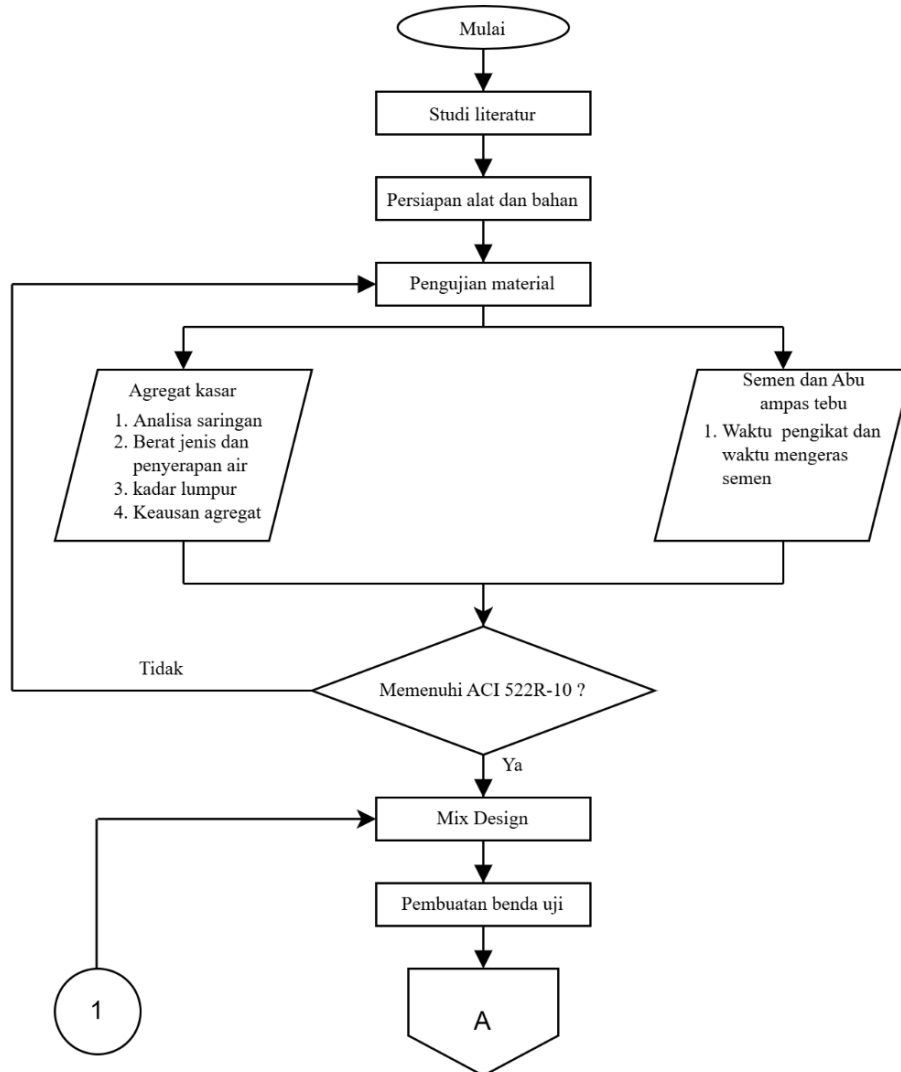


BAB III

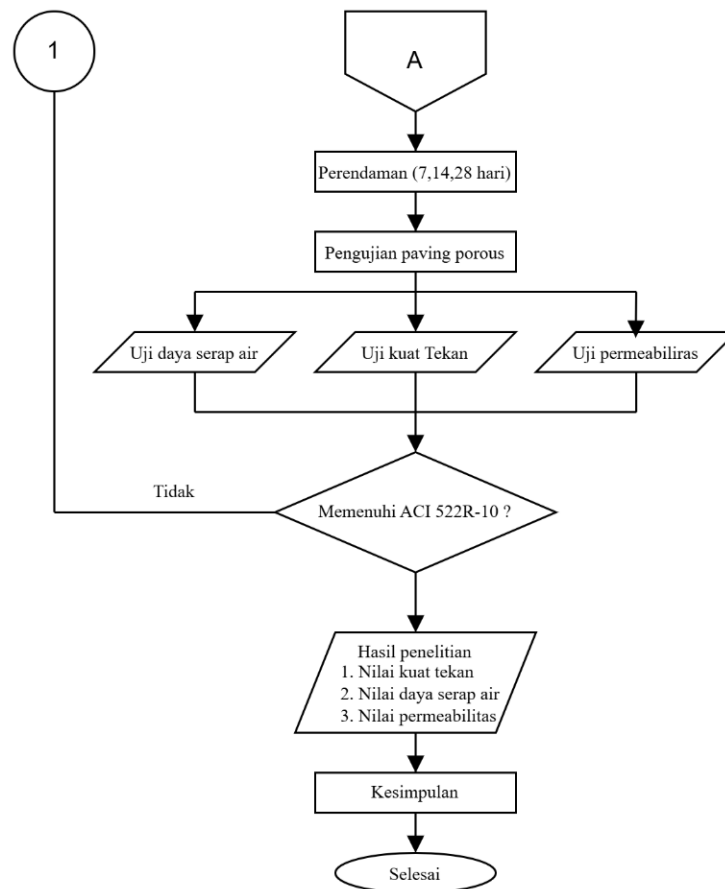
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir (*Flowchart*)

Diagram alir (*flowchart*) merupakan rangkaian tahapan atau alur kerja penelitian yang digunakan untuk menggambarkan susunan langkah-langkah penelitian secara sistematis sehingga pelaksanaan penelitian dapat berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan.



Gambar 3. 1 Diagram Alir (*Flowchart*)
(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2025)



Gambar 3. 1 Diagram Alir (Flowchart)(lanjutan)
(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

3.2 Penjelasan Diagram Alir (*Flowchart*)

Diagram alir (flowchart) merupakan representasi visual dari suatu proses penelitian yang memuat tahapan-tahapan secara sistematis dan berurutan. Flowchart digunakan untuk mempermudah pemahaman, meningkatkan kejelasan komunikasi, serta mendukung dokumentasi prosedur penelitian mulai dari perumusan masalah, pengumpulan data, analisis, hingga penarikan kesimpulan. Dalam penyusunannya, flowchart memanfaatkan berbagai simbol grafis yang mewakili kegiatan, keputusan, input-output, serta alur logika, yang keseluruhannya dihubungkan oleh panah sebagai penunjuk urutan proses. Berikut penjelasan rinci mengenai struktur diagram alir tersebut (*Flowchart*).

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan bagian penting dalam penelitian yang melibatkan pencarian, pembacaan, analisis, dan pengolahan sumber informasi relevan terkait topik yang diteliti. Tujuannya adalah membangun landasan teori yang kuat, memahami hasil penelitian terdahulu, dan menemukan celah pengetahuan untuk penelitian selanjutnya. Sumber studi literatur bisa berupa buku, jurnal, laporan, artikel, dan dokumen kredibel lain yang relevan. Studi ini berfungsi sebagai dasar penelitian dengan mengumpulkan data sekunder dan hasil sebelumnya sebagai pijakan dalam menyusun kerangka teori dan berpikir. Dalam penelitian ini, peneliti memperoleh pengetahuan penting mengenai karakteristik *Paving porous*, komposisi pembentuknya, serta dampak campuran berbagai limbah dalam pembuatan *Paving porous*. Dengan demikian, studi literatur menjadi fondasi yang membantu memperjelas dan memperkuat arah penelitian secara keseluruhan.

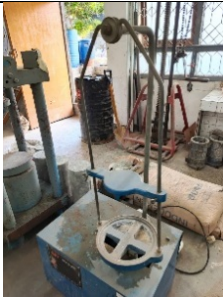
3.2.2 Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap pengujian agregat, pembuatan sampel (benda uji), dan pelaksanaan pengujian, diperlukan persiapan yang matang terhadap alat serta bahan yang akan digunakan. Persiapan tersebut bertujuan untuk memastikan proses pengujian dapat berlangsung dengan baik sesuai prosedur yang telah ditetapkan. Selain itu, kesiapan alat dan bahan juga penting untuk memastikan ketersediaan serta kelengkapan komponen yang dibutuhkan untuk setiap jenis pengujian secara spesifik. Pemeriksaan kondisi alat sebelum digunakan juga perlu dilakukan untuk memastikan seluruh peralatan berfungsi secara optimal dan memiliki tingkat ketelitian yang sesuai dengan standar pengujian. Di samping itu, pengelompokan serta penataan bahan uji secara sistematis dapat mempermudah pelaksanaan penelitian dan meminimalkan potensi kesalahan selama proses pengujian berlangsung. Dengan demikian, tahap persiapan ini menjadi fondasi utama yang mendukung keakuratan dan kesesuaian hasil pengujian dalam penelitian.

1) Alat dan Bahan Pengujian Analisa Saringan

Dalam pelaksanaan pengujian analisa saringan, diperlukan sejumlah alat dan bahan sebagai bagian dari persyaratan prosedur pengujian sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Pengujian Analisa Saringan

No.	Gambar	Keterangan
1.		Timbangan Digital
2.		Nampan
3.		Kain lap
4.		Satu set saringan
5.		Alat penyaringan

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Pengujian Analisa Saringan (lanjutan)

6.		Sikat saringan
7.		Oven
8.		Agregat

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

2) Alat dan Bahan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Dalam pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar, dibutuhkan berbagai alat dan bahan sesuai dengan ketentuan prosedur pengujian. Peralatan dan bahan-bahan tersebut disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

No.	Gambar	Keterangan
1.		Timbangan Digital
(2.		Nampan
3.		Keranjang
4.		Agregat kasar

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

3) Alat dan Bahan Kadar lumpur Agregat dengan Cara Kering

Pada pengujian Kadar lumpur Agregat tentunya perlu beberapa alat dan bahan sebagai syarat prosedur pengujian. Peralatan dan bahan-bahan tersebut dicantumkan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 3 Alat dan Bahan Pengujian kadar lumpur agregat

No.	Gambar	Keterangan
1.		Timbangan Digital
2.		Nampan
3.		Keranjang
4.		Agregat kasar

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

4) Alat dan Bahan Pengujian Keausan Agregat

Pada pengujian Keausan Agregat tentunya membutuhkan beberapa alat dan bahan sebagai syarat prosedur pengujian. Peralatan dan bahan-bahan tersebut dicantumkan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 4 Alat dan Bahan Pengujian Keausan Agregat

No.	Gambar	Keterangan
1.		Timbangan Digital
2.		Nampan
3.		Ayakan
4.		Bola baja

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

5) Alat Pengujian Berat Volume Agregat

Peralatan dan bahan-bahan tersebut dicantumkan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 5 Alat Pengujian berat volume agregat

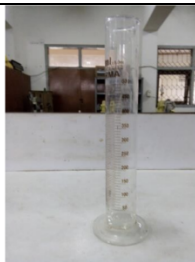
No.	Gambar	Keterangan
1.		Wadah besi silinder
2		Besi rojok

Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

6) Alat dan Bahan Pengujian Waktu Mengikat dan Waktu Mengeras Semen

Pada pengujian waktu mengikat dan waktu mengeras semen tentunya membutuhkan beberapa alat dan bahan sebagai syarat prosedur pengujian. Peralatan dan bahan-bahan tersebut dicantumkan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 6 Alat dan Bahan Waktu Mengikat dan Waktu Mengeras Semen

No.	Gambar	Keterangan
1.		Gelas ukur

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

Tabel 3. 7 Alat dan Bahan Waktu Mengikat dan Waktu Mengeras Semen (Lanjuatn)

No.	Gambar	Keterangan
2.		Timbangan
3.		Alat vicat
4.		Solet perata

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

7) **Alat Pengujian Kuat Tekan *Paving porous***

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut

Tabel 3. 8 Alat Pengujian kuat tekan

No.	Gambar	Keterangan
1.		Alat uji tekan beton

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

8) Alat Pengujian Daya Serap Air

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

Tabel 3. 9 Alat Pengujian Daya Serap Air

No.	Gambar	Keterangan
1.		Timbangan
		Oven

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

9) Alat Pengujian Permeabilitas

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

Tabel 3. 10 Alat Pengujian permeabilitas

No.	Gambar	Keterangan
1.		Alat uji permeabilitas

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

3.2.3 Pengujian Agregat

Pada tahap ini merupakan penjelasan tahapan – tahapan dalam melakukan pengujian agregat kasar maupun agregat halus, dengan tujuan agar terhindar dari kesalahan maupun kelalaian akibat kurang tersusunnya tahapan dalam pengujian.

A. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pada pengujian analisa saringan, prosedur pengujian yang digunakan mengacu pada persyaratan (ASTM C33-03). Terdapat cara untuk mengetahui nilai analisa saringan dengan cara yang sudah dijelaskan pada sub-bab (2.10.1). Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Kondisi agregat dipastikan berada dalam keadaan kering oven, yaitu ketika beratnya telah stabil dan tidak mengalami perubahan setelah dilakukan penimbangan sebanyak tiga kali secara berturut-turut.
2. Saringan disusun dengan urutan dari ukuran lubang terbesar di bagian atas hingga ukuran lubang terkecil di bagian bawah, kemudian diakhiri dengan penampung (PAN) di posisi paling bawah.
3. Agregat dimasukkan melalui saringan paling atas dan kemudian ditutup dengan rapat.
4. Pemasangan saringan dilakukan pada mesin pengguncang, kemudian dilakukan pengguncangan selama 15 menit.
5. Agregat yang tertahan pada setiap saringan dikeluarkan, kemudian dilakukan penimbangan dan pencatatan hasilnya.

Tabel 3. 11 Pengujian Analisa saringan Agregat

Sieve Size		Berat Tertahan	Kumulatif Berat Tertahan	Presentase tertahan	Presentase Lolos
<i>inch</i>	<i>mm</i>	<i>Gram</i>	<i>gram</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
1	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5				
4	4.75				
8	2.36				
16	1.18				

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

Tabel 3. 10 Pengujian Analisa saringan Agregat (Lanjutan)

30	0.6				
50	0.3				
100	0.15				
200	0.08				
pan					
TOTAL					

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

B. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, prosedur pengujian yang digunakan mengacu pada persyaratan (SNI 1969:2008). Terdapat cara untuk mengetahui nilai berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dengan cara yang sudah dijelaskan pada sub-bab (2.10.2). Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar ditimbang dengan berat 1000 gr – 2000 gr.
2. Selanjutnya, agregat tersebut dibersihkan dengan pencucian, kemudian dimasukkan ke dalam oven yang diatur pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ untuk pengeringan.
3. Setelah mencapai kondisi kering oven, agregat kembali diukur beratnya untuk memperoleh nilai berat kering oven.
4. Agregat kemudian direndam dalam air selama periode 24 ± 4 jam, lalu dikeringkan menggunakan kain lap hingga permukaannya bebas dari air, dan dilakukan penimbangan untuk mendapatkan berat pada kondisi jenuh permukaan (ssd).
5. Berat agregat juga diukur dalam keadaan terendam di dalam air guna memperoleh berat jenis semu.
6. Seluruh data yang dikumpulkan dari proses pengujian kemudian didokumentasikan dalam formulir pengujian yang telah disediakan

Tabel 3. 12 Pengujian Berat jenis dan penyerapan Air agregat kasar

Nama Data	Kode	Satuan	Percobaan	
			1	2
Berat Keranjang		Gram		
Berat Kerikil SSD	B	Gram		
Berat Keranjang + Kerikil		Gram		
Berat Keranjang + Kerikil SSD + air	C	Gram		
Berat Keranjang + Kerikil Oven		Gram		
Berat Keranjang Dalam Air	A	Gram		
Berat Jenis Kerikil				
Rata Rata				

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

C. Pengujian Kadar lumpur Agregat dengan Cara Kering

Dalam pengujian kadar lumpur agregat secara kering, prosedur yang digunakan merujuk pada ketentuan SNI 03-4142-1996. Metode untuk menentukan kadar lumpur pada agregat telah dijelaskan pada sub-bab (2.10.3). Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Kerikil kering oven dengan berat 1000 gram ditimbang terlebih dahulu
2. Kerikil kemudian dibersihkan dengan cara dicuci, yaitu dengan merendamnya dalam wadah berisi air dan dilakukan pengadukan hingga air tampak keruh.
3. Air cucian disaring menggunakan saringan nomor 200 hingga habis, lalu material yang tertahan pada saringan dikembalikan ke dalam wadah kerikil. Proses pencucian diulang sampai air hasil cucian menjadi jernih.
4. Selanjutnya, kerikil yang sudah bersih dipindahkan ke nampan dan dikeringkan dalam oven pada suhu $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.

5. Setelah pengeringan selesai, kerikil dikeluarkan dari oven, didinginkan hingga suhu ruang, kemudian dilakukan penimbangan menggunakan timbangan yang akurat.

Tabel 3. 13 Pengujian Kadar lumpur Agregat

Nama Data	Kode	Satuan	Percobaan	
			1	2
Berat Wadah		gram		
Berat Agregat Kasar Kering	B	gram		
Berat Wadah + Agregat Kasar Kering		gram		
Berat Agregat Kering Setelah Di oven	C	gram		
Kadar Lumpur		%		
Rata-Rata		%		

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

D. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Dalam pengujian keausan agregat kasar, prosedur yang digunakan merujuk pada persyaratan yang ditetapkan dalam (SNI 2417:2008, 2008). Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Agregat dibersihkan terlebih dahulu melalui proses pencucian hingga bersih, kemudian dikeringkan dalam oven untuk mencapai massa konstan.
2. Setelah itu, agregat bersama dengan 12 bola baja dimasukkan ke dalam mesin abrasi Los Angeles, lalu mesin dioperasikan dengan kecepatan 30-33 putaran per menit sebanyak 500 kali putaran.
3. Agregat yang telah menjalani pengujian kemudian dicuci kembali sampai bersih dan dikeringkan dalam oven.
4. Selanjutnya, agregat ditimbang untuk memperoleh nilai persentase keausan berdasarkan perubahan berat yang terjadi.

Tabel 3. 14 Pengujian Keausan

Nama Data	Satuan	Kode	Percobaan
Berat Wadah	Gram		
Berat Kerikil Sebelum Abrasi	Gram	A	
Berat Kerikil Tertahan Ayakan no 12	Gram	B	
Keausan	%		

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

E. Pengujian Berat Volume Agregat

Dalam pengujian Berat Volume agregat , prosedur yang digunakan merujuk pada persyaratan yang ditetapkan dalam ASTM C29. Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut

1. Sampel agregat disiapkan dalam kondisi kering oven
2. Bersihkan wadah silinder kemudian timbang berat wadahnya
3. Untuk pengujian berat volume lepas, masukan agregat kedalam wadah tanpa pemadatan sampai penuh lalu ratakan agregat agar tidak melebihi tinggi bibir wadah silinder
4. Untuk pengujian berat volume padat, agregat dimasukkan ke dalam wadah dalam tiga lapisan yang masing-masing berukuran 1/3 volume wadah. Setiap lapisan dipadatkan dengan menumbuk menggunakan tongkat penusuk sebanyak 25 kali secara merata seluruh permukaan lapisan, kemudian lapisan berikutnya dimasukkan dan dipadatkan dengan cara yang sama hingga wadah penuh
5. Setelah wadah silinder terisi penuh,rimbang beratnya.

Tabel 3. 15 Pengujian Berat Volume Agregat

Data Percobaan	Satuan	Tanpa Rojokan	Dengan Rojokan
Berat Silinder	gram		
D	cm		
H	cm		
D/H	cm ³		
Volume Silinder	cm ³		
Berat Silinder + Kerikil	gram		
Berat Pasir	gram		
Berat Volume	gr/cm ³		

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

3.2.4 Pengujian Semen

A. Waktu Pengikat dan Waktu Mengeras Semen

Dalam pengujian waktu pengikat dan waktu mengeras semen dapat mengacu pada persyaratan (SNI 03-6826-2002). Berikut adalah prosedur pengujiannya :

1. Semen sebanyak 300 gram ditimbang dan dicampur dengan volume air yang sesuai untuk mencapai konsistensi normal
2. Pasta semen dibentuk menjadi bola kemudian dilempar secara bergantian dari tangan kanan ke tangan kiri atau sebaliknya pada jarak sekitar 15 cm sebanyak enam kali.
3. Bola pasta tersebut dimasukkan ke dalam cetakan kerucut dan permukaan diratakan menggunakan alat perata.
4. Jarum Vicat kecil diposisikan pada permukaan atas pupuk semen yang telah dipadatkan dalam cetakan kerucut.
5. Setelah pasta didiamkan selama 45 menit, pengunci jarum Vicat dilepaskan dan penurunan jarum diukur.
6. Jarum Vicat ditarik kembali, cetakan kerucut digeser sekitar 3 mm dari posisi pengukuran sebelumnya, dan jarum ditempatkan kembali untuk pengukuran berikutnya dengan penguncian ulang.
7. Setelah 15 menit, pengunci jarum dilepaskan kembali untuk mengukur penurunan jarum.
8. Proses pengukuran ini diulang setiap interval 15 menit hingga jarum Vicat tidak mengalami penurunan atau nilai penurunannya sama dengan nol.
9. Data hasil pengukuran kemudian digunakan untuk membuat grafik hubungan antara waktu dan penetrasi jarum

Tabel 3. 16 Pengujian Waktu Pengikat dan Waktu Mengeras

Pengujian Waktu pengikat dan waktu mengeras												
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Interval waktu (s)												
Penetrasi (mm)												

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

3.2.5 Perencanaan Mix Design

Perencanaan campuran (*mix design*) *paving porous* pada penelitian ini mengacu pada pedoman ACI 522R-10 dengan menggunakan metode volume absolut. Metode ini didasarkan pada prinsip bahwa jumlah volume seluruh material penyusun, yaitu semen, agregat, air, dan rongga udara (voids), harus sama dengan satu satuan volume campuran yang direncanakan. Pendekatan ini banyak digunakan pada beton porous karena lebih mempertimbangkan keberadaan rongga yang berperan penting dalam menentukan kemampuan infiltrasi air.

Pada tahap ini dilakukan perancangan campuran (*mix design*) menggunakan metode coba-coba (*trial mix*). Berikut tahapan-tahapan *mix design paving porous* :

1. Menentukan Parameter Desain

Tahap awal dalam perencanaan campuran dilakukan dengan menetapkan parameter desain utama, meliputi target void content, kuat tekan rencana, factor air semen, serta tingkat permeabilitas yang diinginkan. Secara umum, ACI 522R-10 merekomendasikan void content minimum sebesar 15% untuk memastikan proses perkolasi air dapat berlangsung dengan baik. Nilai porositas yang dianggap ideal umumnya berada pada kisaran 18–22%, bergantung pada kebutuhan dan fungsi perkerasan yang direncanakan. Namun, peningkatan kuat tekan umumnya berbanding terbalik dengan porositas, sehingga diperlukan keseimbangan antara kapasitas infiltrasi air dan kemampuan menahan beban. Untuk FAS ACI 522R-10 merekomendasikan 0,25-0,40 Dalam penelitian ini, beton porous dirancang sebagai material perkerasan untuk jalur pedestrian taman dengan spesifikasi teknis berupa kuat tekan rencana (f'_c) sebesar 15 MPa, target void content sebesar 18%, dan FAS 0,33. Penetapan parameter tersebut didasarkan pada kebutuhan akan kekuatan struktural yang memadai serta kemampuan infiltrasi air yang sesuai untuk aplikasi perkerasan ramah lingkungan.

2. Menghitung Volume agregat kasar

Volume agregat kasar ditentukan dengan menggunakan rasio b/b_o , yaitu perbandingan antara volume agregat dalam beton terhadap volume agregat dalam keadaan padat. Nilai b/b_o disesuaikan dengan kandungan agregat halus, yang biasanya berkisar antara 0% (tanpa pasir), 10%, atau 20%, dan dapat ditemukan pada Tabel 2.7 Semakin

tinggi kandungan pasir, semakin kecil nilai b/b_o dan semakin rendah porositas beton. Setelah nilai b/b_o dan volume beton target (misalnya 1 m^3) diketahui

3. Menentukan estimasi void content, volume pasta, dan berat semen

a. Estimasi void content

Setelah itu, dilakukan estimasi void dan volume pasta. Tujuannya adalah menghitung jumlah pasta minimum yang cukup untuk melapisi agregat, tetapi tidak sampai menutup rongga. Untuk memastikan air dapat meresap melalui *paving porous*, kandungan rongga harus minimal 15%, sesuai ASTM C138/C138M. Jika kurang dari 15%. Rongga yang tidak saling terhubung sehingga perkolasi air tidak signifikan. Semakin besar kandungan rongga, laju perkolasi meningkat namun kuat tekan menurun. Sebaliknya, semakin sedikit rongga, laju perkolasi menurun dan kuat tekan meningkat. Kuat tekan *paving porous* juga dipengaruhi oleh kekuatan agregat, ikatan pasta, dan kekuatan pasta semen, seperti yang pada BAB 2 gambar 2.4.

b. Menentukan volume pasta

Volume minimum pasta yang diperlukan untuk mengikat partikel agregat bersama-sama, sambil mempertahankan struktur rongga, kekuatan, dan kemampuan kerja yang diperlukan. Pada bab 2 gambar 2.4 dapat digunakan untuk memperkirakan volume pasta dan rongga untuk ukuran agregat No.8. Antar-agregat, volume pasta terdiri dari volume semen dan air. Untuk menghitung volume pasta, digunakan rumus 2.18 pada BAB 2, sedangkan untuk mengetahui volume semen dan volume air dapat dihitung pada rumus 2.19. Volume pasta ini sangat penting untuk memastikan kekompakan dan kekuatan beton, serta untuk memastikan adanya voids yang cukup guna mencapai permeabilitas yang optimal.

c. Berat semen dan air

Setelah semua komponen dihitung, langkah selanjutnya adalah menghitung berat semen dan air berdasarkan volume pasta. Untuk menghitung berat semen, digunakan rumus 2.20. Tujuan menghitung berat semen adalah untuk menentukan jumlah semen yang tepat dalam campuran, sehingga beton memiliki kekuatan dan kekompakan yang baik, serta proporsi pasta yang

sesuai untuk memastikan permeabilitas dan daya tahan *paving porous*. Sedangkan, untuk menghitung berat air, digunakan rumus 2.21. Tujuan menghitung berat air adalah untuk memastikan proporsi air yang tepat dalam campuran beton, sehingga rasio air-semen sesuai, dan beton memiliki kekuatan, kelancaran kerja, serta permeabilitas yang optimal dalam *paving porous*.

4. Menghitung berat substitusi semen

berat volum substitusi semen tergantung dengan berat total semen yang di gunakan, semakin berat semen yang di gunakan semakin berat juga substitusi semen yang di gunakan. Berat substitusi semen dapat di hitung dengan rumus 2.22 pada BAB 2.

3.2.6 Pengolahan Abu Ampas Tebu

Sebelum digunakan sebagai bahan substitusi semen dalam campuran *paving porous*, abu ampas tebu terlebih dahulu melalui proses pengolahan untuk memperoleh karakteristik material yang lebih seragam dan meningkatkan efektivitasnya sebagai bahan *pozzolan*. Tahap awal pengolahan dilakukan dengan pengovenan abu ampas tebu pada suhu tertentu hingga mencapai kondisi kering. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung dalam abu sehingga dapat mencegah terjadinya penggumpalan partikel serta menjaga konsistensi perhitungan proporsi campuran. Selain itu, pengeringan juga berperan dalam meningkatkan stabilitas material selama proses penyimpanan dan pencampuran.

Setelah proses pengovenan selesai, abu ampas tebu kemudian disaring menggunakan saringan Nomor 200 (0,075 mm). Penyaringan dilakukan untuk memisahkan partikel-partikel kasar yang belum terbakar sempurna serta memperoleh ukuran butiran yang lebih halus dan seragam. Proses penyaringan ini juga bertujuan untuk meningkatkan homogenitas campuran dan mengurangi kemungkinan terbentuknya titik lemah pada matriks *paving porous*.

3.2.7 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji *Paving porous* dilakukan untuk menilai sifat fisik dan mekanik material, diantara lain nilai kuat tekan, daya serap air dan permeabilitas *Paving porous*. Benda uji dibuat dengan variasi penambahan abu ampas tebu sebanyak 0%, 4%, 8%, dan 12% dari total

berat semen. Total benda uji yang dibuat adalah sebanyak 56 buah. Sample dibuat dengan cetakan ukuran 21 x 10 x 8cm.

Tabel 3. 17 Jumlah sample pengujian

Variasi (%)	Jumlah sampel pengujian		
	Kuat tekan	Daya serap air	Permeabilitas
0	9	2	3
4	9	2	3
8	9	2	3
12	9	2	3
Total	56		

(Sumber : Data Olahan Peneliti, 2026)

Proses pembuatan benda uji dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang kuat tekan dan daya serap, serta ACI 522R-10 terkait permeabilitas. Berikut adalah gambaran langkah langkah pembuatan benda uji *Paving porous* dengan bahan campuran limbah abu ampas tebu :

1. Seluruh material yang digunakan dalam pengujian dikeringkan terlebih dahulu dalam oven pada suhu antara 105 hingga 110°C, guna memastikan tidak terjadi pengurangan berat selama proses penimbangan yang dilakukan berulang kali.
2. Setiap jenis agregat ditimbang secara terpisah, meliputi fraksi agregat kasar (ukuran 5–10 mm dan 10–14 mm), dan semen sesuai dengan proporsi yang telah ditetapkan dalam rencana campuran.
3. Proses pencampuran dilakukan secara merata menggunakan *mixer* atau alat pengaduk hingga tercapai homogenitas campuran. Air ditambahkan secara bertahap untuk memperoleh *workability* yang sesuai, yakni campuran tidak terlalu kering maupun terlalu basah, sehingga mudah dicetak namun tetap padat.
4. Campuran yang telah homogen dimasukkan ke dalam cetakan *Paving porous*. Kemudian padatkan campuran.
5. Setelah proses pemadatan selesai, permukaan *Paving block* diratakan dan cetakan dilepaskan secara hati-hati agar tidak merusak bentuk geometrinya. Hasil cetakan kemudian disusun di tempat yang datar dan teduh untuk tahap berikutnya.
6. *Paving porous* yang telah dicetak menjalani proses perawatan dengan cara perendaman dalam air atau penyiraman berkala selama 7–28 hari.

Tahapan ini bertujuan untuk memastikan proses hidrasi semen berlangsung sempurna, sehingga diperoleh kekuatan tekan yang optimal.

7. Setelah proses curing selesai, *Paving block* dikeringkan di tempat terbuka dengan sirkulasi udara yang baik.
- 8.

3.2.8 Pengujian Sampel

Pengujian sampel atau pengujian benda uji merupakan bagian pengujian tahap akhir untuk mendapatkan nilai atau data dari sifat benda uji tersebut apakah benda uji telah memenuhi syarat kelayakan untuk dilakukan pekerjaan perkerasan jalan.

A. Pengujian Kuat tekan

Pada pengujian kuat tekan mempunyai tujuan yaitu untuk menentukan kemampuan material dalam menahan beban tekan maksimum sebelum mengalami kerusakan atau kehancuran. Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 03-0691-1996. Berikut adalah langkah pengujiannya :

1. Benda uji dibersihkan terlebih dahulu dari segala jenis kotoran atau partikel yang melekat pada permukaannya.
2. Benda uji diposisikan secara sentris di tengah pelat penekan pada mesin uji dan dipastikan tegak lurus terhadap arah gaya tekan yang akan diberikan.
3. Mesin uji dioperasikan dengan laju pembebanan sebesar $0,6 \pm 0,2$ MPa/detik hingga terjadi keruntuhan pada benda uji.
4. Beban maksimum yang diterima oleh benda uji sebelum mengalami kegagalan dicatat dengan seksama.
5. Nilai kuat tekan *Paving porous* dihitung menggunakan rumus persamaan 2.1 :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{F}{A}, \dots\dots\dots (2.6)$$

B. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian CL dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap air melalui pori-porinya. Pengujian daya serap air mengacu pada (SNI-03-06-1996). Berikut adalah langkah-langkah pengujiannya :

1. Benda uji dibersihkan terlebih dahulu dari debu atau kotoran yang menempel pada permukaannya.

2. Pengeringan benda uji dilakukan dalam oven bersuhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama kurang lebih 24 jam hingga beratnya mencapai kestabilan.
3. Setelah pengeringan selesai, benda uji dikeluarkan dari oven dan didinginkan hingga mencapai suhu ruang
4. Selanjutnya, benda uji ditimbang dan hasilnya dicatat sebagai berat kering (W_1).
5. Benda uji direndam dalam air bersih pada suhu ruang selama 24 jam dengan seluruh permukaan terendam sempurna.
6. Setelah proses perendaman selesai, benda uji diangkat dari air dan permukaannya dibiarkan menetes hingga tidak terdapat air berlebih
7. Benda uji kemudian ditimbang kembali dan hasil penimbangan dicatat sebagai berat jenuh air (W_2).
8. Nilai daya serap air *Paving porous* dihitung dengan rumus persamaan 2.2 :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\%, \dots\dots\dots (2.2)$$

C. Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dapat mengacu pada peraturan (ACI 522R-10). Berikut adalah beberapa prosedur dalam pengujiannya :

1. Benda uji *Paving porous* dipastikan dalam kondisi kering dan bebas dari debu maupun partikel lepas pada permukaannya.
2. Benda uji kemudian diletakkan pada alat uji permeabilitas.
3. Air sebanyak ± 1000 ml dituangkan ke dalam alat uji permeabilitas sebagai proses pra-jenuh (pre-wetting) dan dibiarkan hingga terserap sepenuhnya oleh benda uji.
4. Setelah seluruh permukaan benda uji terbasahi secara merata, alat uji permeabilitas diisi ulang dengan air sampai penuh.
5. Buka katup pada alat uji permeabilitas
6. Stopwatch diaktifkan segera saat air mulai menyentuh garis ketinggian awal dan stop saat air menyentuh garis ketinggian akhir.
7. Langkah pengujian ini diulang minimal dua kali untuk memperoleh hasil yang valid dan akurat

3.2.9 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap analisis dan pembahasan, disajikan analisa terhadap seluruh hasil pengujian yang telah dilaksanakan, yang dipaparkan dalam bentuk nilai absolut maupun persentase. Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data kemudian melakukan perhitungan guna menentukan klasifikasi hasil uji, apakah telah memenuhi kriteria yang dipersyaratkan atau belum. Kegiatan analisis mencakup evaluasi hasil pengujian agregat, pengujian semen, pengujian material terkait lainnya, serta pengujian terhadap spesimen.

3.2.10 Penjelasan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini adalah tahap akhir dan sebagai penutup dari hasil laporan penelitian. Tahapan ini berisi tentang ringkasan hasil pengujian yang lebih spesifik menunjukkan apakah hasil pengujian telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan dari berbagai peraturan seperti SNI dan ACI. Secara tidak langsung juga kesimpulan ini adalah menjawab dari rumusan masalah yang ada.