

**PEMANFAATAN LIMBAH KERTAS DALAM PEMBUATAN BETON
NON-STRUKTURAL SEBAGAI PARTISI DENGAN METODE
EXPERIMENT PADA PERCETAKAN LILY DI JLN.ASAHAN**

SKRIPSI



OLEH :

Yohanna Hutabarat
228150044

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN**

2026

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 23/7/26

Access From (repository.uma.ac.id)23/7/26

**PEMANFAATAN LIMBAH KERTAS DALAM PEMBUATAN BETON
NON-STRUKTURAL SEBAGAI PARTISI DENGAN METODE
EXPERIMENT PADA PERCETAKAN LILY DI JLN.ASAHAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Unuversitas Medan Area



Disusun Oleh :

Yohanna Hutabarat
228150044

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2026

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 23/7/26

Access From (repository.uma.ac.id)23/7/26

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Kertas Dalam Pembuatan Beton Non-Struktural Sebagai Partisi Dengan Metode Experiment Pada Percetakan Lily Di Jln. Asahan

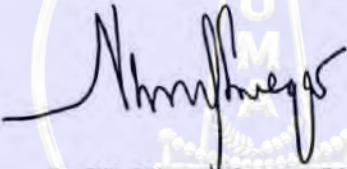
Nama : Yohanna Hutabarat

NPM : 228150044

Fakultas/Prodi : Teknik Industri

Disetujui oleh :

Dosen pembimbing



Ir. Hj. Ninny Siregar, MSi

NIDN: 0127046201

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T

NIDN: 0102027402

Kepala Program Studi



Dr. Ir. Chalis Fajri Hasibuan, ST, MSc

NIDN: 0110068801

Tanggal Lulus : 09 April 2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yohanna Hutabarat

NPM : 228150044

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana ialah hasil karya tulis saya sendiri. Terdapat bagian-bagian tertentu dalam pembuatan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sejalan melalui norma, kaidah, serta etika pembuatan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh serta sanksi-sanksi lainnya melalui peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 09 April 2026



Yohanna Hutabarat

228150044

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

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

Nama : Yohanna Hutabarat

NPM : 228150044

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk diberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **Pemanfaatan Limbah Kertas Dalam Pembuatan Beton Non-Struktural Sebagai Partisi Dengan Metode Experiment Pada Percetakan Lily Di Jln. Asahan.** Dengan Hak Royalti Non-eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 09 April 2026



Yohanna Hutabarat

228150044

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 28 Desember 2003 yaitu putri ketiga dari Almarhum Bapak Poltak Hutabarat dan Ibu Evi Siregar.

Penulis pertama kali menempuh Pendidikan di SD Swasta RK Setia Budi Medan Perjuangan, Kota Medan pada tahun 2010 dan selesai pada tahun 2016, pada tahun yang sama penulis melanjutkan sekolah di SMP Negeri 12 Medan serta lulus pada tahun 2019, lalu penulis juga melanjutkan sekolah di SMA Negeri 18 Medan dan lulus pada tahun 2022. Pada tahun yang sama pula penulis terdaftar di Universitas Medan Area (UMA) sebagai mahasiswa program studi Teknik Industri dan menyelesaikan pendidikan gelar S-1 (Strata 1) Teknik Industri pada Tahun 2026.

Oleh karena kemurahan Tuhan Yesus Kristus dan usaha yang disertai topangan doa kedua orangtua dalam menjalani aktivitas akademik Perguruan Tinggi Swasta Universitas Medan Area. Penulis bisa menyelesaikan tugas akhir melalui skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Kertas Dalam Pembuatan Beton Non-Struktural Sebagai Partisi Dengan Metode Experiment Pada Percetakan Lily Di Jln. Asahan”.

ABSTRAK

Yohanna Hutabarat. NPM 228150044. “Pemanfaatan Limbah Kertas Dalam Pembuatan Beton Non-Struktural Sebagai Partisi Dengan Metode Experiment Pada Percetakan Lily Di Jln. Asahan” Dibimbing oleh Ir. Hj. Ninny Siregar M. Si

Percetakan Lily di Jl. Asahan adalah salah satu percetakan kertas yang setiap harinya menghasilkan limbah padat non-bahaya yang jumlahnya terus meningkat seiring dengan tingginya aktivitas perkantoran dan industri percetakan. Jumlah limbah yang dihasilkan percetakan Lily setiap harinya tidak menentu tetapi dalam 1 bulan percetakan tersebut kurang lebih dapat menghasilkan limbah kertas sebanyak 2 ton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi pemanfaatan limbah tersebut sebagai bahan alternatif dalam pembuatan beton non-struktural sebagai partisi yang ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memanfaatkan limbah Kertas sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton non-struktural dengan menggunakan metode Experiment. Analisis dengan metode ini disesuaikan dengan kondisi penelitian dan mencakup langkah-langkah terstruktur sebelum eksperimen dilakukan. Tujuannya adalah memastikan data yang dibutuhkan dapat dikumpulkan secara efektif, sehingga menghasilkan analisis objektif dan kesimpulan yang relevan dengan permasalahan yang dibahas. Setelah melakukan analisis dengan bahan tambah limbah kertas dengan 4 formulasi campuran yang berbeda yaitu 30%, 40%, 50% dan 60% diperoleh hasil uji tekan untuk sampel A1 sebesar 3,67Mpa, 3,39Mpa, dan 4,52Mpa. Untuk sampel A2 di peroleh hasil sebesar 2,54Mpa, 2,54Mpa dan 2,82Mpa. Untuk sampel A3 di peroleh hasil sebesar 2,54Mpa, 2,54Mpa dan 2,54Mpa. Dan untuk sampel A4 di peroleh hasil sebesar 2,26Mpa, 2,54Mpa dan 1,98Mpa. Maka dapat disimpulkan jika uji tekan beton non-struktural yang berbahan tambah limbah kertas tidak memenuhi SNI 03-3449-2002 tetapi setelah di analisis tujuan penggunaannya, beton ringan dengan penambahan limbah kertas sebagai campuran bahan pembuatannya tetap dapat digunakan sebagai partisi karna sudah memiliki daya tekan untuk membuatnya tetap pada posisinya.

Kata Kunci : Limbah Kertas, Beton Non-Struktural, Experiment, Uji Kuat Tekan

ABSTRACT

Yohanna Hutabarat. NPM 228150044. “Utilization of Paper Waste in the Production of Non-Structural Concrete for Partitions Using an Experimental Method at Lily Printing on Asahan Street” Supervised by Ir. Hj. Ninny Siregar M. Si

Lily Printing on Jl. Asahan is a paper printing company that produces non-hazardous solid waste daily, the volume of which continues to increase in line with the high level of office and printing industry activity. The amount of waste produced by Lily Printing daily varies, but over the course of a month, the facility generates approximately 2 tons of paper waste. This study aims to evaluate the potential for utilizing this waste as an alternative material in the production of non-structural concrete for environmentally friendly partitions. Additionally, this study aims to utilize paper waste as a mixture in the production of non-structural concrete using an experimental method. The analysis using this method is tailored to the research conditions and includes structured steps prior to conducting the experiments. The objective is to ensure that the required data can be collected effectively, thereby yielding objective analysis and conclusions relevant to the issues discussed. After conducting the analysis using paper waste as an additive with four different mixture formulations 30%, 40%, 50%, and 60% the compressive strength test results for sample A1 were 3.67 MPa, 3.39 MPa, and 4.52 MPa. For sample A2, the results were 2.54 MPa, 2.54 MPa, and 2.82 MPa. For sample A3, the results were 2.54 MPa, 2.54 MPa, and 2.54 MPa. And for sample A4, the results were 2.26 MPa, 2.54 MPa, and 1.98 MPa. It can therefore be concluded that the compressive strength test of non-structural concrete made with paper waste as an additive does not meet SNI 03-3449-2002; however, after analyzing its intended use, lightweight concrete with paper waste added as a mixture in its production can still be used as a partition because it possesses sufficient compressive strength to keep it in place.

Keywords: Paper Waste, Non-Structural Concrete, Experiment, Compressive Strength Test

KATA PENGANTAR

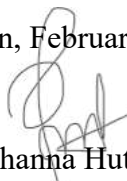
Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang tak henti- hentinya memberikan segala kenikmatan dan rahmat-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Kertas Dalam Pembuatan Beton Non-Struktural Sebagai Partisi Dengan Metode Experiment Pada Percetakan Lily Di Jln. Asahan” dengan baik. Adapun Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan Tugas Akhir pada Prodi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Besar harapan penulis, penyusunan Skripsi ini dapat menambah pengetahuan bagi pembaca. Penulis juga menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan Skripsi ini, karena pengetahuan dan pengalaman penulis masih terbatas. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan demi kesempurnaan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa selesainya penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak karenanya pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Amang boru dan bou saya yang sudah merawat saya sedari saya kecil, dan yang selalu mendoakan penulis serta memberikan dukungan baik moril maupun materil untuk penulis.
2. Mama saya yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan semangat untuk penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc. selaku Rektor Universitas Medan Area.

4. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
5. Bapak Dr. Ir. Chalis Fajri Hasibuan, S.T, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area.
6. Ibu Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si. selaku Dosen Pembimbing saya yang senantiasa memberikan motivasi, membantu, dan memberikan arahan pada penulis.
7. Panitia Seminar Skripsi penulis yaitu Bapak Sutrisno, S.T, M.T. selaku Ketua Panitia, Bapak Yudi Daeng Polewangi, S.T, M.T. selaku Sekretaris Panitia dan Ibu Nukhe Andri Silviana, S.T, M.T. selaku Pembimbing yang telah memberi arahan serta masukan untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Kakak-kakak dan abang-abang penulis yang ikut serta mendoakan dan memberi semangat kepada penulis.
9. Denni Alexander Sianipar, S.T. yang selalu mengingatkan serta membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
10. Sri Rejeki Munthe, Nenny Juliana Purba, dan kak Erliani Br. Siagian, S.T. yang selalu menebar tawa, membantu dan memberikan semangat untuk saling menyelesaikan penulisan skripsi.
11. Pegawai Universitas Medan Area khususnya Bang Ofdy Pramana, S.T. selaku IT Program Studi Teknik Industri, kak Retta Nazeli Oktaviana Siregar, S.T, selaku asisten laboratorium Teknik Industri UMA dan staff P2MAL yang juga telah membantu penulis

Medan, Februari 2026


Yohanna Hutabarat

DAFTAR ISI

ABSTRAK	1
ABSTRACT	2
KATA PENGANTAR.....	3
DAFTAR ISI.....	5
DAFTAR GAMBAR	7
DAFTAR TABEL	8
BAB I.....	9
PENDAHULUAN.....	9
1.1. Latar Belakang	9
1.2. Rumusan Masalah	11
1.3. Batasan Masalah.....	11
1.4. Tujuan Penelitian.....	11
1.5. Manfaat Penelitian	12
1.6. Sistematika Penulisan	13
BAB II	15
TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1. Sistem Lingkungan Industri	15
2.1.1 Ekonomi Sirkular.....	15
2.1.2 Relevansi Ekonomi Sirkular terhadap Penelitian	16
2.2. Objek Penelitian	17
2.2.1 Definisi Beton Non-Struktural	17
2.2.2 Persyaratan Mutu Beton Non-Struktural	18
2.3. Limbah Kertas	19
2.4. Kertas HVS	20
2.5. Penelitian <i>Experiment Design</i>	20
2.5.1 Jenis Jenis Penelitian Experimental.....	21
2.6. Pengujian Kuat Tekan Pada Beton Non-Struktural.....	22
2.7. Material Penyusunan Beton Non-Struktural	23
2.7.1 Semen Portland.....	24
2.7.2 Air	24
2.7.3 Agregat Halus (Pasir)	25

2.7.4 Agregat Kasar (Batu Apung)	26
2.8. Model Matematis Penelitian Experimental	28
BAB III.....	30
METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	30
3.2. Objek Penelitian	30
3.3. Variabel Penelitian	30
3.4. Kerangka Berfikir.....	31
3.5. Alat dan Bahan	32
3.6. Pengumpulan Data	37
3.7. Metode Penelitian.....	38
3.7.1 Perancangan Eksperimen (<i>Experiment Design</i>)	38
3.7.2 Model Analisis pada Penelitian	38
3.8. Jumlah Material Pembuatan Beton Non-Struktural	39
3.9. Diagram Alur Penelitian.....	40
BAB IV	41
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Pembuatan Benda Uji.....	41
4.2. Ukuran Beton Non-Struktural	42
BAB V.....	54
KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Limbah Kertas	18
Gambar 3.1 Kerangka Berfikir	30
Gambar 3.2 Cetakan Beton	24
Gambar 3.3 Saringan	25
Gambar 3.4 Timbangan	25
Gambar 3.5 Sendok Semen	26
Gambar 3.6 Semen Portland	26
Gambar 3.7 Limbah kertas	27
Gambar 3.8 Pasir	27
Gambar 3.9 Batu Apung	28
Gambar 3.10 Air	28
Gambar 3.11 diagram Alur Penelitian	32
Gambar 4.1 Berat Sampel	43
Gambar 4.3 Uji Tekan Sampel	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Limbah Kertas Percetakan Lily Bulan November 2025.....	9
Tabel 4.1 Model Matematis Material Pembuatan beton non-struktural.....	39
Tabel 4.2 Formulasi Sampel.....	41
Tabel 4. 3 Ukuran Beton Non-Struktural	42
Tabel 4.4 Berat Beton Non-Struktural	43
Tabel 4.5 Uji Kuat Tekan	45
Tabel 4.6 Hasil Uji Kuat Tekan	51
Tabel 4.7 Hasil Deskriptif Uji Kuat Tekan	52
Tabel 4.8 Hasil Anova Kuat Tekan	52



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Percetakan Lily di Jl. Asahan adalah salah satu percetakan kertas yang setiap harinya menghasilkan limbah padat non-bahaya itu. Percetakan Lily beroperasi 6 hari dalam seminggu yang dimulai dari jam 08.00 WIB s/d 17.00 WIB. Percetakan Lily juga kerap melakukan lembur terhadap pekerja jika sedang mendapatkan pesanan cetak.

Jumlah limbah yang dihasilkan percetakan Lily setiap harinya tidak menentu tetapi dalam 1 bulan percetakan tersebut kurang lebih dapat menghasilkan limbah kertas sebanyak 2 ton. Limbah kertas yang dihasilkan berupa kertas bekas desain & cetak, kertas cacat, potongan – potongan kertas dan sisa bahan baku seperti kardus dan alat pengemas. Berikut data bulanan dan tahunan limbah yang dihasilkan percetakan Lily

Tabel 1.1 Data Limbah Kertas Percetakan Lily Bulan November 2025

Hari	Jenis Limbah Kertas	Jumlah (kg)
1	Kertas art paper	200
2	Kertas potongan sisa produksi	140
3	Serbuk kertas hasil pemotongan	100

Sumber: Percetakan Lily

Limbah kertas dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan yang memiliki nilai ekonomis, salah satunya dengan menjadikannya campuran dalam pembuatan beton non-struktural sebagai partisi. Beton non-struktural atau beton ringan menjadi pilihan karena memiliki berat jenis lebih rendah dibandingkan beton normal, sehingga mempermudah pemasangan dan mengurangi beban bangunan.

Pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan campuran dalam beton non-struktural merupakan salah satu alternatif inovatif yang dapat dikembangkan. Dalam penelitian ini, digunakan tiga variasi formulasi dengan komposisi yang berbeda antara semen, pasir, dan limbah kertas yang akan dihaluskan (bubur kertas):

- a. A1: Semen (15%) ; Pasir (25%) ; Limbah Kertas (30%) ; Batu Apung (30%)
- b. A2: Semen (15%) ; Pasir (20%) ; Limbah Kertas (40%) ; Batu Apung (25%)
- c. A3: Semen (15%) ; Pasir (15%) ; Limbah Kertas (50%) ; Batu Apung (20%)
- d. P4: Semen (10%) ; Pasir (15%) ; Limbah Kertas (60%) ; Batu Apung (15%)

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemanfaatan limbah kertas ini dengan menggunakan pendekatan eksperiment design. Experiment Design adalah rancangan percobaan yang dirancang untuk memperoleh informasi relevan. Analisis dengan metode ini disesuaikan dengan kondisi penelitian dan mencakup langkah-langkah terstruktur sebelum eksperimen dilakukan. Tujuannya adalah memastikan data yang dibutuhkan dapat dikumpulkan secara efektif, sehingga menghasilkan analisis objektif dan kesimpulan yang relevan dengan permasalahan yang dibahas.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan kombinasi terbaik antara bahan (semen, pasir, dan batu apung) dengan limbah kertas, sehingga beton non-struktural yang dihasilkan diharapkan memiliki nilai ekonomis, ramah lingkungan, serta memenuhi standar kualitas material bangunan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, terdapat beberapa rumusan masalah yang akan dijadikan bahan penelitian ini, sebagai berikut:

1. Berapa besar kuat tekan beton dengan campuran yang diberikan sebanyak 30%, 40%, 50% dan 60% jika menggunakan bahan substitusi limbah kertas ?
2. Bagaimana proses pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton non-struktural?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini agar terfokus pada pemecahan masalah yang telah dirumuskan, yaitu:

1. Penelitian ini hanya melakukan pengujian pada kuat tekan beton ringan saja. Sementara itu untuk pengujian lain tidak dilakukan.
2. Komposisi campuran limbah kertas dibatasi pada variasi 30%, 40%, 50% dan 60%.
3. Limbah kertas yang digunakan dalam penelitian ini hanya limbah HVS.
4. Penelitian ini tidak membahas biaya produksi, aspek ekonomi, dan dampak lingkungan secara detail

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian yang dikemukakan dalam latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah kertas terhadap kuat tekan pada Beton Non-Struktural yang dihasilkan.

2. Untuk menjelaskan proses pemanfaatan limbah kertas percetakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton non-struktural

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Bagi Penulis

Bagi penulis penelitian ini dapat memberikan pengalaman dan menambah pengetahuan, serta sebagai pengaplikasian ilmu yang telah diperoleh di perkuliahan dan meningkatkan wawasan serta pengetahuan dalam peneliti terhadap kondisi nyata dalam suatu perusahaan.

2. Bagi Pembaca

Bagi pembaca penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai penerapan Metode *Eksperimen* agar mengetahui penerapan kualitas dan fasilitas pelayanan pada industri jasa.

3. Bagi Perusahaan

Bagi perusahaan penelitian ini diharapkan menjadi pelajaran dalam mengurangi beban lingkungan dan meningkatkan kesadaran peduli lingkungan.

4. Bagi Universitas

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi yang dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi uraian tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah dan asumsi, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi uraian tentang teori-teori yang berupa pengertian dan definisi yang diambil dari kutipan buku yang berkaitan dengan penyusunan laporan skripsi serta beberapa literatur review yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi uraian tentang lokasi penelitian, sumber data dan jenis penelitian, variabel penelitian, definisi operasional, kerangka berpikir, teknik pengumpulan data, teknik pengolahan data, dan metode penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi uraian tentang penyajian data hasil penelitian, pembahasan, serta analisis hasil pengolahan data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi uraian tentang kesimpulan atas semua yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, sedangkan saran-saran merupakan sub bab terakhir dalam penulisan bab ini.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini berisi tentang akhir dalam karya tulis ilmiah yang berisi referensi sumber informasi yang digunakan baik dari jurnal, buku dan kutipan-kutipan lain selama proses penelitian.

LAMPIRAN



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Lingkungan Industri

Sistem lingkungan industri merupakan suatu pendekatan yang mengintegrasikan aktivitas industri dengan prinsip-prinsip keberlanjutan lingkungan. Dalam sistem ini, kegiatan industri tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi dan keuntungan ekonomi, tetapi juga memperhatikan efisiensi penggunaan sumber daya serta pengelolaan limbah agar tidak mencemari lingkungan (Frosch & Gallopoulos, 1989). Masalah lingkungan mempunyai implikasi penting yang terus meningkat bagi Perusahaan dan organisasi lainnya, tergantung pada bagaimana reaksi pada Perusahaan tersebut. Ternyata perhatian terhadap lingkungan dapat memiliki pengaruh positif dan negatif yang cukup luas pada Perusahaan dalam mencapai tujuan dan sasarannya. (Awantara, 2014)

2.1.1 Ekonomi Sirkular

Ekonomi sirkular merupakan sebuah konsep ekonomi yang mengimplementasikan tujuan pembangunan berkelanjutan yang terkait dengan tingkat konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab dan berkelanjutan. Dalam sistem ini, limbah dari suatu proses produksi dianggap sebagai sumber daya bagi proses lainnya. Model ini berbeda dengan sistem ekonomi linear yang bersifat *take-make-dispose* (ambil-buat-buang).

Menurut Kirchherr et al. (2017), ekonomi sirkular bertujuan untuk mengurangi limbah, memperpanjang umur produk, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya melalui prinsip *Reduce, Reuse, Recycle, dan Recover*

(4R). Dengan demikian, ekonomi sirkular menciptakan nilai tambah melalui pemanfaatan limbah menjadi produk baru yang bernilai ekonomi serta ramah lingkungan.

Pengelolaan limbah adalah salah satu bentuk implementasi ekonomi sirkular. Ellen MacArthur Foundation (2013:7), komunitas yang mempopulerkan ekonomi sirkular berpendapat bahwa inti dari ekonomi sirkular adalah; pertama, untuk mendesain limbah, produk produk yang dikonsumsi dapat didaur ulang dan dijadikan sumber produksi kembali. Kedua, terpilahnya limbah jangka panjang dan jangka pendek. Ketiga, energi yang diperlukan pada sistem ini adalah energi hijau, sekaligus untuk mengurangi pemakaian sumber energi yang tidak dapat diperbaharui.

2.1.2 Relevansi Ekonomi Sirkular terhadap Penelitian

Penelitian “Pemanfaatan Limbah Kertas Dalam Pembuatan Beton Non-Struktural Sebagai Partisi Dengan Metode Experiment Pada Percetakan Lily Di Jln. Asahan” memiliki relevansi yang kuat dengan teori ekonomi sirkular karena:

1. Mengubah limbah menjadi sumber daya

Limbah kertas dimanfaatkan sebagai bahan tambahan untuk menggantikan sebagian material konvensional, sehingga mengurangi ketergantungan terhadap bahan alam seperti semen atau pasir.

2. Menciptakan nilai ekonomi baru

Hasil produk beton dari limbah kertas memiliki potensi nilai jual, yang berarti meningkatkan efisiensi ekonomi.

3. Mendukung keberlanjutan lingkungan

Mengurangi volume limbah kertas yang berakhir di tempat pembuangan akhir dan menekan dampak pencemaran.

4. Mendorong inovasi teknologi hijau

Penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan material konstruksi ramah lingkungan yang mendukung implementasi *green building*.

2.2. Objek Penelitian

2.2.1 Definisi Beton Non-Struktural

Beton Non-Struktural atau beton ringan merupakan jenis beton yang memiliki nilai kekuatan dan berat jenis yang lebih rendah jika dibandingkan dengan beton normal.(Dwiyana et al., 2024). Beton non-struktural adalah beton yang tidak digunakan untuk menahan beban utama (beban struktural). Penggunaan beton non-struktural biasanya ditemukan pada bagian-bagian bangunan yang tidak menerima beban signifikan, seperti dinding pembatas, panel partisi, lantai kerja, dan elemen dekoratif. Oleh karena itu, dalam pembuatannya, beton jenis ini lebih mengutamakan aspek kemudahan pengerjaan, efisiensi biaya, serta fleksibilitas dalam penggunaan material.

Beton jenis ini tetap tersusun dari komponen dasar beton yaitu semen, agregat (halus/kasar), dan air, namun tidak dirancang untuk kekuatan tinggi seperti beton struktural.(Shalahuddin et al., 2017). Namun, terdapat modifikasi dalam pemilihan agregat maupun bahan tambahan yang digunakan. Agregat ringan seperti batu apung, tanah liat yang dibakar, atau cangkang sawit sering digunakan untuk menggantikan agregat kasar konvensional. Selain itu, bahan tambahan seperti

styrofoam dan foam agent juga banyak digunakan untuk menciptakan rongga udara dalam campuran beton.

2.2.2 Persyaratan Mutu Beton Non-Struktural

Mutu beton di Indonesia diatur dalam standar nasional, yaitu SNI 2847:2019 yang mengacu pada kekuatan tekan beton sebagai parameter utama. Mutu beton biasanya dinyatakan dalam satuan kuat tekan karakteristik (f'_c) dalam MPa yang diperoleh dari hasil pengujian pada umur 7, 14 dan 28 hari.

Dalam standar tersebut, beton struktural umumnya memiliki kuat tekan minimal sekitar 17 MPa, sedangkan beton dengan kuat tekan di bawah nilai tersebut cenderung digunakan untuk keperluan non-struktural. (Cara, 2002). Beton ringan non-struktural, termasuk yang menggunakan bahan tambahan seperti limbah kertas HVS, biasanya memiliki kuat tekan yang lebih rendah, tergantung pada komposisi campuran dan jenis material yang digunakan.

Selain itu, standar lain seperti SNI 03-2461-2002 juga mengatur klasifikasi beton ringan berdasarkan berat jenis dan kekuatannya. Beton ringan non-struktural umumnya memiliki berat jenis yang rendah dengan kuat tekan yang cukup untuk elemen non-pemikul beban.

Dengan adanya standar SNI, kualitas beton dapat dikontrol sehingga tetap memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan fungsi penggunaannya. Oleh karena itu, dalam penelitian atau pembuatan beton ringan dengan bahan tambahan seperti limbah kertas HVS, hasil pengujian kuat tekan perlu dibandingkan dengan standar yang berlaku agar dapat diketahui kelayakan penggunaannya

2.3. Limbah Kertas

Limbah merupakan merupakan permasalahan besar di setiap tempat terutama di Negara berkembang (Irna Hendriyani, Rahmat, 2017). Kertas adalah salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan oleh manusia, baik yang dihasilkan oleh rumah tangga maupun sekolah dan perkantoran. Limbah kertas menjadi salah satu masalah yang serius di bumi ini. Sampah kertas di Indonesia mencapai 12,02%. Pada umumnya kertas berbahan dasar dari alam dan biasanya dari pepohonan (Arfah, 2017). Maka semakin kita banyak mempergunakan kertas maka semakin cepat pula bumi ini penuh dengan rusak karena keseimbangan alamnya terganggu. Sampah kertas di Indonesia mencapai 12,02%. Pemberdayaan sumber daya lokal dapat berupa pemanfaatan sampah atau limbah. Pemanfaatan sampah atau limbah disamping dapat mengurangi pencemaran lingkungan juga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bangunan yang sudah ada. Salah satu sampah atau limbah yang dapat dimanfaatkan dengan baik adalah limbah kertas HVS, karena mudah didapatkan serta angka peningkatan limbah yang cukup besar (Irna Hendriyani, Rahmat, 2017).



Gambar 2.1 Limbah Kertas

2.4. Kertas HVS

Kertas HVS adalah salah satu bahan yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari apalagi di lingkup mahasiswa, begitu banyak aktivitas yang menggunakan kertas sehingga limbah kertas mudah ditemukan. Kertas HVS yang telah digunakan, biasanya hanya akan dibuang dan menimbulkan masalah bagi lingkungan. Oleh karena itu perlu adanya pendaur ulangan limbah kertas sehingga mampu mengatasi permasalahan lingkungan.

2.5. Penelitian *Experiment Design*

Kegiatan eksperimen sering kita lakukan di berbagai bidang dalam kehidupan sehari-hari. Tujuan dari kegiatan eksperimen adalah untuk mendapatkan informasi/pengetahuan tentang performansi atau kinerja suatu sistem atau proses. Dengan mengetahui performansi/kinerja suatu proses/sistem, maka kita dapat menentukan dan melakukan rekayasa peningkatan proses/sistem tersebut secara kontinu. Di dalam proses, terdapat kombinasi antara mesin/peralatan, metode, manusia, dan sumber daya lain yang mentransformasi beberapa variabel input menjadi satu atau lebih variabel output(respon).

Penelitian eksperimen merupakan penelitian yang bertujuan untuk menguji pengaruh variabel bebas terhadap variabel tergantung yang pengujiannya melibatkan manipulasi perlakuan variabel bebas dalam situasi eksperimen (Furlog, Lovelace, & Lovelace, 2000; dikutip dalam *Pengantar Metode Penelitian Eksperimen*, n.d.). Satu set variabel berfungsi sebagai konstanta untuk menjadi acuan, sementara set variabel lainnya digunakan untuk mengamati perbedaannya.

Metode penelitian kuantitatif, misalnya, sering kali bersifat eksperimental. Adapun ciri-ciri penelitian eksperiment :

- Meneliti hubungan sebab akibat dengan memanipulasi satu variable pada satu atau lebih kelompok eksperimental, dan membandingkannya dengan kelompok control yang tidak mendapatkan manipulasi
- Menguji hipotesis dan membuat prediksi

2.5.1 Jenis Jenis Penelitian Experimental

Desain eksperimental klasik didefinisikan sebagai metode yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam suatu penelitian yang bersifat eksperimental.

Ada tiga jenis utama desain eksperimental

- a. Desain penelitian pra-eksperimental
- b. Desain penelitian eksperimental sejati
- c. Desain penelitian kuasi-eksperimental

Cara mengelompokkan atau mengklasifikasikan subjek penelitian berdasarkan kondisi atau kelompok akan menentukan jenis desain penelitian yang sesuai untuk digunakan.

1. Desain penelitian pra-eksperimental: Merupakan desain di mana satu kelompok atau beberapa kelompok diamati setelah diberi perlakuan yang diduga menjadi penyebab suatu efek. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah diperlukan studi lanjutan terhadap kelompok tersebut.
2. Desain penelitian eksperimental sejati: Penelitian eksperimental sejati mengandalkan analisis statistik untuk membuktikan atau menolak hipotesis, sehingga dianggap sebagai bentuk penelitian yang paling akurat. Di antara

berbagai jenis desain eksperimental, hanya desain eksperimental sejati yang mampu membuktikan hubungan sebab-akibat dalam suatu kelompok. Dalam eksperimen yang valid, harus memenuhi tiga syarat utama: adanya grup kontrol yang tidak menerima perlakuan, grup eksperimental yang menerima variabel yang dimanipulasi oleh peneliti, serta pembagian subjek secara acak. Metode penelitian ini umumnya digunakan dalam bidang ilmu fisika. 21

3. Desain penelitian kuasi-eksperimental: Kata "kuasi" berarti menyerupai, sehingga desain ini mirip dengan penelitian eksperimental sejati, namun tidak sepenuhnya sama. Perbedaan utamanya terletak pada penugasan kelompok kontrol. Dalam desain ini, variabel independen tetap dimanipulasi, tetapi peserta tidak dipilih atau dibagi ke dalam kelompok secara acak. Desain kuasi-eksperimental biasanya digunakan dalam situasi lapangan di mana penugasan acak sulit diterapkan atau tidak memungkinkan.

2.6. Pengujian Kuat Tekan Pada Beton Non-Struktural

Kuat tekan didefinisikan sebagai kapasitasnya untuk menahan beban atau gaya mekanik sebelum terjadi kegagalan. Uji kuat tekan beton adalah pengujian ketahanan beton non-struktural terhadap tekanan pada contoh beton non-struktural, yang kemudian diperiksa agar diketahui apakah kuat tekan beton non-struktural tersebut telah mencapai kuat tekan yang diinginkan atau belum. Pengujian kuat tekan dengan alat uji *compressive strength test machine*, dimana mesin menghitung dan menunjukkan kuat tekan beton non-struktural yang ditunjukkan oleh panah

warna merah. Mesin dapat diatur kecepatannya, sampel yang telah disiapkan ditekan hingga hancur. Kecepatan penekanan diatur dari satu hingga dua menit dari saat beban ditekan hingga sampel uji dihancurkan. Arah pengepresan pada sampel uji tekan.

$$\text{Kuat Tekan } (f_c) = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

P=beban maksimal

A=luas penampang

2.7. Material Penyusunan Beton Non-Struktural

Beton ringan non-struktural pada dasarnya tersusun dari semen, air, dan agregat, namun mengalami modifikasi pada jenis agregat dan bahan tambah yang digunakan. Agregat ringan seperti batu apung, tanah liat bakar, atau cangkang sawit sering digunakan untuk menggantikan agregat konvensional. Selain itu, bahan tambahan seperti styrofoam dan foam agent digunakan untuk menciptakan rongga udara dalam beton sehingga beratnya berkurang.

Dalam perkembangan penelitian, penggunaan material limbah sebagai bahan tambahan juga semakin banyak dilakukan. Limbah tersebut seperti limbah kertas. Pemanfaatan limbah ini tidak hanya bertujuan untuk menurunkan berat beton, tetapi juga untuk meningkatkan nilai guna limbah dan mendukung konsep ramah lingkungan. Komponen yang membentuk beton non-struktural tercantum di bawah ini.

2.7.1 Semen Portland

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ((SNI 15-2049-2004, 2004), semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan tambahan lain.

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-18 atau standar uji bahan bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut.

2.7.2 Air

Air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan beton karena dapat menentukan mutu dalam campuran. Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras.

Dalam beton air berfungsi sebagai bahan untuk bereaksi kimia dengan semen membentuk suatu pasta semen. Pemberian air yang berlebihan pada adukan beton juga akan mengurangi kekuatan beton itu sendiri.

Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga,

kolam, dan lainnya), ataupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan.

2.7.3 Agregat Halus (Pasir)

Agregat dikatakan sebagai agregat halus jika besar butirannya kurang lebih sebesar 4,75 mm (ASTM C33). Di dalam SNI 03-2834-2000 dikatakan bahwa agregat halus merupakan pasir alam yang berasal dari hasil desintegrasi batuan atau pasir secara alami yang mempunyai ukuran butir sebesar 5mm. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. (Edward G. Nawy hal: 14).

Syarat mutu agregat halus menurut SK SNI S-04-1989-F adalah sebagai berikut:

1. Butirannya tajam, kuat dan keras. 10
2. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
3. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - a. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.
 - b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
4. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,06mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% pasir harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

6. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1,2,3 atau 4.
7. Tidak boleh mengandung garam.

2.7.4 Agregat Kasar (Batu Apung)

Batu apung merupakan salah satu jenis agregat ringan alami yang banyak digunakan dalam pembuatan beton ringan. Batu apung terbentuk dari proses vulkanik, yaitu hasil pendinginan cepat lava yang mengandung gas sehingga menghasilkan material yang berpori dan memiliki berat jenis rendah. Struktur berpori tersebut menyebabkan batu apung memiliki massa jenis yang jauh lebih kecil dibandingkan agregat kasar konvensional seperti kerikil atau batu pecah.

Dalam penggunaannya sebagai agregat kasar, batu apung memiliki karakteristik yang sangat mempengaruhi sifat beton. Salah satu karakteristik utama adalah daya serap air yang tinggi akibat banyaknya pori-pori pada permukaannya. Kondisi ini mengharuskan adanya perlakuan awal seperti perendaman agar batu apung tidak menyerap air dari campuran beton yang dapat mengganggu proses hidrasi semen (Neville, 2011). Selain itu, kekuatan batu apung yang relatif lebih rendah dibandingkan agregat normal menyebabkan kuat tekan beton yang dihasilkan juga cenderung lebih rendah.

Meskipun demikian, penggunaan batu apung memberikan keuntungan berupa pengurangan berat beton secara signifikan serta peningkatan sifat isolasi termal dan akustik (Mindess et al., 2003). Oleh karena itu, beton dengan agregat batu apung

lebih banyak digunakan untuk keperluan non-struktural atau struktur ringan dengan beban terbatas. Standar mengenai beton ringan juga diatur dalam SNI 03-2461-2002 yang mengklasifikasikan beton berdasarkan berat jenis dan kekuatannya.

Penelitian tentang pemanfaatan sampah plastik menjadi beton non-struktural di Desa Jetis, Kabupaten Purbalingga menunjukkan bahwa limbah plastik dapat diolah menjadi beton non-struktural yang layak secara ekonomi, ditunjukkan oleh nilai Net Present Value (NPV) yang positif dan indeks profitabilitas di atas satu. Penelitian tersebut lebih menekankan pada aspek kelayakan usaha dan ekonomi produksi, bukan pada pemenuhan kuat tekan berdasarkan standar SNI. Berbeda dengan penelitian ini yang berfokus pada kinerja mekanik beton non-struktural, khususnya kuat tekan sesuai SNI 03-0691-1996.

Sementara itu, penelitian pemanfaatan abu ampas tebu dalam beton non-struktural menunjukkan bahwa penambahan abu ampas tebu memang menurunkan kuat tekan, namun masih dapat memenuhi standar mutu B menurut SNI 03-0691-1996. Hal ini menunjukkan bahwa abu ampas tebu memiliki karakteristik fisik yang masih dapat berfungsi sebagai material pengisi dan tidak terlalu mengganggu proses hidrasi semen.

Jika dibandingkan dengan penelitian tersebut, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan limbah kertas memberikan dampak penurunan kuat tekan yang lebih besar. Nilai kuat tekan tertinggi dalam penelitian ini hanya mencapai 6,56 MPa, sedangkan batas minimum mutu D menurut SNI adalah 8,5 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa limbah kertas memiliki karakteristik yang berbeda dari abu ampas tebu maupun plastik. Limbah kertas bersifat menyerap air,

sehingga mengurangi air yang tersedia untuk proses hidrasi semen dan menyebabkan ikatan antar material menjadi lemah.

2.8. Model Matematis Penelitian Experimental

Menurut Montgomery (2017), desain eksperimen adalah prosedur sistematis untuk merencanakan, melaksanakan, menganalisis, dan menafsirkan percobaan sehingga data yang diperoleh dapat menghasilkan kesimpulan yang valid dan efisien.

Menurut Gomez dan Gomez (2007), eksperimen statistik harus memenuhi tiga prinsip dasar, yaitu:

1. Randomisasi, yaitu pengalokasian perlakuan secara acak pada unit percobaan untuk menghindari bias,
2. Replikasi, yaitu pengulangan perlakuan untuk memperoleh estimasi galat eksperimen,
3. Pengendalian lokal, yaitu pengaturan kondisi agar variasi yang tidak diinginkan dapat diminimalkan.

Desain eksperimen bertujuan untuk meminimalkan kesalahan yang mungkin terjadi selama proses eksperimen, sehingga diperlukan desain yang lebih optimal. Dalam penelitian ini, desain tersebut dikenal sebagai Rancangan Acak Lengkap

Rancangan Acak Lengkap (RAL) adalah desain eksperimen yang paling sederhana, di mana seluruh unit percobaan dianggap homogen dan setiap perlakuan memiliki peluang yang sama untuk diterapkan pada setiap unit

Model linier aditif merupakan salah satu model statistik yang sering diterapkan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Model ini digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon dengan faktor-faktor yang

memengaruhi variabel tersebut. Model matematis untuk RAL dari ANOVA Desain Satu Faktor (Faktor Tunggal) adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}; (i = 1, 2, ..., t \text{ dan } j = 1, 2, ..., r)$$

Keterangan :

Y_{ij} = hasil pengamatan (respon) perlakuan perbedaan bahan pembuatan beton non-struktural (limbah kertas, semen, pasir dan kerikil) ke-i dan ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

T_i = pengaruh perlakuan perbedaan bahan pembuatan beton non-struktural (limbah kertas, semen, pasir dan kerikil) ke-i

Model ini menyatakan bahwa setiap nilai pengamatan merupakan hasil penjumlahan dari nilai rata-rata umum, efek perlakuan, dan galat acak.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan Langkah-langkah umum atau metode yang dilakukan dalam penelitian sebuah masalah, kasus, fenomena, atau yang lain secara eksperimen. Pada penelitian ini akan dilakukan sebuah penelitian dengan metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium.

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Percetakan Lily, Jln. Asahan no 3, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara 20235. Waktu Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan Desember 2025

3.2. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah limbah kertas HVS yang digunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton non-struktural.

3.3. Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental, melibatkan variabel bebas (variabel independen) dan variabel terikat (variabel dependen). Variabel bebas merupakan suatu variabel yang dapat mempengaruhi atau merubah variabel terikat .

1. Variabel bebas (Variabel Independent)

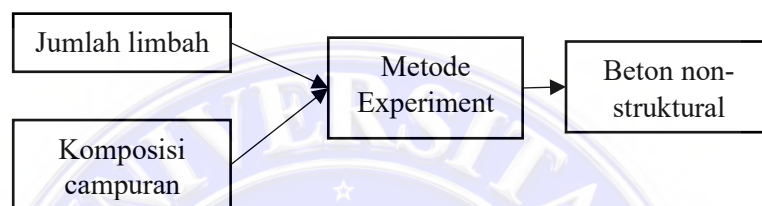
Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (Sugiyono, 2016:68). Pada penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah pemanfaatan limbah kertas HVS sebagai bahan tambah pembuatan beton non-struktural

2. Variabel Terikat (Variabel Dependent)

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas (independent variable). Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah melibatkan kuat tekan.

3.4. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar berikut



Gambar 3.1 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir dalam penelitian ini menggambarkan hubungan antara variabel-variabel yang digunakan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah kertas terhadap karakteristik beton non-struktural yang dihasilkan.

Jumlah Limbah Kertas

Bagian ini menekankan latar belakang masalah utama. Dari sisi material, limbah kertas mengandung serat selulosa yang bersifat ringan dan mampu menyerap air. Sifat ini menjadi peluang untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam beton, khususnya beton non-struktural. Ketika dimasukkan ke dalam campuran beton, serat kertas dapat membentuk rongga-rongga kecil yang membuat beton menjadi lebih ringan.

Komposisi Campuran Beton

Bagian ini menjelaskan bagaimana solusi itu diuji. Dalam pembuatan beton, komposisi campuran sangat menentukan kualitas akhir beton, baik dari segi kuat tekan maupun berat jenis. Penambahan limbah kertas tidak bisa dilakukan

sembarangan, karena jika terlalu banyak akan menyebabkan beton menjadi terlalu berpori dan kekuatannya menurun drastis.

Metode Eksperiment

Prosedur pelaksanaan penelitian mulai dari pencampuran bahan, pencetakan beton non-struktural, hingga curing.

Beton non-struktural

Produk akhir yang dihasilkan dari proses eksperimen dengan campuran limbah kertas dan bahan lainnya.

Pengujian Karakteristik beton non-struktural

Pengujian akhir untuk melihat seberapa besar pengaruh limbah kertas terhadap kekuatan tekan.

3.5. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan

1. Cetakan beton

Cetakan ini digunakan untuk mencetak beton yang telah dicampurkan seluruh bahan.



Gambar 3.2 Cetakan Beton

2. Saringan / Ayakan

Saringan digunakan untuk memisahkan antara material kasar dengan material halus.



Gambar 3.3 Saringan

3. Timbangan Digital (Gram Scale)

Timbangan digunakan untuk mengukur masa pasir, semen dan limbah kertas.



Gambar 3.4 Timbangan

4. Sendok Semen

Digunakan untuk membantu meratakan bahan yang sudah dicampur kedalam cetakan.



Gambar 3.5 Sendok Semen

Bahan yang digunakan:

1. Semen Portland (PCC/OPC)

Semen digunakan sebagai perekat adonan pada campuran Sebagai bahan pengikat utama dalam campuran beton. Umumnya digunakan semen Portland tipe I atau PCC.



Gambar 3.6 Semen Portland

2. Limbah Kertas

Limbah Kertas yang digunakan adalah limbah kertas HVS yang berfungsi sebagai bahan tambahan.



Gambar 3.7 Limbah kertas

3. Agregat Halus (Pasir)

Pasir berfungsi sebagai bahan pengisi utama untuk pembuatan beton berbahan limbah kertas



Gambar 3.8 Pasir

4. Agregat Kasar (Batu Apung)

Batu Apung berfungsi sebagai bahan pengisi untuk pembuatan beton
berbahan limbah kertas



Gambar 3.9 Batu Apung

5. Air

Digunakan untuk mengaktifkan reaksi kimia pada semen dan mencampur
seluruh material. Air bersih tanpa kandungan garam atau zat organik.



Gambar 3.10 Air

3.6. Pengumpulan Data

Pendekatan pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Observasi

Observasi adalah metode pengumpulan data dengan cara mengamati secara langsung objek penelitian di lapangan untuk memperoleh data yang nyata.. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan terhadap limbah kertas HVS yang dihasilkan oleh percetakan, serta proses pencampuran, pencetakan, hingga perawatan beton. Observasi ini bertujuan untuk memastikan ketersediaan bahan baku dan keaslian proses penelitian.

2. Eksperimen

Penelitian eksperimental dapat didefinisikan sebagai sarana untuk menentukan pengaruh perlakuan khusus pada orang lain dalam lingkungan yang terkendali. Adapun eksperimen yang dilakukan yaitu pembuatan beton non-struktural menggunakan campuran limbah kertas HVS.

3. Evaluasi Mutu

Penelitian ini mengacu pada SNI 03-3449-2002 yang berisikan tentang uji tekan beton non struktural. Yang menjadi evaluasi dalam penelitian ini adalah kekuatan dari masing masing campuran beton yang di uji tekan.

4. Dokumentasi

Metode dokumentasi adalah cara pengumpulan data dengan menyelidiki benda-benda tertulis seperti buku, majalah, dokumen, peraturan, notulen rapat, catatan harian, dan sebagainya. Dalam penelitian ini, dokumentasi berupa pencatatan hasil pengujian laboratorium (kuat tekan), tabel data, serta foto-foto

proses penelitian mulai dari persiapan bahan, pencetakan, perawatan, hingga pengujian sampel. Dokumentasi ini berfungsi sebagai bukti visual sekaligus memperkuat hasil penelitian.

3.7. Metode Penelitian

3.7.1 Perancangan Eksperimen (*Experiment Design*)

Metode dalam perancangan eksperimen (*experiment design*) yang digunakan pada penelitian ini adalah Penelitian Eksperimen Sungguhan (*True Experimental Research*) yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan Faktor Tunggal. Adapun perlakuan (*treatment*) yang dilakukan dalam pembuatan beton non-struktural pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. A1: Semen (15%) ; Pasir (25%) ; Limbah Kertas (30%) ; Batu Apung (30%)
- b. A2: Semen (15%) ; Pasir (20%) ; Limbah Kertas (40%) ; Batu Apung (25%)
- c. A3: Semen (15%) ; Pasir (15%) ; Limbah Kertas (50%) ; Batu Apung (20%)
- d. P4: Semen (10%) ; Pasir (15%) ; Limbah Kertas (60%) ; Batu Apung (15%)

3.7.2 Model Analisis pada Penelitian

Model analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode Analysis of Variance (ANOVA), yang berfungsi untuk menguji adanya perbedaan signifikan antar perlakuan dalam eksperimen, sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Apabila ditemukan perbedaan yang signifikan atau sangat signifikan, maka analisis dilanjutkan dengan uji perbandingan rata-rata menggunakan Least Significant Range (LSR) melalui metode Duncan Test.

Selain itu, dilakukan pula pengujian antara setiap perlakuan dengan kontrol menggunakan metode Dunnett Test. Proses analisis statistik dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Statistical Product and Service Solution (SPSS) versi 21.

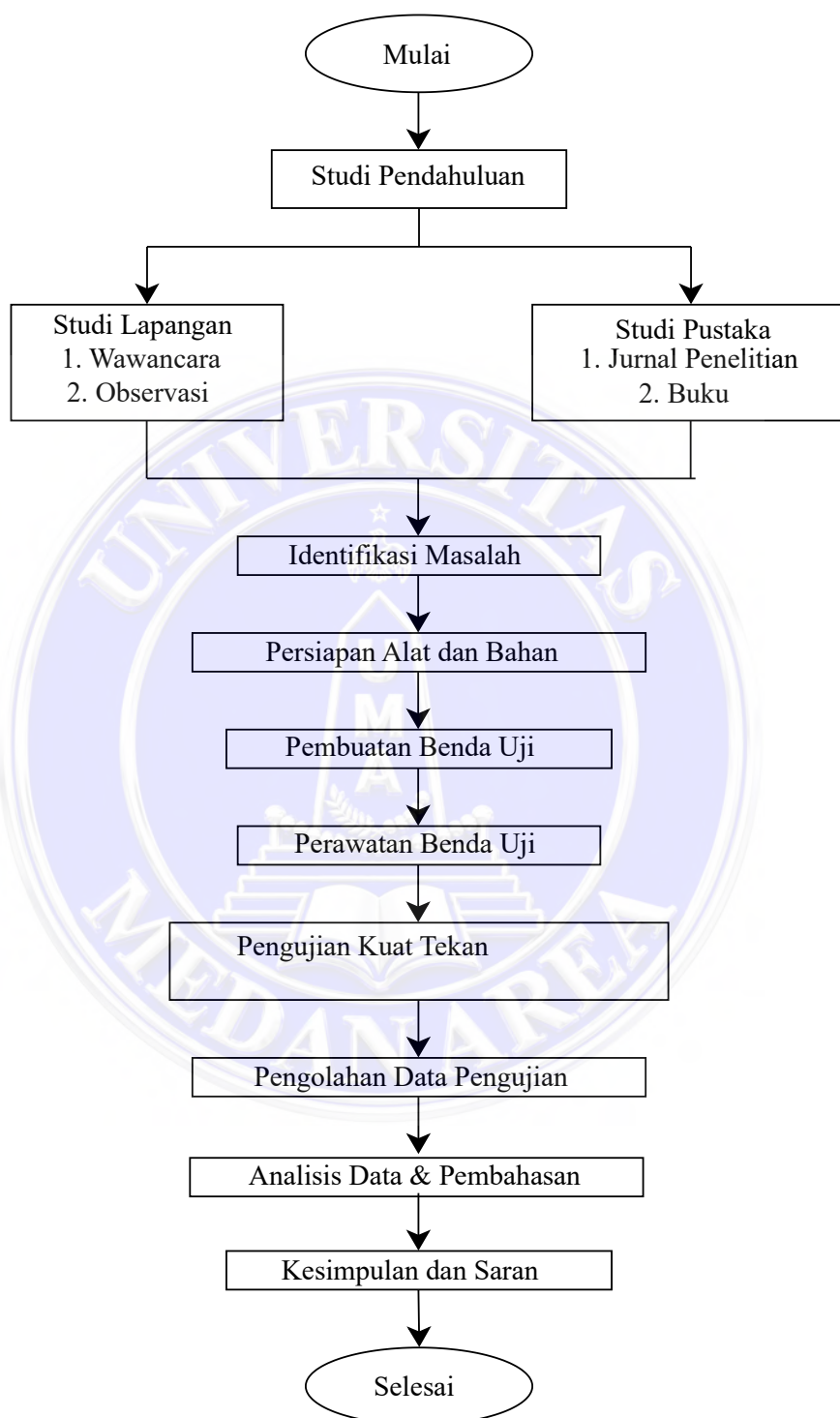
3.8. Jumlah Material Pembuatan Beton Non-Struktural

Perbandingan jumlah material limbah kertas, semen kerikil dan pasir terdiri dari 3 komposisi yang masing - masing sampel menggunakan material limbah kertas dengan formulasi berbeda. Berikut adalah perbandingan setiap material pendukung dalam pembuatan beton non-struktural.

Tabel 4.1 Model Matematis Material Pembuatan beton non-struktural

Sampel	Jenis Material	Perbandingan
1	Semen + Pasir + Limbah Kertas + Batu Apung	15 : 25 : 30 : 30
2	Semen + Pasir + Limbah Kertas + Batu Apung	15 : 20 : 40 : 25
3	Semen + Pasir + Limbah Kertas + Batu Apung	15 : 15 : 50 : 20
4	Semen + Pasir + Limbah Kertas + Batu Apung	10 : 15 : 60 : 15

3.9. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.11 Diagram Alur Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Setelah melakukan analisis pada beton dengan bahan tambah limbah kertas dengan empat formulasi campuran yang berbeda, serta melakukan pengujian kuat tekan pada beton non-struktural, hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut

Formulasi	Sampel	Kuat Tekan (Mpa)
1	A1.1	3,67
	A1.2	3,39
	A1.3	4,52
2	A2.1	2,54
	A2.2	2, 54
	A2.3	2, 82
3	A3.1	2, 54
	A3.2	2, 54
	A3.3	2, 54
4	A4.1	2, 26
	A4.2	2, 54
	A4.3	1, 98

Jika dilihat dari tabel tersebut hasilnya tidak memenuhi standar mutu tetapi campuran ini bisa saja tetap digunakan karena sudah memiliki kuat tekan yang membuat beton tidak mudah bergeser atau berpindah/rapuh.

2. Setelah dilakukannya penelitian ini, dapat disimpulkan jika penambahan limbah kertas terhadap campuran beton non-struktural mempengaruhi kuat tekan beton non-struktural itu sendiri. Hal tersebut dapat terjadi karena kertas

yang bersifat fleksibel, air yang seharusnya bekerja untuk menghidrasi semen sebaliknya terserap oleh kertas dan penurunan proporsi agregat.

5.2. Saran

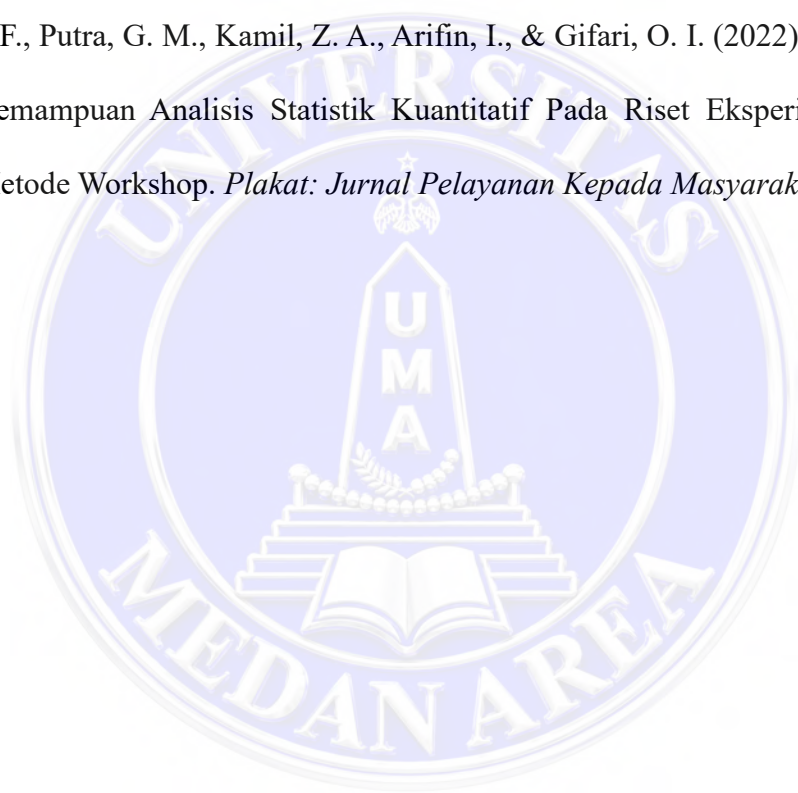
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan memodifikasi komposisi campuran, khususnya dengan menurunkan persentase limbah kertas atau meningkatkan kadar semen, agar kuat tekan beton non-struktural dapat memenuhi standar SNI 03-3449-2002,
2. Disarankan untuk melakukan pengujian pada umur curing yang lebih panjang, seperti 21 hari atau 28 hari, karena kuat tekan beton umumnya meningkat seiring bertambahnya waktu perawatan, sehingga hasil yang diperoleh dapat lebih representatif.
3. Percetakan Lily sebagai sumber limbah kertas disarankan untuk menjalin kerja sama dengan pihak akademisi atau industri bahan bangunan guna mengembangkan pemanfaatan limbah kertas secara berkelanjutan dan bernilai tambah.
4. Limbah kertas sebaiknya diberi perlakuan awal (pre-treatment), seperti pengeringan, pencacahan lebih halus, atau pencampuran dengan bahan pengikat tertentu, untuk mengurangi sifat menyerap air yang dapat mengganggu proses hidrasi semen.

DAFTAR PUSTAKA

- (Sni 15-2049-2004, N. D.). (2004). Sni 15-2049-2004. *Journal Of Nursing Measurement*, 15(1), 5–14.
- Arfah, M. (2017). Pemanfaatan Limbah Kertas Menjadi Kertas Daur Ualng Bernilai Tambah Oleh Mahasiswa. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 28–31.
- Awantara, I. G. P. D. (2014). *Sistem Manajemen Lingkungan: Perspektif Agrokompleks*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). Sni 03-0691-1996. *Badan Standarisasi Nasional*, 1–5.
- Dwiyana, P. A., Khanza, A. K., Maini, M., & Marina, B. C. (2024). *Substitusi Agregat Halus Pada Campuran Beton*. 10(2).
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies For Manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 144–152.
<https://doi.org/10.1038/Scientificamerican0989-144>
- Irna Hendriyani, Rahmat, S. M. D. (2017). Research Of Manufacture Brickworks With Hvs Waste. *Snitt Poltekba*, 316–321.
- Shalahuddin, M., Teknik, J., Fakultas, S., & Universitas, T. (2017). *Analisa Karakteristik Beton Non Struktural Kasar*. 16(1), 85–92.
- Nugroho, G., Faizah, R., & Handoko, D. D. (2022). Pemanfaatan Serbuk Karet Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Redam Beton Non Struktural. *Bulletin Of Civil Engineering*, 2(1), 45-48.
- Rachman, M. G. (2021). *Analisis Kuat Tekan Beton Non Struktural Dengan Perbandingan Metode Pemeliharaan {Kajian Eksperimental* (Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Metro).

- Khaeriyah, E., Saripudin, A., & Kartiyawati, R. (2018). Penerapan Metode Eksperimen Dalam Pembelajaran Sains Untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Anak Usia Dini. *Awlady: Jurnal Pendidikan Anak*, 4(2), 102-119.
- Hamdani, M., Prayitno, B. A., & Karyanto, P. (2019, November). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Metode Eksperimen. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, And Learning* (Vol. 16, No. 1, Pp. 139-145).
- Agus, F., Putra, G. M., Kamil, Z. A., Arifin, I., & Gifari, O. I. (2022). Peningkatan Kemampuan Analisis Statistik Kuantitatif Pada Riset Eksperimen Dengan Metode Workshop. *Plakat: Jurnal Pelayanan Kepada Masyarakat*, 4(2), 243.



LAMPIRAN









UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 ☎ (061) 7366818, 7360168, 7364348, 7366781. Fax (061) 7366298 Medan 20223
Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A. ☎ (061) 8225662, Fax (061) 8226331 Medan 20122
Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: umt_medanarea@uma.ac.id

Nomor
Lamp
Hal

674/FT.5/01.10/XII/2025

Penelitian Dan Pengambilan Data Tugas Akhir

16 Desember 2025

Yth. Pimpinan Percetakan Lily
Jl. Asahan No. 3, Kec. Medan Timur, Kota Medan
Di
Medan

Dengan hormat,
Kami mohon kesediaan Bapak/Ibu berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini

NO	NAMA	NPM	PRODI
1	YOHANNA HUTABARAT	228150044	Teknik Industri

Untuk melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir pada perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu Pimpin.

Perlu kami jelaskan bahwa Pengambilan Data tersebut adalah semata-mata untuk tujuan ilmiah dan Skripsi yang merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa tersebut untuk mengikuti ujian sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan tidak untuk dipublikasikan, dengan judul penelitian

Pemanfaatan Limbah Kertas Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Paving Block Dengan Metode Experiment Pada Percetakan Lily di Jln. Asahan

Atas perhatian dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.


 Dekan
Dr. Eng. Supriatno, ST, MT

Tembusan

1. Ka. BPMPP
2. Mahasiswa
3. File







LABORATORIUM PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Laman : <https://umma017025.uma.ac.id> Email : umma017025@uma.ac.id
Jalan Kolam No. 1 Medan Estate Medan 20371



Komite Akreditasi Nasional

Laboratorium Penguji

LP-1728-IDN

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

SNI 1974-2011

Nomor Laporan

Pemohon Pengujian

Proyek

Lokasi

Jenis Benda Uji

Mutu Benda Uji

Jumlah Benda Uji

: 152 / LP / 0.3 / III / 2026

: Yohanna Hutabarat

: Penelitian

: Medan

: Silinder (d=15;t=30)

: -

: 12

Lembar

Diuji Oleh

Alat yang Dipakai

1 dari 2

: Bahrian S Pohan, ST

: Machine Compression

: Kap. 2000 KN

No	Identitas Benda Uji	L	D	L/D	Luas Bidang	Berat Benda Uji	Tanggal		Umur Beton	Beban Tekan (Saat Pengujian)		Kuat Tekan Beton	Umur Beton	Kuat Tekan Beton	Bentuk Kehancuran / Keterangan
		(mm)	(mm)		(mm ²)	(kg)	Cetak	Uji	(hari)	(kN)	(Kg)	Mpa	(hari)	Mpa	
1	A1-1	300	150	2	17662.5	6.56	15-02-2026	03-03-2026	16	65.00	65000.0	3.7	28	4.2	1
2	A1-2	300	150	2	17662.5	6.42	15-02-2026	03-03-2026	16	60.00	60000.0	3.4	28	3.9	1
3	A1-3	300	150	2	17662.5	6.44	15-02-2026	03-03-2026	16	80.00	80000.0	4.5	28	5.1	1
4	A2-1	300	150	2	17662.5	5.28	16-02-2026	04-03-2026	16	45.00	45000.0	2.5	28	2.9	1
5	A2-2	300	150	2	17662.5	5.69	16-02-2026	04-03-2026	16	45.00	45000.0	2.5	28	2.9	1
6	A2-3	300	150	2	17662.5	5.70	16-02-2026	04-03-2026	16	50.00	50000.0	2.8	28	3.2	1
7	A3-1	300	150	2	17662.5	4.85	17-02-2026	05-03-2026	16	45.00	45000.0	2.5	28	2.9	1
8	A3-2	300	150	2	17662.5	4.99	17-02-2026	05-03-2026	16	45.00	45000.0	2.5	28	2.9	1
9	A3-3	300	150	2	17662.5	5.24	17-02-2026	05-03-2026	16	45.00	45000.0	2.5	28	2.9	1
10	A4-1	300	150	2	17662.5	6.08	18-02-2026	06-03-2026	16	40.00	40000.0	2.3	28	2.6	1
11	A4-2	300	150	2	17662.5	7.20	18-02-2026	06-03-2026	16	45.00	45000.0	2.5	28	2.9	1
12	A4-3	300	150	2	17662.5	5.52	18-02-2026	06-03-2026	16	35.00	35000.0	2.0	28	2.3	1

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

UMMA

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

</