

TUGAS AKHIR
PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON KERTAS (PAPERCRETE)
DENGAN BAHAN TAMBAHAN SERAT NYLON
(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh :

CANDHY RUDIATSYA

2107210179



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : CANDHY RUDIATSYA

NPM : 2107210179

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengujian Kuat Tekan Beton Kertas (*Papercrete*) Dengan Bahan
Tambah Serat Nylon

Bidang Ilmu : Struktur

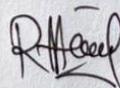
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 01 Agustus 2015

Dosen Pembimbing



Rizki Efrida, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : CANDHY RUDIATSYA

NPM : 2107210179

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengujian Kuat Tekan Beton Kertas (*Papercrete*) Dengan Bahan
Tambah Serat Nylon

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, 01 Agustus 2025

Mengetahui dan menyetujui:

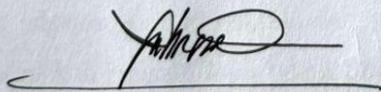
Dosen Pembimbing



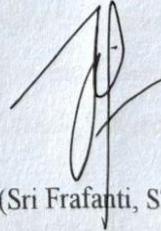
(Rizki Efrida, S.T, M.T)

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



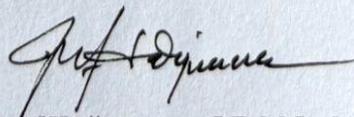
(Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain)



(Sri Frafanti, ST., MT)

Program Studi Teknik Sipil

Ketua Program Studi Teknik Sipil



(Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc. Ph.D)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : CANDHY RUDIATSYA
Tempat/Tanggal Lahir : Paya Bakung, 30 Januari 2003
NPM : 2107210179
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

” Pengujian Kuat Tekan Beton Kertas (*Papercrete*) Dengan Bahan Tambah Serat Nylon”

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 hakekatnya bukan 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/kesarjanaan 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 Muhamadiyah Sumatera Utara.

Medan, 01 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



CANDHY RUDIATSYA

ABSTRAK

**PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON KERTAS (PAPERCRETE)
DENGAN BAHAN TAMBAHAN SERAT NYLON**

Candhy Rudiatsya

2107210179

Rizki Efrida,S.T.,M.T

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tekan beton kertas (papercrete) dengan variasi penambahan serat nylon (0,4%, 0,8%, dan 1,2% dari berat semen) dan untuk menentukan persentase optimal campuran beton terhadap beton normal. Penelitian eksperimental ini menggunakan limbah kertas HVS sebagai pengganti 25% agregat halus dan serat nylon sebagai bahan tambahan. Pengujian meliputi analisis saringan, berat jenis, penyerapan air, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur untuk agregat kasar dan halus. Campuran beton dirancang berdasarkan SNI 2834-2000 dengan target kuat tekan 20 MPa. Pembuatan benda uji dilakukan dengan metode standar, diikuti pengujian slump dan kuat tekan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat nylon meningkatkan kuat tekan beton, dengan nilai maksimum tercapai pada penambahan 1,2% (23,21 MPa), lebih tinggi dari beton normal (19,63 MPa). Namun, penggunaan limbah kertas menurunkan kuat tekan. Perendaman sampel juga mengurangi kuat tekan karena penyerapan air oleh kertas. Penelitian menyarankan optimasi komposisi campuran dan evaluasi metode perawatan beton untuk meningkatkan kinerja beton kertas dengan serat nylon.

Kata Kunci: beton kertas, serat nylon, kuat tekan, limbah kertas, beton ramah lingkungan

ABSTRAK
PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON KERTAS (PAPERCRETE)
DENGAN BAHAN TAMBAHAN SERAT NYLON

Candhy Rudiatsya

2107210179

Rizki Efrida,S.T.,M.T

This study aims to determine the compressive strength of papercrete with varying amounts of nylon fiber additives (0.4%, 0.8%, and 1.2% of cement weight) and to determine the optimal mix proportion compared to normal concrete. This experimental research utilizes waste HVS paper as a replacement for 25% of the fine aggregate and nylon fiber as an additive. Testing included sieve analysis, specific gravity, water absorption, bulk density, water content, and silt content for both coarse and fine aggregates. The concrete mix design was based on SNI 2834-2000, targeting a compressive strength of 20 MPa. Specimen preparation followed standard procedures, followed by slump and compressive strength testing at 28 days. Results show that the addition of nylon fiber increases the compressive strength of the concrete, with the maximum value achieved at 1.2% addition (23.21 MPa), exceeding that of normal concrete (19.63 MPa). However, the use of waste paper reduced compressive strength. Immersion of the specimens also reduced compressive strength due to water absorption by the paper. The research suggests optimizing the mix composition and evaluating alternative curing methods to improve the performance of papercrete with nylon fiber.

Keywords: *paper concrete, nylon fiber, compressive strength, paper waste, environmentally friendly concrete*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, 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 Penggunaan Limbah Hasil Uji Beton Dan Abu Limbah Keramik Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan Agregat Halus Terhadap Nilai Kuat Tekan 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. Ibu Sri Frafanti, S.T., M.T. 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, S.T., M.Sc. Ph.D selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmunya.
2. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Kepada orang Tua dan keluarga, yang tidak pernah berhenti mendoakan dan mendukung.
4. Semua teman-teman Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 18 Februari 2025

Candhy Rudiatsya

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| ABSTRACK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| 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 Pengertian Beton | 5 |
| 2.2 Campuran Beton | 5 |
| 2.3 Limbah Kertas | 6 |
| 2.4 Serat Nylon | 6 |
| 2.5 Kuat Tekan Beton | 7 |
| 2.6 Penelitian Terdahulu | 8 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | 11 |
| 3.1 Bagan Alir Penelitian | 11 |
| 3.2 Tahapan Penelitian | 12 |
| 3.3 lokasi Dan Waktu Penelitian | 14 |
| 3.4 Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data | 14 |
| 3.4.1 Data Primer | 14 |
| 3.4.2 Data Skunder | 14 |

| | |
|---|----|
| 3.6 Alat Dan Bahan | 15 |
| 3.6.1 Alat | 15 |
| 3.6 Jumlah Benda Uji | 17 |
| 3.7 Langkah-Langkah Pengujian | 18 |
| 3.7.1 Berat Jenis Dan Penyerapan | 18 |
| 3.7.2 Berat Isi Agregat | 20 |
| 3.7.3 Pengujian Kadar Air | 20 |
| 3.7.4 Pengujian Kadar Lumpur | 21 |
| 3.7.5 Perencanaan Campuran Beton (mix design) | 21 |
| 3.7.6 Pembuatan Benda Uji | 22 |
| 3.7.6 Pemeriksaan Slump Test | 23 |
| 3.7.7 Perawatan (Curring) Benda Uji | 23 |
| 3.7.8 Pengujian Kuat Tekan | 24 |
| BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL | 26 |
| 4.1 Hasil Data Analisa Pemeriksaan Material Agregat | 26 |
| 4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar | 27 |
| 4.2.1 Analisa Saringan Agrgat Kasar | 27 |
| 4.2.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar | 28 |
| 4.2.3 Berat Isi Agregat Kasar | 29 |
| 4.2.4 Kadar Air Agregat Kasar | 30 |
| 4.2.5 Kadar Lumpur Agregat kasar | 30 |
| 4.3 Pemeriksaan Agregat Halus | 31 |
| 4.3.1 Analisa Saringan Agregat Halus | 31 |
| 4.3.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus | 32 |
| 4.3.3 Berat Isi Agregat Halus | 33 |
| 4.3.4 Kadar Air Agregat Halus | 34 |
| 4.3.5 Kadar Lumpur Agregat Halus | 34 |
| 4.4 Rencana Campuran Beton | 35 |
| 4.4.1 Mix Design | 35 |
| 4.4.2 Kebutuhan Material | 36 |
| 4.4.3 Kebutuhan Kertas | 37 |
| 4.4.4 Kebutuhan Nylon | 37 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 4.4.5 Kebutuhan Material Keseluruhan | 38 |
| 4.5 Pengujian Slump | 39 |
| 4.6 Pengujian Kuat Tekan | 40 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 42 |
| 5.1 Kesimpulan | 42 |
| 5.2 Saran | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA | 44 |
| LAMPIRAN | 46 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji | 17 |
| Tabel 3.2 Persentase Campuran | 18 |
| Tabel 3.3 Nilai Slump Yang Di Anjurkan Berdasarkan SNI 7656-2012 | 24 |
| Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat | 26 |
| Tabel 4.2 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar | 27 |
| Tabel 4.3 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar | 28 |
| Tabel 4.4 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar | 29 |
| Tabel 4.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar | 30 |
| Tabel 4.6 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar | 30 |
| Tabel 4.7 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus | 31 |
| Tabel 4.8 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus | 32 |
| Tabel 4.9 Penyerapan Berat Isi Agregat Halus | 33 |
| Tabel 4.10 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus | 34 |
| Tabel 4.11 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus | 34 |
| Tabel 4.12 Kebutuhan Material | 37 |
| Tabel 4.13 Kebutuhan Serat Nylon Untuk Satu Benda Uji | 38 |
| Tabel 4.14 Kebutuhan Material Untuk 3 Benda Uji | 38 |
| Tabel 4.15 Hasil Pengujian Slump | 39 |
| Tabel 4.15 Nilai Kuat Tekan | 40 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 3.2 Limbah Kertas HVS | 16 |
| Gambar 3.3 Serat Nylon | 16 |
| Gambar 3.4 Benda Uji | 22 |
| Gambar 3.5 Mesin Uji Kuat Tekan Beton | 24 |
| Gambar 4.1 : Grafik Gradasi Agregat Kasar | 48 |
| Gambar 4.2 : Grafik Gradasi Agregat Halus | 32 |
| Gambar 4.3 : Sampel Beton Silinder | 36 |
| Gambar 4.5 : Grafik Nilai Kuat Tekan | 40 |
| Dokumentasi 1 : Pembuatan Dan Pengeringan Limbah Kertas | 46 |
| Dokumentasi 2 : Bahan Tambah Serat Nylon | 46 |
| Dokumentasi 3 : Penimbangan Agregat Halus | 47 |
| Dokumentasi 4 : Penimbangan Agregat Kasar | 47 |
| Dokumentasi 5 : Penimbangan Semen Portline | 48 |
| Dokumentasi 6 : Mesin Mixer Beton | 48 |
| Dokumentasi 7 : Penimbangan Sampel | 49 |
| Dokumentasi 8 : Pengujian Kuat Tekan | 49 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan kertas merupakan salah satu komoditi yang sangat dibutuhkan oleh hampir seluruh umat manusia didunia. Kehidupan modern sehari-hari kini tidak bisa lepas dari kertas yang bahan bakunya sebagian besar kayu hasil tebangan pohon dari hutan. Dengan demikian, makin boros masyarakat memakai kertas, makin banyak pohon yang harus ditebang untuk dijadikan bubur calon kertas. Jadi dapat dibayangkan apabila penggunaan kertas hanya dipenuhi oleh serat asli maka akan berdampak langsung pada kelestarian lingkungan hidup. Dan dari semua kertas yang dikonsumsi tersebut hanya sebagian kecil yang kembali ke pabrik untuk didaur ulang karena terjadi benturan kepentingan dengan penggunaan lain oleh masyarakat. Di lain pihak, terlihat banyak sekali limbah kertas yang dihasilkan sebagai akibat semakin luasnya pemanfaatan kertas dalam kehidupan sehari-hari, maka dari itu limbah kertas tersebut bisa di manfaatkan sebagai campuran beton untuk pengganti agregat halus beton yang memanfaatkan limbah kertas yang selanjutnya di sebut dengan beton kertas atau papercrete (ramadhon, 2009).

Selain limbah kertas di sini juga menambahkan serat nylon merupakan salah satu bahan yang mudah di dapat dan harganya yang terjangkau, serat nylon juga banyak di gunakan sebagai bahan baku komposit (campuran serat), 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), kekedapan beton, daya tahan terhadap beban kejut, 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, dengan demikian serat nylon sangat mungkin dapat dijadikan sebagai bahan tambah beton untuk meningkatkan sifat-sifat struktural beton(Balaguru and Shah, 1992).

Untuk itu perlu di lakukan penelitian terhadap bahan-bahan tersebut, limbah kertas sebagai bahan pengganti agregat halus, sedangkan nylon sebagai bahan tambah dengan setiap variasi persentase, dengan di lakukan pengujian kuat tekan.

Di lihat dari beberapa sumber dengan penambahan serat nylon pada beton kertas (papercrete), 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 % = 0,70 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, semangkin banyak penambahan serat nylon maka semangkin tinggi pada nilai mpanya maka secara teknis, penggunaan kertas dan serat nylon dapat menghasilkan mutu beton yang tinggi(Edo pratama dkk 2016),

dengan judul yang akan di uji "PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON KERTAS (PAPERCRETE) DENGAN BAHAN TAMBAHAN SERAT NYLON"

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis merumuskan masalah penelitian

sebagai berikut:

1. Berapa besar kekuatan tekan beton kertas (papercrate) dengan variasi serat nylon sebesar 0,4%,0,8 %,1,2%, terhadap jumlah berat semen ?
2. Berapa nilai persentase optimum campuran beton terhadap beton normal

1.3. Ruang Lingkup

Mengingat keterbatasan waktu, tempat, kemampuan, dan pengalaman, penulis merasa perlu membatasi masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini karena luasnya masalah. Tugas sarjana ini akan membatasi hal-hal berikut:

1. Penelitian di lakukan di laboratorium universitas muhammadiyah sumatera utara

2. Metode pengujian kuat tekan berdasarkan SNI 1974 : 2011
3. Metode pembuatan sampel beton berdasarkan SNI 2458 : 2018
4. Kuat tekan beton rencana f_c 20 mpa
5. Ketentuan bahan penelitian, yaitu:
 - a. Semen yang di gunakan adalah portland pozzollan cemen type 1
 - b. Batu pecah berasal dari binjai
 - c. Pasir berasal dari binjai
 - d. Jenis kertas HVS dengan mengabaikan efek tinta
 - e. Variasi bahan tambah campuran serat nylon 0,4%,0,8%,1,2% terhadap berat beton
 - f. Penggunaan bubuk kertas pada campuran beton yaitu dengan perbandingan 25% kertas : 75% pasir
6. Sampel pengujian berupa silinder 15cm x 30cm sebanyak 15 benda uji.
7. Umur pengujian adalah 28 hari.
8. Pada tiap variasi campuran terdapat 3 benda uji

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kekuatan tekan beton kertas (papercrete) dengan variasi serat nylon sebesar 0,4%,0,8% dan 1,2% terhadap jumlah berat semen
2. Untuk mengetahui berapa nilai persentase optimum campuran beton terhadap beton normal

1.5. Manfaat Penelitian

1. diharapkan penelitian ini akan bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas tentang kemajuan dalam ilmu teknologi beton kertas (papercrete) dengan penambahan serat nylon.
2. penelitian ini juga meningkatkan pemahaman untuk menganalisa data agar mengetahui kuat tekan dari hasil yang di uji

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka penulis membuat

sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan .

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Membahas teori dan teknik perhitungan yang digunakan serta judul tugas akhir.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian, sumber data, dan metode pengumpulan dan analisis data dibahas di sini.

BAB 4. ANALISA DATA

adalah temuan penelitian dan diskusi singkat tentang bagaimana temuan tersebut digunakan untuk menyelesaikan masalah dan mencapai kesimpulan.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penulis dapat membuat kesimpulan dan rekomendasi tentang judul tugas akhir ini berdasarkan diskusi dan analisis data.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan suatu konstruksi yang umumnya tersusun dari air semen dan agregat. Penggunaan beton saat ini tidak hanya pada ruang lingkup struktur saja, akan tetapi bisa juga digunakan untuk non struktur. Banyak komponen non struktur bangunan yang terbuat dari beton misalnya, dinding, kolom praktis, perabot rumah, maupun berbagai macam hiasan. Penggunaan beton pada komponen non struktur tentulah berbeda dengan struktur dimana komposisi di desain sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan nilai estetika maupun dari segi ekonomi yang lebih. Salah satu produk beton untuk penggunaan non struktur dan struktur ringan ialah beton non pasir (*no fines concrete*). Komposisi yang mengabaikan agregat halus dalam pembuatannya dapat mengurangi berat jenis beton tersebut. Selain itu, tidak adanya agregat halus dapat menimbulkan porositas pada beton tersebut yang diakibatkan oleh rongga yang tidak terisi oleh material yang lebih kecil. (widodo & basith, 2017).

Menurut SNI 2847:2013, beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixtures*). Seiring bertambahnya umur, beton lambat laun akan mengeras dan mencapai kekuatan desain pada umur 28 hari. Beton mempunyai kuat tekan yang baik, sehingga beton banyak digunakan atau digunakan pada jenis struktur tertentu khususnya struktur bangunan, jembatan dan jalan.

2.2. Campuran Beton

Beton dibuat dengan mencampurkan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, kerikil atau bahan lainnya dengan semen secukupnya (sebagai bahan pengikat bahan bangunan beton) dan air sebagai bahan pembantu agar terjadi reaksi kimia selama proses pengerasan. dan proses pengawetan beton. Agregat halus dan agregat kasar, yang secara kolektif dikenal sebagai bahan campuran kasar, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan dan ketahanan beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antara lain campuran dan kualitas bahan konstruksi, metode

penuangan, dan kondisi perawatan. Jika diperlukan, dapat ditambahkan bahan tambahan untuk mengubah sifat tertentu dari beton yang bersangkutan (Widodo & Basith, 2017).

2.3. Limbah Kertas

Limbah kertas merupakan kertas bekas yang tidak bermanfaat, sedikit limbah kertas yang dapat di manfaatkan dan selebihnya akan bermuara ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), sehingga akan menjadi suatu potensi pencemaran lingkungan, maka dari itu limbah kertas bisa di manfaatkan sebagai bahan baku beton mungkin merupakan sala satu alternatif yang dapat di aplikasikan pada struktur beton, pemanfaatan limbah kertas yang selanjutnya disebut dengan beton kertas/(papercrete) adalah beton yang terbuat dari campuran antara semen, pasir dan kertas daur ulang, menurut (Rahmadhon 2009) beton kertas (papercrete) merupakan suatu material yang terbuat dari campuran kertas dengan semen portland, Bubur kertas memiliki beberapa senyawa oksida seperti Silikon Dioksida (SiO_2) 2,35%, Alumunium Oksida (Al_2O_3) 7,70%, Magnesium oksida (MgO) 3,62%, Kalsium Oksida Material (CaO) 56,38%, Ferri Oksida (Fe_2O_3) 1,68%, dimana oksida-oksida tersebut merupakan bahan dasar untuk membuat produk klinker semen, seperti Tricalcium Silicate ($C_3S = 3CaO.SiO_2$), Dicalcium Silicate ($C_2S=2CaO.SiO_2$), Tricalcium Aluminate ($C_3A=3CaO.Al_2O_3$), Tetracalcium Aluminate ($C_4AF=4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$). Al_2O_3), Ferrit Senyawa yang paling dominan adalah Kalsium Oksida (CaO) sebesar 56,38%, air (H_2O), Sulfur Trioksida (SO_3) 11,26% (Norman, dan Juis, 2009). Maka penggunaan limbah kertas sebagai pengganti agregat halus pada beton di harapkan dapat mengurangi penggunaan agregat halus dan mengurangi limbah kertas yang tidak di manfaatkan

2.4. Serat Nylon

Serat nylon merupakan nama generik dari *polymide* (Hummel, 1998), termasuk jenis material polimer *thermoplastic* yang mempunyai kinerja tegangan

regangan, seperti halnya serat polimer lain (Rayon, bakelite, dan serat polimer tinggi lainnya), nylon memiliki struktur berhelai-helai (*filamentous*) dan beserat-serat (*fibrous*) dengan rantai molekul yang panjang (Nadai, 1950). Serat nylon terbuat dari bahan nylon, bahan tersebut tersedia dalam bermacam-macam bentuk. Serat ini tersedia dalam bentuk yang sangat kecil, helai serat ini per poundnya berjumlah sekitar 35 juta helai sedangkan helainya sekitar 19mm, pada serat nylon juga terdapat kandungan poliamida jenis polimer yang termasuk dalam keluarga poliamida. Terbentuk dari monomer yang di hubungkan oleh ikatan amida. Dan Gugus Amida (-CO-NH-) gugus amida adalah bagian penting dari struktur kimia serat nylon. Ikatan amida ini memberikan kekuatan dan stabilitas pada serat nylon (Balaguru dan Shah, 1992) nylon stabil terhadap sejumlah material, nylon sangat efektif untuk menambah resistensi terhadap sejumlah material. Nylon sangat efektif untuk menambah resistensi terhadap tumbukan-tumbukan dan meningkatkan kapasitas beban beton setelah retak pertama (*Cement and Concrete Institute*, 2001) serat nylon memiliki sifat licin pada permukaannya, di samping itu kinerjanya sangat dipengaruhi oleh angka poisson (Susilorini, 2007a),

2.5. Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004). Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah SNI 031974-1990. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f'_c) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996). Kuat tekan beton menggunakan satuan "Mpa" atau setara dengan "N/mm²", di sebut F'_c 20 pada beton menandakan kekuatan tekan rencana beton adalah 20 Mpa. Ini berarti beton tersebut dirancang untuk menahan tekanan sebesar 20 Newton per milimeter persegi. Selain faktor-faktor yang telah disebutkan, penting juga untuk mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti kualitas bahan penyusun beton (semen, agregat, air), metode pencampuran, dan

perawatan beton setelah pengecoran. Semua faktor ini dapat mempengaruhi kekuatan tekan akhir beton.

2.6. Penelitian Terdahulu

Sudah banyak penelitian-penelitian mengenai pemanfaatan limbah kertas dan penambahan serat nylon pada campuran beton yang sudah dilakukan sebelumnya, penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi acuan untuk melakukan penelitian ini dengan pemanfaatan limbah kertas dan serat nylon untuk melihat pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Berikut adalah rangkuman rangkuman beberapa penelitian terdahulu yang menjadi acuan tentang penggunaan limbah kertas dan serat nylon terhadap nilai kuat tekan beton.

1. Kajian kuat tekan dan kuat tarik belah beton kertas (*papercret*) dengan bahan tambah serat *nylon* (edo pratama dan endang setyawati)

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 %, 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. Analisis proporsi bubuk kertas dan pasir terhadap kuat tekan beton kertas (surya bermansyah dan huzaim, dan sanneti hevianis).

Semakin besar penambahan proporsi bubuk kertas semakin menurunkan

kekuatan beton kertas. Penurunan minimal sebesar 50% dari kuat tekan beton pembanding pada proporsi bubuk kertas 30%. Proporsi bubuk kertas yang optimal terhadap kuat tekan beton kertas adalah 30% yaitu sebesar 175 kg/cm², Penggunaan bubuk kertas pada proporsi 30% juga menghasilkan angka modulus elastisitas dan *poisson's ratio* yang maksimum yaitu sebesar 8852,678 Kg/cm² untuk modulus elastisitas dan 0,357 untuk *poisson's ratio*. Berdasarkan kekuatannya beton kertas dengan proporsi bubuk kertas sebesar 40%-50% dapat dikategorikan sebagai beton ringan dengan kekuatan menengah (*moderate strength concretes*) dan dapat diaplikasikan pada bangunan sederhana (*nonengineering building*).

3. Kajian kuat lentur beton kertas (*papercrete*) dengan bahan tambah serat *nylon* (Bagus cahyono)

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* (purnawan gunawan¹, slamet prayitno², dini romdhoni³)

Berat jenis maksimum dari hasil pengujian terdapat pada beton ringan *foam* tanpa serat, berikut adalah 3 benda 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 laboratorium adalah pada kadar penambahan serat *nylon* 1% dari volume beton yaitu sebesar 18,23 MPa atau mengalami 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 laboratorium 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 laboratorium adalah pada kadar penambahan serat *nylon* 1% dari volume beton yaitu sebesar 18215,10 MPa atau mengalami peningkatan modulus elastisitas sebesar 59,47% dari beton ringan *foam* tanpa sera

5. Analisi penambahan limbah kertas terhadap kuat tekan beton ringan (H. suryahi).

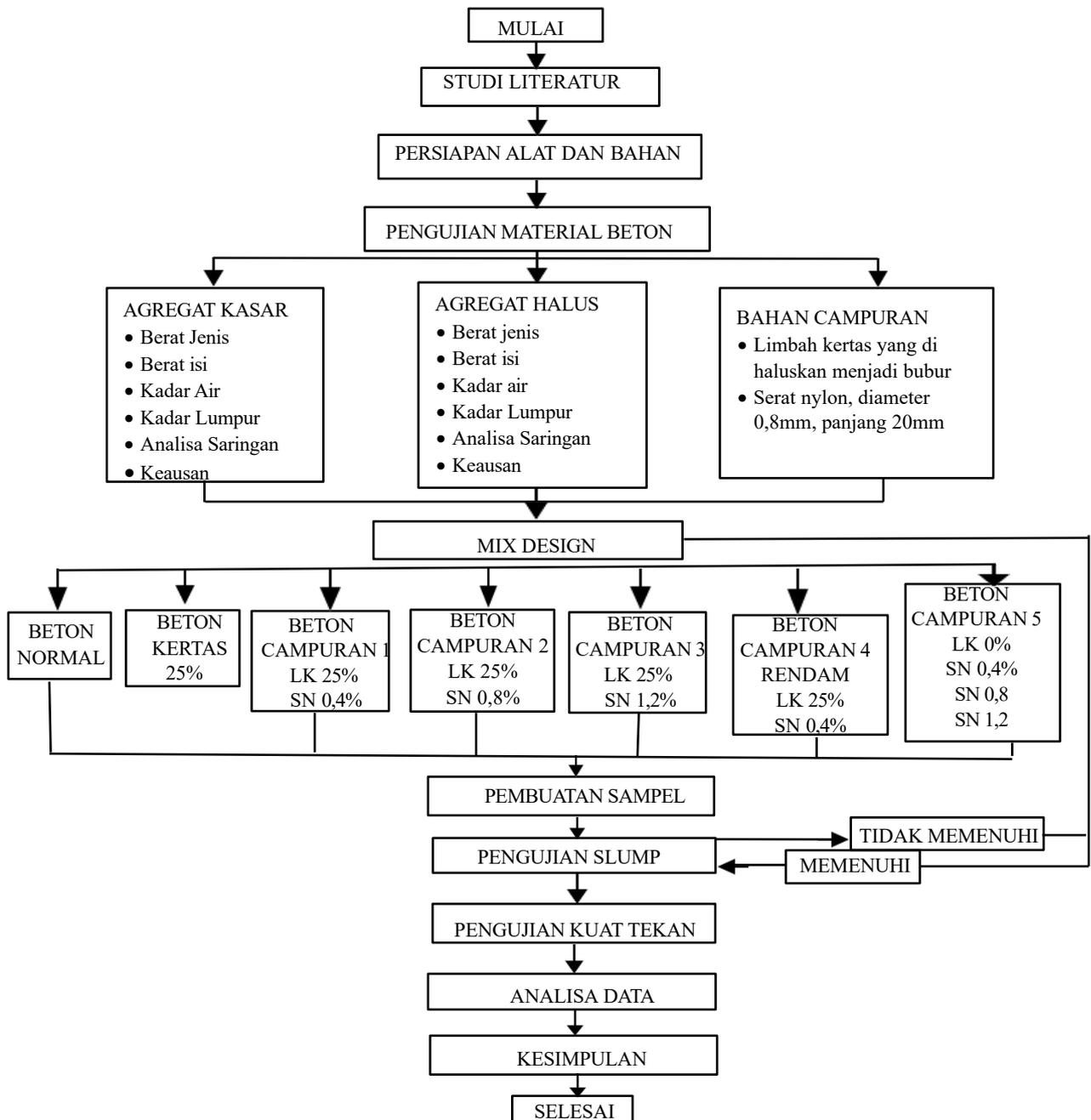
Kuat tekan beton yang dihasilkan dengan campuran 1Pc :2Ps : 3 Ba tanpa limbah kertas sebanyak(0%), didapatkan kuat tekan sebesar 17,342 Mpa, kuat tekan beton yang dihasilkan dengan campuran 1Pc :2Ps : 3 Ba dengan persentase penambahan limbah kertas sebanyak 10%, didapatkan kuat tekan sebesar 20,324 Mpa,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

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir

Berikut adalah bagan alir terkait pelaksanaan penelitian



Gambar 3.1 : Bagan Alir Penelitian

metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah metode *experimen*, metode yang di lakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan sebuah data, Tahap awal penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara adalah sebagai tempat pengambilan data sekunder pengujian bahan dasar agregat dan menguji bahan dasar agregat yang akan digunakan dalam percobaan campuran beton dengan menggunakan bahan limbah kertas sebagai pengganti agregat halus sebanyak 25% dan serat nylon sebagai bahan tambah dengan variasi 0,4% 0,8% dan 1,2% *experimen* ini adalah sebuah metode yang di lakukan suatu percobaan untuk mendapatkan data.

3.2. Tahapan Penelitian

Tahap penelitian ini dilakukan sebagai langkah dalam pembuatan beton yang memiliki beberapa proses agar diperoleh hasil penelitian yang maksimal sesuai standar yang berlaku. Tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

yang dimaksud dengan persiapan adalah menyiapkan seluruh bahan yang diperlukan, termasuk bahan dasar dan bahan campuran yang direncanakan.

2. Pemeriksaan material penyusun beton

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk memastikan bahwa campuran beton yang digunakan dalam *mix design* telah memenuhi persyaratan peraturan yang telah ditetapkan.

3. Pengujian dasar material

Agregat kasar, agregat halus, dan dua bahan campuran limbah kertas dan serat nylon diuji untuk berat jenis, penyerapan, kadar air, dan kadar lumpur. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar dan peraturan.

4. Perencanaan campuran beton,

juga dikenal sebagai *mix design*, adalah prosedur yang digunakan untuk membuat campuran beton yang terdiri dari semen, agregat kasar (atau kerikil), dan agregat halus (atau pasir). Proses ini dilakukan untuk merencanakan nilai kuat tekan yang akan diuji. Rencana campuran (*mix design*) berdasarkan SNI 2834-2000 digunakan dalam metode campuran penelitian ini. Hasil pengujian

material sebelumnya menentukan rencana campuran. Setelah proses *mix design* ini selesai, nilai perbandingan untuk setiap material penyusun beton yang akan digunakan untuk satu cetakan benda uji akan dihasilkan.

5. Pembuatan benda uji

Setelah semua proses di atas selesai, langkah berikutnya adalah membuat benda uji untuk digunakan sebagai sampel dalam percobaan. Proses ini dilakukan dalam beberapa tahapan,

- termasuk mencampur semua material yang digunakan untuk membuat beton di dalam mesin mixer beton.
- Pengujian nilai slump yang berdasarkan pada SNI 1972-2008
- Pengecoran beton ke dalam cetakan berbentuk silinder
- pengeluaran beton dari cetakan
- perawatan sampel beton, dan melakukan perendaman beton dengan air adalah metode untuk melakukan curing. Beton direndam di bak rendaman selama 28 hari. Setelah itu selesai, beton dikeluarkan dan dikeringkan.

6. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat beton dapat menahan beban tekan. Beton diharapkan dapat memenuhi kekuatan yang direncanakan selama proses pembuatan campuran beton.

7. Pembahasan dan laporan akhir

Setelah memperoleh besar gaya yang mampu ditahan oleh beton dalam pengujian kuat tekan, nilai itu akan diproses pada bagian analisis data dan pembahasan dalam laporan akhir. Hasil analisis data ini akan memperlihatkan kekuatan tekan beton tersebut

3.3. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Pengujian bahan beton dan proses fabrikasi benda uji dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhamaddiya Sumatera Utara, sedangkan pengujian kuat tekan beton rencananya akan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhamaddiya Sumatera Utara. Waktu penelitian direncanakan kurang lebih dua bulan hingga dilakukan pengujian kuat tekan beton.

3.4. Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data

3.4.1. 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 S-04-1998-F, 1989
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 tekan beton mengacu pada SNI 1974-2011.

3.4.2. Data Skunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari beberapa jurnal atau hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Selain itu, data sekunder juga diperoleh melalui bimbingan langsung melalui dosen Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.5. Alat Dan Bahan

Dalam penelitian ini akan digunakan berbagai alat dan bahan untuk memperoleh hasil yang maksimal. Peralatan tersebut tersedia di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.5.1. 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. *Stopwart* 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 tekan, untuk pengujian nilai kuat tekan pada sampel.

3.5.2. Bahan

bahan yang akan di gunakan dalam penelitian ini sebagai penyusun benda uji benton dan bahan campuran yang di rencanakan sebagai berikut,

1. Agregat kasar

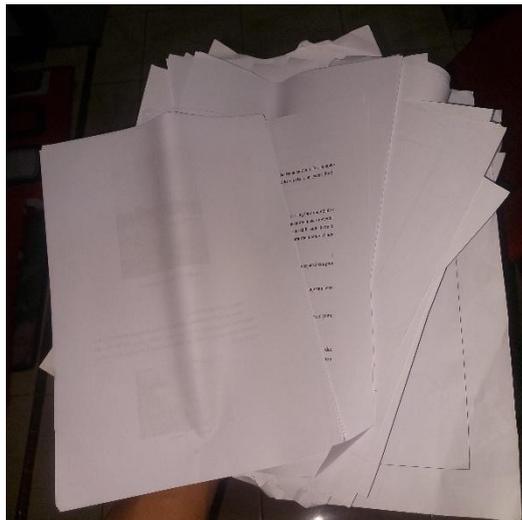
Agregat kasar yang terdiri dari batu pecah yang di ambil dari binjai.

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.



Gambar 3.2. : Limbah Kertas HVS

4. Serat Nylon

Serat nylon sebagai bahan tambah campura beton di dapat melalui online shop



Gambar 3.3 : Serat Nylon

5. Air

air di gunakan sebagai pencampuran bahan-bahan pembuatan beton yang di ambil dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

3.6. Jumlah Benda Uji

Benda uji di cetak berbentuk silinder berdiameter 15cm dan tinggi 30cm. Benda uji di tersebut di keluarkan dari cetakan setelah waktu yang di tentukan dan memasukin proses *curing* atau perawatan pada beton selama 28 hari. Kemudian sampel akan memasuki pengujian kuat tekan setelah perawatan selama 28 hari, jumlah sampel sebanyak 15 di mana setiap variasi terdiri dari 3 sampel yang tertera 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 Campuran <i>Nylon</i> 1 (BKSN 1) <ul style="list-style-type: none">• Limbah Kertas 25%• Serat <i>Nylon</i> 0,4% | 3 |
| 4 | Beton Campuran <i>Nylon</i> 2 (BKSN 2) <ul style="list-style-type: none">• Limbah Kertas 25%• Serat <i>Nylon</i> 0,8% | 3 |
| 5 | Beton Campuran <i>Nylon</i> 3 (BKSN 3) <ul style="list-style-type: none">• Limbah Kertas 25%• Serat <i>Nylon</i> 1,2% | 3 |
| 6 | Beton Kertas Serat <i>Nylon</i> Rendam 1 (BKSN 1) <ul style="list-style-type: none">• Limbah Kertas 25%• Serat <i>Nylon</i> 0,4% | 3 |
| 7 | Beton Serat <i>Nylon</i> 0,4%,0,8% Dan 1,2% (BSM) | 3 |
| | Total Sample | 21 |

Tabel 3.2 : Persentase Campuran Beton

| No | Variasi | Agregat Kasar (%) | Agregat halus (%) | Semen (%) | Air (%) | Limbah Kertas (%) | Serat nylon (%) |
|----|---------|-------------------|-------------------|-----------|---------|-------------------|-----------------|
| 1 | BN | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 |
| 2 | BK | 100 | 90 | 100 | 100 | 25 | 0 |
| 3 | BKSN | 100 | 90 | 100 | 100 | 25 | 0,4 |
| 4 | BKSN | 100 | 90 | 100 | 100 | 25 | 0,8 |
| 5 | BKSN | 100 | 90 | 100 | 100 | 25 | 1,2 |
| 6 | BSN | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0,4,0,8,1,2 |
| 7 | BKSNR | 100 | 90 | 100 | 100 | 25 | 0,4 |

3.7. Langkah-Langkah Pengujian

Setelah alat dan bahan yang di butuhkan dalam penelitian ini sudah tersedia selanjutnya akan melakukan sebuah pengujian pada setiap material dan akan di lakukan pengujian kuat tekan beton pada setiap sampel beton yang suda di buat. Sebelum di lakukan pengujian kuat tekan harus di pastikan lagi setiap benda uji harus di pastikan bersih dari tanah maupun kotoran lain yang menempel supaya tidak mengganggu saat proses pengujian kuat tekan di lakukan. Dan apa bila terdapat benda uji yang masi lembab atau basah harus di pastikan kering terlebih dahulu hingga kondisi memenuhi *SSD (saturated surface dry)* atau kering permukaan.

3.7.1. Berat Jenis Dan Penyerapan

Pengujian ini bertujuan sebagai penentu nilai berat jenis dan penyerapan pada setiap masing-masing 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 $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 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)

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

3.7.2. Berat Isi Agregat

Pengujian ini dilakukan adalah untuk mengetahui suatu nilai pada berat isi agregat kasar dan agregat halus. Adapun 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 dilakukan 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)

3.7.3. Pengujian Kadar Air

di lakukan pengujian ini untuk mengetahui kelembapan dan pori-pori agregat, 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. Kadar Air = $\frac{\text{berat air}}{\text{berat sampel kering oven}} \times 100\%$ (3.9)

3.7.4. Pengujian Kadar Lumpur

Dari tujuan ini adalah untuk mengetahui berapa besar 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. Persentase kotoran pada agregat = $\frac{c}{A} \times 100\%$ (3.10)

3.7.5. Perencanaan Campuran Beton (*mix design*)

Proses ini di lakukan untuk menentukan suatu nilai perbandingan dengan kebutuhan material penyusun beton yang kemudian akan di gunakan pada setiap benda uji beton. Hal ini di lakukan guna menjadi target untuk menentukan kekuatan tekan yang di rencanakan. Langkah-langkah ini di lakukan untuk merencanakan suatau campuran sebagai berikut :

1. Pertama tama yang harus di lakukan untuk merencanakan suatau komposisi campuran beton adalah merencanakan suatau kekuatan tekan beton yang akan di targetkan.

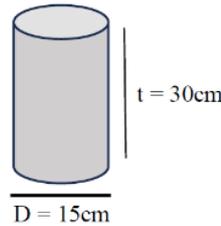
2. Menentukan nilai faktor air semen sesuai dengan umur beton yang di buat.
3. Menentukan nilai slump dan mengukur maksimum pada agregat.
4. Menentukan jumlah air yang akan di gunakan dengan ukuran maksimum agregat dan nilai slump.
5. Menetapkan nilai semen yang di perlukan berdasarkan proses 2 dan 4.
6. Menentukan volume suatau 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.

3.7.6. 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. Menungangkan 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

3.7.7. Pemeriksaan *Slump Test*

Pengujian ini bermaksud untuk mengetahui keenceran pada beton melalui nilai slumpnya. Berikut langkah-langkah dalam pengujian slump adalah sebagai berikut,

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 |

3.7.8. Perawatan (*curing*) benda uji

Perawatan benda uji di lakukan supaya menjaga kualitas pada beton, apabila hal ini di lakukan maka terganggu mutu pada beton tersebut sehingga dapat merusak permukaan beton seperti terjadinya retak perawatan di lakukan sesuai dengan rencana umur beton yakni pada penelitian ini adalah pada umur 28 hari. Langkah-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.

3.7.9. Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan ini dengan memberi beban monoton secara terus menerus dengan laju yang konstan setiap benda uji di antara dua batang pembebanan yang akan menciptakan tegangan tekan (SNI 1974-2011). Pengujian kuat tekan ini di lakukan dengan memberikan gaya terhadap benda uji silinder

dalam posisi tegak hingga batas kekuatan maksimum dari beton tersebut. Pengujian ini di lakukan dengan menggunakan mesin uji kuat tekan.

Dengan mesin kuat tekan tersebut akan mengetahui nilai dan gaya yang mampu di tahan oleh beton tersebut. Mekan dengan gaya tersebut dapat di hitung nilai tekan pada beton dengan persamaan.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.11)$$

Dimana :

$f'c$ = kuat tekan beton (Mpa)

P = gaya yang bekerja (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)



Gambar 3.5 : Mesin Uji Kuat Tekan Beton

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1. Hasil Data Analisa Pemeriksaan Material Agregat

Data hasil uji material agregat diperlukan untuk perencanaan sampel beton. Hasil uji terdahulu telah diuraikan pada bab sebelumnya. Nilai hasil uji selengkapnya tercantum pada tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Agregat

| No | Jenis pemeriksaan | Hasil |
|----|---------------------------------|--|
| 1 | Analisa saringan agregat kasar | Daerah gradasi agregat kasar maksimum 20mm |
| 2 | Analisa saringan agregat halus | Daerah gradasi zona 2 “pasir agak kasar” |
| 3 | Modulus kehalusan agregat kasar | 7,49 |
| 4 | Modulus kehalusan agregat halus | 3,02 |
| 5 | Berat jenis agregat kasar | 2,47 gr/cm ³ |
| 6 | Berat jenis agregat halus | 2,48 gr/cm ³ |
| 7 | Penyerapan agregat kasar | 0,25% |
| 8 | Penyerapan agregat halus | 2,56% |
| 9 | Berat isi agregat kasar | 1,72 |
| 10 | Berat isi agregat halus | 1,42 |
| 11 | Kadar air agregat kasar | 1,01 |
| 12 | Kadar air agregat halus | 3,74 |
| 13 | Kadar lumpur agregat kasar | 0,85 |
| 14 | Kadar lumpur agregat halus | 4,15 |
| 15 | Nilai slump rencana | 75-100mm |

4.2. Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan salah satu komponen utama beton. Oleh karena itu, pengujian diperlukan untuk memastikan bahwa agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan sampel beton memenuhi persyaratan. Dalam penelitian ini, agregat kasar berasal dari binjai. Pengujian yang dilakukan meliputi analisis saringan, berat jenis, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur.

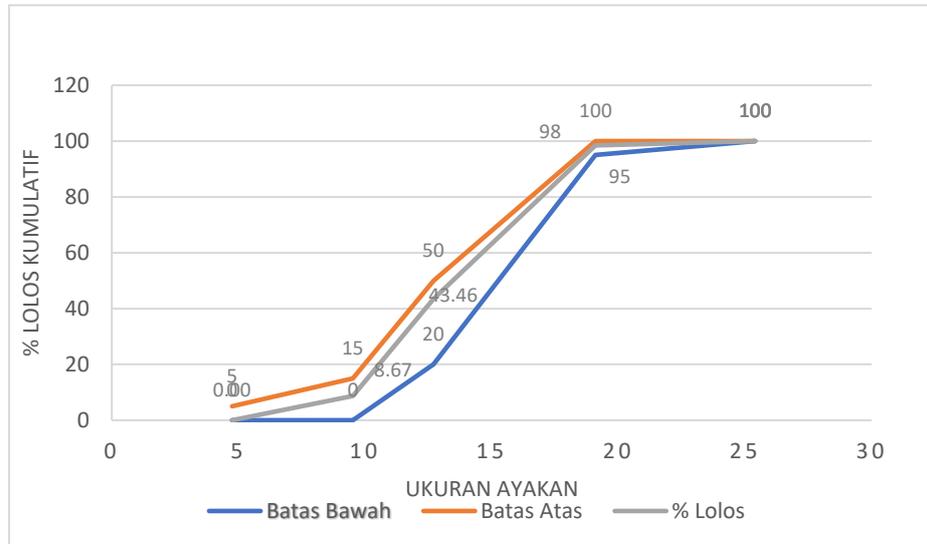
4.2.1. Analisa Saringan Agregat Kasar

Analisa saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990. Hasil analisa saringan untuk agregat kasar disajikan pada tabel berikut

Tabel 4.2: Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

| Ukuran Ayakan | Retained Fraction | | | % Berat Tertahan | Cumulative | | Batas Zona Ukuran Maks 20mm | |
|---------------|-------------------|----------|-------|------------------|----------------|-------------|-----------------------------|-----|
| | Sampel 1 | Sampel 2 | Total | | Berat Tertahan | Berat Lolos | Min | Max |
| mm | gr | gr | gr | % | % | % | | |
| 25.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 19.1 | 22 | 16 | 38 | 1.52 | 1.52 | 98 | 95 | 100 |
| 12.7 | 682 | 689 | 1371 | 55.02 | 56.54 | 43.46 | 20 | 50 |
| 9.52 | 425 | 442 | 867 | 34.79 | 91.33 | 8.67 | 0 | 15 |
| 4.75 | 120 | 96 | 216 | 8.67 | 100.00 | 0.00 | 0 | 5 |
| 2.36 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | | | |
| 1.18 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | | | |
| 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | | | |
| 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | | | |
| 0.15 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | | | |
| 0.075 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | | | |
| Pan | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | | | |
| Jumlah | 1249 | 1243 | 2492 | | 749.3981 | | | |
| MHB | 7.49 | | | | | | | |

Hasil pengujian menunjukkan nilai modulus halus butir (MHB) sebesar 7,49. Meskipun umumnya agregat kasar memiliki nilai MHB antara 5-8 (ASTM C136), nilai MHB agregat kasar yang di gunakan masih memenuhi persyaratan. Tabel tersebut juga menunjukkan bahwa ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah 20mm, lihat pada grafik berikut.



Gambar 4.1 : Grafik Gradasi Agregat Kasar

4.2.2. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dalam penelitian ini mengacu Pada SNI 1969-2016. Hasil dapat di lihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 : Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan 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 | 2402 | 2480 | 2441 |
| <i>Wt of SSD sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B) | B | 1428 | 1472 | 1450 |

Tabel 4.3 : Lanjutan

| | | | | |
|--|----------------------------|---------|----------|------|
| <i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) | $\frac{A}{A-B}$ | 2.466 | 2.460 | 2.46 |
| <i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat Jenis contoh kering) | $\frac{C}{A-B}$ | 2.460 | 2.454 | 2.46 |
| <i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) | $\frac{C}{C-B}$ | 2.47521 | 2.469062 | 2.47 |
| Penyerapan air (%) | $\frac{A-C}{C} \times 100$ | 0.25 | 0.24 | 0.25 |

Berdasarkan tabel di atas, berat jenis agregat kasar dalam kondisi SSD (saturated surface dry) rata-ratanya adalah 2,46. Nilai ini masih dalam kisaran normal (2,2-2,9). Penyerapan air berdasarkan pengujian sebesar 0,25%.

4.2.3. Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi agregat kasar mengacu pada SNI 03-4804-1998. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.4 : pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

| Keterangan | Notasi | Persamaan | Satuan | Cara Lepas | Cara Tusuk | Cara Goyang |
|----------------------|--------|-----------|--------------------|------------|------------|-------------|
| Berat Sampel + Wadah | W1 | | gr | 23361 | 24223 | 24319 |
| Berat Wadah | W2 | | gr | 5300 | 5300 | 5300 |
| Berat Sampel | W3 | W1-W3 | gr | 18061 | 18923 | 19019 |
| 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 | | |

Hasil pengujian menunjukkan rata-rata berat isi agregat kasar dari ketiga metode yang digunakan adalah 1,72 gr/cm³. nilai sesuai dengan standar spesifikasi berat isi agregat kasar, yaitu antara 1,4 dan 1,9 gr/cm³.

4.2.4. Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air agregat kasar mengacu pada SNI 1971 dan 2011. Hasil pengujian tersebut di sajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.5 : pemeriksaan 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 | | % |

4.2.5. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur agregat kasar mengacu pada SNI S-04-1998-F.1998. hasilnya dapat diliat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 : Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

| Keterangan | Notasi | Persamaan | Benda Uji | | Satuan |
|----------------------------|--------|---------------------|-----------|------|--------|
| | | | I | II | |
| Berat Wadah | W1 | | 502 | 505 | gr |
| Berat Wadah + Sampel Awal | W2 | | 1502 | 1505 | gr |
| Berat Wadah + Sampel Akhir | W3 | | 1495 | 1495 | gr |
| Berat sampel awal | A | $(W2-W1)$ | 1000 | 1000 | gr |
| Berat Sampel Akhir | B | $(W3-W1)$ | 993 | 990 | gr |
| Berat Kotoran Pada Agregat | C | $(A-B)$ | 7 | 10 | gr |
| Persentase Kotoran | | $\frac{(C/A)}{100}$ | 0.7 | 1 | % |
| Rata -rata | | | 0.85 | | % |

Pengujian menunjukkan kadar lumpur agregat kasar sebesar 0,85% memenuhi standar SNI S-04-1998 yang menetapkan kadar lumpur maksimal 1%

4.3. Pemeriksaan Agregat Halus

Selain agregat kasar, beton juga mengandung agregat halus yang perlu di uji untuk memastikan kesesuaiannya. Pada penelitian ini, agregat halus yang di gunakan adalah pasir binjai.

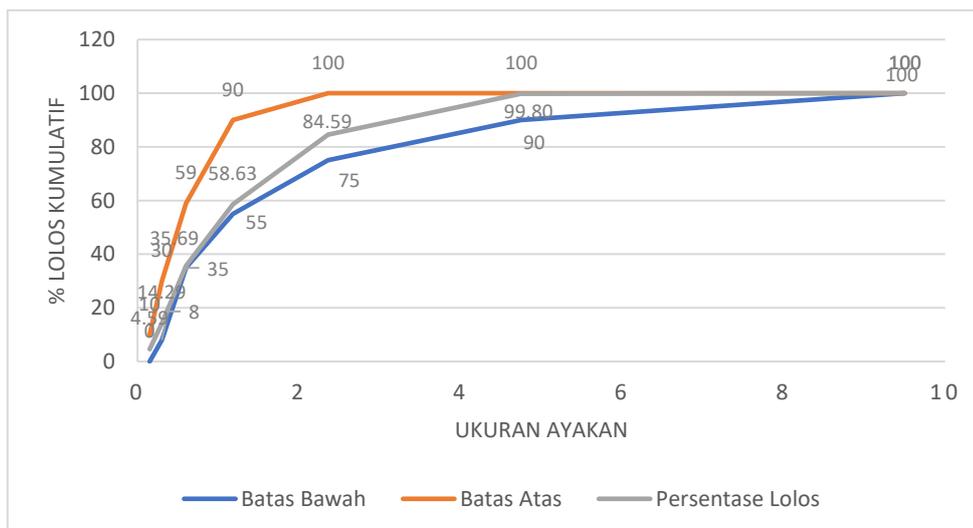
4.3.1. Analisa Saringan Agregat Halus

analisis saringan agregat halus mengacu pada SNI 03-1968-1990. Hasil analisis saringan saringan untuk agregat kasar tertera pada tabel berikut

Tabel 4.7 : Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

| Ukuran Ayakan | Retained Fraction | | | % Berat Tertahan | Cumulative | | Batas Zona 2 | |
|---------------|-------------------|----------|-------|------------------|----------------|-------------|--------------|-----|
| | Sampel 1 | Sampel 2 | Total | | Berat Tertahan | Berat Lolos | | |
| mm | gr | gr | gr | % | % | % | Min | Max |
| 9.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 4.75 | 3 | 2 | 5 | 0.20 | 0.20 | 99.80 | 90 | 100 |
| 2.36 | 191 | 187 | 378 | 15.21 | 15.41 | 84.59 | 75 | 100 |
| 1.18 | 327 | 318 | 645 | 25.96 | 41.37 | 58.63 | 55 | 90 |
| 0.6 | 281 | 289 | 570 | 22.94 | 64.31 | 35.69 | 35 | 59 |
| 0.3 | 264 | 268 | 532 | 21.41 | 85.71 | 14.29 | 8 | 30 |
| 0.15 | 119 | 122 | 241 | 9.70 | 95.41 | 4.59 | 0 | 10 |
| 0.075 | 49 | 58 | 107 | 4.31 | 99.72 | 0.28 | | |
| Pan | 4 | 3 | 7 | 0.28 | 100.00 | 0.00 | | |
| Jumlah | 1238 | 1247 | 2485 | | 302.4145 | | | |
| FM | 3.02 | | | | | | | |

Hasil pengujian menunjukkan nilai modulus halus butir (MHB) agregat halus sebesar 3.02. meskipun umumnya agregat halus memiliki nilai MHB antara 1,5-3,8 (ASTM C136), nilai MHB agregat halus yang digunakan masih memenuhi persyaratan. Agregat halus yang digunakan termasuk dalam gradasi 2 (pasir agak kasar) – lihat grafik di bawah ini



Gambar 4.2 : Grafik Gradasi Agregat Halus

4.3.2. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar pada penelitian ini mengacu pada SNI 1970-2016. Hasilnya tercantum pada tabel berikut.

Tabel 4.8 : Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan 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) | 665 | 665 | 665 |
| <i>Wt. of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) C | 965 | 971 | 968 |

Tabel 4.8 : *Lanjutan*

| | | | |
|---|------|------|-------|
| <i>Wt. of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering oven (110° C Sampai Konstan) E | 488 | 487 | 487.5 |
| <i>Bulk SP. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) B/ (B+D-C) | 2.50 | 2.58 | 2.539 |
| <i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (berat jenis contoh kering) E/B+D-C | 2.60 | 2.69 | 2.643 |
| Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) E/(E+D-C) | 2.44 | 2.51 | 2.48 |
| <i>Absorption</i> | 2.46 | 2.67 | 2.564 |
| $(A - Bk) / Bk \times 100 \%$ | | | |

tabel menunjukkan berat jenis agregat halus dalam kondisi SSD (saturated surface dry) rata-rata 2,54. Nilai ini normal (2,2-2,9). Penyerapan airnya 2,56%.

4.3.3. Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi agregat halus mengacu pada SNI 03-4804-1998; hasilnya pada tabel berikut.

Tabel 4.9 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

| Keterangan | Notasi | Persamaan | Satuan | Cara Lepas | Cara Tusuk | Cara Goyang |
|----------------------|--------|-----------|--------------------|------------|------------|-------------|
| Berat Sampel + Wadah | W1 | | gr | 19305 | 20794 | 21951 |
| Berat Wadah | W2 | | gr | 5300 | 5300 | 5300 |
| Berat Sampel | W3 | W1-W2 | gr | 14005 | 15494 | 16651 |
| Volume Wadah | V1 | | cm ³ | 10851.84 | 10851.84 | 10851.84 |
| Berat Isi | | W3/V1 | gr/cm ³ | 1.29 | 1.43 | 1.53 |
| Rata-rata | | | | 1.42 | | |

Hasil rata-rata berat isi agregat halus dari ketiga metode yang diuji adalah 1,42 gr/cm³. nilai ini memenuhi standar spesifikasi (1,4-1,9 gr/cm³).

4.3.4. Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat halus mengacu pada SNI SNI 1971 2011. hasilnya pada tabel berikut.

Tabel 4.10 : Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

| Keterangan | Notasi | Persamaan | Benda Uji | | Satuan |
|----------------------------|--------|------------------------------|-----------|------|--------|
| | | | I | II | |
| Berat Wadah + Sampel Awal | W1 | | 1002 | 1005 | Gr |
| Berat Wadah + Sampel Akhir | W2 | | 987 | 984 | Gr |
| Berat Wadah | W3 | | 502 | 505 | Gr |
| Berat sampel awal | A | $(W1-W3)$ | 500 | 500 | Gr |
| Berat Sampel Akhir | B | $(W2-W3)$ | 485 | 479 | Gr |
| Kadar Air Agregat | C | $\frac{(A-B)}{B} \times 100$ | 3.09 | 4.38 | % |
| Rata -rata | | | 3.74 | | % |

Pengujian kadar air agregat halus menghasilkan rata-rata 3,74%

4.3.5. Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur mengacu pada SNIS-04-1998-F.1989. hasil tercantum pada tabel berikut.

Tabel 4.11: Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

| Keterangan | Notasi | Persamaan | Benda Uji | | Satuan |
|----------------------------|--------|---------------------|-----------|------|--------|
| | | | I | II | |
| Berat Wadah | W1 | | 502 | 505 | gr |
| Berat Wadah + Sampel Awal | W2 | | 1502 | 1505 | gr |
| Berat Wadah + Sampel Akhir | W3 | | 1463 | 1461 | gr |
| Berat sampel awal | A | $(W2-W1)$ | 1000 | 1000 | gr |
| Berat Sampel Akhir | B | $(W3-W1)$ | 961 | 956 | gr |
| Berat Kotoran Pada Agregat | C | $(A-B)$ | 39 | 44 | gr |
| Persentase Kotoran | | $\frac{(C/A)}{100}$ | 3.9 | 4.4 | % |
| Rata -rata | | | 4.15 | | % |

Kadar lumpur agregat halus adalah 3,6%, masih di bawah batas maksimal 5% sesuai SNI S-04-1998.

4.4. Rencana Campuran Beton

4.4.1. Mix Design Beton

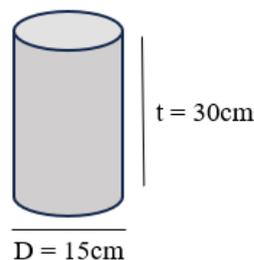
Setelah melakukan berbagai jenis pengujian untuk material yang mau di gunakan pada campuran beton, hasil data yang didapatkan akan dipakai untuk merencanakan campuran beton atau disebut “mix design”. Sesuai dengan rencana penelitian ini, kekuatan beton direncanakan adalah 20 Mpa yang berpedoman SNI 2834-2000. 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 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/m^3 .
14. Kadar agregat campuran,
- $$\begin{aligned} \text{Ag camp} &= \text{Berat isi beton} - W \text{ semen} - W \text{ air} \\ &= 2250 - 379,44 - 204,9 \\ &= 1665,66 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$
15. Kadar agregat kasar dan agregat halus, Ag Kasar = % ag kasar x Ag camp
- $$\begin{aligned} &= 57,5 \% \times 1665,66 \\ &= 957,75 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$
- Ag Halus = % ag halus x Ag camp
- $$\begin{aligned} &= 42,5 \% \times 1665,66 \\ &= 707,90 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$
16. Perbandingan kadar semen, agregat halus, agregat kasar dan air pada rencana campuran beton untuk 1 m^3
- $$\begin{aligned} \text{Air} &= 204,9 \text{ kg/m}^3. = 0,5 \\ \text{Semen} &= 379,44 \text{ kg/m}^3. = 1 \\ \text{Agregat Halus} &= 707,90 \text{ kg/m}^3. = 2 \\ \text{Agregat Kasar} &= 957,75 \text{ kg/m}^3. = 3 \end{aligned}$$

4.4.2. Kebutuhan Material

Dari rencana campuran beton (mixdesign). Kita bisa tahu berapa banyak material yang di butuhkan untuk membuat 1 benda uji silinder



Gambar 4.3 : Sampel Beton Silinder

Untuk setiap 1 benda uji :

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

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

$$\text{Volume (V)} = \frac{1}{4} \pi D^2 t$$

$$= \frac{1}{4} \pi 0,15^2 0,3$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3.$$

Maka kebutuhan material untuk setiap benda uji adalah.

Air = $204,9 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 1,08 \text{ kg}$
 Semen = $379,44 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 2,01 \text{ kg}$
 Agregat halus = $707,90 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 3,75 \text{ kg}$
 Agregat kasar = $957,75 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 5,07 \text{ kg}$

4.4.3. Kebutuhan Kertas

Pada penelitian ini, di gunakan kertas HVS sebagai pengganti sebagian pasir (25% dari berat agregat halus). Jumlah kertas yang di butuhkan untuk beton normal dan beton dengan serat nylon dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.12 : Kebutuhan Kertas HVS Untuk 1 Benda Uji.

| Variasi | Peresentase digunakan (%) | Berat agregat halus 1 benda uji (Kg) | Berat dibutuhkan (Kg) |
|-----------|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| BKN | 25 | 3,24 | 1,08 |
| BKSN 0,4% | 25 | 3,24 | 1,08 |
| BKSN 0,8% | 25 | 3,24 | 1,08 |
| BKSN 1,2% | 25 | 3,24 | 1,08 |

4.4.4. Kebutuhan Serat Nylon

Penelitian ini juga menggunakan serat nylon sebagai bahan tambah. Jumlah serat nylon yang di gunakan bervariasi, yaitu 0,4, 0,8 dan 1,2 dari berat semen. Detail berat nylon untuk setiap variasi dapat dilihat pada tabel selanjutnya.

Tabel 4.12 : Kebutuhan Serat Nylon Untuk 1 Benda Uji.

| Variasi | Peresentase di gunakan (%) | Berat di butuhkan (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% | 0,4% | 0,010 |
| DIRENDAM | | |

4.4.5. Kebutuhan Material Keseluruhan

Campuran beton dibuat berdasarkan acuan dari jurnal-jurnal penelitian yang sesuai dengan nilai FAS sebesar 0,54

Tabel 4.14. : Kebutuhan Material Untuk 3 Benda Uji.

| NO | KODE BENDA UJI | SEMEN | | AGREGAT HALUS | | AGREGAT KASAR (100%) | AIR 100% (KG) |
|----|----------------|--------------------|------------|---------------|-------------------|----------------------|---------------|
| | | SEMMEN (100%) (KG) | NYLON (KG) | PASIR (KG) | KERTAS (25%) (KG) | | |
| 1 | BN | 7,24 | | 12,96 (100%) | | 21,6 | 3,89 |
| 2 | BSN 0,4% | 2,41 | 0,010 | 4,32 | | 7,2 | 1,30 |
| | 0,8% | 2,41 | 1,019 | 4,32 | | 7,2 | 1,30 |
| | 1,2% | 2,41 | 0,029 | 4,32 | | 7,2 | 1,30 |
| | | | | 100% | | | |
| 3 | BKN | 7,24 | | 9,72 (75%) | 3,240 (25%) | 21,6 | 3,89 |

Tabel 4.14 : *Lanjutan*

| | | | | | | | |
|---|------------------------|------|-------|------------|----------------|------|------|
| 4 | BKSN 0,4% RENDAM | 7,24 | 0,029 | 9,72 (75%) | 3,240 (25%) | 21,6 | 3,89 |
| 5 | BKSN 0,4% | 7,24 | 0,029 | 9,72 (75%) | 3,240 (25%) | 21,6 | 3,89 |
| 6 | BKSN 0,8% | 7,24 | 0,058 | 9,72 (75%) | 3,240 (25%) | 21,6 | 3,89 |
| 7 | BKSN 1,2% | 7,24 | 0,87 | 9,72 (75%) | 3,240 (25%) | 21,6 | 3,89 |

4.5. Pengujian Slump

Uji slump adalah pengujian untuk menentukan tingkat kekentalan beton (workability). Nilai slump memengaruhi kemudahan pengerjaan beton; semakin besar nilai slump, semakin encer adukan beton. Hasil uji slump dapat dilihat pada gambar berikut (75-100mm).

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 | 85 |
| 6 | BKSN 0,4 % DIRENDAM | 80 |
| 7 | BKSN 0,4% | 80 |
| 8 | BKSN 0,8% | 90 |
| 9 | BKSN 1,2% | 90 |

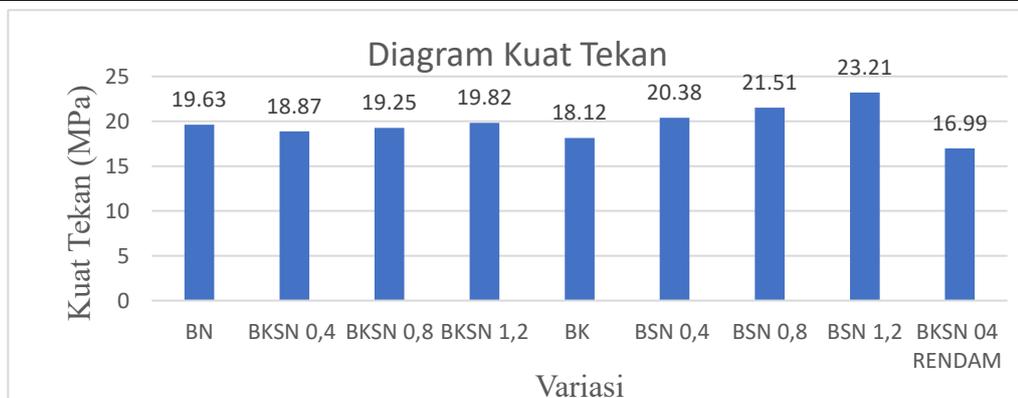
Tabel menunjukkan beton normal (BN) memiliki workability terbaik (slump 100 mm). Sedangkan penambahan serat nylon (BSN) meningkatkan slump sedikit (sekitar 90 mm), sementara penambahan kertas (BKN) menurunkan slump secara signifikan (85 mm). Perendaman beton dengan kertas (BKSN direndam) mengurangi slump lebih lanjut (80 mm) karena penyerapan air oleh kertas.

4.6. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton bertujuan mengetahui kemampuan suatu sampel beton menahan gaya tekan. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari, mengacu pada SNI 1974-2011. Sampel berbentuk silinder (diameter 15cm, tinggi 30cm). Hasil pengujian kuat tekan akan di lampirkan pada tabel berikut.

Tabel 4.15 : Nilai Kuat Tekan

| Variasi | Benda Uji | Luas (mm ²) | Beban Maksimum (KN) | Kuat Tekan (Mpa) | Kuat Tekan Rata-rata (Mpa) |
|----------------|-----------|-------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|
| BN | 1 | 17662.5 | 350 | 19.82 | 19.63 |
| | 2 | 17662.5 | 370 | 20.95 | |
| | 3 | 17662.5 | 320 | 18.12 | |
| BKSN 0,4 | 1 | 17662.5 | 320 | 18.12 | 18.87 |
| | 2 | 17662.5 | 340 | 19.25 | |
| | 3 | 17662.5 | 340 | 19.25 | |
| BKSN 0,8 | 1 | 17662.5 | 350 | 19.82 | 19.25 |
| | 2 | 17662.5 | 320 | 18.12 | |
| | 3 | 17662.5 | 350 | 19.82 | |
| BKSN 1,2 | 1 | 17662.5 | 350 | 19.82 | 19.82 |
| | 2 | 17662.5 | 340 | 19.25 | |
| | 3 | 17662.5 | 360 | 20.38 | |
| BK | 1 | 17662.5 | 310 | 17.55 | 18.12 |
| | 2 | 17662.5 | 320 | 18.12 | |
| | 3 | 17662.5 | 330 | 18.68 | |
| BSN 0,4 | 1 | 17662.5 | 360 | 20.38 | 20.38 |
| BSN 0,8 | 1 | 17662.5 | 380 | 21.51 | 21.51 |
| BSN 1,2 | 1 | 17662.5 | 410 | 23.21 | 23.21 |
| BKSN 04 RENDAM | 1 | 17662.5 | 290 | 16.42 | 16.99 |
| | 2 | 17662.5 | 310 | 17.55 | |
| | 3 | 17662.5 | 300 | 16.99 | |



Gambar 4.5 : Grafik Nilai Kuat Tekan

Keterangan :

- BN = Beton Normal (limbah beton 0%, abu limbah keramik 0%)
- Variasi 1 BKS_N 0,4% = Sampel beton dengan 25% limbah kertas HVS dan 0,4% serat nylon
- Variasi 2 BKS_N 0,8% = Sampel beton dengan 25% limbah kertas HVS dan 0,8% serat nylon
- Variasi 3 BKS_N 1,2 = Sampel beton dengan 25% limbah kertas HVS dan 1,2% serat nylon
- Variasi 4 BK = Sampel beton dengan 25% limbah kertas HVS
- Variasi 5 BSN 0,4% = Sampel beton dengan 0,4% Serat nylon
- Variasi 6 BSN 0,8% = Sampel beton dengan 0,8% Serat Nylon
- Variasi 7 BSN 1,2% = Sampel beton dengan 0,8% Serat Nylon
- Variasi 8 BKS_N 0,4% RENDAM = Sampel benton menggunakan 25% Limbah kertas HVS dan 0,4% serat nylon

Berdasarkan data, penambahan serat nylon pada beton menunjukkan pengaruh yang kompleks terhadap kuat tekan beton. Meskipun penambahan kertas menurunkan kuat tekan beton, penambahan serat nylon mampu meningkatkan kuat tekan pada beton. Persentase serat nylon yang optimal berada pada persentase BSN 1,2%, melebihi kuat tekan beton normal. Perbedaan ini mungkin disebabkan karena BSN (tanpa kertas) memungkinkan distribusi serat nylon yang lebih merata dan efektif pada beton. Kemudian di sini menunjukan bahwasannya beton dengan Perendaman sampel BKS_N 0,4% yang di rendam dan tidak di rendam menunjukan penurunan signifikan pada beton yang di rendam (16.99 Mpa) di bandingkan yang tidak direndam (18.87 Mpa), perendaman mengurangi kekuatan beton di sebabkan penyerapan air oleh kertas, sehingga mengurangi kekuatan keseluruhan pada beton . Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Edo pratama&endang setyawati). Dan mengenai limbah kertas (Rangga p.Tandipayuk Dkk) menunjukan bahwa semangkin tinggi persentase limbah kertas, semangkin rendah kuat tekan beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Penelitian ini menemukan bahwa penambahan serat nylon pada beton meningkatkan kuat tekan, mencapai maksimum 23,21 MPa pada campuran dengan 1,2% serat, yang lebih tinggi dari beton normal (19,63 MPa). Efek ini lebih jelas terlihat pada beton tanpa limbah kertas, menunjukkan distribusi serat nylon yang lebih merata. Sementara itu, penggunaan limbah kertas HVS sebagai pengganti 25% agregat halus menurunkan kuat tekan beton.
2. Perendaman beton yang mengandung limbah kertas dan serat nylon menyebabkan penurunan signifikan pada kuat tekan menjadi 16,99 MPa. Hal ini disebabkan sifat kertas yang menyerap air, yang mengganggu proses hidrasi dan mengurangi ikatan antar partikel dalam beton. Oleh karena itu, meskipun kombinasi limbah kertas dan serat nylon berpotensi sebagai material alternatif yang ramah lingkungan, diperlukan optimasi komposisi campuran dan metode perawatan yang tepat untuk menghasilkan beton dengan kuat tekan yang memadai dan workability yang baik.

5.2. Saran

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

1. Perlu Dilakukan Optimalisasi Komposisi Campuran, Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut guna menemukan proporsi optimal antara limbah kertas dan serat nylon. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan kekuatan tekan beton sambil tetap menjaga kemudahan pengerjaan (*workability*) serta kestabilan campuran.
2. Evaluasi Metode Perawatan Beton, Mengingat perendaman pada beton yang mengandung limbah kertas dapat menurunkan kekuatannya, maka perlu dicoba metode curing alternatif, seperti perawatan dengan uap atau *curing compound*, agar proses hidrasi tetap optimal tanpa meningkatkan kadar air yang berlebihan dalam campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- 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
- 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)
- Gunawan P, Wibowo, Suryawan N. Pengaruh Penambahan Serat Polypropylane Pada Beton Ringan Dengan Teknologi FOAM Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas. *Matriks Tek Sipil*. 2014;2(2):207.
- 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.
- Cahyono B. Kajian Kuat Lentur Beton Kertas (Papercrete) Dengan Bahan Tambah Serat Nylon. *Skripsi*. Published online 2011:1-53.
- Bermansyah S. , Surya Bermansyah 1 Huzaim 2) , dan Sanneti Hevianis 3). 1999;3:3-8.
- 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.
- 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. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Badan Standardisasi 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/>
- Demirbas A, Oztiirk T. Index To Volume 31. *World Compet*. 2009;32(Issue 1):147-160. doi:10.54648/woco2009016
- Teori D, Praktek KE. TEKNOLOGI BETON: Dari Teori Ke Praktek. 2019;(March).
- Taylor R, Group F. Daftar pustaka. 2023;1(1996):2019-2021.

- Rahmadhon, Andri S, Pada K, Campuran V, et al. Andri Rahmadhon I 0105038 Andri Rahmadhon. Published online 2010.
- Rangga P. Tandipayuk, Adiwijaya, dan Martha Manganta 2017. Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus. Published online 2017.
- Gunarto A, Satyarno I, Tjokrodinuljo K. Pemanfaatan Limbah Kertas Koran Untuk Pembuatan Panel Papercrete. *Forum Tek Sipil*. 2008;XVIII(2):788-797.
- Gifa Z, Lutfiani B, Zakina A. Studi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal dengan Bahan Tambah Serat Nylon. 2023;02(01):1-11.
- 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.

LAMPIRAN



Dokumentasi 1 : Pembuatan Dan Pengeringan Limbah Kertas



Dokumentasi 2 : Bahan Tambah Serat Nylon



Dokumentasi 3 : Penimbangan Agregat Halus



Dokumentasi 4 : Penimbangan Agregat kasar



Dokumentasi 5 : Penimbangan Semen Portline



Dokumentasi 6 : mesin mixer beton



Dokumentasi 7 : Penimbangan Sampel Beton



Dokumentasi 8 : Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton