

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengembangan Produk

Penelitian ini bertujuan mengembangkan produk *paving block* dengan memanfaatkan limbah abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen. Produk yang dihasilkan diharapkan memenuhi standar mutu SNI 03-0691-1996, terutama untuk pelataran parkir. Proses pengembangan mengikuti metode *Research and Development*, mencakup data pengujian dan produk *paving block* yang dibuat melalui tahapan perancangan, pembuatan, perawatan, dan pengujian.

Penelitian ini dilaksanakan di dua lokasi utama: pembuatan *paving block* di pabrik beralamat di Jl. Lurah Namat No. 53, Kota Bekasi, Jawa Barat 17434, dan pengujian laboratorium di Universitas Negeri Jakarta. Pabrik tersebut dipilih karena memiliki fasilitas dan mesin cetak yang memadai untuk pengembangan produk. Pengujian sifat fisik dan mekanik *paving block* dilakukan di laboratorium sesuai standar yang berlaku.

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah *paving block* berbentuk balok dengan ukuran $21\text{ cm} \times 10,5\text{ cm} \times 6\text{ cm}$. Bahan utama yang digunakan terdiri dari semen PCC, pasir abu batu, air, dan limbah abu kulit durian yang telah melalui proses pembakaran dan penyaringan hingga lolos ayakan nomor 200. Karakteristik produk yang diharapkan meliputi permukaan *paving block* yang rata dan bebas retak, sudut serta rusuk yang utuh, serta kemampuan memenuhi persyaratan mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996, khususnya pada parameter kuat tekan, daya serap air, dan ketahanan aus. Dengan karakteristik tersebut, produk *paving block* yang dikembangkan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan konstruksi perkerasan non-struktural sekaligus mendukung upaya pemanfaatan limbah kulit durian.

Proses pengembangan produk diawali dengan penentuan komposisi campuran berdasarkan hasil uji pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya. Acuan tersebut digunakan sebagai dasar penyusunan *mix design paving block* dengan perbandingan semen dan pasir sebesar 1 : 4 serta faktor air semen (FAS) sebesar 0,4. Abu kulit durian digunakan sebagai substitusi sebagian semen dengan variasi kadar sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10%. Kebutuhan bahan untuk setiap variasi

campuran dihitung berdasarkan ukuran dan jumlah benda uji yang akan dibuat, sebagaimana telah dijabarkan pada Subbab 3.4.1, agar karakteristik masing-masing campuran *paving block* dapat tergambaran secara jelas.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu disiapkan dan menjalani pengujian pendahuluan sesuai dengan standar SNI untuk memastikan kualitas dan kesesuaianya sebagai bahan penyusun *paving block*. Limbah kulit durian diolah menjadi abu melalui proses pembakaran pada suhu hingga 700°C selama 6 jam, kemudian dihancurkan dan disaring menggunakan ayakan nomor 200 untuk memperoleh ukuran partikel yang halus. Setelah bahan dan rancangan campuran ditetapkan, produk *paving block* yang dikembangkan selanjutnya melalui proses validasi oleh ahli di bidang bahan bangunan, khususnya *paving block*. Hasil validasi menyatakan bahwa produk layak untuk dilanjutkan ke tahap pembuatan benda uji dengan beberapa saran perbaikan yang dijadikan dasar penyempurnaan produk.

Pembuatan benda uji *paving block* dilakukan pada lokasi penelitian yang telah ditetapkan. Proses pembuatan *paving block* diawali dengan persiapan cetakan, penimbangan bahan sesuai komposisi campuran yang telah dirancang, serta pencampuran bahan hingga diperoleh adukan yang homogen. Adukan kemudian dicetak menggunakan mesin press-getar untuk menghasilkan kepadatan yang merata. Setiap hasil cetakan diberi tanda sesuai dengan variasi campuran abu kulit durian. Setelah proses pencetakan, *paving block* dilakukan pengeringan awal selama ±24 jam, kemudian dilanjutkan dengan proses perawatan (*curing*) melalui perendaman dalam air bersih selama ±28 hari. Proses perawatan ini bertujuan untuk menjaga kelembapan dan mendukung proses pengerasan semen agar kekuatan *paving block* dapat berkembang secara optimal. Tahap selanjutnya dilakukan pengujian *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996 yang meliputi uji sifat tampak, pengukuran dimensi, uji kuat tekan, uji penyerapan air, uji ketahanan aus, serta uji ketahanan terhadap larutan natrium sulfat. Data hasil pengujian dianalisis untuk menentukan variasi campuran yang memenuhi kriteria kelayakan. Variasi yang memenuhi kriteria tersebut ditetapkan sebagai produk akhir penelitian.

4.2 Kelayakan Produk

Uraian berikut menjelaskan hasil pengujian kelayakan produk oleh ahli yang telah dilakukan terhadap produk yang akan dibuat.

4.2.1 Kriteria Ahli

Dalam pembuatan *paving block*, digunakan bahan campuran berupa abu kulit durian sebagai substansi sebagian semen dengan variasi persentase 0%, 6%, 8%, 10%. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa *paving block* yang dihasilkan memenuhi standar kelayakan. Para ahli dipilih berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan produk yang dibuat sehingga dapat memberikan penilaian dan masukan yang tepat.

Berikut ini merupakan biodata dari validator dalam bidang bahan bangunan:

Data Validator

Nama	:	Aditias Suyasninto
Umur	:	45 Tahun
Jenis Kelamin	:	<input checked="" type="checkbox"/> Laki-laki <input type="checkbox"/> Perempuan
Nama Perusahaan	:	Unit Pengelola Penilaian Kesesuaian Bahan dan Barang Teknik (UPPKB2T) Jakarta
Jabatan	:	Penguji Lab Bahan Bangunan (Beton dan produk variasinya)
Pendidikan Terakhir	:	<input type="checkbox"/> SMU/Sederajat <input type="checkbox"/> Diploma <input checked="" type="checkbox"/> S1 <input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3
Pengalaman Bekerja	:	<input type="checkbox"/> < 3 Tahun <input type="checkbox"/> 3 – 5 Tahun <input checked="" type="checkbox"/> > 5 Tahun

Gambar 4.1 Identitas Ahli Materi

4.2.2 Hasil Kelayakan Ahli

Proses validasi ahli produk *paving block* dilaksanakan secara daring dan luring pada tanggal 26 September 2025 hingga 30 September 2025. Berikut untuk hasil kelayakan bersama ahli :

Data Validator

Nama : Aditias Suyasninto
 Umur : 45 Tahun
 Jenis Kelamin : Laki-laki Perempuan
 Nama Perusahaan : Unit Pengelola Penilaian Kesesuaian Bahan dan Barang Teknik (UPPKB2T) Jakarta
 Jabatan : Penguji Lab Bahan Bangunan (Beton dan produk variasinya)
 Pendidikan Terakhir : SMU/Sederajat Diploma
 S1 S2
 S3
 Pengalaman Bekerja : < 3 Tahun 3 – 5 Tahun
 > 5 Tahun

Penilaian ditunjau dari beberapa aspek

No	Butir Pertanyaan	Jawaban	
		Sesuai	Tidak Sesuai
1	Apakah komposisi mix design dapat digunakan sebagai campuran <i>paving block</i> ? Saran: perhatikan komposisi air	✓	
2	Apakah bahan yang digunakan saat produksi <i>paving block</i> sudah memenuhi standar SNI 03-06911996? Saran:	✓	
3	Kelengkapan peralatan dalam pembuatan <i>paving block</i> Saran:	✓	
4	Apakah prosedur pembuatan <i>paving block</i> yang disusun sudah sesuai dengan tahapan standar yang ditetapkan Saran: perhatikan proses curing	✓	

No	Butir Pertanyaan	Jawaban	
		Sesuai	Tidak Sesuai
5	Apakah prosedur dalam perawatan <i>paving block</i> sudah sesuai dengan SOP yang ditetapkan? Saran: Perhatikan catatan.	✓	
6	Apakah prosedur pengujian sifat tampak sudah sesuai dengan isi SNI 03-0691-1996 tentang permukaan <i>paving block</i> yang harus rata, tidak retak, dan memiliki sudut yang utuh? Saran:	✓	
7	Apakah prosedur pengukuran ukuran sudah mengikuti ketentuan toleransi dan pengukuran dalam SNI 03-0691-1996? Saran:	✓	
8	Apakah prosedur pengujian kuat tekan sudah sesuai SNI 03-0691-1996 mengenai ketentuan pengujian kekuatan tekan <i>paving block</i> ? Saran: ukuran sampel berapa?	✓	
9	Apakah prosedur pengujian penyerapan air sudah mengikuti ketentuan dalam SNI 03-0691-1996 tentang metode perendaman dan batas maksimum daya serap air <i>paving block</i> ? Saran:	✓	
10	Apakah prosedur pengujian ketahanan aus sudah sesuai dengan SNI 03-0691-1996 mengenai ketentuan pengujian ketahanan aus <i>paving block</i> ? Saran:	✓	
11	Apakah prosedur pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat sudah sesuai dengan SNI 03-0691-1996 mengenai ketentuan pengujian ketahanan <i>paving block</i> terhadap serangan bahan kimia? Saran:	✓	

Kesimpulan : (Berilah tanda centang (✓) pada salah satu pilihan dibawah ini)

- Layak digunakan tanpa catatan
- Layak digunakan dengan catatan
- Tidak layak digunakan

Catatan :

.....
.....
.....

Jakarta, 30 September 2025
Validator Instrumen



Aditias Suyasninto

Gambar 4.2 Hasil Kelayakan Validasi Ahli Materi

4.3 Pembahasan Penelitian

Pembahasan penelitian ini membahas hasil pengujian *paving block* menggunakan abu kulit durian dengan variasi 0%, 6%, 8%, dan 10%. Pembahasan meliputi hasil uji pendahuluan bahan, proses pembuatan benda uji, serta hasil pengujian *paving block*. Hasil tersebut dibandingkan dengan standar yang berlaku untuk mengetahui pengaruh variasi penggunaan abu kulit durian terhadap mutu *paving block* yang dihasilkan.

4.3.1 Hasil Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk menilai karakteristik awal bahan dan campuran sebagai dasar penentuan mix design pada *paving block*, serta memastikan bahan yang digunakan sudah sesuai sebelum pembuatan benda uji. Hasil uji pendahuluan meliputi pemeriksaan abu kulit durian, semen dan agregat halus, yang hasilnya disajikan dalam bentuk tabel. Pada pasir dilakukan beberapa pemeriksaan, yaitu uji kadar lumpur, uji zat organik, pengukuran kadar air, penentuan berat jenis,

serta analisis gradasinya. Pengujian semen meliputi berat jenis, konsistensi normal, dan waktu ikat untuk memastikan kualitas bahan pengikat. Sementara itu, pengujian abu kulit durian dilakukan untuk mengetahui berat jenis, konsistensi normal, dan waktu ikat sebelum digunakan sebagai bahan substitusi sebagian semen dalam *paving block*.

4.3.1.1 Pasir

Pasir yang digunakan merupakan pasir abu batu. Pengujian terhadap agregat halus tersebut dilakukan di Laboratorium Praktik Uji Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Hasil uji pendahuluan pada agregat halus yaitu pasir dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Uji Pendahuluan Agregat Halus (Pasir)

No	Pengujian	Standar Pengujian	Batas Standar Maksimal	Hasil Pengujian	Memenuhi Persyaratan
1	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	5%	1,35%	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 1970:2016	3	2,2	Memenuhi
3	Zat Organik	SNI 2816:2014	Tidak Gelap	No.1 (Jernih)	Memenuhi
4	Kadar Air	SNI 1971:2011	5%	4,63%	Memenuhi
5	Analisis Saringan	SNI 03-2834-2000	Zona 1	3,14	Memenuhi

Berikut tabel dan grafik analisis gradasi saringan agregat halus pasir pada tabel 4.3 berikut

Tabel 4.2 Analisis Gradasi Saringan Agregat Halus

Diameter Saringan (mm)	Berat Bertahan (Gram)		Persentase Berat Bertahan (%)		Persentase Berat Bertahan Kumulatif (%)		Persentase Berat Lolos Kumulatif (%)		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
9,5	4	1	0,38	0,10	0,38	0,10	99,62	99,90	99,76
4,75	104	51,5	9,97	5,00	10,35	5,09	89,65	94,91	92,28
2,36	42	39,3	4,03	3,81	14,38	8,91	85,62	91,09	88,36
1,18	72,9	192,5	6,99	18,68	21,36	27,59	78,64	72,41	75,52
0,59	368,9	633,5	35,36	61,48	56,72	89,06	43,28	10,94	27,11
0,3	357,9	30,6	34,30	2,97	91,03	92,03	8,97	7,97	8,47
0,15	91,9	63,5	8,81	6,16	99,84	98,20	0,16	1,80	0,98
Pan	1,7	18,6	0,16	1,80					

Diameter Saringan (mm)	Berat Bertahan (Gram)		Persentase Berat Bertahan (%)		Persentase Berat Bertahan Kumulatif (%)		Persentase Berat Lolos Kumulatif (%)		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Jumlah	1043,3	1030,5	100,00	100,00	294,07	320,98			

Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB Sampel 1} = \frac{\text{Jumlah Persentase Tertahan Kumulatif}}{100}$$

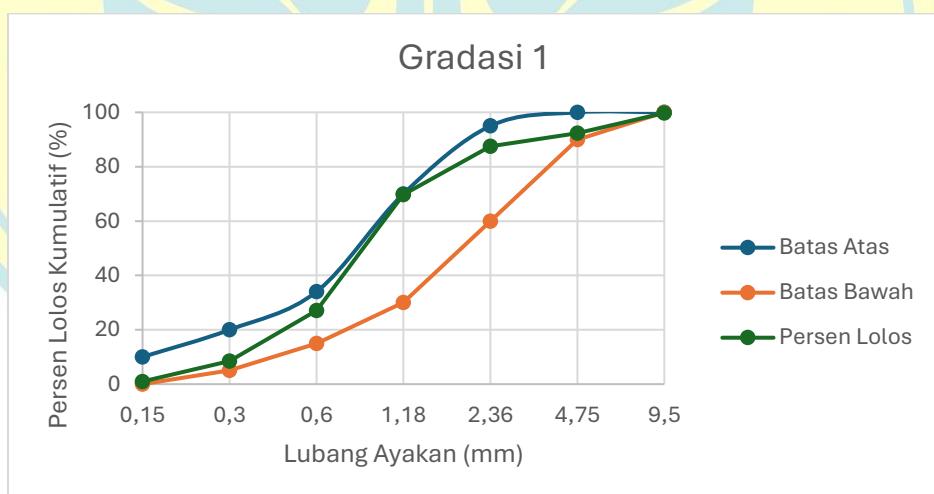
$$\text{MHB Sampel 1} = \frac{303,46}{100} = 3,03$$

$$\text{MHB Sampel 2} = \frac{\text{Jumlah Persentase Tertahan Kumulatif}}{100}$$

$$\text{MHB Sampel 2} = \frac{324,76}{100} = 3,25$$

$$\text{Hasil Rata Rata} = \frac{3,03 + 3,25}{2} = 3,14$$

Dengan hasil gradasi masuk kedalam kategori zona 1 pada gambar 4.3 berikut



Gambar 4.3 Grafik Analisis Saringan

Hasil dari pengujian analisis saringan agregat halus, pasir abu batu ini memiliki nilai modulus kehalusan yaitu 3,14. Berdasarkan uji analisis saringan agregat halus maka pasir yang dipakai masuk dalam klasifikasi zona 1 yaitu pasir kasar. Dari hasil uji lab didapatkan Modulus kehalusan sebesar 3,14. Berdasarkan SNI 03-1750-1990, nilai tersebut termasuk dalam persyaratan

agregat halus dengan rentang antara 1,5 hingga 3,8. Oleh karena itu, hasil pengujian tersebut memenuhi ketentuan agregat halus dan layak digunakan sebagai bahan campuran.

4.3.1.2 Semen

Semen yang digunakan merupakan semen PCC. Pengujian terhadap semen dilakukan di Laboratorium Praktik Uji Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Hasil uji pendahuluan pada semen dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pendahuluan Semen

No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Batas Standar Maksimal	Hasil Pengujian	Memenuhi Persyaratan
1	Berat Jenis	SNI 03-2531-1991	3,00 – 3,2 gram/ml	3,1 gram/ml	Memenuhi
2	Konsistensi Normal	SNI 03-6826-2002	25% – 35%	31,5%	Memenuhi
3	Waktu Ikat	SNI 03-6827-2002	≥ 45 menit	90 Menit	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 4.4, hasil pengujian pendahuluan semen menunjukkan bahwa semua parameter telah memenuhi persyaratan SNI. Berat jenis semen berada pada batas standar sehingga menunjukkan kepadatan material yang sesuai. Konsistensi normal sebesar 31,5% memenuhi standar SNI 03-6826-2002 (mengacu ASTM C187), yaitu kadar air optimal yang menghasilkan pasta dengan penetrasi jarum Vicat 10 ± 1 mm dari permukaan cetakan. Waktu ikat semen sebesar 90 menit juga sesuai dengan standar waktu ikat awal menurut SNI, mencerminkan proses hidrasi yang memengaruhi kemudahan penggerjaan sebelum pasta kehilangan sifat plastisnya, diukur dengan alat Vicat.

4.3.1.3 Abu Kulit Durian

Abu yang digunakan ialah abu kulit durian yang telah melalui proses pembakaran pada suhu 700°C selama 6 jam dan kemudian diayak menggunakan ayakan yang lolos nomor 200 (0,075 mm). Penelitian ini dilakukan di Lab Praktek Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, dan abu kulit durian tersebut digunakan sebagai bahan substitusi semen dalam penelitian ini pada tabel 4.5 berikut

Tabel 4.4 Uji Pendahuluan Abu Kulit Durian

No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Batas Standar Maksimal	Hasil Pengujian	Memenuhi Persyaratan
1	Berat Jenis	SNI 03-2531-1991	1,6 hingga 3,1 g/ml	2,95 g/ml	Memenuhi
2	Konsistensi Normal	SNI 03-6826-2002	25% – 35%	33,5%	Memenuhi
3	Waktu Ikat	SNI 03-6827-2002	≥ 45 menit	120 Menit	Memenuhi
4	Analisis Saringan	SNI 03-2834-2000	Lolos Saringan no. 200	Lolos Ayakan	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 4.5, hasil pengujian pendahuluan abu kulit durian menunjukkan bahwa semua parameter yang diuji memenuhi persyaratan standar. Pengujian ini disamakan dengan pengujian semen, karena abu kulit durian digunakan sebagai substitusi sebagian semen dalam pembuatan *paving block*. Hasil berat jenis abu kulit durian berada dalam rentang standar, menunjukkan kepadatan material yang sesuai. Konsistensi normal sebesar 33,5% memenuhi standar, sedangkan waktu ikat sebesar 120 menit menunjukkan waktu kerja yang cukup sebelum pengerasan. Selain itu, analisis saringan menunjukkan bahwa abu kulit durian lolos ayakan No.200, yang menunjukkan ukuran partikel halus dan layak digunakan sebagai bahan substitusi.

4.3.1.4 Mortar

Pengujian *trial and error* dilakukan untuk menentukan formula campuran mortar yang paling optimal pada benda uji berukuran $5 \times 5 \times 5$ cm. Campuran mortar menggunakan variasi perbandingan semen terhadap pasir sebesar 1:3 dan 1:4, serta dua variasi nilai Faktor Air Semen, yaitu 0,3 dan 0,4. Setiap variasi diuji melalui pengujian kuat tekan dan penyerapan air untuk mengetahui performa awal mortar. Seluruh pengujian dilaksanakan di Laboratorium Praktik Uji Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Data hasil pengujian dari masing-masing variasi campuran disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji Pendahuluan Mortar

No	Komposisi (Semen:Pasir, FAS)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
1	1 : 3 FAS 0,3	10	6,73 %
2	1 : 3 FAS 0,4	19,7	5,76 %
3	1 : 4 FAS 0,3	12,2	8,09 %
4	1 : 4 FAS 0,4	14,4	9,06 %

Berdasarkan hasil uji pendahuluan pada Tabel 4.6, pengujian mortar pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui kecenderungan kuat tekan dan penyerapan air dari beberapa variasi campuran. Campuran semen : pasir 1 : 3 dengan FAS 0,4 menunjukkan kuat tekan rata-rata tertinggi yaitu 19,7 MPa dan penyerapan air rata-rata terendah dengan nilai 5,76 % dibandingkan variasi lainnya. Oleh karena itu, campuran 1 : 3 FAS 0,4 dipilih sebagai acuan perancangan campuran *paving block* pada tahap penelitian selanjutnya.

4.3.2 Proses Pembuatan *Paving Block*

Proses pembuatan *paving block* benda uji pada penelitian ini dilakukan secara bertahap untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian.. Benda uji *paving block* yang dibuat berbentuk balok dengan ukuran 21 cm × 10,5 cm × 6 cm. Proses pembuatan dilakukan di PB Maju Bersama, yang beralamat di Jl. Lurah Namat No.53, Kota Bekasi, Jawa Barat, 17434. Komposisi campuran *paving block* menggunakan perbandingan semen : agregat halus : air = 1 : 3 : 0,4. Abu kulit durian digunakan sebagai substitusi sebagian semen dengan variasi persentase 0%, 6%, 8%, dan 10% dari berat semen. Perhitungan kebutuhan bahan disesuaikan dengan volume benda uji dan jumlah sampel pada setiap variasi campuran.

4.3.2.1 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* terdiri dari semen PCC, pasir sebagai agregat halus, air, dan abu kulit durian. Abu kulit durian digunakan sebagai substitusi sebagian semen dengan variasi persentase 0%, 6%, 8%, dan 10% dari berat semen. Seluruh bahan ditimbang sesuai dengan proporsi campuran yang telah ditentukan agar diperoleh komposisi yang seragam pada setiap benda uji. Perhitungan kebutuhan bahan dilakukan berdasarkan ukuran

paving block 21 cm × 10,5 cm × 6 cm dan jumlah benda uji pada setiap variasi campuran. Berikut kebutuhan bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* pada tabel 4.7 berikut

Tabel 4.6 Kebutuhan Bahan yang digunakan

No	Variasi (%)	Abu kulit durian (kg)	Semen (kg)	Air (l)	Pasir (kg)
1	0%	0,00	36,35	14,54	77,22
2	6%	2,18	34,17	14,54	77,22
3	8%	2,91	33,44	14,54	77,22
4	10%	3,64	32,72	14,54	77,22
Jumlah		8,72	136,69	58,16	308,88

4.3.2.2 Pencampuran Bahan

Proses pencampuran bahan *paving block* dilakukan secara bertahap untuk mendapatkan adukan yang tercampur rata. Pencampuran dimulai dengan mencampur bahan kering yaitu semen, pasir, dan abu kulit durian sesuai dengan variasi yang sudah ditentukan. Pencampuran bahan kering dilakukan sampai semua bahan tercampur rata. Setelah itu, air ditambahkan sedikit demi sedikit sesuai dengan perbandingan air dan semen ($FAS = 0,4$) sambil terus diaduk sampai adukan tercampur rata dan memiliki kekentalan yang sesuai untuk proses pencetakan *paving block*. Proses pencampuran bahan ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proses Pencampuran Bahan *Paving Block*

4.3.2.3 Pencetakan *Paving Block*

Proses pencetakan *paving block* dilakukan dengan memasukkan adukan ke dalam cetakan berbentuk balok berukuran 21 cm × 10,5 cm × 6 cm hingga seluruh

bagian cetakan terisi secara merata. Setelah adukan berada di dalam cetakan, dilakukan proses pemanasan menggunakan alat press getar. Getaran yang dihasilkan membantu adukan mengisi rongga-rongga di dalam cetakan sehingga permukaan *paving block* menjadi lebih padat dan rapi. Proses pemanasan ini berpengaruh terhadap mutu *paving block* yang dihasilkan. Setelah pemanasan selesai, cetakan dibuka secara hati-hati sehingga *paving block* yang terbentuk memiliki bentuk yang seragam dan struktur yang stabil. Proses pencetakan *paving block* ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Proses Pencetakan *Paving block*

4.3.2.4 Perawatan *Paving Block*

Perawatan dilakukan setelah benda uji dilepaskan dari cetakan. Selanjutnya benda uji direndam dalam air bersih selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian. Proses perawatan ini bertujuan untuk menjaga kondisi *paving block* selama proses pengerasan sehingga tidak mengalami pengeringan terlalu cepat. Proses perawatan *paving block* ditunjukkan pada Gambar 4.6.



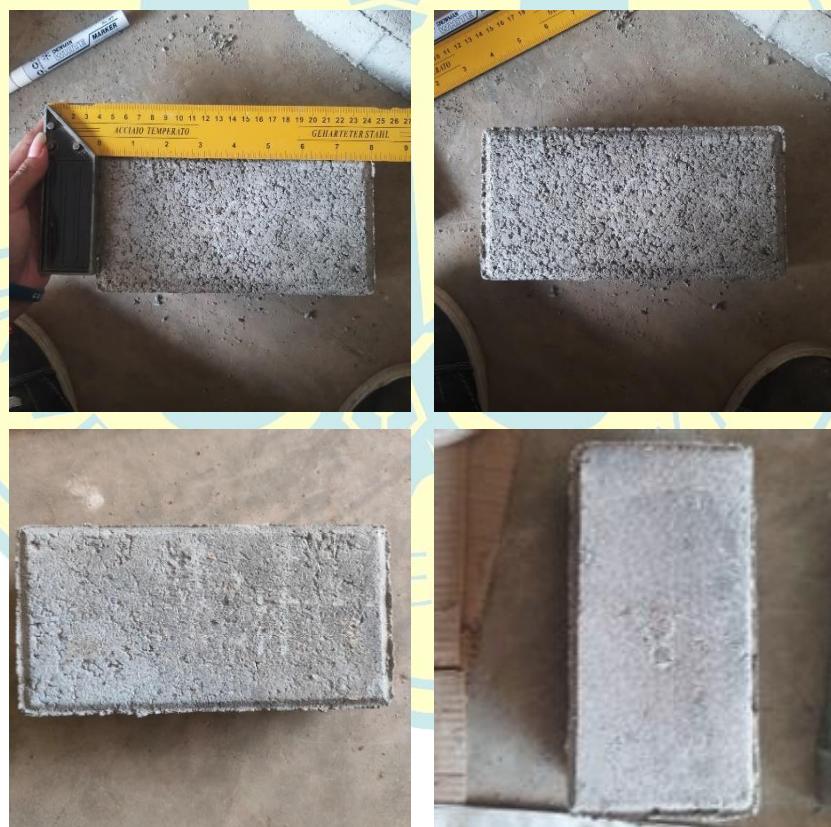
Gambar 4.6 Proses Perawatan *Paving Block*

4.3.3 Hasil Pengujian *Paving block*

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik, yang meliputi sifat tampak, ukuran, penyerapan air, kuat tekan, ketahanan terhadap natrium sulfat, serta ketahanan aus.

4.3.3.1 Pengujian Sifat Tampak *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, pengujian sifat tampak meliputi permukaan yang rata dan tidak terdapat cacat, tidak terdapat retak, serta sudut dan rusuk yang terbentuk dengan baik dan rusuknya tidak mudah rusak ketika ditekan menggunakan tangan. Pemeriksaan ini dilakukan secara visual untuk memastikan *paving block* memenuhi persyaratan mutu tampak dan sudut rusuk sesuai standar yang berlaku. Dokumentasi hasil pengujian sifat tampak *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pengujian Sifat Tampak *Paving Block*

Pengujian sifat tampak permukaan *paving block* dilakukan untuk menilai sifat tampak *paving block* pada setiap variasi persentase bahan substitusi. Hasil

pengujian sifat tampak permukaan *paving block* pada masing-masing variasi ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.7 Pengujian Sifat Tampak Permukaan *Paving Block*

Variasi Benda Uji	Uji Sifat Tampak Permukaan <i>Paving Block</i>										Keterangan	
	Sample Benda Uji											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100% Lulus Uji	
6%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100% Lulus Uji	
8%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100% Lulus Uji	
10%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100% Lulus Uji	

*Keterangan :

✓ = Lulus uji

X = Tidak lulus uji

Selanjutnya dilakukan pengujian sifat tampak sudut rusuk *paving block* untuk menilai kondisi sudut dan tepi *paving block* pada setiap variasi persentase substitusi bahan. Hasil pengujian sifat tampak sudut rusuk *paving block* ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.8 Pengujian Sudut Rusuk *Paving Block*

Variasi Benda Uji	Uji Sifat Tampak sudut rusuk <i>Paving Block</i>										Keterangan	
	Sample Benda Uji											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100% Lulus Uji	
6%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100% Lulus Uji	
8%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100% Lulus Uji	
10%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100% Lulus Uji	

Berdasarkan hasil pengujian sifat tampak pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9, seluruh *paving block* dengan variasi persentase bahan substitusi sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10% dinyatakan lulus uji dengan tingkat kelulusan 100%. Setiap variasi terdiri atas 10 sampel benda uji yang seluruhnya memenuhi kriteria SNI 03-0691-1996, yaitu permukaan *paving block* rata, tidak terdapat cacat, dan tidak menunjukkan adanya retak, serta sudut dan rusuk terbentuk dengan baik dan tidak mudah rusak ketika ditekan menggunakan tangan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan substitusi hingga 10% masih menghasilkan *paving block* yang memenuhi persyaratan kelayakan dari segi sifat tampak permukaan. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan bahan substitusi tersebut dapat dipertimbangkan dalam proses produksi, tanpa menurunkan mutu atau kualitas visual produk akhir.

4.3.3.2 Pengujian Ukuran *Paving Block*

Pengujian ukuran *paving block* dilakukan mengacu pada SNI 03-0691-1996, dengan ketentuan bahwa *paving block* memiliki ketebalan minimum 60 mm dengan toleransi dimensi sebesar $\pm 8\%$. Pengujian dilakukan melalui pengukuran dimensi. Dokumentasi pelaksanaan pengujian ukuran *paving block* ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pengujian Ukuran *Paving Block*

Hasil pengujian ukuran *paving block* pada masing-masing variasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Ukuran *Paving Block*

Pengujian Ukuran <i>Paving Block</i>				
Variasi Benda Uji	Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
0%	1	21,00	10,50	6,00
	2	21,00	10,60	5,90
	3	21,00	10,50	5,90
	4	21,00	10,50	5,50
	5	21,00	10,50	6,10
	6	21,00	10,60	6,00
	7	21,00	10,60	6,00
	8	21,00	10,50	5,80
	9	21,00	10,50	6,10
	10	21,00	10,50	6,00
Rata - Rata		21,00	10,53	5,93
6%	1	20,90	10,50	6,00
	2	21,00	10,50	5,90
	3	21,00	10,45	5,90
	4	20,90	10,50	6,00
	5	21,00	10,50	6,10
	6	21,10	10,40	5,95
	7	21,00	10,50	6,00
	8	21,00	10,50	6,00
	9	21,10	10,55	6,15
	10	21,00	10,50	6,00
Rata - Rata		21,00	10,49	6,00
8%	1	21,00	10,60	6,20
	2	21,00	10,50	6,00
	3	20,85	10,40	5,90
	4	21,00	10,55	6,00
	5	20,90	10,45	6,00
	6	21,50	10,50	6,05
	7	21,10	10,50	5,90
	8	21,00	10,60	5,90
	9	20,90	10,50	6,00
	10	21,10	10,45	6,10
Rata - Rata		21,04	10,51	6,01
10%	1	20,90	10,45	5,97
	2	21,00	10,50	6,00
	3	21,15	10,50	5,90
	4	21,00	10,55	6,00
	5	20,95	10,45	5,95

Pengujian Ukuran <i>Paving Block</i>				
Variasi Benda Uji	Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
6	6	21,00	10,60	6,10
	7	21,10	10,50	6,00
	8	20,90	10,45	6,30
	9	21,05	10,55	6,00
	10	20,90	10,50	6,00
Rata - Rata		21,00	10,51	6,022

Pengujian ukuran *paving block* dilakukan mengacu pada SNI 03-0691-1996 dengan batas toleransi penyimpangan ukuran maksimum $\pm 8\%$, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.10 Penyimpangan Ukuran Rata-Rata dan Toleransi *Paving Block*

Dimensi	Ukuran Cetakan (cm)	Toleransi ($\pm 8\%$)	Variasi			
			0%	6%	8%	10%
Panjang	21	1,68	21,00	21,00	21,04	21,00
Lebar	10,5	0,84	10,53	10,49	10,51	10,51
Tebal	6	0,48	5,93	6,00	6,01	6,02
Hasil Uji Ukuran			Lulus Uji	Lulus Uji	Lulus Uji	Lulus Uji

Berdasarkan hasil pengujian dan rekapitulasi data pada Tabel 4.11, diperoleh bahwa nilai rata-rata ukuran *paving block* pada setiap variasi persentase bahan substitusi sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10% masih berada dalam batas toleransi ukuran yang dipersyaratkan oleh SNI 03-0691-1996, yaitu penyimpangan ukuran maksimum $\pm 8\%$. Dengan demikian, seluruh variasi *paving block* dinyatakan memenuhi persyaratan ukuran sesuai standar yang berlaku.

4.3.3.3 Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Pengujian penyerapan air pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-0691-1996. Persentase penyerapan air dihitung dari perbandingan antara berat *paving block* setelah menyerap air dengan beratnya dalam kondisi kering oven, kemudian dikalikan seratus persen untuk memperoleh nilai penyerapan air. Dokumentasi pelaksanaan pengujian penyerapan air *paving block* ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Berikut disajikan hasil pengujian penyerapan air *paving block* dengan penggunaan bahan substitusi sebagai substitusi sebagian semen, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.12

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i>			
Variasi AKD 0%			
Sampel Benda Uji	Berat Basah (gram) (A)	Berat Kering (gram) (B)	Penyerapan Air (%)
1	2794,1	2636,9	5,962%
2	2996,5	2898,6	3,377%
3	3087,2	2955,3	4,463%
4	2967,6	2799,7	5,997%
5	3110,8	2954,5	5,290%
Rata - Rata			5,017%

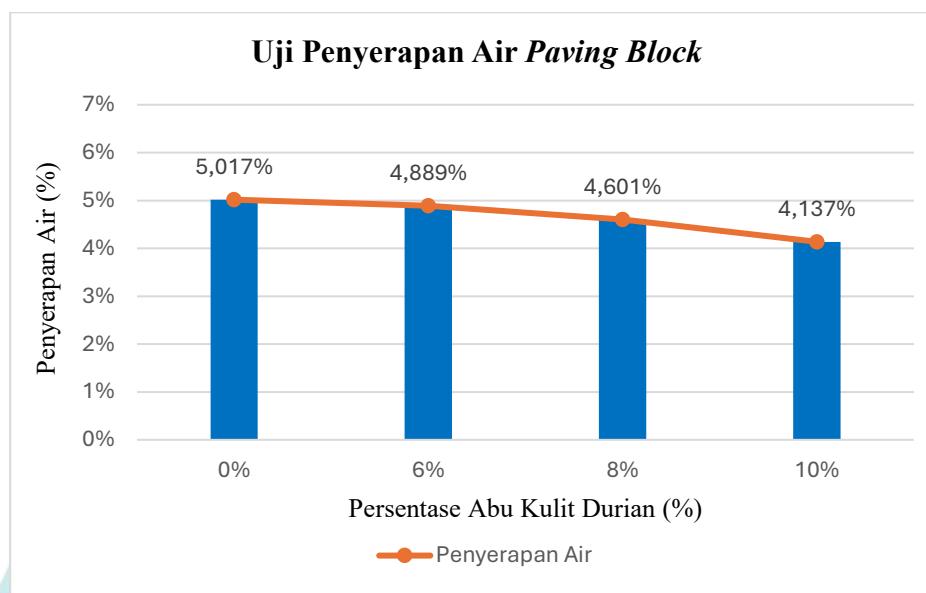
Variansi AKD 6%			
Sampel Benda Uji	Berat Basah (gram) (A)	Berat Kering (gram) (B)	Penyerapan Air (%)
1	2913,0	2758,3	5,609%
2	2947,0	2821,9	4,433%
3	3399,2	3285,4	3,464%
4	3215,5	3040,8	5,745%
5	3071,5	2919,9	5,192%
Rata - Rata			4,889%
Variansi AKD 8%			
Sampel Benda Uji	Berat Basah (gram) (A)	Berat Kering (gram) (B)	Penyerapan Air (%)
1	2768,2	2624,7	5,467%
2	3276,0	3143,3	4,222%
3	3236,4	3110,4	4,051%
4	3074,0	2965,5	3,659%
5	2913,9	2759,2	5,607%
Rata - Rata			4,601%
Variansi AKD 10%			
Sampel Benda Uji	Berat Basah (gram) (A)	Berat Kering (gram) (B)	Penyerapan Air (%)
1	3025,1	2892,3	4,592%
2	3061,5	2928,1	4,556%
3	3109,1	2997,5	3,723%
4	3027,7	2897,4	4,497%
5	2846,5	2755,1	3,317%
Rata - Rata			4,137%

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengujian daya serap air pada *paving block* dengan variasi penambahan bahan sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10%, diperoleh nilai rata-rata persentase penyerapan air sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.12 Hasil Rata-Rata Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Variansi Abu Kulit Durian	Rata-Rata Penyerapan Air (%)
0%	5,017%
6%	4,889%
8%	4,601%
10%	4,137%

Berikut grafik hasil rata-rata pengujian penyerapan air pada *paving block* dengan variasi persentase abu kulit durian pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Rata-Rata Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Berdasarkan Tabel 4.13 dan Gambar 4.10, hasil rata-rata pengujian penyerapan air pada *paving block* dengan penggunaan abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen menunjukkan bahwa campuran tanpa abu kulit durian (0%) memiliki nilai penyerapan air sebesar 5,017%. Pada substitusi abu kulit durian sebesar 6%, nilai penyerapan air menurun menjadi 4,889%. Selanjutnya, pada kadar substitusi 8%, nilai penyerapan air kembali menurun menjadi 4,601%. Pada substitusi abu kulit durian sebesar 10%, nilai penyerapan air mencapai 4,137%, yang merupakan nilai terendah dalam penelitian ini. Kecenderungan penurunan nilai penyerapan air tersebut menunjukkan bahwa peningkatan persentase substitusi abu kulit durian berpengaruh terhadap kemampuan *paving block* dalam menyerap air, sehingga variasi dengan substitusi 10% menunjukkan kinerja terbaik dibandingkan variasi lainnya dalam penelitian ini.

4.3.3.4 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan dilakukan sesuai SNI 03-0691-1996 dengan memberikan beban maksimum pada *paving block* menggunakan mesin press hingga benda uji mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan dihitung dengan membagi beban maksimum tersebut terhadap luas penampang tekan, kemudian

dikonversi dari satuan N/mm² menjadi MPa. Dokumentasi pengujian kuat tekan *paving block* ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Hasil pengujian kuat tekan *paving block* pada masing-masing variasi benda uji pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>			
Variansi AKD 0%			
Variansi 0% Benda Uji	Luas Penampang (mm ²) (A)	Beban Maksimum (N) (P)	Kuat Tekan (P / A) (MPa)
1	3136	50000	15,944
2	3249	73000	22,468
3	3136	80000	25,510

Variasi 0% Benda Uji	Luas Penampang (mm ²) (A)	Beban Maksimum (N) (P)	Kuat Tekan (P / A) (MPa)
4	3136	60000	19,133
5	3249	55000	16,928
6	3136	75000	23,916
7	3422	60000	17,534
8	3136	60000	19,133
9	3136	65000	20,727
10	3364	70000	20,809
Rata – Rata			20,21
Variasi AKD 6%			
Variasi 6% Benda Uji	Luas Penampang (mm ²) (A)	Beban Maksimum (N) (P)	Kuat Tekan (P / A) (MPa)
1	3600	65000	18,06
2	3600	85000	23,61
3	3600	65000	18,06
4	3600	85000	23,61
5	3600	63000	17,50
6	3600	70000	19,44
7	3600	85000	23,61
8	3600	79000	21,94
9	3600	85000	23,61
10	3600	80000	22,22
Rata – Rata			21,17
Variasi AKD 8%			
Variasi 8% Benda Uji	Luas Penampang (mm ²) (A)	Beban Maksimum (N) (P)	Kuat Tekan (P / A) (MPa)
1	3.600	65000	18,06
2	3.600	65000	18,06
3	3.600	70000	19,44
4	3.600	75000	20,83
5	3.600	75000	20,83
6	3.600	75000	20,83
7	3.600	80000	22,22
8	3.600	85000	23,61
9	3.600	105000	29,17
10	3.600	115000	31,94
Rata – Rata			22,50

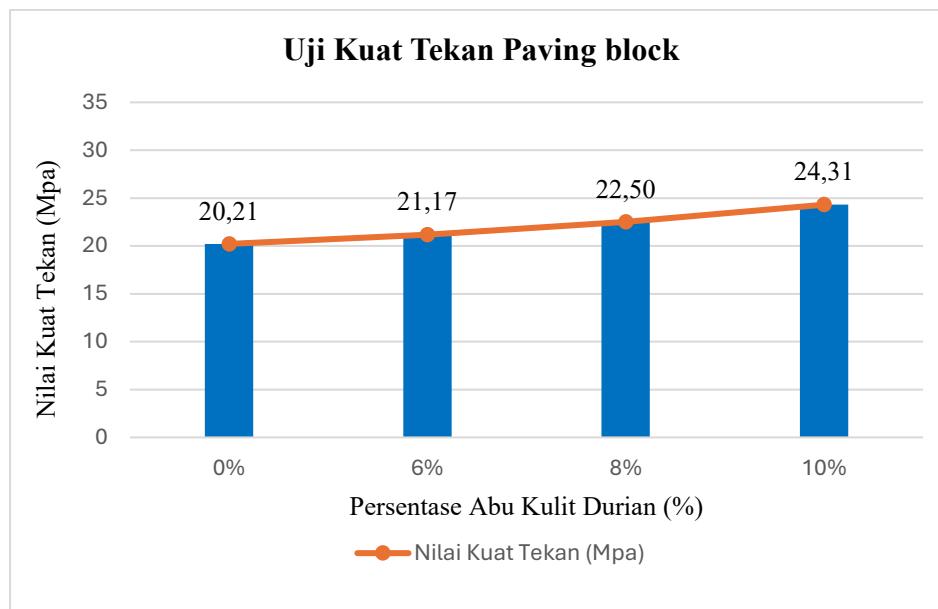
Variasi AKD 10%			
Variasi 10% Benda Uji	Luas Penampang (mm^2) (A)	Beban Maksimum (N) (P)	Kuat Tekan (P / A) (MPa)
1	3.600	65.000	18,06
2	3.600	70.000	19,44
3	3.600	100.000	27,78
4	3.600	75.000	20,83
5	3.600	125.000	34,72
6	3.600	80.000	22,22
7	3.600	75.000	20,83
8	3.600	100.000	27,78
9	3.600	105.000	29,17
10	3.600	80.000	22,22
Rata – Rata			24,31

Nilai rata-rata kuat tekan *paving block* pada setiap persentase abu kulit durian pada Tabel 4.15.

Tabel 4.14 Hasil Rata-Rata Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Variasi Abu Kulit Durian	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
0%	20,21
6%	21,17
8%	22,50
10%	24,31

Grafik hasil rata-rata pengujian penyerapan air pada *paving block* dengan variasi persentase abu kulit durian ditampilkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik Rata-Rata Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Berdasarkan hasil uji rata-rata yang ditunjukkan pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.12, pada *paving block* tanpa substitusi abu kulit durian (0%) memiliki nilai kuat tekan paling rendah yaitu sebesar 20,21 MPa. Pada substitusi abu kulit durian sebesar 6%, nilai kuat tekan meningkat menjadi 21,17 MPa. Peningkatan kuat tekan terus terjadi pada variasi 8%, dengan nilai sebesar 22,50 MPa. Selanjutnya, pada substitusi abu kulit durian sebesar 10%, nilai kuat tekan mencapai 24,31 MPa, yang merupakan nilai tertinggi dalam penelitian ini.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kuat tekan *paving block*. Peningkatan nilai kuat tekan seiring bertambahnya persentase substitusi menunjukkan bahwa variasi 10% memberikan kinerja mekanis terbaik dibandingkan variasi lainnya pada penelitian ini. Dengan demikian, substitusi abu kulit durian hingga kadar 10% dapat meningkatkan mutu kuat tekan *paving block* dibandingkan campuran tanpa substitusi.

4.3.3.5 Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Berdasarkan hasil pengujian ketahanan aus di Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, adapun hasil yang didapatkan

mengacu berdasarkan SNI 03-0691-1996. Dokumentasi pengujian ketahanan aus *paving block* ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Hasil pengujian ketahanan aus *paving block* pada masing-masing variasi benda uji ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Ketahanan Aus

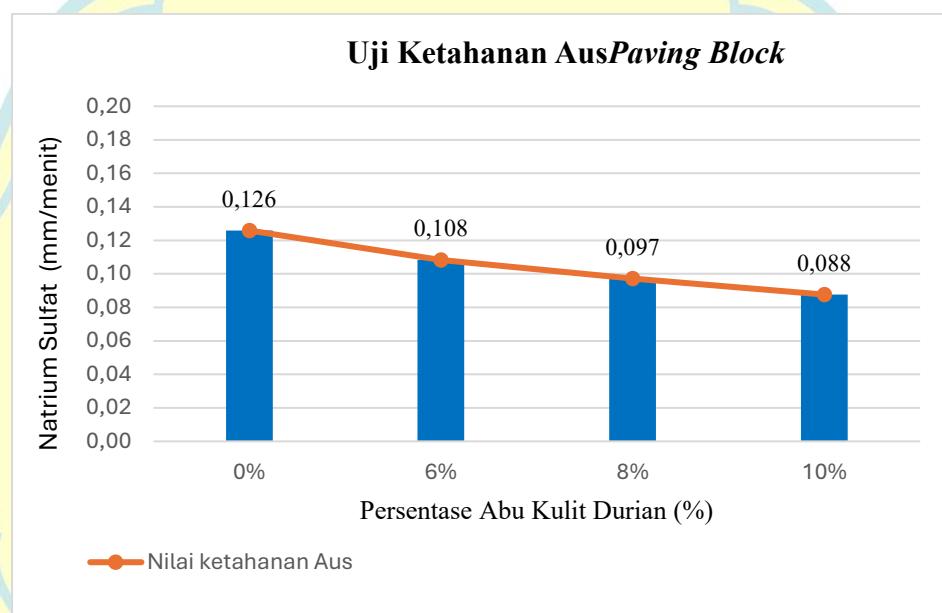
Pengujian Ketahanan Aus							
Variansi AKD 0%							
Variansi AKD 0%	Berat Sblm Aus	Berat Sdh Aus	Selisih Berat (gram) (A)	Luas (l)	Berat Jenis (g/ml)	Waktu Aus (menit) (w)	Aus (mm/menit)
1	119,4	114,7	4,7	25	2,289	5	0,164
2	115,9	112,8	3,1	25	2,289	5	0,108

Hasil rata-rata pengujian ketahanan aus *paving block* pada setiap variasi abu kulit durian pada Tabel 4.17.

Tabel 4.16 Hasil Rata-Rata Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Variasi Abu Kulit Durian	Hasil Rata-rata Uji ketahanan Aus (mm/menit)
0%	0,126
6%	0,108
8%	0,097
10%	0,088

Berikut grafik hasil rata-rata pengujian ketahanan aus pada *paving block* dengan variasi persentase abu kulit durian pada gambar 4.13



Gambar 4.14 Grafik Rata-Rata Uji Ketahanan Aus *Paving Block*

Berdasarkan Tabel 4.17 dan Gambar 4.13, hasil rata-rata pengujian ketahanan aus pada *paving block* dengan penggunaan abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen menunjukkan bahwa nilai keausan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya persentase substitusi. Pada campuran tanpa abu kulit durian (0%), nilai rata-rata keausan tercatat sebesar 0,126 mm/menit. Selanjutnya, pada substitusi abu kulit durian sebesar 6%, nilai keausan menurun menjadi 0,108 mm/menit, dan kembali menurun pada variasi 8% menjadi 0,097 mm/menit. Nilai keausan terendah diperoleh pada substitusi abu kulit durian sebesar 10%, yaitu sebesar 0,088 mm/menit. Penurunan nilai keausan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan persentase substitusi abu kulit durian

berpengaruh terhadap ketahanan aus *paving block*, sehingga variasi 10% memberikan kinerja ketahanan aus terbaik dibandingkan variasi lainnya dalam penelitian ini.

4.3.3.6 Pengujian Ketahanan terhadap Natrium Sulfat *Paving Block*

Berdasarkan hasil pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat di Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Adapun yang didapatkan mengacu berdasarkan SNI 03-0691-1996. Dokumentasi pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat *paving block* ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Pengujian Terhadap Ketahanan Aus *Paving Block*

Hasil pengujian ketahanan *paving block* terhadap natrium sulfat pada setiap variasi benda uji pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat

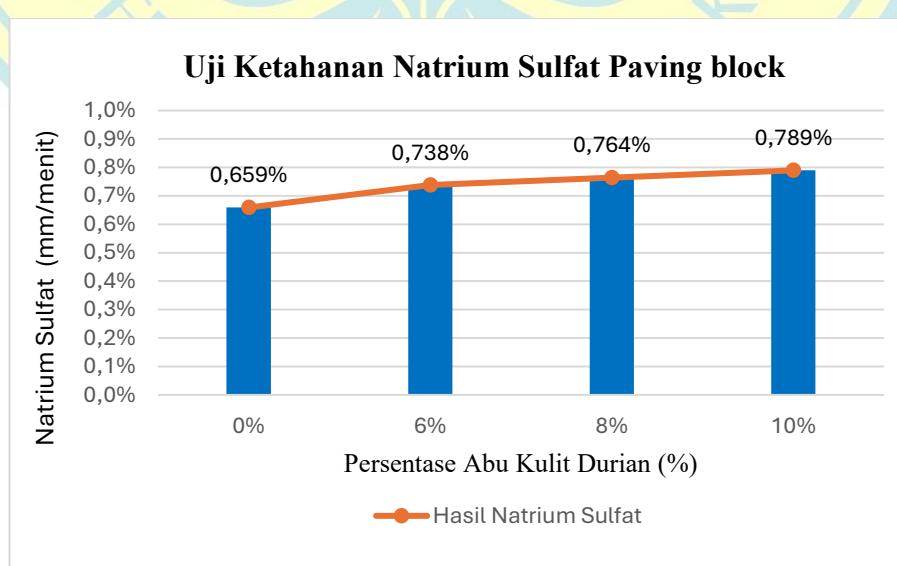
Variasi	Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Hasil Natrium Sulfat
0%	1	2873,5	2855,7	0,619%
	2	2791,8	2772,3	0,698%
6%	1	3103,2	3080,7	0,725%
	2	3010,9	2988,3	0,751%
8%	1	3118,7	3093,5	0,808%
	2	3109,6	3087,2	0,720%
10%	1	2927,8	2903,2	0,840%
	2	2897,8	2875,4	0,773%

Hasil rata-rata pengujian ketahanan *paving block* terhadap natrium sulfat tercantum pada Tabel 4.28.

Tabel 4.18 Hasil Rata-Rata Pengujian Ketahanan Natrium Sulfat *Paving Block*

Variasi	Rata-Rata Natrium Sulfat	Kehilangan berat < 1%	Kondisi	Keterangan
0%	0,659%	Memenuhi	Tidak Rusak	Lulus Uji
6%	0,738%	Memenuhi	Tidak Rusak	Lulus Uji
8%	0,764%	Memenuhi	Tidak Rusak	Lulus Uji
10%	0,789%	Memenuhi	Tidak Rusak	Lulus Uji

Grafik hasil rata-rata pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat pada *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik Rata-Rata Uji Ketahanan Aus *Paving Block*

Pengujian ketahanan *paving block* terhadap larutan natrium sulfat dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam mempertahankan kondisi fisik dan beratnya setelah mengalami siklus perendaman dan pengeringan. Berdasarkan Tabel 4.20 dan Gambar 4.16, hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variasi *paving block* dengan penggunaan abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen memenuhi persyaratan ketahanan natrium sulfat sesuai ketentuan SNI, yang ditunjukkan oleh kehilangan berat kurang dari 1% serta kondisi fisik benda uji yang tidak mengalami kerusakan.

Pada campuran tanpa substitusi abu kulit durian (0%), diperoleh nilai rata-rata kehilangan berat sebesar 0,659%, dengan kondisi benda uji tidak rusak dan dinyatakan lulus uji. Selanjutnya, pada substitusi abu kulit durian sebesar 6%, nilai kehilangan berat meningkat menjadi 0,738%, namun masih berada di bawah batas maksimum yang diizinkan. Pada variasi 8%, nilai kehilangan berat tercatat sebesar 0,764%, sedangkan pada substitusi 10%, nilai kehilangan berat mencapai 0,789%, yang merupakan nilai tertinggi dalam penelitian ini. Meskipun terjadi peningkatan nilai kehilangan berat seiring bertambahnya persentase substitusi abu kulit durian, seluruh variasi tetap menunjukkan kondisi fisik yang baik dan dinyatakan lulus uji ketahanan natrium sulfat.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penggunaan abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen tidak menurunkan ketahanan *paving block* terhadap pengaruh larutan natrium sulfat. Seluruh variasi campuran masih memenuhi persyaratan standar, sehingga *paving block* yang dihasilkan memiliki ketahanan yang cukup baik terhadap lingkungan yang mengandung sulfat.

4.3.3.7 Mutu *Paving Block* Sesuai SNI 03-0691-1996

Pembahasan dilakukan dengan menyajikan hasil pengujian masing-masing variasi berdasarkan parameter kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air sesuai dengan ketentuan SNI 03-0691-1996. Hasil pengujian tersebut selanjutnya dievaluasi dengan mengacu pada Tabel 4.19 untuk menilai kesesuaianya terhadap kriteria yang ditetapkan. Penentuan klasifikasi mutu *paving block* dilakukan setelah ketiga parameter utama tersebut dievaluasi secara bersamaan

sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Dengan demikian, mutu *paving block* ditetapkan sebagai satu kesatuan hasil berdasarkan nilai terendah dari kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air.

Tabel 4.19 Klasifikasi Mutu *Paving Block* SNI 03-0691-1996

Mutu	Kuat tekan (MPa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks. (%)
	Rata-rata	Min.	Rata-rata	Min.	
A	40	30	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Berdasarkan klasifikasi mutu *paving block* yang mengacu pada SNI 03-0691-1996, Hasil pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air *paving block* dengan variasi substitusi abu kulit durian sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10% selanjutnya disajikan pada Tabel 4.20 sebagai dasar penentuan mutu *paving block*.

Tabel 4.20 Hasil Pengujian *Paving Block*

Variasi	Kuat tekan (MPa)	Ketahanan aus (mm/menit)	Penyerapan air maks. (%)
0%	20,21	0,126	5,017
6%	21,17	0,108	4,889
8%	22,50	0,097	4,601
10%	24,31	0,088	4,137

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.20, nilai kuat tekan *paving block* berada pada kisaran 20,21–24,31 MPa, nilai ketahanan aus pada kisaran 0,126–0,088 mm/menit, dan nilai penyerapan air pada kisaran 5,017–4,137%. Ketiga parameter utama tersebut kemudian dievaluasi secara bersamaan dengan mengacu pada persyaratan SNI 03-0691-1996. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh variasi substitusi abu kulit durian sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10% memenuhi persyaratan Mutu B. Oleh karena itu, mutu *paving block* dengan penggunaan abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen ditetapkan sebagai Mutu B berdasarkan penilaian terpadu dari seluruh parameter pengujian.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi substitusi abu kulit durian sebesar 10% menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 24,31 MPa, nilai ketahanan aus terendah sebesar 0,088 mm/menit, serta nilai penyerapan air

terendah sebesar 4,137%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi tersebut memiliki performa paling baik di antara seluruh variasi yang diuji berdasarkan masing-masing parameter pengujian.

4.4 Keterbatasan Penelitian

Pada penelitian ini, pemanfaatan abu kulit durian dengan variasi persentase 0%, 6%, 8%, dan 10% sebagai bahan substitusi sebagian semen dalam pembuatan *paving block* memiliki beberapa keterbatasan, diantara lain yaitu:

1. Penelitian ini tidak melakukan pengujian kandungan senyawa kimia pada abu kulit durian. Hal tersebut disebabkan oleh keterbatasan ketersediaan peralatan uji di Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
2. Tidak melakukan pengujian lapangan dikarenakan keterbatasan waktu.
3. Penelitian ini tidak melaksanakan tahap *disseminate*. Pada penelitian ini, kegiatan penelitian difokuskan pada pembuatan dan pengujian benda uji *paving block* yang telah dirancang sebelumnya. Benda uji tersebut selanjutnya digunakan sebagai objek pengujian untuk memperoleh data yang diperlukan dalam menjawab tujuan penelitian. Hasil pengujian kemudian dianalisis dan disusun dalam bentuk laporan sebagai dokumentasi akhir penelitian.