

**PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK SOL SEPATU MENJADI
PAVING BLOCK DENGAN MENGGUNAKAN
METODE EXPERIMENT DESIGN**

SKRIPSI

OLEH:

MUHAMAD AZRI WANANDA

218150041



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

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 9/12/25

Access From (repositori.uma.ac.id)9/12/25

**PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK SOL SEPATU MENJADI
PAVING BLOCK DENGAN MENGGUNAKAN
METODE EXPERIMENT DESIGN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



**OLEH:
MUHAMAD AZRI WANANDA
218150041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

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 9/12/25

Access From (repositori.uma.ac.id)9/12/25

LEMBAR PENGESAHAN

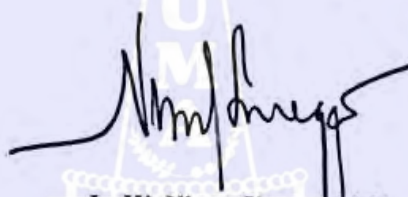
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Serbuk Sol Sepatu Menjadi
Paving Block Menggunakan Metode Experiment
Design

Nama : Muhamad Azri Wananda

NPM : 218150041

Fakultas/Prodi : Teknik/Teknik Industri

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing



Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si
NIDN : 0127046201

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Dr. Eng. S. Priatno, S.T., M.T
NIDN : 0102027402



Nulsha Andri Silviana, S.T., M.T
NIDN : 0127038802

Tanggal Lulus : 28 Juli 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhamad Azri Wananda

NPM : 218150041

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagianbagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

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

Medan, 9 Agustus 2025



Muhamad Azri Wananda
218150041

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

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

Nama : Muhamad Azri Wananda

NPM : 218150041

Program Studi : Teknik Industri

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada
Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (Non-exclusive
Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pemanfaatan Limbah
Serbuk Sol Sepatu Menjadi Paving Block Dengan Menggunakan Metode
Experiment Design. Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas
Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam
bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan skripsi saya
selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai
pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 9 Agustus 2025



(Muhamad Azri Wananda)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 22 Juni 2003 dari Ayah Amrizon Chan dan Ibu Jasmani merupakan putra keempat dari lima bersaudara.

Penulis pertama kali menempuh pendidikan di Sekolah Dasar Swasta Al – Ulum Medan pada tahun 2009 dan selesai pada tahun 2015 pada tahun yang sama penulis melanjutkan di Sekolah Menengah Pertama Swasta Al – Ulum Medan dan selesai pada tahun 2018, pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Swasta Al Ulum Medan, penulis mengambil jurusan IPA dan selesai pada tahun 2021, dan pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area.

Berkat Petunjuk Allah SWT, usaha yang disertai doa juga dari kedua orang tua dalam menjalani aktivitas akademik Perguruan Tinggi Swasta Universitas Medan Area. Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Limbah Serbuk Sol Sepatu Menjadi Paving Block Dengan Menggunakan Metode Experiment Design”**

ABSTRAK

Muhamad Azri Wananda. NPM 218150041. “Pemanfaatan Limbah Serbuk Sol Sepatu Menjadi Paving Block Menggunakan Metode Experiment Design” Dibimbing oleh Ir. Hj. Ninny Siregar M. Si

Limbah yang dihasilkan dari home industry sepatu menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang terus meningkat seiring bertambahnya jumlah produksi. Salah satu jenis limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah Serbuk sol sepatu berbahan Thermoplastic Rubber (TPR). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi pemanfaatan limbah tersebut sebagai bahan alternatif dalam pembuatan paving block yang ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memanfaatkan limbah Serbuk sol sepatu sebagai bahan campuran dalam pembuatan paving block dengan menggunakan metode Experimental Design. Proses penelitian dilakukan dengan menyusun tiga jenis formulasi campuran yang terdiri dari semen, pasir, dan limbah Serbuk sol sepatu. Selanjutnya, dilakukan pengujian berat serta kuat tekan berdasarkan standar SNI 03-0691-1996. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi terbaik dengan nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada formulasi 1 dengan komposisi Semen 50%, Serbuk Sol Sepatu 20%, dan Pasir 30%, dengan rata-rata kuat tekan sebesar 19,31 MPa dan berat rata-rata 1,54 kg. Formulasi ini masuk ke dalam klasifikasi mutu B yang sesuai untuk digunakan pada area parkir. Sementara itu, pada formulasi 2 termasuk dalam klasifikasi mutu C yang diperuntukkan bagi jalur pejalan kaki, dan juga pada formulasi 3 termasuk dalam klasifikasi mutu D yang diperuntukkan bagi taman atau pengguna lainnya, sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa limbah Serbuk sol sepatu berbahan TPR memiliki potensi besar untuk dijadikan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan paving block yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis. Inovasi ini tidak hanya membantu mengurangi jumlah limbah industri, tetapi juga mendukung pengembangan material konstruksi yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Limbah Serbuk sol sepatu, Thermoplastic Rubber (TPR), Paving block, *Experimental Design*, Uji Kuat Tekan, Uji Berat

ABSTRACT

Muhamad Azri Wananda. NPM 218150041. “Utilization of Shoe Sole Waste into Paving Blocks Using Experimental Design Method” Supervised by Ir. Hj. Ninny Siregar M. Si

Waste generated from the shoe home industry is one of the environmental problems that continues to increase as the amount of production increases. One type of waste that has not been optimally utilized is shoe sole pulp made from Thermoplastic Rubber (TPR). This research aims to evaluate the potential utilization of this waste as an alternative material in making environmentally friendly paving blocks. In addition, this research also aims to utilize shoe sole dregs waste as a mixture in making paving blocks using the Experimental Design method. The research process was carried out by preparing three types of mixture formulations consisting of cement, sand, and shoe sole pulp waste. Furthermore, weight and compressive strength tests were carried out based on SNI 03-0691-1996 standards. The results showed that the best formulation with the highest compressive strength value was obtained in the composition of 50% cement, 20% shoe sole waste, and 30% sand, with an average compressive strength of 19.31 MPa and an average weight of 1.54 kg. This formulation is classified as quality B which is suitable for use in parking lots. Meanwhile, the other two formulations are included in the C quality classification intended for pedestrian paths, in accordance with SNI 03-0691-1996 standards. Based on these results, it can be concluded that shoe sole pulp waste made from TPR has great potential to be used as an alternative material in making paving blocks that are environmentally friendly and economically valuable. This innovation not only helps reduce the amount of industrial waste, but also supports the development of sustainable construction materials.

Keywords: Shoe sole waste, Thermoplastic Rubber (TPR), Paving block, Experimental Design, Compressive Strength Test, Weight Test

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang tak henti- hentinya memberikan segala kenikmatan dan rahmat kepada seluruh hamba-Nya. Dengan rahmat dan hidayah-Nya, Tugas Akhir yang berjudul **“Pemanfaatan Limbah Serbuk Sol Sepatu Menjadi Paving Block Menggunakan Metode *Experiment Design*”** dapat terselesaikan dengan baik. Adapun Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam penyelesaian penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada pihak- pihak yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung yaitu :

1. Ayah Amrizon Chan dan Ibu Jasmani tercinta dan keluarga besar atas doa, motivasi, bimbingan, nasihat dan segalanya yang telah diberikan pada penulis. Penyelesaian skripsi ini adalah wujud rasa hormat, cinta dan terima kasih penulis kepada kedua orang tua.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Eng, Supriatno, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Ibu Nukhe Andri Silviana, S.T, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area.
5. Ibu Ir. Ninny Siregar M.Si, selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan motivasi pada penulis.

6. Bapak Wendrial beserta keluarga selaku owner home industry produk Sepatu memberikan dukungan, motivasi dan turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Teman – teman “OVT Nilai” yaitu Muhammad Rasyid, Julianna Ginting, Betty Citra Mora Napitupulu yang telah memberikan dukungan dan turut membantu dalam menyelesaikan skripsi.
8. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah berkenan memberikan bantuan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif dan inspirasi bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Medan, 28 Juli 2025



Muhamad Azri Wananda

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sistem Lingkungan Industri	7
2.2 Limbah Padat	7

2.2.1	Pengertian Limbah Padat	7
2.2.2	Dampak Limbah Padat	8
2.2.3	Pengelolaan Limbah Padat	9
2.3	Sol Sepatu	10
2.3.1	Pengertian Sol Sepatu	10
2.3.2	Jenis jenis Sol Sepatu	10
2.4	Limbah Serbuk sol sepatu	11
2.5	Paving Block	11
2.5.1	Pengertian Paving Block	11
2.5.2	Keuntungan Penggunaan Paving Block	14
2.5.3	Kelemahan Penggunaan Paving Block	14
2.5.4	Syarat Mutu Paving Block	15
2.5.5	Klasifikasi Paving Block	16
2.6	Paving Block Serbuk Sol Sepatu	18
2.6.1	Pasir	18
2.6.2	Semen	19
2.7	Penelitian Experiment Design	19
2.7.1	Jenis Jenis Penelitian Experimental	20
2.7.2	Model Matematis Penelitian Experimental	21
2.7.3	Keuntungan dari Penelitian Eksperimental	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23

3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.2	Objek penelitian	23
3.3	Variabel penelitian.....	23
3.4	Kerangka Berfikir.....	24
3.5	Alat dan Bahan.....	25
3.6	Pengumpulan Data	29
3.7	Metode Penelitian.....	29
3.7.1	Perancangan Eksperimen (<i>Experiment Design</i>).....	29
3.7.2	Model Analisis pada Penelitian.....	30
3.8	Jumlah Material Pembuatan Paving Block	30
3.9	Langkah – langkah Pembuatan Paving Block.....	31
3.10	Tahapan Pengujian Sampel	31
3.11	Tahapan Pelaksanaan Penelitian	33
3.12	Diagram Alur Penelitian.....	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Proses Pembuatan Benda Uji	36
4.2	Ukuran Paving Block	39
4.3	Berat Paving Block	41
4.4	Kuat Tekan (Compressive Strength)	42
4.5	Pengolahan Data Berat Sampel.....	48
4.6	Pengolahan Data Uji Tekan.....	50

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 . 1 Sol Sepatu.....	10
Gambar 2. 2 Limbah Serbuk Sol Sepatu.....	11
Gambar 2. 3 Paving Block Bentuk Segi Empat	16
Gambar 2. 4 Paving Block Bentuk Segi Banyak	16
Gambar 3. 1 Kerangka Berfikir.....	24
Gambar 3. 2 Timbangan.....	26
Gambar 3. 3 Saringan.....	26
Gambar 3. 4 Cetakan Paving Block	26
Gambar 3. 5 Sendok Semen	27
Gambar 3. 6 Alat Press.....	27
Gambar 3. 7 Serbuk Sol Sepatu	28
Gambar 3. 8 Pasir.....	28
Gambar 3. 9 Semen	28
Gambar 3. 10 Diagram Alur Penelitian.....	35
Gambar 4. 1 Tampilan Paving Block	38
Gambar 4. 2 Total Sampel Keseluruhan.....	38
Gambar 4. 3 Panjang Paving Block	40
Gambar 4. 4 Lebar Paving Block.....	40
Gambar 4. 5 Tinggi Paving Block.....	40
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Kuat Tekan	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Limbah Serbuk Sol Sepatu Dari Beberapa Home Industri Kecamatan Medan Denai	1
Tabel 2. 1 Kekuatan Fisik Paving Block (SNI 03-0691-1996)	15
Tabel 3. 1 Model Matematis Material Pembuatan Paving Block.....	31
Tabel 4. 1 Formulasi Sampel.....	36
Tabel 4. 2 Ukuran Paving Block	39
Tabel 4. 3 Berat Paving Block.....	41
Tabel 4. 4 Uji Kuat Tekan	42
Tabel 4. 5 Hasil Uji Kuat Tekan	47
Tabel 4. 6 Tabel Standart Kekuatan Paving Block (SNI 03-0691-1996)	47
Tabel 4. 7 Hasil Deskriptif Berat Sampel.....	48
Tabel 4. 8 Hasil Anova Berat Sampel	49
Tabel 4. 9 Hasil Duncan Berat Sampel	49
Tabel 4. 10 Hasil Dunnet Berat Sampel	49
Tabel 4. 11 Hasil Deskriptif Kuat Tekan	50
Tabel 4. 12 Hasil Anova Kuat Tekan.....	50
Tabel 4. 13 Hasil Duncan Kuat Tekan.....	51
Tabel 4. 14 Hasil Dunnet Kuat Tekan	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk negara yang mengalami perkembangan pesat dalam sektor industri fashion. Industri yang bergerak di bidang ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi nasional. Di antara berbagai produk fashion, sepatu menjadi salah satu yang menunjukkan peningkatan permintaan secara konsisten. Sebagai kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari, sepatu digunakan oleh berbagai kalangan masyarakat. Produksinya tidak hanya dilakukan oleh industri berskala besar, tetapi juga banyak dikelola oleh home industry. (Luo et al., 2020)

Home industry yang memproduksi sepatu mengalami peningkatan produksi akibat tingginya permintaan dari masyarakat. Hal ini juga berdampak pada jumlah limbah atau sisa produksi sepatu yang semakin bertambah. Salah satu jenis limbah yang dominan dihasilkan selama proses pembuatan sepatu di home industry adalah limbah dari pengamplasan sol sepatu dengan mesin gerinda. Berikut data limbah serbuk sol sepatu dari beberapa home industri Kecamatan Medan Denai pada tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Data Limbah Serbuk Sol Sepatu Dari Beberapa Home Industri Kecamatan Medan Denai

Home Industri	Produksi (lusin)	Limbah Serbuk Sol Sepatu (kg)
Industri A	140	70
Industri B	105	55
Industri C	115	55
Industri D	120	60
Total	480	240

Berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa home industri sepatu di Kecamatan Medan Denai, tercatat bahwa aktivitas produksi sepatu menghasilkan limbah serbuk sol sepatu dalam jumlah yang cukup signifikan, total produksi sepatu dari empat industri yaitu mencapai 480 lusin. Dari total produksi tersebut, dihasilkan limbah serbuk sol sepatu sebanyak 240 kg. Industri A tercatat menghasilkan limbah terbesar, yaitu 70 kg dari 140 lusin produksi, sedangkan industri lainnya berkisar antara 55 hingga 60 kg.

Situasi ini menunjukkan bahwa proses produksi sepatu secara tidak langsung menghasilkan limbah padat berupa partikel halus. Jika limbah tersebut tidak ditangani secara tepat, maka dapat menimbulkan dampak merugikan terhadap lingkungan. Partikel limbah ini berisiko mencemari kualitas udara di area produksi, berpotensi menimbulkan gangguan pernapasan bagi para pekerja, serta dapat menyebabkan kerusakan lingkungan di sekitarnya.

Limbah serbuk sol sepatu dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan yang memiliki nilai ekonomis, salah satunya dengan menjadikannya campuran dalam pembuatan paving block (bata beton) guna mengurangi pemakaian material pengisi konvensional. Pada umumnya, paving block diproduksi menggunakan campuran utama berupa semen dan pasir. Pasir berperan sebagai material utama dalam dunia konstruksi karena karakteristiknya yang mendukung kestabilan struktur. Sementara itu, semen banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan konstruksi karena memiliki sifat adhesif dan kohesif yang kuat, sehingga mampu merekatkan material lainnya dengan baik. Dalam penelitian ini, digunakan tiga variasi formulasi dengan komposisi yang berbeda antara semen, pasir, dan limbah serbuk sol sepatu :

- a. F1 : Semen (50%) ; Serbuk Sol Sepatu (20%) ; Pasir (30%)
- b. F2 : Semen (45%) ; Serbuk Sol Sepatu (15%) ; Pasir (40%)
- c. F3 : Semen (40%) ; Serbuk Sol Sepatu (25%) ; Pasir (35%)

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemanfaatan limbah Serbuk sol sepatu ini dengan menggunakan pendekatan *eksperiment design*. *Experiment Design* adalah rancangan percobaan yang dirancang untuk memperoleh informasi relevan terkait masalah yang diteliti. 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. (Nelly Budiharti, 2018)

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan kombinasi terbaik antara bahan (pasir dan semen) dengan limbah Serbuk sol sepatu, sehingga paving block yang dihasilkan diharapkan memiliki nilai ekonomis, ramah lingkungan, serta memenuhi standar kualitas material bangunan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “ Formulasi mana yang memiliki berat dan nilai kuat tekan tertinggi dibandingkan formulasi lainnya dalam pembuatan paving block berbahan dasar Thermoplastic Rubber (TPR)? ”

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini ditujukan untuk memfokuskan kajian pada permasalahan yang telah dirumuskan, yaitu:

1. Serbuk sol sepatu yang digunakan adalah Sol yang berbahan dasar *Thermoplastic Rubber* (TPR), ini didapat kan dari home industry Owen Shoes Kecamatan Medan Denai.
2. Formulasi campuran paving block dari jenis limbah Serbuk sol sepatu ada 3 variasi yaitu : limbah Serbuk sol sepatu, semen, pasir.
3. Penelitian ini hanya melakukan pengujian pada kuat tekan paving block. Sementara itu, pengujian lain seperti ketahanan aus dan penyerapan air tidak dilakukan.

1.4 Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah “ Untuk mengetahui formulasi campuran terbaik dari limbah Serbuk sol sepatu berbahan *Thermoplastic Rubber* (TPR), semen, dan pasir melalui penerapan metode *Design of Experiment* (DoE), dengan melakukan pengujian kuat tekan pada paving block, serta menentukan mutu paving block berdasarkan masing-masing variasi komposisi yang digunakan.”

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

a. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memperluas wawasan mengenai pemanfaatan limbah serbuk sol sepatu berbahan *Thermoplastic Rubber* (TPR). Selain itu, penelitian ini juga merupakan bentuk penerapan praktis dari teori-teori yang telah diperoleh selama masa perkuliahan. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan atau referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

b. Bagi Akademis

Sebagai sumber informasi dan wawasan yang dapat digunakan sebagai materi pembelajaran serta referensi bagi pembaca maupun peneliti dalam melakukan penelitian selanjutnya.

c. Bagi Perusahaan

Untuk memberikan informasi kepada perusahaan tentang pemanfaatan limbah Serbuk sol sepatu yang berjenis *Thermoplastic Rubber* (TPR) sebagai Paving block sehingga mengurangi limbah yang semakin bertambah.

1.6 Sistematika Penelitian

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian, manfaat yang diharapkan, batasan masalah studi, serta sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan landasan teori yang mendukung penelitian, yang diperoleh melalui telaah pustaka dari berbagai sumber terpercaya seperti buku, jurnal ilmiah, dan literatur lain yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini mencakup penjelasan mengenai lokasi pelaksanaan penelitian, tipe penelitian yang digunakan, variabel-variabel yang

terlibat, sumber data yang digunakan, serta tahapan-tahapan dalam penyelesaian permasalahan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengidentifikasi terhadap seluruh data yang telah dikumpulkan, disertai dengan pengumpulan data pelengkap apabila diperlukan. Tahap berikutnya adalah menganalisis serta menghitung hasil penelitian berdasarkan proses pengolahan data dan strategi penyelesaian masalah yang diterapkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya, serta memuat sejumlah saran yang menjadi bagian penutup dari struktur penulisan dalam 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.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Lingkungan Industri

Masalah lingkungan tidak hanya memengaruhi sektor ekonomi, tetapi juga aspek sosial. Perubahan kondisi lingkungan dapat berdampak pada kualitas lingkungan di sekitar serta kesehatan manusia.

Pencemaran lingkungan terjadi saat makhluk hidup, zat, energi, atau unsur lainnya masuk ke dalam lingkungan akibat aktivitas manusia, sehingga jumlahnya melampaui ambang batas yang telah ditetapkan. Lingkungan hidup mencakup keseluruhan interaksi antara komponen biotik (seperti makhluk hidup) dan abiotik (seperti benda tak hidup). (fisika dan kimia)

Untuk menjaga keseimbangan antara sektor politik, sosial, dan lingkungan alam, pengelolaan lingkungan dilakukan selaras dengan pengelolaan sumber daya alam. Pengelolaan lingkungan bertujuan untuk mencegah kerusakan atau penurunan kualitas lingkungan, mendukung keberlangsungan hidup, serta memastikan pembangunan berkelanjutan. Tujuan utamanya adalah meningkatkan kualitas pengelolaan lingkungan melalui pendekatan yang terintegrasi. (Utomo et al., 2019)

2.2 Limbah Padat

2.2.1 Pengertian Limbah Padat

Limbah padat adalah hasil sisa dari kegiatan manusia yang umumnya mengandung bahan berbahaya dan dapat memberikan dampak negatif pada lingkungan secara tidak langsung. (Suhartawan et al., 2023) Berikut adalah beberapa pendapat para ahli mengenai definisi limbah padat atau sampah:

1. Menurut American Public Health Association (APHA), limbah padat atau sampah merupakan sesuatu yang tidak dapat digunakan, tidak diinginkan, atau umumnya dibuang, yang berasal dari berbagai aktivitas manusia dan tidak terbentuk secara alami.
2. Tchobanoglous (1993) menjelaskan bahwa limbah padat atau semi padat merupakan zat sisa yang berasal dari berbagai aktivitas manusia atau hewan, yang secara sengaja dibuang karena dianggap sudah tidak diinginkan atau tidak dapat digunakan kembali.

2.2.2 Dampak Limbah Padat

Limbah padat domestik umumnya merupakan limbah yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga, perdagangan, perkantoran, pertanian, peternakan, serta fasilitas umum. Limbah jenis ini sering dikenal dengan sebutan sampah. (Suhartawan et al., 2023)

Timbunan sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif yang serius terhadap lingkungan. Beberapa dampak tersebut antara lain:

1. Terjadinya gas beracun seperti H_2S , NH_3 , CH_4 dan CO_2 serta gas-gas lainnya yang dihasilkan oleh proses pembusukan sampah.
2. Menurunnya kualitas air akibat pembuangan sampah ke dalam badan air atau aliran air seperti sungai.
3. Penurunan kualitas udara akibat meningkatnya gas-gas beracun seperti H_2S , NH_3 , CH_4 di udara. Kandungan gas H_2S 50 ppm dapat menyebabkan mabuk dan pusing bagi manusia.

4. Terjadinya kerusakan pada permukaan tanah akibat penumpukan limbah padat yang tidak ditangani secara tepat.

2.2.3 Pengelolaan Limbah Padat

Beberapa langkah untuk mengelola limbah padat antara lain : (Suhartawan et al., 2023)

1. Pengolahan secara fisik. Limbah padat organik merupakan jenis limbah yang dapat diolah melalui metode fisik. Perlakuan fisik ini mencakup proses penghancuran secara mekanis, pemanasan, maupun pembakaran limbah (insinerasi).
2. Pengolahan secara kimia. Metode ini mencakup pengolahan limbah padat organik maupun anorganik. Limbah organik seperti sekam padi dapat diubah menjadi briket atau arang aktif, sementara pati singkong dapat diolah menjadi gula cair melalui proses hidrolisis asam. Selain itu, pengolahan kimia juga dapat dilakukan melalui metode pengomposan (composting).
3. Pengolahan secara biologi. Metode ini melibatkan proses penguraian bahan organik dalam limbah dengan bantuan mikroorganisme. Terdapat dua jenis proses biologis, yaitu aerob dan anaerob. Proses aerob adalah penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dengan bantuan oksigen, sedangkan proses anaerob berlangsung tanpa oksigen. Pengolahan limbah padat organik secara aerob menghasilkan produk seperti pupuk organik, kompos, atau ecoenzyme. Sementara itu, proses anaerob dapat menghasilkan biogas, bioetanol, biodiesel, dan produk lainnya.

2.3 Sol Sepatu

2.3.1 Pengertian Sol Sepatu

Outsole adalah bagian bawah sepatu yang langsung bersentuhan dengan lantai atau tanah. Fungsi utamanya adalah untuk menopang beban berat saat pemakai beraktivitas. Oleh karena itu, outsole harus memiliki ketebalan yang sesuai, fleksibilitas, dan kekuatan. Dibandingkan dengan midsole, outsole memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi karena fungsinya yang lebih berat dalam menunjang kinerja sepatu. (Candra et al., 2024) Ada beberapa syarat – syarat bahan untuk bagian bawah sepatu (outsole) antara lain :

- a) Mempunyai sifat yang elastis
- b) Mempunyai sifat hydrofiel (tahan air)
- c) Ketahanan aus

2.3.2 Jenis jenis Sol Sepatu

Ada berbagai jenis outsole sepatu yang sering digunakan, salah satunya pada jenis outsole *Thermoplastic Rubber* (TPR), Outsole sepatu berbahan dasar *Thermoplastic Rubber* (TPR) pada home industry dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 Sol Sepatu
(Sumber : penulis, 2025)

Jenis outsole ini memiliki keunggulan berupa daya tahan yang lama dan ketahanan terhadap permukaan kasar. Namun, kenyamanannya tidak sebaik dan

selembut outsole lainnya. Oleh sebab itu, pabrik biasanya menambahkan insole yang lembut untuk meningkatkan kenyamanan pengguna. (Putri, 2023)

2.4 Limbah Serbuk sol sepatu

Proses produksi yang dijalankan oleh setiap industry biasanya menghasilkan limbah dalam jumlah yang cukup besar. Pembuangan limbah langsung ke lingkungan oleh industri dapat menyebabkan pencemaran, membahayakan kesehatan manusia, serta merusak keseimbangan ekosistem di sekitarnya.



Gambar 2. 2 Limbah Serbuk Sol Sepatu
(Sumber : penulis, 2025)

Menurut Zulkifli dalam Hanum (2015) Pengelolaan Limbah Berkelanjutan, limbah adalah zat atau bahan buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industry maupun domestik, yang kehadirannya pada suatu saat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena dapat menurunkan kualitas lingkungan. Limbah Serbuk sol sepatu adalah sisa padat yang dihasilkan dari proses pengamplasan sol sepatu, baik dalam pembuatan maupun pembongkaran sepatu, yang dilakukan menggunakan mesin gerinda untuk menghaluskan permukaannya. Limbah Serbuk sol sepatu pada home industry dapat dilihat pada gambar 2.2

2.5 Paving Block

2.5.1 Pengertian Paving Block

Paving block adalah elemen konstruksi yang terbuat dari campuran semen hidraulis atau bahan sejenisnya, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa tambahan

bahan lain yang tetap mempertahankan kualitas beton (paving block). Dikenal juga sebagai interblock concrete, material ini telah digunakan secara luas di Belanda sejak tahun 1950-an sebagai alternatif pengganti batu bata konvensional untuk pembangunan jalan. Meningkatnya permintaan, sementara produksi batu bata tidak mampu memenuhi kebutuhan, membuat paving block sepenuhnya menggantikan peran batu bata tradisional berkat berbagai keunggulannya. (Kuddus 2019)

Menurut SNI 03-0691-1996, paving block merupakan material bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidraulis sejenis, air, dan agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya asalkan tidak menurunkan mutu paving block tersebut. Paving block dibagi ke dalam beberapa klasifikasi mutu, yaitu: mutu A untuk jalan, mutu B untuk area parkir, mutu C untuk jalur pejalan kaki, dan mutu D untuk taman serta keperluan lainnya. (Ariansyah, 2020)

Paving block (bata beton) merupakan bahan konstruksi yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat sejenis, air, dan agregat halus (seperti pasir), dengan atau tanpa bahan tambahan lain selama tidak menurunkan kualitasnya. Di Indonesia, standar paving block diatur dalam SNI 03-0691-1996. Bata beton harus memiliki permukaan yang rata, bebas dari retak dan cacat, serta memiliki sudut dan rusuk yang tidak mudah hancur oleh tekanan tangan. Ketebalan paving block minimal 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$. Dimensi yang diperbolehkan mencakup panjang sekitar ± 20 mm, lebar ± 10 mm, dan tebal ± 6 mm. Proses pengeringan atau penjemuran dapat berlangsung selama 7, 18, atau 30 hari, di mana semakin lama proses penjemuran, semakin kuat hasil paving block yang dihasilkan.

Paving block memiliki nilai estetika yang tinggi, karena selain berbentuk persegi atau segi banyak, material ini juga dapat memiliki warna alami atau diberi

tambahan pewarna saat proses pembuatannya. Paving block, yang sering disebut sebagai bata beton, umumnya menggunakan agregat halus berupa pasir dalam campurannya. Material ini dapat digunakan untuk halaman, baik di area dalam maupun luar bangunan, dengan tampilan warna asli atau warna yang dihasilkan dari pewarna tambahan. (Ariansyah, 2020)

Berdasarkan SK SNI T-04-1990-F, paving block adalah potongan beton berukuran kecil yang berbentuk segi empat atau segi banyak dan disusun dalam pola tertentu sehingga saling mengunci satu sama lain. Paving block umumnya digunakan untuk keperluan perkerasan jalan, seperti trotoar, area parkir, jalan perumahan, pelabuhan, taman, dan berbagai area lainnya. (Ariansyah, 2020)

Penggunaan paving block memiliki beberapa keunggulan antara lain:

- a. Proses pelaksanaannya relatif sederhana, sehingga dapat membuka peluang kerja yang luas bagi masyarakat.
- b. Proses pemasangan maupun pemeliharaannya tergolong mudah dan praktis
- c. Jika terjadi kerusakan, perbaikannya tidak memerlukan banyak bahan tambahan karena paving block dapat digunakan kembali meskipun telah dibongkar sebelumnya.
- d. Memiliki ketahanan yang baik terhadap beban statis, dinamis, maupun benturan dengan intensitas tinggi.
- e. Memiliki fleksibilitas yang cukup untuk mengatasi perbedaan penurunan tanah (differential settlement).
- f. Memiliki tingkat ketahanan (durabilitas) yang baik terhadap kondisi lingkungan dan penggunaan jangka Panjang.

2.5.2 Keuntungan Penggunaan Paving Block

Adapun keuntungan dari penggunaan paving block yaitu sebagai berikut (Kuddus 2019) :

- a. Proses pelaksanaannya tergolong mudah karena tidak memerlukan keahlian khusus maupun penggunaan alat berat, sehingga membuka peluang kerja yang luas bagi masyarakat.
- b. Dapat diproduksi dalam jumlah besar; untuk menghasilkan mutu yang tinggi, diperlukan tekanan optimal saat proses pencetakan.
- c. Perawatan paving block mudah dan ekonomis, karena jika ada kerusakan, bagian yang rusak dapat dibongkar dan dipasang kembali tanpa harus mengganti keseluruhan.
- d. Mampu menahan beban vertikal dan horizontal, termasuk gaya dari rem serta kecepatan kendaraan berat.
- e. Pori-pori pada paving block membantu mengurangi aliran air permukaan dan meningkatkan daya serap air ke dalam tanah (infiltrasi).
- f. Proses pemasangannya tidak menimbulkan kebisingan maupun debu yang mengganggu lingkungan sekitar.
- g. Memiliki nilai estetika yang khas, terutama jika dipadukan dengan desain bentuk dan warna yang menarik.

2.5.3 Kelemahan Penggunaan Paving Block

- a. Permukaan paving block dapat menjadi tidak rata atau bergelombang jika pondasi di bawahnya tidak cukup kuat.

- b. Paving block kurang ideal digunakan pada area yang dilalui kendaraan berkecepatan tinggi atau di wilayah perkotaan dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi.
- c. Sering terjadi pemasangan yang kurang cocok, sehingga mudah lepas dari sambungannya dan menghasilkan jalan yang tidak rata

2.5.4 Syarat Mutu Paving Block

Menurut SNI-03-0691-1996, syarat mutu bata beton (Paving block) sebagai berikut (Setiawan, 2020) :

1. Karakteristik Visual

Bata beton harus memiliki permukaan yang halus, bebas dari retakan dan kerusakan, serta sudut dan rusuknya tidak mudah hancur dengan tekanan jari tangan.

2. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal minimal 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$.

3. Sifat Fisika

Bata beton untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisika

Tabel 2. 1 Kekuatan Fisik Paving Block (SNI 03-0691-1996)

Mutu	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata Rata Maks (%)
	Rata – rata	Min	Rata – rata	Min	
A	400	350	0,090	0,103	3
B	200	170	0,130	0,149	6
C	150	125	0,160	0,184	8
D	100	85	0,219	0,251	10

Dari tabel 2.1 standart SNI 03-0691-1996 diatas, paving block diklasifikasikan berdasarkan kegunaannya menjadi :

- a. Mutu A : digunakan untuk perkerasan jalan.
- b. Mutu B : digunakan untuk tempat parkir.
- c. Mutu C : digunakan untuk pejalan kaki.
- d. Mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

4. Ketahanan terhadap natrium sulfat

Bata beton apabila diuji tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%.

2.5.5 Klasifikasi Paving Block

Berdasar SK SNI T-04-1990-F, paving block diklasifikasikan berdasarkan bentuk, tebal, kekuatan, dan warna. (Kuddus 2019)

a. Klasifikasi Berdasarkan Bentuk

Paving block secara garis besar terbagi atas dua macam.

1. Paving block bentuk segi empat



Gambar 2. 3 Paving Block Bentuk Segi Empat

2. Paving block bentuk segi banyak



Gambar 2. 4 Paving Block Bentuk Segi Banyak

b. Klasifikasi Berdasarkan Ketebalan

Ketebalan Paving block terbagi menjadi tiga macam yaitu:

1. Paving block dengan ketebalan 60 mm, untuk beban lalu lintas ringan.
2. Paving block dengan ketebalan 80 mm, untuk beban lalu lintas sedang sampai berat.
3. Paving block dengan ketebalan 100 mm, untuk beban lalu lintas super berat.

c. Klasifikasi Berdasarkan Kekuatan

Pembagian kelas Paving block berdasarkan mutu betonnya adalah:

1. Paving block dengan mutu beton A dengan nilai f'_c 35 – 40 MPa digunakan untuk jalan raya.
2. Paving block dengan mutu beton B dengan nilai f'_c 17 – 20 MPa digunakan untuk lahan parkir
3. Paving block dengan mutu beton C dengan nilai f'_c 15 – 12,5 MPa digunakan untuk pejalan kaki.
4. Paving block dengan mutu beton D dengan nilai f'_c 10 – 8,5 MPa digunakan untuk taman dan penggunaan lain

d. Klasifikasi Berdasarkan Warna

Abu-abu, hitam, dan merah. Paving block yang berwarna kecuali untuk menambah keindahan juga dapat digunakan untuk memberi batas seperti tempat parkir, tali air dan lain sebagainya.

2.6 Paving Block Serbuk Sol Sepatu

2.6.1 Pasir

Pasir merupakan salah satu bahan bangunan yang sangat penting dalam berbagai proses konstruksi. Material ini berbentuk butiran dengan ukuran tertentu yang telah ditetapkan. Meskipun ukurannya telah diatur, terdapat berbagai jenis pasir yang digunakan untuk keperluan bangunan. Perbedaan jenis pasir ini menyebabkan variasi pada ukuran butiran serta fungsinya dalam konstruksi.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SK SNI – S – 04 – 1989 – F ; 28), terdapat beberapa persyaratan penting yang harus dipenuhi oleh pasir yang digunakan sebagai bahan bangunan, yaitu: (Hendarto Rahman, 2020)

- a. Pasir halus idealnya terdiri dari butiran yang tajam dan keras, dengan nilai indeks kekerasan agregat kurang dari 2,2.
- b. Jika diuji menggunakan Natrium Sulfat, bagian pasir yang hancur tidak boleh melebihi 12 persen.
- c. Bila menggunakan Magnesium Sulfat dalam pengujian, bagian yang hancur maksimal adalah 10 persen.
- d. Kandungan lumpur dalam pasir tidak boleh lebih dari 5 persen, sehingga pasir harus dicuci terlebih dahulu jika melewati batas tersebut.
- e. Pasir tidak boleh mengandung terlalu banyak bahan organik; untuk memastikannya, dilakukan uji warna Abrans-Harder menggunakan larutan NaOH 3 persen jenuh.
- f. Pasir berbutir besar harus memiliki modulus kehalusan antara 1,5 hingga 3,8, dan tersusun dari butiran dengan ukuran yang bervariasi.

- g. Pasir harus menunjukkan reaksi alkali negatif agar beton yang dihasilkan memiliki daya tahan tinggi.
- h. Pasir laut tidak diperbolehkan sebagai agregat halus untuk beton berkualitas, kecuali jika ada izin khusus dari lembaga resmi yang berwenang di bidang bahan bangunan.
- i. Pasir agregat halus yang akan digunakan untuk adukan plester dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan teknis dari pasangan terlebih dahulu.

2.6.2 Semen

Semen merupakan material bangunan yang sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi karena memiliki sifat adhesif dan kohesif. Material ini diproduksi oleh pabrik dengan kapasitas besar. Saat ini, terdapat berbagai jenis semen di pasaran, namun yang paling banyak digunakan oleh masyarakat adalah semen Portland. Jenis semen ini memiliki kemampuan pengikatan awal yang cepat, sehingga menghasilkan kekuatan tekan yang signifikan dalam waktu singkat. Namun, kelemahan semen Portland adalah ketahanannya yang rendah terhadap air laut dan asam. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan jenis semen yang mampu mengatasi kendala tersebut. (Batubara & Pangaribuan, 2023)

2.7 Penelitian Experiment Design

Penelitian eksperimen merupakan jenis penelitian yang dilakukan dengan pendekatan ilmiah, di mana digunakan dua set variabel. 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.

2.7.1 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.

- 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.

2.7.2 Model Matematis Penelitian Experimental

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 (RAL). (Djamaris et al., 2024)

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 : (Djamaris et al., 2024)

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

Keterangan :

Y_{ij} = hasil pengamatan (respon) perlakuan perbedaan bahan pembuatan paving block (Serbuk sol sepatu, pasir dan semen) ke-i dan ulangan ke-j

μ = nilai tengah umum

T_i = pengaruh perlakuan perbedaan bahan pembuatan paving block (Serbuk sol sepatu, pasir dan semen) ke-i

ε_{ij} = pengaruh galat percobaan dari perlakuan perbedaan bahan pembuatan paving block (Serbuk sol sepatu, pasir dan semen) ke-i dan ulangan ke-j

t = perlakuan

r = ulangan

2.7.3 Keuntungan dari Penelitian Eksperimental

Penelitian eksperimental memungkinkan pengujian suatu ide dalam lingkungan yang terkontrol sebelum diterapkan secara luas di pasar. Metode ini juga dianggap sebagai cara paling efektif untuk menguji teori, karena menawarkan berbagai keunggulan berikut:

- a. Peneliti memiliki kendali yang lebih besar terhadap variabel-variabel yang terlibat, sehingga dapat menghasilkan data yang sesuai dengan tujuan penelitian.
- b. Efektivitas penelitian eksperimental tidak bergantung pada subjek atau jenis industri tertentu; metode ini dapat diterapkan di berbagai sektor.
- c. Hasil yang diperoleh bersifat spesifik dan terukur.
- d. Temuan yang telah dianalisis dapat digunakan atau diterapkan pada ide maupun situasi lain yang serupa.
- e. Mampu mengungkap hubungan sebab-akibat dari suatu hipotesis, yang kemudian bisa dianalisis lebih lanjut untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam.
- f. Penelitian eksperimental menjadi titik awal yang baik, karena data yang diperoleh dapat menjadi dasar untuk mengembangkan ide-ide baru dan melanjutkan penelitian berikutnya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Home Industry Owen Shoes, Jalan Rawa I, Kelurahan Tegal Sari Mandala III Kec. Medan Denai, Kota Medan, Sumatera Utara 20227. Waktu Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan Januari 2025.

3.2 Objek penelitian

Objek dalam penelitian yang berlokasi pada Home Industry Owen Shoes adalah sol sepatu yang berjenis *Thermoplastic Rubber* (TPR).

3.3 Variabel penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek, organisasi, atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2018 :68). Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variable bebas (independent variable) dan variable terikat (dependent variable).

3.3.1 Variabel Bebas (Independent Variable)

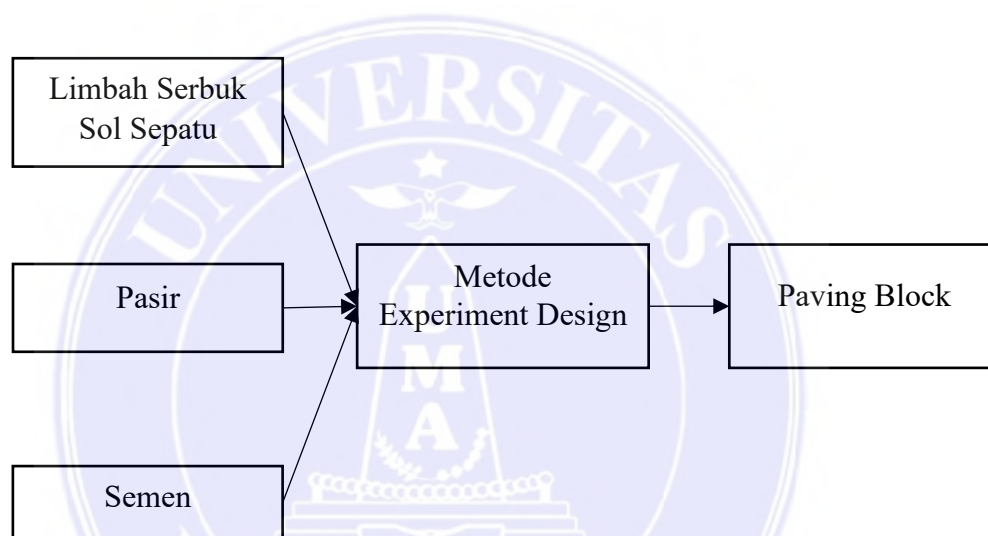
Variabel yang sering disebut sebagai variabel stimulus, prediktor, antecedent. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Pada penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah Serbuk sol sepatu, pasir dan semen. (Setyawan, 2021)

3.3.2 Variabel Terikat (Dependent Variable)

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas (independent variable). Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah pembuatan paving block dengan menggunakan metode *Experiment Design*. (Setyawan, 2021)

3.4 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir dari penelitian ini dapat dilihat dari gambar 3.1



Gambar 3. 1 Kerangka Berfikir

Defenisi Operasional

1. Hasil Pemanfaatan Limbah Serbuk sol sepatu adalah paving block.
2. Pembuatan Paving Block

Dalam pembuatan paving block ini terdiri dari 4 bahan dasar yaitu :

- a) Serbuk Sol Sepatu

Jenis Serbuk Sol Sepatu yang berbahan *Thermoplastic Rubber* (TPR).

- b) Semen

Semen yang digunakan disini sebagai perekat dan penguat dalam campuran.

c) Pasir

Pasir yang digunakan disini sebagai salah satu bahan untuk campuran dalam pembuatan paving block.

d) Air

Air yang digunakan disini sebagai bahan untuk pengikat dalam campuran paving block agar mudah membentuk adonan yang homogen.

3. Metode Experiment Design

Pemanfaatan limbah Serbuk sol sepatu menggunakan metode Experiment Design. Adapun perlakuan yang dilakukan dalam pembuatan paving block pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. F1 : Semen (50%) ; Serbuk Sol Sepatu (20%) ; Pasir (30%)
- b. F2 : Semen (45%) ; Serbuk Sol Sepatu (15%) ; Pasir (40%)
- c. F3 : Semen (40%) ; Serbuk Sol Sepatu (25%) ; Pasir (35%)

4. Uji Berat

Pada pengujian ini paving block masing masing ditimbang dengan perlakuan untuk masing masing benda uji sama.

5. Uji Tekan

Penelitian ini berisikan tentang uji tekan paving block beton untuk lantai. Dan mesin yang digunakan untuk melakukan uji tekan adalah compression machine test.

3.5 Alat dan Bahan

Alat :

1. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur masa pasir, semen dan limbah

Serbuk sol sepatu



Gambar 3. 2 Timbangan

2. Saringan

Saringan digunakan untuk memisahkan antara material kasar dengan material halus



Gambar 3. 3 Saringan

3. Cetakan Paving Block

Cetakan ini digunakan untuk mencetak paving block yang telah dicampurkan seluruh bahan



Gambar 3. 4 Cetakan Paving Block

4. Sendok Semen

Digunakan untuk membantu meratakan limbah Serbuk sol sepatu kedalam cetakan



Gambar 3. 5 Sendok Semen

5. Alat Press

Digunakan untuk mengepress paving block yang sudah berada didalam cetakan.



Gambar 3. 6 Alat Press

Bahan :

1. Limbah Serbuk Sol Sepatu

Limbah Serbuk sol yang digunakan adalah sol sepatu berbahan dasar *Thermoplastic Rubber (TPR)*.



Gambar 3. 7 Serbuk Sol Sepatu

2. Pasir

Pasir digunakan sebagai Bahan Pengisi untuk pembuatan paving block berbahan limbah Serbuk sol sepatu.



Gambar 3. 8 Pasir

3. Semen

Semen digunakan sebagai untuk perekat adonan pada campuran



Gambar 3. 9 Semen

3.6 Pengumpulan Data

Pendekatan pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Wawancara pendahuluan

Wawancara pendahuluan merupakan proses di mana peneliti tidak sepenuhnya mengikuti protokol wawancara yang tersusun secara sistematis dalam pengumpulan data. Panduan wawancara hanya berupa garis besar dari topik yang akan dibahas. Dalam penelitian ini, wawancara dilakukan kepada salah satu pekerja di home industry.

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 produk paving blok berbahan baku limbah Serbuk sol sepatu, semen dan pasir.

3. Evaluasi Mutu

Penelitian ini memacu pada SNI 03-0691-1996 yang berisikan tentang uji tekan paving block beton untuk lantai. Yang menjadi evaluasi dalam penelitian ini adalah kekuatan dari masing masing campuran paving block yang di uji tekan. Dan mesin yang digunakan untuk melakukan uji tekan adalah *compression machine test*.

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 paving block pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. F1 : Semen (50%) ; Serbuk Sol Sepatu (20%) ; Pasir (30%)
- b. F2 : Semen (45%) ; Serbuk Sol Sepatu (15%) ; Pasir (40%)
- c. F3 : Semen (40%) ; Serbuk Sol Sepatu (25%) ; Pasir (35%)

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 26.

3.8 Jumlah Material Pembuatan Paving Block

Perbandingan jumlah material limbah Serbuk sol sepatu, semen dan pasir terdiri dari 3 komposisi yang masing - masing sampel menggunakan material limbah Serbuk sol sepatu masing - masing formulasi berbeda. Berikut adalah perbandingan setiap material pendukung dalam pembuatan paving block.

Tabel 3. 1 Model Matematis Material Pembuatan Paving Block

Sampel	Jenis Material	Perbandingan
1	Semen + Serbuk Sol Sepatu + Pasir	50 : 20 : 30
2	Semen + Serbuk Sol Sepatu + Pasir	45 : 15 : 40
3	Semen + Serbuk Sol Sepatu + Pasir	40 : 25 : 35

3.9 Langkah – langkah Pembuatan Paving Block

Berikut adalah langkah langkah pembuatan bahan Paving Block Berbahan

Limbah Serbuk sol sepatu :

1. Menyiapkan bahan yang berupa limbah Serbuk sol sepatu, semen dan pasir
2. Pengayakan atau saring limbah Serbuk sol sepatu menjadi skala kecil.
3. Menimbang limbah Serbuk sol sepatu, semen dan pasir agar sesuai takaran
4. Campurkan limbah Serbuk sol sepatu, semen dan pasir.
5. Campurkan dan adukan limbah Serbuk sol sepatu, semen dan pasir merata dan tambahkan air secukupnya, tuang kedalam cetakan paving block
6. Keringkan paving block, keluarkan paving block dari cetakan.
7. Diamkan paving block hingga benar benar kering
8. Selesai

3.10 Tahapan Pengujian Sampel

Pengujian terhadap benda uji bertujuan untuk mengetahui berat serta mutu paving block yang dihasilkan. Pengujian ini dilakukan setelah paving block mencapai usia 14 hari. Adapun jenis pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut :

A. Mengetahui berat masing masing paving block dan ukuran paving block

Melihat berat masing masing paving block dengan berbagai jenis formulasi dengan melakukan persiapan timbangan yang digunakan untuk menimbang masing-masing barang uji yang berjumlah 9 sampel.

B. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh paving block. Adapun tahapan pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan dalam proses pengujian, seperti alat pencatat data dan gerobak untuk menampung benda uji setelah proses pengujian selesai.
2. Melakukan pemeriksaan terhadap alat uji tekan (compression machine test) guna memastikan semua komponen berfungsi secara optimal.
3. Menyiapkan benda uji paving block yang telah melalui proses pemadatan dengan ukuran yang telah ditentukan.
4. Menimbang masing-masing sampel paving block dan mencatat beratnya, kemudian meletakkannya pada alat uji tekan untuk dilakukan pengujian.
5. Menyetel jarum pengukur pada alat uji tekan ke posisi nol, lalu menyalakan kompresor dan menaikkan beban secara bertahap hingga jarum berhenti bergerak.
6. Mencatat nilai maksimum beban tekan yang ditunjukkan oleh alat uji tekan, lalu mengeluarkan benda uji dari mesin.

3.11 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan

Pada tahap ini, dilakukan sejumlah persiapan awal sebelum memasuki proses pemeriksaan dan pengujian, yang mencakup pengurusan surat izin untuk kegiatan penelitian, penyiapan bahan utama, serta penambahan material pendukung yang dibutuhkan selama pelaksanaan penelitian.

2. Pemeriksaan

Material yang digunakan dalam proses pembuatan paving block meliputi limbah serbuk sol sepatu, pasir, dan semen. Seluruh bahan ini diperiksa terlebih dahulu untuk memastikan kesesuaian dan kualitasnya.

3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan pencampuran beberapa formulasi yang mengacu pada SNI-03-0691-1996.

4. Pengepressan Benda Uji

Setelah proses pencetakan selesai, paving block kemudian dipress menggunakan alat khusus. Tujuannya adalah untuk meningkatkan tingkat kepadatan material, sehingga memiliki daya tahan yang baik saat dilakukan pengujian.

5. Perawatan

Perawatan terhadap paving block dilakukan dengan cara menjemurnya selama 14 hari untuk memastikan proses pengeringan berlangsung optimal.

6. Mengetahui berat masing masing Sampel

Pada tahap ini, dilakukan proses penimbangan terhadap setiap benda uji yang berjumlah 9 sampel. Masing-masing paving block ditimbang satu per

satu untuk mengetahui berat individualnya secara akurat sebagai bagian dari data awal pengujian.

7. Pengujian Kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat Compression Machine Test, yang berfungsi untuk mengukur sejauh mana kekuatan paving block dalam menahan tekanan beban secara vertikal sesuai standar pengujian.

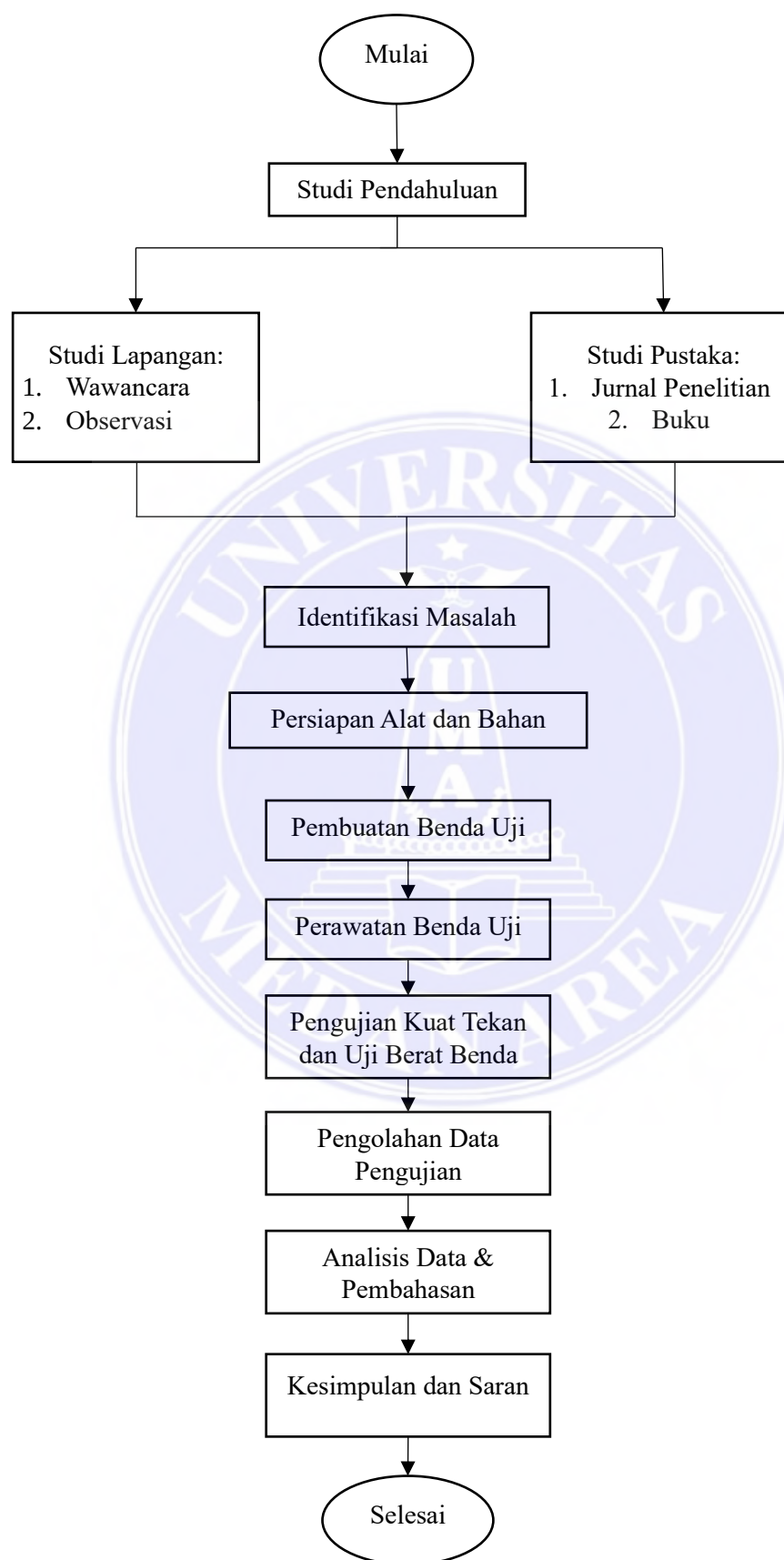
8. Analisa dan Pembahasan

Menganalisis karakteristik benda uji yang dibuat dengan menggunakan limbah serbuk sol sepatu sebagai bahan utama dalam pembuatan paving block.

9. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran akan disusun setelah seluruh proses pengujian paving block selesai dilakukan dan hasil analisis dari pengujian tersebut diperoleh secara menyeluruh.

3.12 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 10 Diagram Alur Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

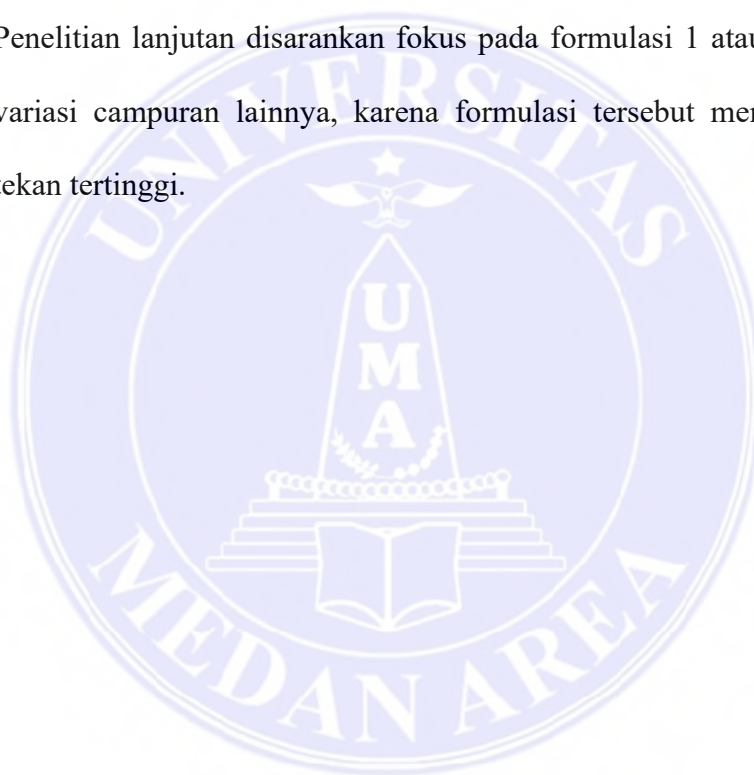
5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis pada paving block yang terbuat dari Serbuk sol sepatu yang berbahan TPR dengan tiga formulasi campuran yang berbeda, serta melakukan pengujian berat dan tekan pada paving block, hasilnya adalah sebagai berikut:

1. Uji tekan pada 3 variasi paving block berbahan limbah Serbuk sol sepatu tersebut masuk dalam kategori SNI 03-0691-1996 yaitu :
 - a. Formulasi 1 yang terbuat dari bahan limbah Serbuk sol sepatu dengan komposisi Semen 50%, Serbuk Sol Sepatu 20%, Pasir 30% memiliki kekuatan sebesar 19,31 Mpa termasuk dalam MUTU B (untuk parkir)
 - b. Formulasi 2 yang terbuat dari bahan limbah Serbuk sol sepatu dengan komposisi Semen 45%, Serbuk Sol Sepatu 15%, Pasir 30% memiliki kekuatan sebesar 13,23 Mpa termasuk dalam MUTU C (untuk pejalan kaki)
 - c. Formulasi 3 yang terbuat dari bahan limbah Serbuk sol sepatu dengan komposisi komposisi Semen 40%, Serbuk Sol Sepatu 25%, Pasir 35% memiliki kekuatan sebesar 9,70 Mpa termasuk dalam MUTU D (untuk taman dan penggunaan lain).

5.2 Saran

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diharapkan hasil ini dapat diterapkan pada home industry sepatu, khususnya Owen Shoes, untuk memanfaatkan limbah Serbuk sol sepatu menjadi paving block. Hal ini bertujuan agar limbah yang sebelumnya tidak dimanfaatkan dapat memiliki nilai ekonomis serta membantu mengurangi pencemaran lingkungan sekitar area produksi.
2. Penelitian lanjutan disarankan fokus pada formulasi 1 atau menggunakan variasi campuran lainnya, karena formulasi tersebut menunjukkan kuat tekan tertinggi.



DAFTAR PUSTAKA

- Ariansyah. (2020). *Studi Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block*. 18.
- Batubara, S.-, & Pangaribuan, W. (2023). Pengujian Kuat Tekan Beton Karakteristik Menggunakan Semen Opc Type I, Ppc Dan Pcc. *Jurnal Insinyur Profesional*, 3(1), 122–126. <https://doi.org/10.24114/jip.v3i1.42996>
- Candra, A. T., Setiabudi, M. A., & Sandi, M. (2024). Analisis Perbedaan Material Outsole Sepatu Futsal terhadap Kenyamanan dan Kemampuan Dribbling. *SPRINTER: Jurnal Ilmu Olahraga*, 5(2), 308–316.
- Djamaris, A., Ardiansyah, Sari, D. A. P., & Novianti, M. D. (2024). *Desain Percobaan: Teori dan Aplikasi*. Universitas Bakrie Press.
- Hendarto Rahman. (2020). Analisis Perbandingan Paving block Berbahan Limbah Botol Plastik dan Paving Block Berstandar SNI Yang Di Gunakan Untuk Jalan. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Luo, Y., Xiang, P., & Wang, Y. (2020). Investigate the relationship between urbanization and industrialization using a coordination model: A case study of China. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/su12030916>
- Nelly Budiharti, I. (2018). Teori Dan Aplikasi Desain Eksperimen. In *CV. Dream Litera Buana* (Vol. 1). www.dreamlitera.com
- Putri, S. E. (2023). *Rantai Komoditas Global*.
- Rahayu, W., Tanujaya, B., & Iriyadi, D. (2022). *Desain Eksperimen Untuk Bidang Pendidikan*. CV. Jakad Media Publishing.
- Sembiring, Nu. (2025). *Sistem Lingkungan Industri: Konsep Implementasi, dan*

Inovasi Berkelanjutan (Jilid 1). Eureka Media Aksara.

Setiawan, E. D. W. I. (2020). *Program studi teknik sipil fakultas teknik universitas islam riaupekanbaru 2020*. 1–59.

Setyawan, D. A. (2021). Hipotesis Dan Variabel Penelitian. In *Tahta Media Group*.

Suhartawan, B., Suprihatin, H., Nururrahmah, Hafidawati, Yuniarti, E., Suyasa, W. B., Asnawi, I., & Toepak, E. P. (2023). *Pengelolaan Limbah Padat, Limbah Industry Dan B3*. Get Press Indonesia.

Utomo, S. W., Sulistyowati, L., & Yulianto, G. (2015). Teori dan Konsep Sistem Manajemen Lingkungan. *Modul 1*, 1–39. <https://pustaka.ut.ac.id/lib/wp-content/uploads/pdfmk/MSLK5202-M1.pdf>

LAMPIRAN



UNIVERSITAS MEDAN AREA