %, 389,25 %, 389,50 %, 389,75 %, 390 %, 390,25 %, 390,50 %, 390,75 %, 391 %, 391,25 %, 391,50 %, 391,75 %, 392 %, 392,25 %, 392,50 %, 392,75 %, 393 %, 393,25 %, 393,50 %, 393,75 %, 394 %, 394,25 %, 394,50 %, 394,75 %, 395 %, 395,25 %, 395,50 %, 395,75 %, 396 %, 396,25 %, 396,50 %, 396,75 %, 397 %, 397,25 %, 397,50 %, 397,75 %, 398 %, 398,25 %, 398,50 %, 398,75 %, 399 %, 399,25 %, 399,50 %, 399,75 %, 400 %, 400,25 %, 400,50 %, 400,75 %, 401 %, 401,25 %, 401,50 %, 401,75 %, 402 %, 402,25 %, 402,50 %, 402,75 %, 403 %, 403,25 %, 403,50 %, 403,75 %, 404 %, 404,25 %, 404,50 %, 404,75 %, 405 %, 405,25 %, 405,50 %, 405,75 %, 406 %, 406,25 %, 406,50 %, 406,75 %, 407 %, 407,25 %, 407,50 %, 407,75 %, 408 %, 408,25 %, 408,50 %, 408,75 %, 409 %, 409,25 %, 409,50 %, 409,75 %, 410 %, 410,25 %, 410,50 %, 410,75 %, 411 %, 411,25 %, 411,50 %, 411,75 %, 412 %, 412,25 %, 412,50 %, 412,75 %, 413 %, 413,25 %, 413,50 %, 413,75 %, 414 %, 414,25 %, 414,50 %, 414,75 %, 415 %, 415,25 %,

dan 1 % per jumlah berat semen berturut-turut menghasilkan kuat tarik belah beton kertas 0,170 MPa, 0,189 MPa, 0,189 MPa, 0,198 MPa, dan 0,209 MPa. Sehingga di dapatkan hasil nilai kuat tarik belah beton kertas maksimum pada persentase penambahan serat nylon 1 % per jumlah berat semen sebesar 0,209 MPa terjadi kenaikan sebesar 22,94 % dari kuat tarik belah beton pada beton kertas normal sebesar 0,170 MPa.

2. Analisa pengaruh penambahan limbah kertas terhadap kuat tekan beton ringan untuk partisi gedung (Lubis dkk, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji manfaat yang bisa diambil dari pemakaian beton agregat kertas. Pada penelitian ini agregat yang digunakan sebagai penyusun beton agregat kertas berasal dari limbah kertas yang dibentuk menyerupai kerikil berukuran butiran 10-20 mm, perbandingan volume semen : agregat = 1 : 2, dengan nilai faktor air semen (fas) sebesar 0,3-0,4 sebagai acuan awal dalam mix design. Variasi agregat kertas yang digunakan adalah sebesar 10%,25%, dan 40%. Pengujian sifat fisik dan mekanik beton dilaksanakan saat benda uji berumur 14 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai berat satuan beton agregat kertas dengan campuran semen : agregat = 1 : 2 dan kandungan agregat kertas sebesar 10%, 25%, dan 40% dari agregat keseluruhan berturut-turut sebesar 1.3117,5 kg/m³, 1.2013,7 kg/m³, dan 1.0926,8 kg/m³ dengan nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 6.536341783 Mpa, 4.70209 Mpa, 5.478232476 Mpa.

3. Kajian kuat lentur beton kertas (papercrete) dengan bahan tambah serat Nylon (cahyono, 2011).

Hasil pengujian kuat lentur benda uji variasi penambahan nylon terhadap volume benda uji memperlihatkan nilai kuat lentur benda uji dengan penambahan nylon 0% = 0,25194 N/mm² penambahan nylon 0,3% = 0,2775 N/mm² penambahan nylon 0,75% = 0,26194 N/mm² dan penambahan nylon 1% = 0,26861 N/mm² sehingga nilai kuat lentur maksimal di dapat pada benda uji dengan penambahan nylon 0,3% terhadap volume benda uji sebesar 0,2775 N/mm² Penambahan nylon terbukti memberikan dampak yang signifikan pada nilai kuat lentur yaitu 8-10% di bandingkan dengan benda uji tanpa tambahan nylon (0%).

4. Pengaruh penambahan serat nylon pada beton ringan dengan teknologi foam terhadap kuat tekan, kuat tarik belah beton dan modulus elastisitas (Romdhoni dkk, 2014).

Berat jenis maksimum dari hasil pengujian terdapat pada beton ringan foam tanpa serat, berikut adalah 3 ben- da uji dengan berat jenis paling besar yaitu KTME NY 0,25%-3; KTB NY 0,5%-1; KTB NY 0,75%-2 yang masing-masing memiliki berat jenis sebesar 1892,30 kg/m³, sehingga beton masih termasuk beton ringan karena berat jenis dibawah 1900 kg/m³ (SNI- 03- 2847-2002). Nilai rata-rata maksimum kuat tekan beton ringan foam berserat nylon berdasarkan hasil pengujian laborato- rium adalah pada kadar penambahan serat nylon 1% dari volume beton yaitu sebesar 18,23 MPa atau menga- lami peningkatan kuat tekan sebesar 34,47% dari beton ringan foam tanpa serat. Nilai rata-rata maksimum kuat tarik belah beton ringan foam berserat nylon berdasarkan hasil pengujian labo- ratorium adalah pada kadar penambahan serat nylon 0,5% dari volume beton yaitu sebesar 2,31 Mpa atau mengalami peningkatan kuat tarik belah sebesar 45,60% dari beton ringan foam tanpa serat. rata-rata maksimum modulus elastisitas beton ringan foam berserat nylon berdasarkan hasil pengujian la- boratorium adalah pada kadar penambahan serat nylon 1% dari volume beton yaitu sebesar 18215,10 MPa atau mengalami peningkatan modulus elatisitas sebesar 59,47% dari beton ringan foam tanpa serat.

5. Analisis penambahan limbah kertas terhadap kuat tekan beton ringan (H. Surya hadi, 2018).

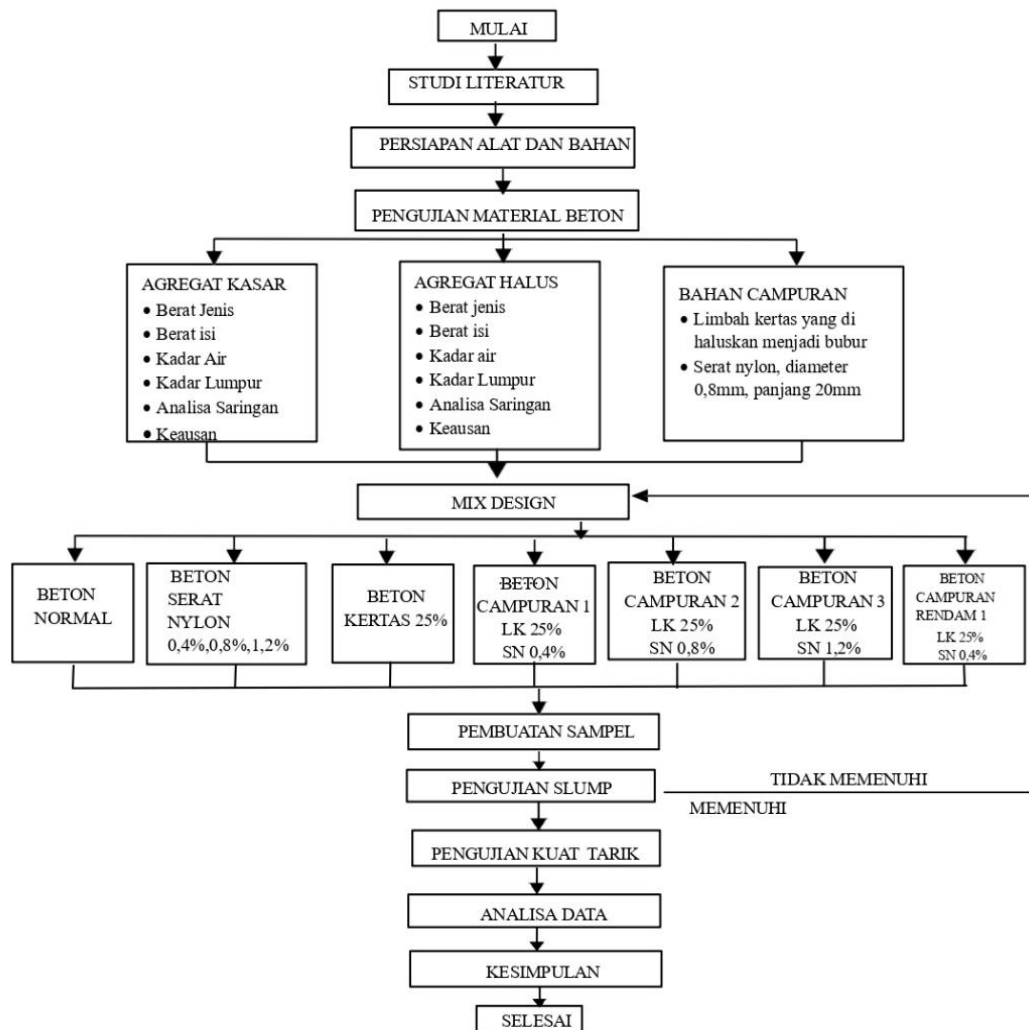
Kuat tekan beton yang dihasilkan dengan campuran 1Pc :2Ps : 3 Ba tanpa limbah kertas sebanyak(0%), didapatkan kuat tekan sebesar 17,342 Mpa. Kuat tekan beton yang dihasilkan dengan campuran 1Pc :2Ps : 3 Ba dengan persentase penambahan limbah kertas sebanyak 10%, didapatkan kuat tekan sebesar 20,324 Mpa. Kuat tekan beton yang dihasilkan dengan campuran 1Pc :2Ps : 3 Ba dengan persentase penambahan limbah kertas sebanyak 20%, didapatkan kuat tekan sebesar 18,874 Mpa. Dengan variasi campuran 1Pc: 2Ps: 3Ba dan dengan.persentase penambahan kertas 0%, 10% dan 20% ternyata menghasilkan kuat tekan maksimum terjadi pada penambahan limbah kertas 10 % dan setelah diadakan penambahan 20%.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Bagan alir

Berikut dibawah adalah bagan alir penelitian ini



Gambar 3.1 : Bagan Alir Penelitian

3.2. Metode penelitian

Dalam suatu penelitian agar apa yang diharapkan tercapai, maka dilaksanakan sebuah metodologi. Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium, Metode eksperimen adalah suatu penelitian yang mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam suatu kondisi yang terkontrol. Metode yang diterapkan melibatkan pelaksanaan kegiatan eksperimen untuk mengumpulkan data. Langkah awal dari penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Beton di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berfungsi sebagai lokasi pengumpulan data sekunder untuk pengujian bahan agregat dasar dan melakukan analisis terhadap bahan agregat yang akan diterapkan dalam eksperimen campuran beton. Dalam percobaan ini, bahan limbah kertas digunakan sebagai substitusi agregat halus sebesar 25%, ditambah dengan serat nylon sebagai bahan tambahan dengan variasi 0,4%, 0,8%, dan 1,2%. Eksperimen ini merupakan sebuah metode yang dilakukan untuk memperoleh data.

3.3. Tahapan penelitian

Proses penelitian ini dilakukan sebagai tahap dalam pembuatan beton dengan berbagai proses untuk mencapai hasil penelitian yang optimal sesuai dengan standar yang ditetapkan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut::

1. Persiapan

Persiapan merujuk pada kegiatan menyediakan semua yang dibutuhkan, yang mencakup bahan utama dan bahan tambahan yang telah direncanakan.

2. Pemeriksaan material penyusun beton

Tujuan dari pengecekan ini adalah untuk mengonfirmasi bahwa kombinasi beton yang dipakai dalam *mix design* telah sesuai dengan ketentuan peraturan yang ditetapkan.

3. Pengujian dasar material

Bahan agregat kasar, agregat halus, beserta dua bahan campuran dari limbah kertas hvs dan serat nylon diuji untuk menentukan berat jenis, kemampuan penyerapan, kadar air, dan kadar lumpurnya. Proses pengujian dilakukan berdasarkan standar dan regulasi yang berlaku.

4. Perencanaan campuran beton,

Yang lebih dikenal *mix design*, adalah langkah yang diambil untuk membuat campuran beton yang terdiri dari semen, agregat kasar (seperti kerikil), dan agregat halus (seperti pasir). Tujuan dari langkah ini adalah untuk menentukan nilai kuat tarik belah beton yang akan diuji. Rencana campuran (*mix design*) mengacu pada SNI 2834-2000 digunakan dalam metode campuran penelitian ini. Hasil dari pengujian material sebelumnya akan mempengaruhi rencana campuran yang dibuat. Setelah langkah *mix design* ini selesai, proporsi untuk setiap bahan penyusun beton yang akan digunakan dalam satu cetakan benda uji akan ditentukan.

5. Pembuatan benda uji

Setelah seluruh proses tersebut selesai, langkah selanjutnya adalah memproduksi specimen yang akan berfungsi sebagai contoh dalam eksperimen. Proses ini dilakukan melalui beberapa tahap,

- termasuk mencampurkan semua bahan yang digunakan untuk menghasilkan beton dalam alat pencampur beton.
- Pengujian nilai slump yang terukur berdasarkan pada SNI 1972-2008.
- Penuangan beton ke dalam cetakan yang berbentuk silinder.
- Pengangkatan beton dari cetakan.
- Perawatan sampel beton, serta merendam beton dalam air merupakan metode untuk melakukan curing. Beton direndam dalam bak selama 28 hari. Setelah tahap ini selesai, beton diambil dan dikeringkan.

6. Pengujian kuat tarik

Uji tarik dilaksanakan untuk menentukan sejauh mana beton mampu menahan beban tarik. Dalam proses pembuatan campuran beton, diharapkan beton dapat mencapai kekuatan yang sudah ditentukan.

7. Pembahasan dan laporan akhir

Setelah mendapatkan besarnya gaya yang dapat ditahan oleh beton dalam uji kekuatan tarik, angka tersebut nantinya akan diolah di bagian analisis data dan pembahasan dalam laporan akhir. Hasil dari analisis ini akan menunjukkan kemampuan tarik beton itu.

3.4. Lokasi dan waktu penelitian

Uji coba material beton dan langkah-langkah pembuatan sampel ini bakal dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, sementara pengujian untuk ketahanan tarik belah beton diharapkan juga dijalankan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jangka waktu penelitian diperkirakan sekitar dua bulan sampai uji tarik belah beton dilaksanakan.

3.5. Sumber data dan metode pengumpulan data

3.5.1. Data primer

Data utama yang akan digunakan adalah data yang diperoleh pada saat pengujian laboratorium sesuai standar yang ada,

1. analisa saringan agregat mengacu pada SNI 03-1968-1990
2. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar mengacu pada SNI 1969-2016
3. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus mengacu pada SNI 1970-2016
4. Beras isi agregat kasar mengacu pada SNI 03-4804-1998
5. Berat isi agregat halus mengacu pada SNI 03-4804-1998
6. Kadar air agregat kasar mengacu pada SNI 1971-2011
7. Kadar air agregat halus mengacu pada SNI 1971-2011
8. Kadar lumpur mengacu pada SNI-03-4142-1996
9. Perencanaan proporsi campuran beton (Mix Design) mengacu pada SNI 2834 2000.
10. Benda uji diproduksi dan dipelihara sesuai dengan SNI 2493-2011.
11. Uji kuat tarik beton mengacu pada SNI 2491:2014.
12. Metode pengujian kuat tarik beton berdasarkan SNI 2491: 2014.

3.5.2. Data skunder

Data sekunder adalah informasi yang diambil dari berbagai jurnal atau hasil riset sebelumnya yang berkaitan dengan studi yang akan dilakukan. Di samping itu, data sekunder juga didapatkan melalui arahan langsung dari dosen di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.6. Alat dan bahan

Dalam penelitian ini, berbagai perangkat dan materi akan dimanfaatkan untuk mencapai hasil yang optimal. Peralatan tersebut dapat ditemukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.6.1. Alat

alat yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Satu set saringan dan PAN yang akan di gunakan pada pengujian analisa saringan agregat halus dan agregat kasar termasuk bahan campuran.
2. Timbangan digital di gunakan sebagai alat penimbang berat dari material yang akan di gunakan.
3. Oven di gunakan sebagai tempat penegeringan material penyusun beton.
4. Skop di gunakan sebagai alat pengambilan material.
5. Cetakan silinder yang di gunakan berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
6. Wadah yang di gunakan sebagai tempat meletakkan material.
7. *Stopwartz* alat yang di gunakan sebagai alat penghitung waktu pengujian.
8. Gelas ukur di gunakan sebagai alat pengukuran air yang akan di gunakan.
9. Plastik 10 kg di gunakan sebagai tempat meletakkan material sebelum di masukan kedalam *mixer*.
10. *Mixer* beton, di gunakan sebagai alat mencampur semua bahan penyusun beton.
11. Pan di gunakan sebagai alas pengadukan beton segar setelah percampuran di *mixer* beton.
12. Satu set alat *slump test* yang terdiri dari *krucut abrams*, penggaris, plat baja, Dan tongkat pemadat.
13. Mesin uji kuat tarik, untuk pengujian nilai kuat tarik pada sampel.

3.6.2. Bahan

Material yang akan dipakai dalam penelitian ini sebagai komponen benda uji benton dan bahan tambahan yang direncanakan adalah sebagai berikut,

1. Agregat kasar
Agregat kasar yang terdiri dari batu pecah yang di ambil dari binjai.

2. Agregat halus

Agregat halus yang terdiri dari pasir alam yang di ambil dari binjai

3. Limbah kertas HVS

Limbah kertas HVS yang akan di gunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah kantor dengan potongan kertas dimasukkan kedalam ember berisi air dan direndam selama sekurang kurangnya 1 hari.



Gambar 3.2. : Limbah kertas HVS

4. Serat nylon

Serat nylon sebagai bahan tambah campuran beton di dapat melalui online shop dan lain-lain, *Nylon* banyak diproduksi dalam bentuk serabut halus, serat, benang, bahan perekat, dan bahan pelapis. Menambahkan *nylon* (diameter 10 mm, panjang 100mm) .



Gambar 3.3 : Serat nylon

5. Air

Air di gunakan untuk mencampurkan bahan-bahan pembuatan beton yang di ambil dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

3.7. Jumlah benda uji

Benda yang diuji dicetak dalam bentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. benda tersebut diambil dari cetakan setelah waktu yang telah ditentukan dan masuk ke dalam proses pengeringan atau perawatan beton selama 28 hari. Setelah masa perawatan 28 hari, sampel akan diuji untuk mengetahui kekuatan tarik, dengan total sebanyak 21 sampel, di mana setiap variasi terdiri dari 3 sampel yang dicantumkan pada tabel berikut.

Tabel 3.1 : jumlah Benda Uji

No	Variasi	Jumlah Benda Uji
1	Beton Normal	3
2	Beton Kertas 25%	3
3	Beton Kertas Serat <i>Nylon</i> 1 (BKSN 1) • Limbah Kertas 25% • Serat Nylon 0,4%	3
4	Beton Kertas Serat <i>Nylon</i> 2 (BKSN 2) • Limbah Kertas 25% • Serat Nylon 0,8%	3
5	Beton Kertas Serat <i>Nylon</i> 3 (BKSN 3) • Limbah Kertas 25% • Serat Nylon 1,2%	3
6	Beton Kertas Serat <i>Nylon</i> Rendam 1 (BKSNR 1) • Limbah Kertas 25% • Serat Nylon 0,4%	3
7	Beton Serat <i>Nylon</i> 0,4%,0,8% Dan 1,2% (BSN)	3
	TOTAL SAMPLE	21

Tabel 3.2 : Persentase Campuran Beton

No	Variasi	Agregat Kasar (%)	Agregat halus (%)	Semen (%)	Air (%)	Lim bah Kertas (%)	Serat nylon (%)
1	BN	100	100	100	100	0	0
2	BK	100	75	100	100	25	0
3	BKSNR 1	100	75	100	100	25	0.4
4	BSN	100	100	100	100	0	0.4,0.8, 1.2
5	BKSN 1	100	75	100	100	25	0.4
6	BKSN 2	100	75	100	100	25	0.8
7	BKSN 3	100	75	100	100	25	1.2

3.8 Langkah-langkah Pengujian

Setelah semua alat dan bahan yang diperlukan ini tersedia, langkah selanjutnya adalah menguji setiap material. Uji kekuatan tarik beton akan dilakukan pada setiap sampel beton yang telah diproduksi. Sebelum pengujian kekuatan tekan dilakukan, penting untuk memastikan bahwa setiap benda uji bersih dari debu atau kotoran lain yang mungkin menempel agar tidak mengganggu proses pengujian. Jika ada benda uji yang tetap lembab atau basah, perlu dipastikan bahwa benda tersebut kering terlebih dahulu hingga mencapai kondisi SSD (*saturated surface dry*) atau kering permukaan. *SSD (saturated surface dry)* atau kering permukaan.

3.8.1 Berat jenis dan penyerapan

Pengujian berat jenis dan penyerapan dilakukan untuk memahami karakteristik material, terutama dalam konteks bahan bangunan seperti beton, batu, atau agregat. berikut langkah-langkah kerjanya,

A. Agregat kasar

1. Material yang di rendam di dalam air selama 24 jam

2. Setelah di lakukan perendaman selanjutnya di saring dengan kain serbet
3. Di lakukan penimbangan material dan di catat
4. Material yang sudah di timbang, di masukan ke dalam oven berada di temperatur
(110±5)°C selama 24 jam.
5. mengeluarkan sampel dari oven dan diamkam selama mendapatkan suhu ruangan
6. kembali melakukan penimbangan dan di catat.

Adapun rumus untuk menghitung berat jenis dan penyerapan agregat agregat kasar adalah sebagai berikut,

- $Bulk\ gravity\ SSD\ (\text{Berat jenis SSD}) = \frac{A}{A-B}$ (3.1)

- $Apparent\ specific\ gravity\ (\text{Berat jenis semu}) = \frac{C}{C-B}$ (3.2)

- $Absorption\ (\text{penyerapan}) = \frac{C}{A-B} \times 100\%$ (3.3)

Dimana :

A = berat sampel SSD kering permukaan jenuh

B = berat sampel SSD jenuh

C = berat sampel SSD kering oven

B. Agregat halus

1. Material yang sudah dalam kondisi SSD di lakukan penimbangan sesuai berat sampel yang sudah di rencanakan.
2. Di lakukan penimbangan dan di catat.
3. Selanjutnya memasukan air ke dalam piknometer dan di lakukan penimbangan
4. Selanjutnya masukan material ke dalam piknometer berisi air dan di lakukan pemanasan selama 15 menit dan di lakukan penggoyangan selama 5 menit supaya tidak ada gelembung atau udara
5. Timbang dan mengeluarkan material dari piknometer
6. Mengerikan material dengan oven selama 24 jam
7. Selanjutnya keluarkan material dari oven dan lakukan penimbangan dan di catat hasil nya. Berikut rumus untuk melakukan perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar sebagai berikut,

- $Bulk\ gravity\ dry\ (\text{Berat jenis kering}) = \frac{E}{E+D-C}$ (3.4)

- $Bulk\ gravity\ SSD\ (Berat\ jenis\ SSD) = \frac{B}{E+D-C}$ (3.5)

- $Apparent\ specific\ gravity\ (Berat\ jenis\ semu) = \frac{E}{E+D-C}$ (3.6)

- $Absorption\ (penyerapan) = \frac{B-E}{E} \times 100\%$ (3.7)

Dimana :

B = Berat sampel SSD kering permukaan jenuh

C = Berat sampel SSD didalam piknometer penuh air

D = Berat sampel SSD penuh air

E = Berat sampel SSD kering oven

3.8.2 Berat isi agregat

Uji ini dilakukan untuk mengetahui suatu nilai pada berat isi agregat kasar dan agregat halus. berikut langkah-langkah dalam pengerjaan sebagai berikut,

1. Memasukan material dalam kondisi kering oven kedalam wadah sebanyak 1/3 nya lalu tusuk dengan pemadat sebanyak 25 kali
2. Melakukan hal yang sama dengan ketinggian 2/3 wadah dengan kondisi penuh
3. Memastikan wadah terisi penuh setelah di lakukan penusukan dan di ratakan menggunakan mistar.
4. Menimbang benda uji dengan wadah dan lakukan pencatatan

Langkah-langkah perhitungan untuk menentukan berat isi adalah sebagai berikut,

1. Timbang berat pada agregat + dengan wadah (W1)
2. Timbang berat wadah (W2)
3. Hitung berat agregat (W3)
4. Hitung volume wadah (V)
5. $Berat\ isi = \frac{W3}{V}$ (3.8)

3.8.3 Pengujian kadar air

Pengujian kadar air dilakukan untuk menentukan seberapa banyak kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan, seperti tanah, agregat, atau beton. berikut adalah cara kerjanya,

1. Menimbang agregat yang sesuai di rencanakan sebelum di masukan kedalam oven.
2. Selanjutnya timbang agregat dengan wadah (W1)
3. Memasukan ke dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
4. Mengeluarkan wadah yang terisi agregat dari oven dan dinginkan dan melakukan penimbangan (W2).
5. Menimbang berat wadah (W3)
6.
$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{berat air}}{\text{berat sampel kering oven}} \times 100\% \quad (3.9)$$

3.8.4 Pengujian kadar lumpur

Tujuan nya untuk mengetahui seberapa besar nilai kadar lumpur pada agregat, berikut langkah kerjanya :

1. Menyiapkan agregat yang akan di lakukan pengujian dengan berat sesuai yang di rencanakan (A)
2. Selanjutnya menimbang dan cuci sampel tersebut sampai bersih hingga air cucian tidak mengeruh kemudian timbang (B).
3. Hitung setiap berat kotoran pada agregat setelah itu di cuci (C)
4.
$$\text{Persentase kotoran pada agregat} = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.10)$$

3.8.5 Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Tujuan dari mix design adalah untuk mendapatkan campuran beton yang optimal dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kekuatan, daya tahan, dan kemudahan pengerjaan. berikut langkah langkahnya :

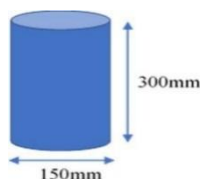
1. Pertama tama yang harus di lakukan untuk merencanakan suatau komposisi campuran beton adalah merencanakan suatau kekuatan tekan beton yang akan di targetkan.
2. Menentukan nilai faktor air semen sesuai dengan umur beton yang di buat.
3. Menentukan nilai slump dan mengukur maksimum pada agregat.
4. Menentukan jumlah air yang akan di gunakan dengan ukuran maksimum agregat dan nilai slump.
5. Menetapkan nilai semen yang di perlukan berdasarkan proses 2 dan 4.

6. Menentukan volume suatu agregat kasar dan agregat halus yang di butuhkan dengan berdasarkan parameter yang di tetapkan di atas.
7. Setelah di dapat berat masing-masing agregat, melakukan pengurangan nilainya dengan peresentase bahan campuran yang sudah di rencanakan

3.8.6 Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji ini di lakukan setelah mendapatkan peresentase kebutuhan masing-masing pada bahan penyusun beton yang akan di gunakan pada proses *mix design*. Kemudian benda uji di cetak pada cetakan silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Langkah-langkah dalam pembuatan benda uji ini ada adalah sebagai berikut,

1. Timbang setiap bahan penyusun beton yang sudah di tetapkan setiap proses *mix design*.
2. Menyiapkan mesin *mix design* beton yang akan di gunakan untuk pengadukan bahan penyusun beton.
3. Memasukan semua bahan campuran pembuatan beton ke dalam *mixer* dan mulai dari agregat kasar, agregat halus dan semen.
4. Memasukan air kedalam mesin *mixer* beton dengan gelas ukur untuk menyesuaikan kebutuhan air berdasarkan hitungan *mix design* yang sudah di dapat.
5. Menyalahkan mesin mixer hingga semua bahan tercampur dengan sempurna.
6. Setelah itu menghitung nilai pada slump dari beton tersebut.
7. Menungankan beton segar kedalam cetakan dengan beton segar tersebut secara perlahan, mulai dari 1/3 cetakan, 2/3, hingga penuh. Pada masing-masing tahapan merojok beton pada cetakan tersebut untuk mengeluarkan gelembung atau rongga udara yang terperangkap di dalam cetakan.
8. Tunggu hingga beton mengeras selama 24 jam hingga bisa di buka dari cetakan.



Gambar 3.4 : benda uji

3.8.7 Pemeriksaan slump test

Uji ini membantu menentukan seberapa mudah atau sulit beton dapat dipadatkan, yang juga mencerminkan kemampuan beton untuk mengalir dan mengisi cetakan dengan baik tanpa adanya segregasi. Berikut langkah langkah pengujian slump:

1. Basahi alat uji slump supaya beton tidak nempel pada alat tersebut
2. Masukkan beton segar ke dalam kerucut abrams secara bertahap di mulai dari 1/3, 2/3 hingga penuh. Sama halnya dengan cetakan. Beton pada kerucut abrams juga harus di rojok untuk mengeluarkan gelembung udara yang ada di dalamnya.
3. Setelah penuh, angkat perlahan kerucut abrams hingga beton jatuh.
4. Mengukur tinggi jatunya dari beton tersebut dengan menggunakan penggaris dan lakukan pencatatan.

Tabel 3.3 : nilai *slump* yang di anjurkan berdasarkan SNI 7656-2012

Tipe konstruksi	Slump(mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

3.8.8 Perawatan (*curing*) benda uji

proses menjaga kelembaban dan suhu beton setelah pengecoran untuk memastikan bahwa hidrasi semen berjalan dengan baik dan optimal. Proses ini sangat penting karena mempengaruhi kekuatan dan daya tahan beton. Tanpa

perawatan yang cukup, beton dapat mengering terlalu cepat atau tidak cukup keras, yang bisa menurunkan kualitas beton secara signifikan. langkah dalam proses *curing* beton adalah sebagai berikut,

1. Mengisi wadah dengan air.
2. Memasukan benda uji kedalam wadah.
3. Merendam benda uji ke dalam wadah.
4. Mengeringkan benda uji.

3.8.9 Pengujian kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik belah beton, bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik suatu benda uji pada perbandingan sesuai renc ana, pengujian dilakukan menurut ASTM C-307-03 Nilai kuat tarik langsung beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$f_{ct} = \frac{2P}{LD} \quad (3.11)$$

Dimana :

f_{ct} = kuat tarik beton (Mpa)

P = gaya yang bekerja (N)

L = panjang benda uji (mm)

D = diameter benda uji (mm)



Gambar 3.5 : Set up pengujian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Data penelitian perlu dianalisis dan dibahas. Bab ini akan membahas hasil penelitian di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian dimulai dengan memeriksa bahan penyusun beton, merencanakan campuran beton, mencampur bahan penyusun beton, dan menguji beton yang telah dibuat.

4.2 Hasil dan Analisis Pemeriksaan Agregat

Dalam bab ini, hasil dari penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data material agregat halus baik kasar termasuk analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, kadar lumpur, dan berat isi dengan mengikuti panduan dari SNI.

4.3 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pasir alam yang berasal dari binjai. Mutu pasir binjai secara umum memenuhi standar untuk digunakan sebagai bahan bangunan. Beberapa pemeriksaan yang dilakukan termasuk analisis saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur.

4.3.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian analisa saringan berpedoman pada SNI 03-1968-1990. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus.

Ukuran Saringan		Retained Fraction				Cumulative		Batas Zona 2	
AST M	SNI	Sampe l 1	Sampe l 2	Tota l	% Berat Tertaha n	Berat Tertaha n	Bera t Lolo s		
Inci	mm	gr	gr	Gr	%	%	%	Min	Max
3/8 inci	9,5	0	0	0	0	0	100	100	100
No 4	4,75	3	2	5	0,20	0,20	99,80	90	100
No 8	2,36	189	185	374	15,20	15,40	84,60	75	100
No 16	1,18	325	316	641	26,05	41,45	58,55	55	90
No 30	0,6	279	287	566	23,00	64,45	35,55	35	59
No 50	0,3	262	266	528	21,45	85,90	14,10	8	30
No 100	0,15	117	120	237	9,63	95,53	4,47	0	10
No 200	0,075	47	56	103	4,19	99,72	0,28		
Pan		4	3	7	0,28	100,00	0,00		
Jumlah		1226	1235	2461		302,925			
FM		3,03							

Berdasarkan Tabel 4.1, maka nilai modulus halus dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus kehalusan (finess modulus)} &= \frac{\sum \text{ Berat tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{302,92}{100} \\
 &= 3,03
 \end{aligned}$$

Pada umumnya modulus kehalusan agregat halus itu intervalnya antara 1,5 sampai 3,8. Jadi dari hasil uji didapat hasilnya sebesar 3,03 berarti nilainya sudah memenuhi syarat yang telah ditetapkan pada Tabel 4.1 untuk menjadi campuran beton.

4.3.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada SNI 1971 2011. Hasil dari pengujian yang dilakukan untuk dapat dilihat Tabel 4.1.

Tabel 4.2: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah + Sampel Awal	W1		999	1002	gr
Berat Wadah + Sampel Akhir	W2		985	982	gr
Berat Wadah	W3		499	502	gr
Berat sampel awal	A	$(W1-W3)$	500	500	gr
Berat Sampel Akhir	B	$(W2-W3)$	486	480	gr
Kadar Air Agregat	C	$\frac{(A-B)}{B} \times 100$	2,88	4,17	%
Rata -rata			3,52		%

Keterangan :

Berat sampel awal = berat sampel kondisi ssd

Berat sampel akhir = berat sampel kondisi kering oven 24 jam

Pengujian dilakukan dua kali dengan uji pertama dapat hasil sebesar 2,88 % Lalu yang kedua dapat hasil sebesar 4,17 %. Jadi rata rata kadar airnya dapat dari analisa data yaitu sebesar 3,52 %. Hasil pengujian memenuhi batas interval kadar air agregat halus yang dimana hasilnya 3 % sampai 6 %.

4.3.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada SNI 1970 2016. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Saringan No. 4)	01	02	<i>AVE</i> (Rata-Rata)
<i>Wt of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt of Flask + Water</i> (Berat Piknometer penuh air) (D)	662	662	662
<i>Wt. of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) C	964	975	969,5
<i>Wt. of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering oven (110° C) Sampai Konstan) E	487	482	484,5
<i>Bulk SP. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) B/ (B+D-C)	2,53	2,67	2,600
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (berat jenis contoh kering) E/B+D-C	2,63	2,85	2,742
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) E/(E+D-C)	2,46	2,58	2,52
<i>Absorption</i>	2,67	3,73	3,202
$(A - B_k) / B_k \times 100 \%$			

Pengujian dilakukan 2 kali dengan uji pertama hasilnya sebesar 2,63 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan 2,85 gr/cm³ jadi rata rata berat jenis kering sebesar 2,74 gr/cm³ , hasil uji ini sudah memenuhi batas interval berat jenis yaitu 1,6 sampai 3,2. Penyerapan air untuk pengujian pertama hasilnya 2,67 % lalu pengujian kedua 3,73 % dan rata rata penyerapan air sebesar 3,20 %.

4.3.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI-03-4142-1996). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah	W1		501	504	gr
Berat Wadah + Sampel Awal	W2		1501	1504	gr
Berat Wadah + Sampel Akhir	W3		1462	1471	gr
Berat sampel awal	A	$(W2-W1)$	1000	1000	gr
Berat Sampel Akhir	B	$(W3-W1)$	961	967	gr
Berat Kotoran Pada Agregat	C	$(A-B)$	39	33	gr
Persentase Kotoran		$(C/A) \times 100$	3,9	3,3	%
Rata-rata			3,6		%

Pengujian dilakukan 2 kali yang pertama didapatkan hasil 3,9 % sedangkan kedua didapatkan hasil sebesar 3,3 %. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang dari analisa data yaitu sebesar 3,6 %. Agregat dapat digunakan sebagai bahan campuran beton sebab memenuhi syarat batas interval kadar lumpur agregat halus yaitu 0,2% sampai 6%.

4.3.5 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat halus berpedoman pada SNI 03-4804-1998. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi agregat halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Goyang
Berat Sampel + Wadah	W1		Gr	19062	20091	20618
Berat Wadah	W2		Gr	5300	5300	5300
Berat Sampel	W3	$W1-W3$	Gr	13762	14791	15318
Volume Wadah	V1		cm ³	10851,84	10851,84	10851,84
Berat Isi		$W3/V1$	gr/cm ³	1,27	1,36	1,41
Rata-rata				1,35		

4.4 Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang berasal dari binjai. Beberapa pemeriksaan yang dilakukan termasuk analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi dan kadar lumpur.

4.4.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

pengujian analisa saringan berpedoman pada (SNI 03-1968-1990). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Ukuran Saringan		Retained Fraction				Cumulative		Batas Zona	
AST M	SNI	Sampe l 1	Sampe l 2	Tota l	% Berat Terta han	Berat Tertah an	Bera t Lolo s		
Inchi	mm	gr	gr	gr	%	%	%	Min	Max
1 inci	25,4	0	0	0	0	0	100	100	100
3/4 inci	19,1	23	18	41	1,66	1,66	98	95	100
1/2 inci	12,7	674	681	1355	54,93	56,59	43,41	20	50
3/8 inci	9,52	422	439	861	34,90	91,49	8,51	0	15
No. 4	4,75	117	93	210	8,51	100,00	0,00	0	5
No. 8	2,36	0	0	0	0,00	100,00			
No.16	1,18	0	0	0	0,00	100,00			
No. 30	0,6	0	0	0	0,00	100,00			
No. 50	0,3	0	0	0	0,00	100,00			
No. 100	0,15	0	0	0	0,00	100,00			
No. 200	0,075	0	0	0	0,00	100,00			
Pan		0	0	0	0,00	100,00	0,00	0	0
Jumlah		1236	1231	2467		749,737			
FM		7,50							

Berdasarkan Tabel 4.1, nilai modulus halus dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Modulus kehalusan (finess modulus)} &= \frac{\sum \text{ Berat tertahan kumulatif}}{100} \\ &= \frac{749,737}{100} \\ &= 7,50\end{aligned}$$

Nilai ini sudah memenuhi interval untuk modulus kehalusan agregat kasar sesuai spesifikasi, sehingga agregat kasar ini dapat digunakan untuk campuran beton.

4.4.2 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada SNI 1971 2011. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah + Sampel Awal	W1		1502	1505	gr
Berat Wadah + Sampel Akhir	W2		1491	1496	gr
Berat Wadah	W3		502	505	gr
Berat sampel awal	A	(W1-W3)	1000	1000	gr
Berat Sampel Akhir	B	(W2-W3)	989	991	gr
Kadar Air Agregat	C	$\frac{(A-B)}{B} \times 100$	1,11	0,91	%
Rata -rata			1,01		%

Dilakukan sebanyak 2 kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 1,11% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 0,91%. Jadi hasil kadar air rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 1,01%. Hasil tersebut memenuhi batas interval kadar air yaitu 0,5% sampai 2%.

4.4.3 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada SNI 1969 2016. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Nama Contoh		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
<i>Wt of SSD sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	A	2400	2478	2439
<i>Wt of SSD sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	B	1426	1470	1448
<i>Wt of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) Sampai Konstan (C)	C	2394	2472	2433
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	$\frac{A}{A - B}$	2,464	2,458	2,46
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat Jenis contoh kering)	$\frac{C}{A - B}$	2,458	2,452	2,46
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu)	$\frac{C}{C - B}$	2,47314	2,467066	2,47
Penyerapan air (%)	$\frac{A - C}{C} \times 100$	0,25	0,24	0,25

Pengujian dilakukan 2 kali dengan uji pertama hasilnya sebesar 2,458 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan 2,452 gr/cm³ jadi rata rata berat jenis kering sebesar 2,46 gr/cm³ , Penyerapan air untuk pengujian pertama hasilnya 0,25 % lalu pengujian kedua 0,24 % dan rata rata penyerapan air sebesar 0,25 %.

4.4.4 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Hasil dari pengujian yang mengacu (SNI-03-4142-1996) telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah	W1		501	504	gr
Berat Wadah + Sampel Awal	W2		1501	1504	gr
Berat Wadah + Sampel Akhir	W3		1493	1498	gr
Berat sampel awal	A	$(W2-W1)$	1000	1000	gr
Berat Sampel Akhir	B	$(W3-W1)$	992	994	gr
Berat Kotoran Pada Agregat	C	$(A-B)$	8	6	gr
Persentase Kotoran		$(C/A) \times 100$	0,8	0,6	%
Rata-rata			0,7		%

Pengujian dilakukan 2 kali maka hasil kadar lumpur rata-rata yang dari analisa data yaitu sebesar 0,7 %.

4.4.5 Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi agregat berpedoman pada SNI 03-4804-1998. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian berat isi agregat kasar.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Goyang
Berat Sampel + Wadah	W1		Gr	23351	24213	24309
Berat Wadah	W2		Gr	5300	5300	5300
Berat Sampel	W3	$W1-W3$	Gr	18051	18913	19009
Volume Wadah	V1		cm ³	10851,84	10851,84	10851,84
Berat Isi		$W3/V1$	gr/cm ³	1,66	1,74	1,75
Rata-rata				1,72		

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar $1,66 \text{ gr/cm}^3$, cara tusuk sebesar $1,74 \text{ gr/cm}^3$, dan cara goyang sebesar $1,75 \text{ gr/cm}^3$. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar $1,72 \text{ gr/cm}^3$.

4.5 Perencanaan Campuran Beton

Setelah pengujian agregat halus dan kasar selesai dilakukan, lalu gunakan data data tersebut untuk perencanaan campuran beton dengan kekuatan beton yang akan direncanakan sebesar 20 Mpa. Adapun data data nya dilihat di tabel 4.11.

Tabel 4.11: Data-data tes dasar.

No	Data Tes Dasar	Nilai
1	Mutu beton rencana	20 MPa
2	Modulus kehalusan (FM) agregat halus	3,03
3	Modulus kehalusan (FM) agregat kasar	7,50
4	Kadar air agregat halus	3,52%
5	Kadar air agregat kasar	1,01%
6	Berat jenis agregat halus	$2,60 \text{ gr/cm}^3$
7	Berat jenis agregat kasar	$2,46 \text{ gr/cm}^3$
8	Daya serap agregat halus	3,20%
9	Daya serap agregat kasar	0,25%
10	Kadar lumpur agregat halus	3,6%
11	Kadar lumpur agregat kasar	0,7%
12	Berat isi agregat halus	$1,35 \text{ gr/cm}^3$
13	Berat isi agregat kasar	$1,72 \text{ gr/cm}^3$
14	Nilai slump	75-120mm

4.6 Perhitungan *Mix Design* Beton Kertas Serat Nylon

4.6.1 Mix Design Beton

Setelah melakukan berbagai jenis pengujian untuk material yang mau di gunakan pada campuran beton, hasil data yang didapatkan akan dipakai untuk merencanakan campuran beton atau disebut “mix design”. Sesuai dengan rencana penelitian ini, kekuatan beton direncanakan adalah 20 Mpa yang berpedomab SNI

2834-2000. Adapun langkahnya dalam perencanaan beton seperti dibawah ini.

1. kuat tarik rencana (f'_c) adalah 20 Mpa dengan umur rencana 28 hari.
2. Semen yang digunakan adalah portland tipe 1.
3. Agregat halus yang digunakan diperoleh dari binjai
4. Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil/batu pecah dengan ukuran maksimum 19mm diperoleh dari binjai.
5. Faktor air semen (FAS) yang digunakan untuk rencana umur beton 28 hari adalah 0,54.
6. FAS maksimum untuk beton diluar ruangan tidak terlindungi hujan dan matahari adalah 0,6 dengan berat semen minimum 325 kg/m³.
7. Nilai slump yang direncanakan adalah 75-150 mm.
8. Kadar air bebas yang digunakan adalah 204,9 kg/m³.
9. Jumlah semen yang digunakan adalah,

$$W \text{ semen} = W \text{ air} / \text{FAS}$$

$$= 204,9 / 0,54$$

$$= 379,44 \text{ kg/m}^3.$$

nilai ini lebih besar dari berat semen minimum maka tidak perlu diubah.

10. Persentase agregat halus yang didapat adalah 42,5%.
11. Persentase agregat kasar untuk agregat gabungan adalah 100% dikurang persentase agregat halus yaitu 57,5%.
12. Berat jenis agregat halus adalah 2,64 dan agregat kasar 2,45 berdasarkan pemeriksaan agregat yang telah dilakukan. Maka berat jenis agregat campuran adalah 2,53.
13. Berat isi beton basah didapat berdasarkan hitungan adalah 2250 kg/m³.
14. Kadar agregat campuran,

$$\text{Ag camp} = \text{Berat isi beton} - W \text{ semen} - W \text{ air}$$

$$= 2250 - 379,44 - 204,9$$

$$= 1665,66 \text{ kg/m}^3$$

15. Kadar agregat kasar dan agregat halus,

$$\text{Ag Kasar} = \% \text{ ag kasar} \times \text{Ag camp}$$

$$= 57,5 \% \times 1665,66$$

$$= 957,75 \text{ kg/m}^3.$$

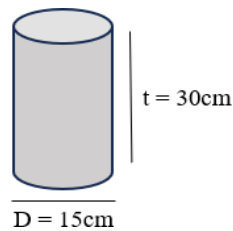
$$\begin{aligned}
 \text{Ag Halus} &= \% \text{ ag halus} \times \text{Ag camp} \\
 &= 42,5 \% \times 1665,66 \\
 &= 707,90 \text{ kg/m}^3.
 \end{aligned}$$

16. Perbandingan kadar semen, agregat halus, agregat kasar dan air pada rencana campuran beton untuk 1m³

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= 204,9 \text{ kg/m}^3. & = 0,5 \\
 \text{Semen} &= 379,44 \text{ kg/m}^3. & = 1 \\
 \text{Agregat Halus} &= 707,90 \text{ kg/m}^3. & = 2 \\
 \text{Agregat Kasar} &= 957,75 \text{ kg/m}^3. & = 3
 \end{aligned}$$

4.6.2 Kebutuhan Material

Berdasarkan *mix design* atau perencanaan campuran beton yang sudah dilakukan , maka dapat diketahui jumlah kebutuhan material yang akan digunakan untuk setiap 1 benda uji silinder.



Gambar 4.1 : Sampel Beton Silinder

Untuk setiap 1 benda uji :

$$\text{Diameter (D)} = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (T)} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume (V)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \pi 0,15^2 0,3 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3.
 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan material untuk setiap benda uji adalah.

$$\text{Air} = 204,9 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 1,08 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 379,44 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 2,01 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus} = 707,90 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 3,75 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar} = 957,75 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 5,07 \text{ kg}$$

4.6.3 Kebutuhan Kertas

Kebutuhan bahan pengganti dari pasir dalam penelitian ini didapat dari kertas hvs yang mengabaikan efek tinta. Persentase yang digunakan adalah 25 % dari berat agregat halus untuk sampel beton dengan variasi beton kertas normal dan beton kertas serat nylon, berat kertas dibutuhkan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.12: Kebutuhan Kertas HVS Untuk 1 Benda Uji.

Variasi	Persentase kertas digunakan (%)	Berat Agregat Halus 1 benda uji (Kg)	Berat kertas yang dibutuhkan (Kg)
BKN	25	2.81	0.94
BKSN 0,4%	25	2.81	0.94
BKSN 0.4% RENDAM	25	2.81	0.94
BKSN 0,8%	25	2.81	0.94
BKSN 1,2%	25	2.81	0.94

4.6.4 Kebutuhan Serat Nylon

Pada penelitian ini juga menggunakan bahan tambah serat nylon. Serat nylon ini didapat dari hasil berat semen dengan persentase 0,4%,0,8% dan1,2%. Maka berat serat nylon dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel 4.13: kebutuhan serat nylon untuk 1 benda uji.

Variasi	Persentase Nylon (%)	Berat Nylon Dibutuhkan (Kg)
BSN 0,4%	0,4%	0,010
BSN 0,8%	0,8%	0,019
BSN 1,2%	1,2%	0,029
BKSN 0,4%	0,4%	0,010
BKSN 0,8%	0,8%	0,019
BKSN 1,2%	1,2%	0,029
BKSN 0,4% DIRENDAM	0,4%	0,010

4.6.5 Kebutuhan Material Keseluruhan

Pembuatan campuran beton didasarkan acuan dari jurnal-jurnal penelitian yang sesuai dengan nilai FAS sebesar 0,54.

Tabel 4.14: Kebutuhan Material Untuk 3 Benda Uji.

N O	KODE BENDA UJI	SEMEN + SERAT NYLON		AGREGAT HALUS		AGREGA T KASAR (100%) (KG)	AIR 100% (KG)
		SEME N (100%) (KG)	NYLO N (KG)	PASI R (KG)	KERTA S (25 %) (KG)		
1	BN	6,03		12,96 (100%)		21,6	3,24
2	BSN						
	0,4%	2,01	0,010	3,75		5,07	1,08
	0,8%	2,01	0,019	3,75		5,07	1,08
	1,2%	2,01	0,029	3,75		5,07	1,08
				100%			
3	BKN	6,03		8,44 (75%)	2,81 (25%)	15,21	3,24
4	BKSN 0,4 DIRENDA M	6,03	0,029	8,44 (75%)	2,81 (25%)	15,21	3,24
5	BKSN 0,4%	6,03	0,029	8,44 (75%)	2,81 (25%)	15,21	3,24
6	BKSN 0,8%	6,03	0,058	8,44 (75%)	2,81 (25%)	15,21	3,24
7	BKSN 1,2%	6,03	0,087	8,44 (75%)	2,81 (25%)	15,21	3,24

4.7 SLUMP TEST

Pelaksanaan *slump test* berpedoman pada (SNI 1972:2008). Hasil dari *slump test* pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.15 : Hasil pengujian *slump test*

NO	VARIASI	NILAI SLUMP (mm)
1	BN	100
2	BSN 0,4 %	90
3	BSN 0,8 %	90
4	BSN 1,2 %	90
5	BKN	80
6	BKSN 0,4 % DIRENDAM	85
7	BKSN 0,4%	85
8	BKSN 0,8%	90
9	BKSN 1,2%	90

Hasil slump test tertinggi terdapat di beton normal, penambahan kertas baik direndam maupun tidak menyebabkan penurunan workability. Penambahan bahan tambahan Nylon seperti pada variasi BKSN membantu meningkatkan kembali nilai slump.

4.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan saat benda berumur 28 hari dan Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan menggunakan alat Compression Testing Machine sehingga diperoleh beban maksimum saat beton mengalami kehancuran. Hasilnya dapat dilihat dibawah ini.

Dimana :

1. Beton normal

a Benda uji 1

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 150 \text{ kN} \\ &= 150000 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tarik belah beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 150000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 2,123 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

b Benda uji 2

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 70 \text{ kN} \\ &= 70000 \text{ N} \\ \text{Panjang benda uji (L)} &= 300 \text{ mm} \\ \text{Diameter benda uji (D)} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Kuat tarik belah beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 70000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 0,991 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

c Benda uji 3

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 140 \text{ kN} \\ &= 140000 \text{ N} \\ \text{Panjang benda uji (L)} &= 300 \text{ mm} \\ \text{Diameter benda uji (D)} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 140000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 1,982 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\text{Kuat tarik rata-rata} &= \frac{\text{benda uji 1} + \text{benda uji 2} + \text{benda uji 3}}{3} \\ &= \frac{2,123 + 0,991 + 1,982}{3} \\ &= 1,699 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

2. Beton Serat Nylon 0,4% , 0,8% dan 1,2%

d Benda uji 0,4%

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 90 \text{ kN} \\ &= 90000 \text{ N} \\ \text{Panjang benda uji (L)} &= 300 \text{ mm} \\ \text{Diameter benda uji (D)} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD}\end{aligned}$$

$$= \frac{2 \times 900000}{3,14 \times 300 \times 150}$$

$$= 1,274 \text{ Mpa}$$

e Benda uji 0,8%

$$\text{Beban (P)} = 90 \text{ kN}$$

$$= 90000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat tarik belan beton} = \frac{2p}{\pi LD}$$

$$= \frac{2 \times 90000}{3,14 \times 300 \times 150}$$

$$= 1,274 \text{ Mpa}$$

f Benda uji 1,2%

$$\text{Beban (P)} = 120 \text{ kN}$$

$$= 120000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat tarik belan beton} = \frac{2p}{\pi LD}$$

$$= \frac{2 \times 120000}{3,14 \times 300 \times 150}$$

$$= 1,699 \text{ Mpa}$$

3. Beton Kertas 25% Normal

g Benda uji 1

$$\text{Beban (P)} = 80 \text{ kN}$$

$$= 80000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat tarik belan beton} = \frac{2p}{\pi LD}$$

$$= \frac{2 \times 80000}{3,14 \times 300 \times 150}$$

$$= 1,132 \text{ Mpa}$$

h Benda uji 2

$$\begin{aligned}
 \text{Beban (P)} &= 40 \text{ kN} \\
 &= 40000 \text{ N} \\
 \text{Panjang benda uji (L)} &= 300 \text{ mm} \\
 \text{Diameter benda uji (D)} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\
 &= \frac{2 \times 40000}{3,14 \times 300 \times 150} \\
 &= 0,566 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

i Benda uji 3

$$\begin{aligned}
 \text{Beban (P)} &= 80 \text{ kN} \\
 &= 80000 \text{ N} \\
 \text{Panjang benda uji (L)} &= 300 \text{ mm} \\
 \text{Diameter benda uji (D)} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\
 &= \frac{2 \times 80000}{3,14 \times 300 \times 150} \\
 &= 1,132 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik rata-rata} &= \frac{\text{benda uji 1} + \text{benda uji 2} + \text{benda uji 3}}{3} \\
 &= \frac{1,132 + 0,566 + 1,132}{3} \\
 &= 0,943 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

4. Beton Kertas 25% dan Serat Nylon 0,4% direndam

j Benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{Beban (P)} &= 50 \text{ kN} \\
 &= 50000 \text{ N} \\
 \text{Panjang benda uji (L)} &= 300 \text{ mm} \\
 \text{Diameter benda uji (D)} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\
 &= \frac{2 \times 50000}{3,14 \times 300 \times 150}
 \end{aligned}$$

$$= 0,708 \text{ Mpa}$$

k Benda uji 2

$$\text{Beban (P)} = 50 \text{ kN}$$

$$= 50000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 50000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 0,708 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

l Benda uji 3

$$\text{Beban (P)} = 50 \text{ kN}$$

$$= 50000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 50000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 0,708 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik rata-rata} &= \frac{\text{benda uji 1} + \text{benda uji 2} + \text{benda uji 3}}{3} \\ &= \frac{0,708 + 0,708 + 0,708}{3} \\ &= 0,708 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

5. Beton Kertas 25% dan Serat Nylon 0,4%

m Benda uji 1

$$\text{Beban (P)} = 50 \text{ kN}$$

$$= 50000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat tarik belan beton} = \frac{2p}{\pi LD}$$

$$= \frac{2 \times 50000}{3,14 \times 300 \times 150}$$

$$= 0,708 \text{ Mpa}$$

n Benda uji 2

$$\text{Beban (P)} = 70 \text{ kN}$$

$$= 70000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat tarik belan beton} = \frac{2p}{\pi LD}$$

$$= \frac{2 \times 70000}{3,14 \times 300 \times 150}$$

$$= 0,991 \text{ Mpa}$$

o Benda uji 3

$$\text{Beban (P)} = 60 \text{ kN}$$

$$= 60000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat tarik belan beton} = \frac{2p}{\pi LD}$$

$$= \frac{2 \times 60000}{3,14 \times 300 \times 150}$$

$$= 0,849 \text{ Mpa}$$

Maka :

$$\text{Kuat tarik rata-rata} = \frac{\text{benda uji 1} + \text{benda uji 2} + \text{benda uji 3}}{3}$$

$$= \frac{0,708 + 0,991 + 0,849}{3}$$

$$= 0,849 \text{ Mpa}$$

6. Beton Kertas 25% dan Serat Nylon 0,8%

p Benda uji 1

$$\text{Beban (P)} = 70 \text{ kN}$$

$$= 70000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang benda uji (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter benda uji (D)} = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{2p}{\pi LD}$$

Kuat tarik belan beton =

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \times 70000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 0,991 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

q Benda uji 2

$$\begin{aligned} \text{Beban (P)} &= 70 \text{ kN} \\ &= 70000 \text{ N} \end{aligned}$$

Panjang benda uji (L) = 300 mm

Diameter benda uji (D)= 150 mm

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 70000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 0,991 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

r Benda uji 3

$$\begin{aligned} \text{Beban (P)} &= 80 \text{ kN} \\ &= 80000 \text{ N} \end{aligned}$$

Panjang benda uji (L) = 300 mm

Diameter benda uji (D)= 150 mm

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 80000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 1,132 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik rata-rata} &= \frac{\text{benda uji 1} + \text{benda uji 2} + \text{benda uji 3}}{3} \\ &= \frac{0,991 + 0,991 + 1,132}{3} \\ &= 1,038 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

7. Beton kertas 25% dan Serat Nylon 1,2%

s Benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Beban (P)} &= 80 \text{ kN} \\ &= 80000 \text{ N} \end{aligned}$$

Panjang benda uji (L) = 300 mm

Diameter benda uji (D)= 150 mm

$$\begin{aligned}\text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 80000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 1,132 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

t Benda uji 2

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 70 \text{ kN} \\ &= 70000 \text{ N}\end{aligned}$$

Panjang benda uji (L) = 300 mm

Diameter benda uji (D)= 150 mm

$$\begin{aligned}\text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 70000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 0,991 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

u Benda uji 3 1

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 80 \text{ kN} \\ &= 80000 \text{ N}\end{aligned}$$

Panjang benda uji (L) = 300 mm

Diameter benda uji (D)= 150 mm

$$\begin{aligned}\text{Kuat tarik belan beton} &= \frac{2p}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 80000}{3,14 \times 300 \times 150} \\ &= 1,132 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

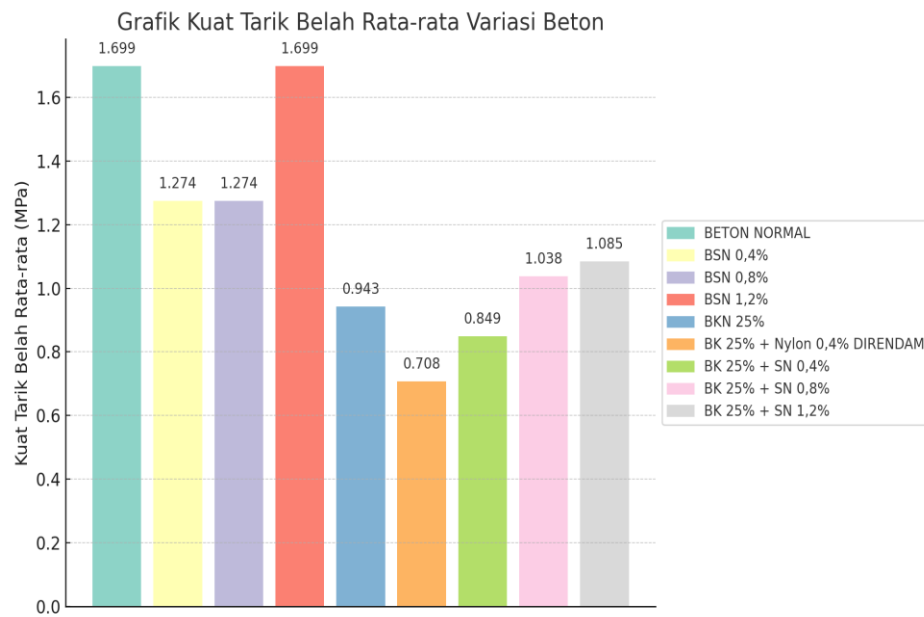
Maka :

$$\begin{aligned}\text{Kuat tarik rata-rata} &= \frac{\text{benda uji 1} + \text{benda uji 2} + \text{benda uji 3}}{3} \\ &= \frac{1,132 + 0,991 + 1,132}{3} \\ &= 1,085 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Tabel 4.16 : Hasil pengujian kuat tarik belah beton.

No	Benda Uji	Umur	Beban maksimum	π LD	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik Belah Rata-rata
		Hari	N	mm	MPa	MPa
1	BETON NORMAL	28	150000	141300	2,123	1,699
			70000	141300	0,991	
			140000	141300	1,982	
2	BSN 0,4%	28	90000	141300	1,274	1,274
3	BSN 0,8%	28	90000	141300	1,274	1,274
4	BSN 1,2%	28	120000	141300	1,699	1,699
5	BKN 25%	28	80000	141300	1,132	0,943
			40000	141300	0,566	
			80000	141300	1,132	
6	BK 25%+ SN 0.4% DIRENDAM	28	50000	141300	0,708	0,708
			50000	141300	0,708	
			50000	141300	0,708	
7	BK 25% + SN 0,4%	28	50000	141300	0,708	0,849
			70000	141300	0,991	
			60000	141300	0,849	
8	BK 25% + SN 0,8%	28	70000	141300	0,991	1,038
			70000	141300	0,991	
			80000	141300	1,132	
9	BK 25% + SN 1,2%	28	80000	141300	1,132	1,085
			70000	141300	0,991	
			80000	141300	1,132	

Dari data diatas dapat digambarkan grafik pengaruh penggunaan beton kertas dengan bahan tambah serat nylon terhadap kuat tarik belah beton dibawah ini.



Gambar 4.2 : Grafik perbandingan nilai kuat tarik belah terhadap variasi campuran beton kertas serat nylon

Berdasarkan grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton diatas dapat disimpulkan bahwa beton normal digunakan sebagai acuan perbandingan. Campuran dengan BSN 1,2% berhasil menyamai kuat tarik beton normal sedangkan variasi BK atau beton kertas saja menurunkan kuat tarik. Kombinasi BK+SN mampu meingkatkan kuat tarik dibanding BK murni meski belum menyamai beton normal. Sedangkan BKS 0,4% yang direndam mengalami penurunan signifikan karna kelebihan air dari proses perendaman sebab kertas bersifat menyerap air, ini mengurangi kerapatan beton dan berakibat pada penurunan kuat tarik belah.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, Pengaruh kertas sebagai pengganti agregat halus dan serat nylon sebagai bahan tambah didapatkan kesimpulan sebagai berikut,

1. Dampak dari hasil pengujian penambahan serat nylon terhadap kekuatan tarik belah dari beton kertas dengan variasi persentase sebesar :
 - $0,4\% = 0,849 \text{ Mpa}$
 - $0.8\% = 1,038 \text{ Mpa}$
 - $1,2\% = 1,085 \text{ Mpa}$
2. Persentase campuran beton kertas dengan bahan tambah serat nylon yang ideal menghasilkan beton yang kuat dan tahan lama terdapat dicampuran dengan 25% limbah kertas sebagai pengganti agregat halus dan 1,2% serat nylon terhadap berat semen. Kombinasi ini mampu meningkatkan kekuatan tarik belah beton mendekati beton normal, sekaligus memanfaatkan limbah kertas sebagai material ramah lingkungan.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, perlu beberapa saran yang perlu dikembangkan untuk penelitian ini adalah,

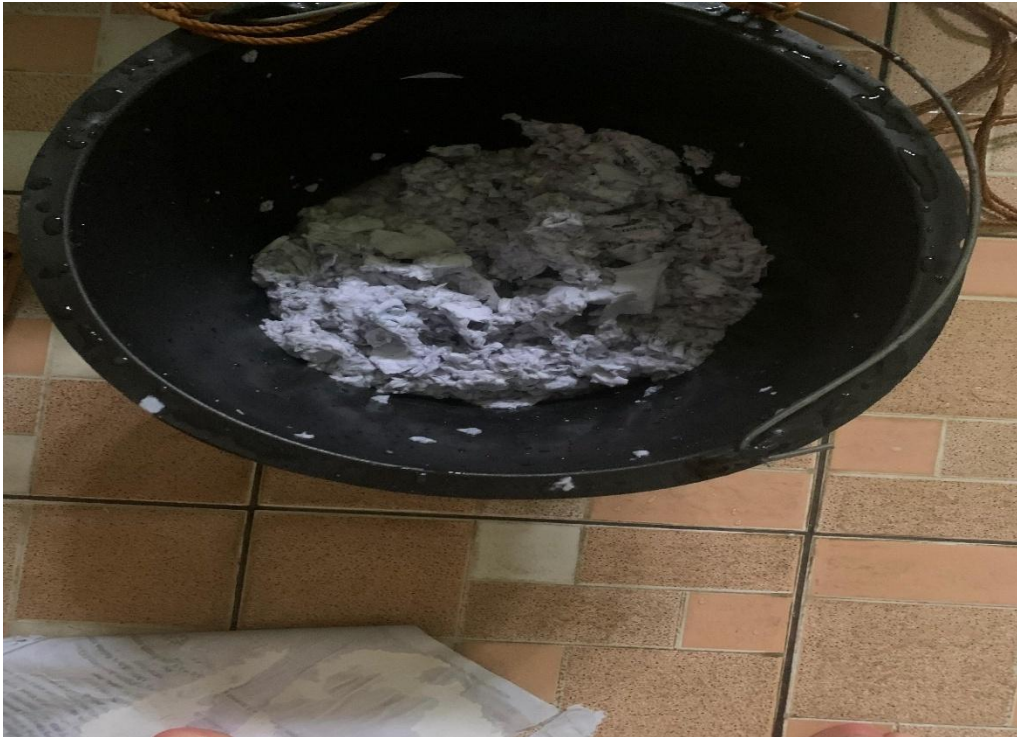
1. Hasil penelitian perlu diperhatikan juga metode perawatannya karena pada variasi beton yang direndam mengalami penurunan kuat tarik belah nya. Perawatan (curing) beton harus dilakukan secara konsisten, sebab tidak semua jenis campuran itu cocok sama metode perendaman.
2. Disarankan kepada para peneliti untuk pertimbangkan penggunaan limbah kertas HVS dalam pembuatan beton, karena bukan hanya mengurangi limbah, tapi juga bisa membuat penurunan berat beton menjadi beton ringan dan sebagai material konstruksi alternatif yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bermansyah S. , Surya Bermansyah 1 Huzaim 2) , dan Sanneti Hevianis 3). 1999;3:3-8.
- Cahyono B. Kajian Kuat Lentur Beton Kertas (Papercrete) Dengan Bahan Tambah Serat Nylon. *Skripsi*. Published online 2011:1-53.
- Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal Badan Standardisasi Nasional T, Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung T, Standardisasi Nasional B, Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton silinder M. Jakrta: Badan Standarisasi Nasional Badan Standarisasi nasional. 1990 SNI-03-1968-1990. Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta: Badan Standrisasi Nasional SNI. *Badan Stand Nas*. Published online 1990:1986-1987. <http://etd.repository.ugm.ac.id/>
- Dedy Mandala Putra. Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Untu Partisi Gedung. *Under Grad thesis*. Published online 2018. [https://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/9266/1/DedyMandalaPutra - fulltext.pdf](https://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/9266/1/DedyMandalaPutra-fulltext.pdf)
- Demirbas A, Oztiirk T. Index To Volume 31. *World Compet*. 2009;32(Issue 1):147-160. doi:10.54648/woco2009016
- Gifa Z, Lutfiani B, Zakina A. Studi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal dengan Bahan Tambah Serat Nylon. 2023;02(01):1-11.
- Gunarto A, Satyarno I, Tjokrodinuljo K. Pemanfaatan Limbah Kertas Koran Untuk Pembuatan Panel Papercrete. *Forum Tek Sipil*. 2008;XVIII(2):788-797.
- Gunawan P, Wibowo, Suryawan N. Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Pada Beton Ringan Dengan Teknologi FOAM Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas. *Matriks Tek Sipil*. 2014;2(2):207.
- HADI HS. Analisis Penambahan Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Susilorini R. Model Cabut-Serat Nylon 600 Tertanam Dalam Matriks Sementitis Berbasis Fraktur. 11(1):38-52.
- Pratama E. 55825-ID-kajian-kuat-tekan-dan-kuat-tarik-belah-b. *Kaji Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Bet Kertas Dengan Bahan Tambah Serat Nylon*. 2016;4:28-38.
- Rahmadhon, Andri S, Pada K, Campuran V, et al. Andri Rahmadhon I 0105038 Andri Rahmadhon. Published online 2010.

- Rangan PR. Pengaruh Pemanfaatan Limbah Kertas Hvs Sebagai Bahan Tambah Batako Pejal Terhadap Kuat Tekan. *J Dyn Saint*. 2018;3(2):684-710. doi:10.47178/dynamicsaint.v3i2.430
- Rangga P. Tandipayuk, Adiwijaya, dan Martha Manganta 2017. Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus. Published online 2017.
- Shaleh AM, Johari GJ. DENGAN CAMPURAN BUBUR KERTAS Abstrak yang ramah lingkungan , salah satu inovasi yang dikembangkan adalah daur ulang limbah kertas. 2023;19(02):171-175.
- SNI-1969-2016. (2016). SNI 1969:2016 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.
- SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat. *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*, 1–6.
- SNI 1970. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7–18.
- SNI 1971:2011. (2011). “Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.” *Badan Standarisasi Nasional*, 1–11.
- SNI 2493:2011. (2011). SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 23.
- SNI 7656:2012. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *Badan Standarisasi Nasional*, 52.
- Taylor R, Group F. Daftar pustaka. 2023;1(1996):2019-2021.
- Teori D, Praktek KE. TEKNOLOGI BETON: Dari Teori Ke Praktek. 2019;(March).

LAMPIRAN



Dokumentasi 1 : pembuatan limbah kertas



Dokumentasi 2 : Pengeringan limbah kertas



Dokumentasi 3 : bahan tambah serat nylon



Dokumentasi 4 : penimbangan agregat halus



Dokumentasi 5 : Penimbangan agregat kasar



Dokumntasi 6 : Mesin pengaduk semen



Dokumentasi 7 : Benda uji dibawa ke Lab USU untuk di uji



Dokumentasi 8 : Penimbangan benda uji



Dokumentasi 9 : Pengujian kuat tarik belah beton

