

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Material

Uji pasir serta semen dilakukan untuk mengetahui spesifikasi paving block. Hasil dari pengujian tersebut dapat menghindari adanya potensi paving block serta bahan lain tercampur. Berikut ialah ringkasan hasil pengujian material agregat halus (pasir) serta semen.

4.1.1 Hasil Uji Gradasi Pasir

Uji gradasi pasir dilakukan untuk mengetahui ukuran butiran pasir yang dipergunakan. Pasir disaring menggunakan rangkaian saringan, kemudian digetarkan selama 15 menit menggunakan mesin Shieve shaker. Berikut merupakan data hasil uji gradasi pasir.

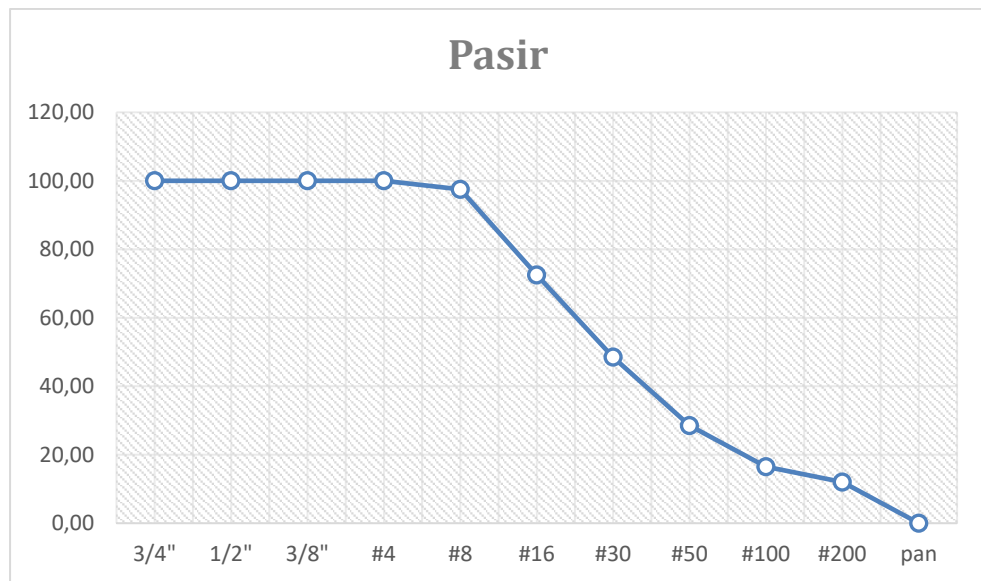
Tabel 4. 1 Data Hasil Uji Gradasi Pasir

Nomor Saringan	Berat Tertahan	Kumulatif	% Tertahan	% Lolos
$\frac{3}{4}$ "	0	0	0,00	100,00
$\frac{1}{2}$ "	0	0	0,00	100,00
$\frac{3}{8}$ "	0	0	0,00	100,00
#4	0	0	0,00	100,00
#8	25	25	0,50	97,50
#16	2508	275	5,50	72,50
#30	240	515	10,30	48,50
#50	200	715	14,30	28,50
#100	120	835	16,70	16,50
#200	45	880	17,60	12,00
Pan	120	1000	20,00	0,00

(Sumber : Hasil Penelitian)

Modulus kehalusan (*Fineness Modulus*)

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{\Sigma \text{kumulatif tertahan ayakan}}{100} \\
 &= \frac{0+2,5+27,5+51,5+71,5+83,5+88}{100} \\
 &= \frac{324,5}{100} \\
 &= 3,24
 \end{aligned}$$



Grafik 4. 1 Hasil Analisis Pengujian Gradasi Agregat Halus (Pasir)

(Sumber : Hasil Penelitian)

Hasil analisis dari pengujian gradasi agregat halus (pasir) mendapatkan modulus kehalusan agregat ialah 3,24. Sesuai dengan SNI 03-1750-1990, bahwasannya agregat halus (pasir) harus memiliki modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8. Dari hasil uji ini diketahui jika pasir yang dipergunakan memenuhi syarat sebagai bahan campuran.

4.1.2 Hasil Uji Berat Jenis Pasir

Hasil uji berat halus memperlihatkan berat jenis SSD masuk klasifikasi agregat halus normal. Hal ini dikarenakan hasil pengujian berada dalam ketentuan SNI 03-1970-90 yakni rentang 2,2 hingga 2,7.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Berat Jenis Pasir

Pengujian	a	b	Rata-rata
Berat benda uji kering permukaan jauh (SSD)	500	500	500
Berat benda uji kering oven (BK)	489,7	494,9	492,3
Berat picnometer diisi air 25°C (B)	664	668	666
Berat picnometer + benda uji SSD + air 25°C (Bt)	966	970	968
Berat jenis (Bulk)	BK/(B+500-Bt)		2,486
Berat jenis permukaan jenuh (SSD)	500 / (B+500-Bt)		2,525
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	BK/(B+BK-Bt)		2,586
Penyerapan (<i>Absorbition</i>)	((500-BK)/BK) X 100%		1,564

(Sumber : Hasil Penelitian)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis pasir} &= 2,2 < x < 2,7 \\
 x &= 2,525 \\
 &= 2,2 < 2,525 < 2,7
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian memperlihatkan berat jenis pasir yang dihasilkan yakni 2,525. Dapat disimpulkan jika berat jenis tersebut sesuai dengan yang diizinkan SNI yakni 2,2 hingga 2,7.

4.1.3 Hasil Uji kadar lumpur Pasir

Uji kadar lumpur pasir bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur. Kandungan lumpur dalam agregat halus (pasir) tidak boleh melebihi 5%. Berikut ini merupakan data yang didapatkan.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Kadar Lumpur Pasir

Material		Hasil
Tinggi pasir + Lumpur	(B)	130 ml
Tinggi pasir		125 ml
Tinggi lumpur	(A)	5 ml

(Sumber : Hasil Penelitian)

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar lumpur \%} &= \frac{A}{B} \times 100\% \\
 &= \frac{5}{130} \times 100\% \\
 &= 0,0384 \times 100\% \\
 &= 3,84\%
 \end{aligned}$$

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur pasir menggunakan metode kocokan ialah 3,84%. Berdasarkan nilai tersebut pasir ini dapat dipergunakan sebagai material untuk membuat paving block dikarenakan nilai kadar lumpur < 5%, sesuai dengan SNI S-04-1998-F.

4.1.4 Uji Konsistensi Semen

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kebutuhan kadar air dalam semen. Sesuai dengan SNI uji konsistensi semen itu membutuhkan 300 gram semen serta 25% air serta suhu 28°C, berikut merupakan tabel hasil dari uji konsistensi semen.

Tabel 4. 4 Hasil Uji Konsistensi Semen

No	Berat semen (gram)	Persentase air (%)	Penurunan jarum (mm)	Suhu (°C)
1	300	25	10	28

Berdasarkan tabel diatas uji konsistensi normal pada campuran pasta semen sesuai dengan SNI yang telah di syatkan. Nilai yang telah di syatkan ialah 10 ± 1 dari dasar cetakan dalam waktu 30 detik. Semen yang semakin halus maka semakin besar area permukaannya, serta air yang diperlukan akan lebih banyak untuk mencapai konsistensi yang normal. Hal ini memperkecil reaksi hidrasi serta durasi pengikatan serta memperbesar panas hidrasi serta kuat tekan. Akan tetapi, bila semen terlalu halus maka ikatan akan terbentuk dengan cepat serta uap air serta CO₂ dari udara akan dengan mudah terserap ke dalam semen (Fadhil Ryanto., 2019)

4.1.5 Hasil Uji Daya Ikat Semen

Pengujian daya ikat semen bertujuan untuk mengetahui nilai waktu pengikatan awal yang dipergunakan dalam penentuan semen portland. Berikut ialah hasil pengujian daya ikat semen.

Tabel 4. 5 Hasil Uji Daya Ikat Semen

No	Penurunan jarum (mm)	Waktu penurunan (menit)	Suhu (°C)
1	42	1	28
2	36	16	28
3	30	31	28
4	28	46	28
5	23	51	28

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil yang didapat dari pengujian tersebut dapat ditentukan jika semen yang dipakai memenuhi dengan persyaratan yang ada di SNI 15-2049-2004, waktu pengikatan awal semen biasanya terjadi dalam rentang waktu 1-2 jam. Waktu pengikatan yang terlalu cepat dapat membuat semen tidak memenuhi standar waktu pengikatan serta berpotensi menyebabkan masalah dalam proses penanganan serta pengecoran.

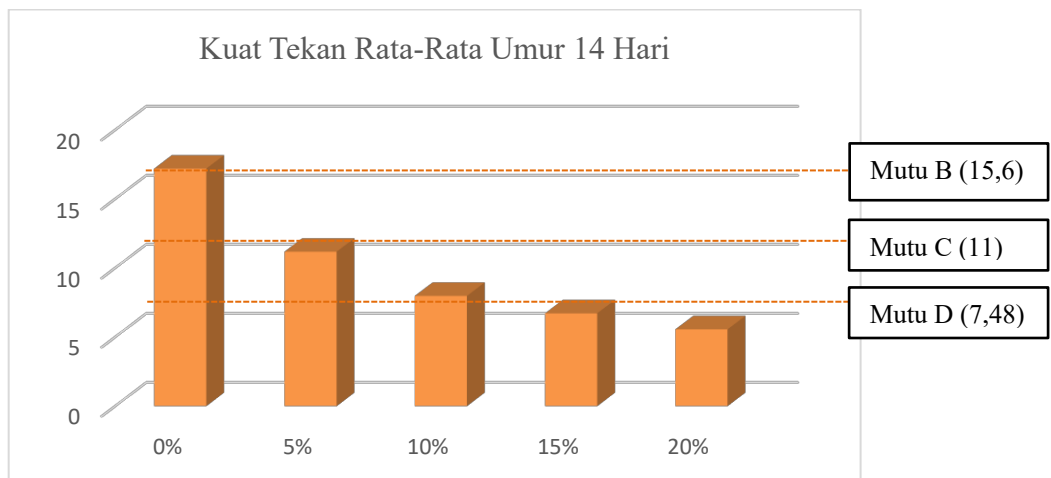
4.2 Hasil Uji Kuat Tekan

Menurut SNI 03-0691-1996, kekuatan tekan rata-rata minimal untuk paving block pada penelitian kali ini yaitu mutu B sebesar 15 MPa (dengan nilai minimum 12,5 MPa). Jenis campuran diperiksa untuk mengetahui kekuatan paving block, yang terdiri dari paving block standar serta paving block yang dicampurkan dengan Limbah Filter Puntung Rokok. Uji coba dilaksanakan pada paving block yang telah berusia 14 hari. Hasilnya kemudian dihitung seolah-olah paving block tersebut berumur 28 hari, serta ditampilkan dalam bentuk grafik serta tabel.

Tabel 4. 6 Hasil Uji Kuat Tekan

Presentase Limbah Puntung Rokok	Berat (Kg)	Kuat tekan		Kuat tekan rata-rata (MPa)
		KN	MPa	
0%	2335	321	16,05	17,2
	2390	387	19,35	
	2370	324	16,2	
5%	2113	212	10,6	11,18
	2140	232	11,6	
	2125	227	11,35	
10%	1980	153	7,65	7,98
	1991	159	7,95	
	2005	167	8,35	
15%	1875	139	6,95	6,72
	1859	135	6,75	
	1839	129	6,45	
20%	1765	105	5,25	5,56
	1707	110	5,5	
	1732	119	5,95	

(Sumber : Hasil Penelitian)



Grafik 4. 2 Kuat Tekan Rata – Rata Umur 14 Hari

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil tabel serta grafik di atas paving block dengan variasi 0% mempunyai nilai rata-rata kuat tekan sebesar 17,2 MPa serta menjadi acuan untuk perbandingan hasil variasi lainnya. Berdasarkan tabel serta gambar grafik di atas paving block dengan campuran Limbah Puntung Rokok sebanyak 5% terjadi penurunan nilai kuat tekan pada Paving Block konvensional sebanyak 6,02 Mpa serta rata-rata nilai kuat tekan Paving Block variasi campuran 5% ialah 11,18 MPa.

Nilai tekan maksimum paving block yang menggunakan campuran limbah puntung rokok sebanyak 10% memperlihatkan penurunan dibandingkan dengan campuran 5%, dengan nilai 3,2 MPa, sedangkan rata-rata nilai tekan paving block dengan campuran 10% ialah 7,98 MPa. Paving block dengan penggunaan limbah puntung rokok sebesar 15% juga mengalami penurunan jika dibandingkan dengan campuran 10%, yakni sebesar 1,26 MPa, serta rata-rata nilai tekan untuk campuran 15% ialah 6,72 MPa. Sementara itu, paving block yang mempunyai campuran limbah puntung rokok sebanyak 20% juga memperlihatkan penurunan dibandingkan dengan campuran 15%, yakni sebesar 0,79 MPa, serta rata-rata nilai tekan untuk variasi campuran 20% ialah 5,56 MPa.

Penurunan kuat tekan pada paving block dengan penambahan limbah puntung rokok dibandingkan dengan mutu campuran rencana disebabkan oleh kandungan serat dan unsur organik pada puntung rokok tidak seperti sifat pasir yang dapat mengisi kepadatan dan rongga. Paving block inovatif dengan bahan campuran

limbah filter puntung rokok mengalami penurunan tingkat kepadatan karena ukuran busa pada filter yang terlalu besar, sehingga menimbulkan pori-pori dan rongga dalam beton. Faktor lain seperti berkurangnya *workability* pada saat pencampuran juga berpengaruh terhadap distribusi material yang kurang merata. Kondisi-kondisi tersebut menyebabkan kuat tekan aktual lebih rendah daripada mutu campuran yang telah direncanakan.

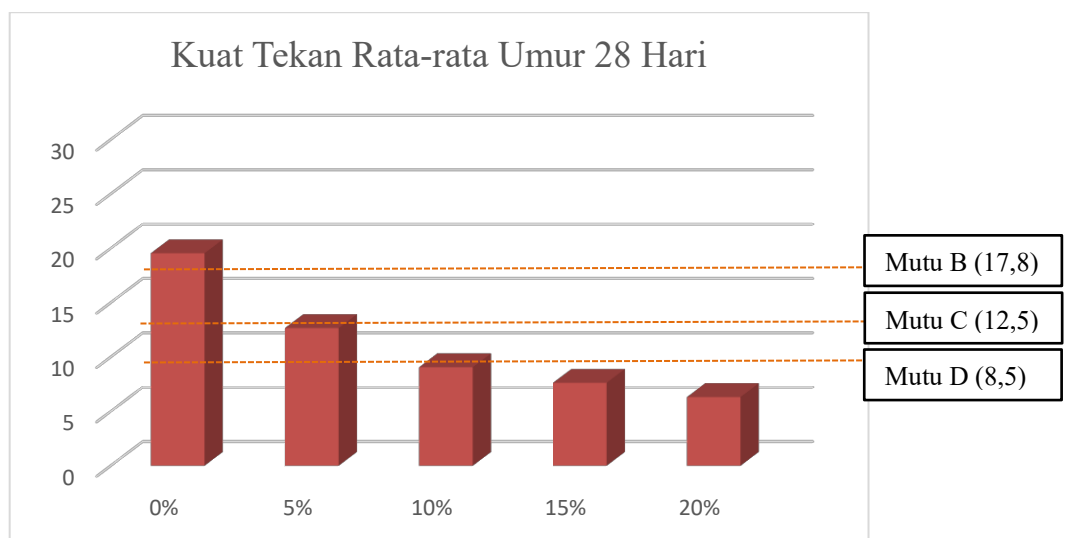
Berdasarkan grafik serta tabel yang ada, dapat disimpulkan jika penambahan limbah rokok sebanyak 5% dari berat pasir menghasilkan nilai kuat tekan paving block yang lebih baik dibandingkan dengan variasi lainnya, yakni 11,18 MPa pada usia 14 hari. Oleh karena itu, persentase 5% memberi hasil yang paling optimal jika dibandingkan dengan variasi lain dalam pengujian kuat tekan. Berikut ialah tabel serta grafik yang memperlihatkan hasil konversi dari uji kekuatan tekan paving block setelah 28 hari.

Berikut ialah tabel serta grafik yang memperlihatkan hasil konversi dari uji kekuatan tekan paving block setelah 28 hari.

Tabel 4. 7 Hasil Konversi Uji Kuat Tekan *Paving Block* Umur 28 Hari

Persentase limbah puntung rokok	Berat (kg)	Kuat tekan		Kuat tekan rata-rata (MPa)
		KN	Mpa	
0%	2335	365	18,25	19,55
	2390	440	22	
	2370	368	18,4	
5%	2113	240	12,04	12,67
	2140	263	13,15	
	2125	258	12,9	
10%	1980	174	8,7	9,07
	1991	181	9,03	
	2005	190	9,48	
15%	1875	158	7,9	7,63

	1859	153	7,67	
	1839	146	7,32	
	1765	119	5,96	
20%	1707	125	6,25	6,32
	1732	135	6,76	



Grafik 4. 3 Kuat Tekan Rata-Rata Umur 28 Hari

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 4. 8 Kesimpulan Hasil Penelitian

Persentase limbah puntung rokok	Kuat tekan paving umur 14 hari	Kuat tekan paving umur 28 hari	Memenuhi SNI	
	MPa	MPa	kuat tekan mutu B > 17 MPa	Mutu yang didapat
0%	17,2	19,55	Memenuhi	B
5%	11,18	12,67	Tidak memenuhi	C
10%	7,98	9,07	Tidak	D

			memenuhi	
15%	6,72	7,63	Tidak memenuhi	-
20%	5,93	6,32	Tidak memenuhi	-

Dari hasil tabel serta grafik di atas paving block dengan variasi 0% mempunyai nilai rata-rata kuat tekan sebesar 19,55 MPa (termasuk dalam kategori 0 5 10 15 20 25 30 0% 5% 10% 15% 20% Kuat Tekan Rata-rata Umur 28 Hari Mutu B (17,8) Mutu C (12,5) Mutu D (8,5) 49 Mutu B) yang menjadi acuan untuk perbandingan hasil variasi campuran lainnya.

Berdasarkan tabel serta gambar grafik di atas paving block dengan campuran Limbah Puntung Rokok sebanyak 5% terjadi penurunan nilai kuat tekan pada Paving Block konvensional sebanyak 6,88 Mpa serta rata-rata nilai kuat tekan Paving Block variasi campuran 5% ialah 12,67 Mpa sehingga masuk kategori paving block mutu C. Nilai kekuatan tekan paving block yang menggunakan campuran limbah puntung rokok sebanyak 10% memperlihatkan penurunan dibandingkan dengan campuran 5% yang mempunyai nilai 3,6 MPa. Sementara itu, rata-rata kekuatan tekan paving block dengan campuran 10% ialah 9,07 MPa serta tergolong dalam kategori paving block mutu D. Terdapat dua variasi persentase kekuatan tekan paving block dengan limbah puntung rokok yang tidak memenuhi standar SNI 03-0691-1996, yakni pada variasi 15% serta 20%. Hal ini mungkin disebabkan oleh tingginya persentase limbah puntung rokok yang dipergunakan dalam campuran paving block.

Bedasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan jika penambahan limbah puntung rokok menyebabkan terjadinya penurunan pada kuat tekan paving block yang mana sudah direncanakan dengan mutu B tapi tidak sampai dengan hipotesa tersebut, dikarenakan campuran dari kajian ini terlalu banyak campurannya akibatnya paving tersebut terlalu berongga. Sebenarnya limbah puntung rokok tidak dapat mempengaruhi ataupun menaikkan kuat tekan beton, hal ini di dukung oleh Tao Luo (2019) hasil nilai optimum pada pengujian kuat tekan beton tersebut

berada pada 29,27 Mpa maupun ada pada campuran 0,21%. Nilai optimum kuat tekan paving block pada bahan campuran limbah puntung rokok terdapat pada variasi 5% dengan nilai kuat tekan 11,18 MPa (di umur 14 hari), serta 12,67 MPa (di umur 28 hari).

4.3 Hasil Uji Daya Serap Air

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, paving block dianggap memenuhi syarat penyerapan air jika rata-rata maksimal 3% untuk mutu A, 6% untuk mutu B, 8% untuk mutu C, serta 10% untuk mutu D. Uji daya serap paving block dilakukan setelah umur 13 hari. Hasil dari pengujian kemampuan menyerap air ini ialah sebagai berikut.

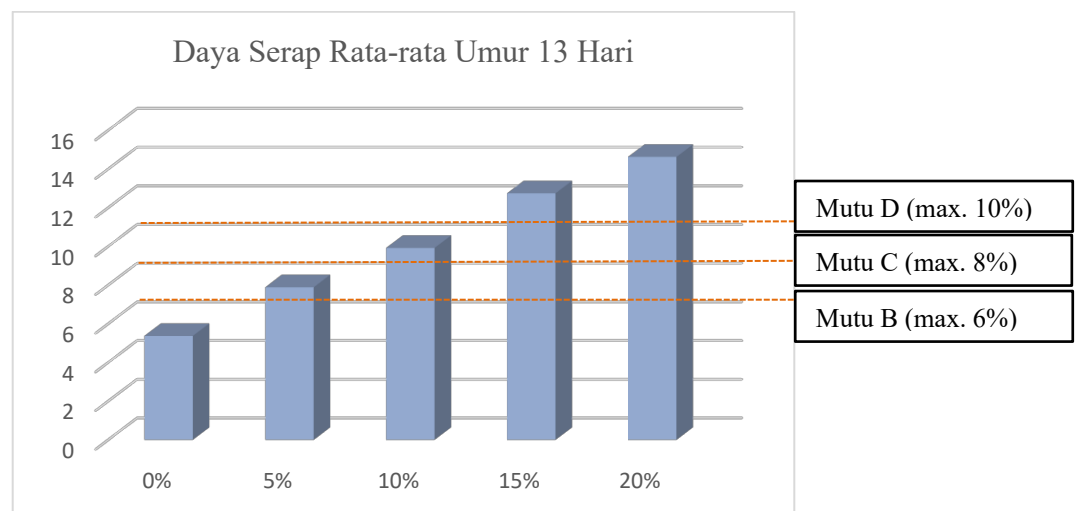
Tabel 4. 9 Hasil Uji Daya Serap Air

Persentase limbah puntung rokok	Berat kering (gr)	Berat basah (gr)	Penyerapan air (%)	Rata-rata (%)	Memenuhi SNI daya serap mutu B < 6%	Mutu yang didapat
0%	2335	2458	5,268	5,37	Memenuhi	B
	2390	2512	5,104			
	2370	2506	5,738			
5%	2113	2284	8,092	7,887	Tidak memenuhi	C
	2140	2306	7,757			
	2125	2291	7,811			
10%	1980	2168	9,494	9,920	Tidak memenuhi	D
	1991	2187	9,844			
	2005	2214	10,423			
15%	1875	2105	12,266	12,742	Tidak memenuhi	-
	1859	2098	12,856			
	1839	2080	13,104			
20%	1765	2014	14,107	14,627	Tidak	

1707	1960	14,821	memenuhi	-
1732	1991	14,953		

(Sumber : Hasil Penelitian)

Sesuai dengan SNI 03-0691-1996, terdapat berbagai jenis paving block yang dapat memenuhi ketentuan penyerapan air maksimum, dengan nilai rata-rata yang bervariasi. Di sisi lain, ada juga paving yang tidak sesuai dengan ketentuan SNI, karena tingkat penyerapan airnya melebihi 10%.



Grafik 4.4 Daya Serap Rata – Rata Umur 13 Hari

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil tabel di atas, pengujian daya serap memperlihatkan fluktuasi yang meningkat serta menurun pada setiap presentase. Penyerapan air pada paving block yang terbuat dari campuran filter puntung rokok yang paling ideal serta ditentukan ialah variasi 0%, karena kualitas yang direncanakan ialah kualitas B dengan rata-rata sebesar 5,37% maupun < dari 6%.

Hasil dari pengujian paving block dengan campuran filter puntung rokok variasi 5% mengalami kenaikan di bandingkan dengan variasi 0% yakni sebesar 2,517%, dengan itu pada variasi 5% mengalami penurunan mutu menjadi mutu C, akibat dari daya serap yang mengalami kenaikan akan mempengaruhi kuat tekan dari paving block tersebut.

Hasil dari pengujian paving block dengan campuran filter puntung rokok

variasi 10% mengalami kenaikan di bandingkan dengan variasi 5% yakni sebesar 2,033%, dengan itu pada variasi 10% mengalami penurunan mutu menjadi mutu D, akibat dari daya serap yang mengalami kenaikan akan mempengaruhi kuat tekan dari paving block tersebut.

Sedangkan dengan variasi campuran 10% serta 15% mengalami daya serap yang sangat tinggi serta tidak sesuai dengan SNI 03-0691- 1996, dikarenakan pada campuran tersebut terlalu banyak menggunakan limbah puntung rokok, akibatnya daya serap yang terlalu tinggi, kuat tekan yang sangat rendah, serta juga *paving block* tersebut mudah hancur.

Uji daya serap air paving block dengan campuran limbah puntung rokok dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, serta 20%, sangat mempengaruhi daya serap pada paving block serta mendapatkan hasil yang paling bagus di variasi 0% dikarenakan hasil daya serap yang di miliki variasi 0% sesuai dengan hipotesa yang direncanakan, tetapi dari paving block dengan variasi yang lain juga mendapatkan daya serap yang sesuai dengan SNI yakni pada variasi 5% serta 10% dikategorikan mutu C serta D. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan penulis menyimpulkan jika limbah puntung rokok dapat menyerap air dengan sangat baik dikarenakan pada variasi 15% serta 20% daya serap yang dihasilkan dari paving tersebut sangat tinggi karena pada paving tersebut banyak rongga yang dapat menyerap air dengan baik tetapi hasil dari kuat tekannya sangat rendah. Pada variasi 0% menjadi yang paling optimum di bandingkan variasi yang lain, dikarenakan paving pada variasi 0% mempunyai kuat tekan serta daya serap sesuai dengan SNI yang ada.

Peningkatan nilai daya serap pada paving block dengan penambahan limbah puntung rokok menunjukkan bahwa material tersebut memberikan pengaruh terhadap porositas campuran. Kandungan serat dan zat organik pada puntung rokok tidak dapat berfungsi sebagai pengikat, sehingga menyebabkan terbentuknya rongga (void) di dalam struktur paving block. Kondisi ini membuat air lebih mudah masuk dan terserap ke dalam pori-pori. Dengan demikian, meskipun nilai daya serap mengalami peningkatan, hal tersebut tidak menunjukkan kualitas yang baik, melainkan menjadi indikasi menurunnya kepadatan dan mutu paving block.

4.4 Analisis Harga Paving Block Dengan Campuran Filter Rokok

Dalam studi ini, akan dibahas tentang estimasi harga paving block yang merupakan inovasi dari limbah filter rokok, dibandingkan dengan paving block standart. Berikut ialah detail perbandingan biaya produksi untuk paving block konvensional serta yang inovasi pada setiap variasi dalam kajian ini, yang juga disesuaikan dengan Analisis Harga Satuan (AHSP) di Kota Semarang.

Tabel 4. 10 Analisis Harga *Paving Block* dengan Campuran Filter Rokok

No.	Nama Bahan	Satuan	Harga
1.	Pasir	Kg	Rp. 270,00
2.	Semen	Kg	Rp. 1.400,00
3.	Air	Ltr	Rp. 0,00
4.	Limbah Filter Rokok	Kg	Rp. 0,00
5.	Pekerja	Per <i>paving block</i>	Rp. 500,00

(Sumber : Penulis)

4.4.1 Anggaran Biaya Variasi 0%

Berikut ialah estimasi biaya yang diperlukan untuk produksi paving block konvensional maupun variasi 0%.

Tabel 4. 11 Anggaran Biaya Variasi 0%

Paving Block Variasi 0%					
No.	Uraian	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A.	Tenaga kerja				
	Pekerja	1	Per <i>paving block</i>	500,00	500,00
Jumlah Tenaga Kerja					500,00

B.	Bahan				
	Pasir	2,016	Kg	270,00	544,32
	Semen	0,5	Kg	1.400,00	700,00
	Air	0,2	L	-	-
	Limbah Puntung Rokok	0	gr	-	-
Jumlah Harga Bahan					1.244,32
C.	Jumlah Harga Tenaga dan Bahan (A+B)				1.744,32
D.	Total Biaya/1 m^2 (C x 45)				78.494,40

(Sumber : Penulis)

Berdasarkan informasi yang terdapat dalam tabel di atas dapat dinyatakan jika harga paving block konvensional/variasi 0% sebesar Rp. 1.744,32 untuk 1 buah paving block serta untuk biaya/1 m^2 yakni sebesar Rp. 78.494,40.

4.4.2 Anggaran Biaya Variasi 5%

Berikut ialah estimasi biaya yang diperlukan untuk produksi paving block konvensional maupun variasi 5%.

Tabel 4. 12 Anggaran Biaya Variasi 5%

Paving Block Variasi 5%					
No.	Uraian	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A.	Tenaga kerja				
	Pekerja	1	Per paving block	500,00	500,00
Jumlah Tenaga Kerja					500,00

B.	Bahan				
	Pasir	1,977	Kg	270,00	533,79
	Semen	0,5	Kg	1.400,00	700,00
	Air	0,2	L	-	-
	Limbah Puntung Rokok	0	gr	-	-
Jumlah Harga Bahan					1,233,79
C.	Jumlah Harga Tenaga dan Bahan (A+B)				1.733,79
D.	Total Biaya/1 m ² (C x 45 buah)				78.020,55

(Sumber : Penulis)

Berdasarkan informasi yang terdapat dalam tabel di atas dapat dinyatakan jika harga paving block konvensional/variasi 5% sebesar Rp. 1.733,79 untuk 1 buah paving block serta untuk biaya/1 m² yakni sebesar Rp. 78.020,5.

4.4.3 Anggaran Biaya Variasi 10%

Berikut ialah estimasi biaya yang diperlukan untuk produksi paving block konvensional maupun variasi 10%.

Tabel 4. 13 Anggaran Biaya Variasi 10%

Paving Block Variasi 10%					
No.	Uraian	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A.	Tenaga kerja				
	Pekerja	1	Per paving block	500,00	500,00

Jumlah Tenaga Kerja					500,00
B.	Bahan				
	Pasir	1,939	Kg	270,00	523,53
	Semen	0,5	Kg	1.400,00	700,00
	Air	0,2	L	-	-
	Limbah Puntung Rokok	0	gr	-	-
Jumlah Harga Bahan					1.223,53
C.	Jumlah Harga Tenaga dan Bahan (A+B)				1.723,53
D.	Total Biaya/1 m ² (C x 45 buah)				77.558,85

(Sumber : Penulis)

Berdasarkan informasi yang terdapat dalam tabel di atas dapat dinyatakan jika harga paving block konvensional/variasi 10% sebesar Rp. 1.723,53 untuk 1 buah paving block serta untuk biaya/1 m² yakni sebesar Rp. 77.558,85.

4.4.4 Anggaran Biaya Variasi 15%

Berikut ialah estimasi biaya yang diperlukan untuk produksi *paving block* konvensional maupun variasi 15%.

Tabel 4. 14 Anggaran Biaya Variasi 15%

Paving Block Variasi 15%					
No.	Uraian	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A.	Tenaga kerja				
	Pekerja	1	Per <i>paving</i>	500,00	500,00

			<i>block</i>		
Jumlah Tenaga Kerja					500,00
B.	Bahan				
	Pasir	1,900	Kg	270,00	513,00
	Semen	0,5	Kg	1.400,00	700,00
	Air	0,2	L	-	-
	Limbah Puntung Rokok	0	gr	-	-
Jumlah Harga Bahan					1.213,00
C.	Jumlah Harga Tenaga dan Bahan (A+B)				1.713,00
D.	Total Biaya/1 m ² (C x 45 buah)				77.085,00

(Sumber : Penulis)

Berdasarkan informasi yang terdapat dalam tabel di atas dapat dinyatakan jika harga paving block konvensional/variasi 15% sebesar Rp. 1.713,00 untuk 1 buah paving block serta untuk biaya/1 m² yakni sebesar Rp. 77.085,00.

4.4.5 Anggaran Biaya Variasi 20%

Berikut ialah estimasi biaya yang diperlukan untuk produksi paving block konvensional maupun variasi 20%.

Tabel 4. 15 Anggaran Biaya Variasi 20%

Paving Block Variasi 20%					
No.	Uraian	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A.	Tenaga kerja				

	Pekerja	1	Per paving block	500,00	500,00
Jumlah Tenaga Kerja					500,00
B.	Bahan				
	Pasir	1,862	Kg	270,00	502,74
	Semen	0,5	Kg	1.400,00	700,00
	Air	0,2	L	-	-
	Limbah Puntung Rokok	0	gr	-	-
Jumlah Harga Bahan					1.202,74
C.	Jumlah Harga Tenaga dan Bahan (A+B)				1.702,74
D.	Total Biaya/1 m ² (C x 45 buah)				76.623,30

(Sumber : Penulis)

Berdasarkan informasi yang terdapat dalam tabel di atas dapat dinyatakan jika harga paving block konvensional/variasi 20% sebesar Rp. 1.702,74 untuk 1 buah paving block serta untuk biaya/1 m² yakni sebesar Rp. 76.623,30.

4.4.6 Rekapitulasi Harga *Paving Block* Inovasi

Tabel 4. 16 Rekapitulasi Harga *Paving Block* Inovasi

Rekapitulasi Anggaran Biaya			
No	Variasi	Harga Satuan (Rp)	Harga 1 m ² (Rp)
1.	0%	Rp. 1.744,32	Rp. 78.494,40
2.	5%	Rp. 1.733,79	Rp. 78.020,50

3.	10%	Rp. 1.723,53	Rp. 77.558,85
4.	15%	Rp. 1.713,00	Rp. 77.085,00
5.	20%	Rp. 1.702,74	Rp. 76.623,30

(Sumber : Penulis)

Berdasarkan perhitungan anggaran biaya yang terdapat dalam tabel diatas pembuatan paving block konvensional memerlukan biaya sebesar Rp. 1.744,32 apabila dihitung berdasarkan jumlah per 1 m² yakni sebanyak 45 unit paving block menjadi Rp. 78.494,2. Sedangkan paving block inovasi dengan variasi tertinggi pada 20% membutuhkan biaya Rp. 1.702,74 apabila dihitung berdasarkan jumlah produksi per 1 m² yakni sebanyak 45 buah paving block menjadi Rp. 76.623,3. Dapat disimpulkan jika harga dalam produksi paving block inovasi semakin efisien dibandingkan dengan paving block standart yakni pada variasi 0%.

4.5 Pembahasan Hasil Pengujian

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilaksanakan menunjukan jika limbah puntung rokok yang dipergunakan substitusi pasir pada paving block dengan presentase 0%, 5%, 10%, 15%, serta 20% menghasilkan paving block dengan kuat tekan serta daya serap yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996, serta tidak masuk dalam kategori mutu B.

Tabel 4. 17 Analisa Secara Keseluruhan

No.	Variasi	Hasil Pengujian		Kelas Mutu		Anggaran Biaya	
		Kuat Tekan (MPa)	Daya Serap (%)	Memuhi SNI kuat tekan mutu B >	Memuhi SNI daya serap mutu B <	Harga Satuan	Harga 1 m ²

				7%	6%		
1.	0%	19,55	5,37	Mem- enuhi	Mem- enuhi	Rp. 1.744,32	Rp. 78.494,40
2.	5%	12,67	7,887	Tidak mem- enuhi	Tidak mem- enuhi	Rp. 1.773,79	Rp. 78.020,50
3.	10%	9,07	9,920	Tidak mem- enuhi	Tidak mem- enuhi	Rp. 1.723,53	Rp. 77.558,85
4.	15%	7,63	12,742	Tidak mem- enuhi	Tidak mem- enuhi	Rp. 1.713,00	Rp. 77.085,00
5.	20%	3,32	14,627	Tidak mem- enuhi	Tidak mem- enuhi	Rp. 1.702,74	Rp. 76.623,30

Berdasarkan tabel diatas nilai kuat tekan serta daya serap air mempunyai hubungan yang berbanding terbalik. Semakin tinggi kuat tekan pada paving block, semakin kecil daya serapnya. Begitu juga ketika daya serap dari paving block itu tinggi, semakin kecil juga kuat tekannya. Namun dengan adanya penambahan 60 limbah puntung rokok maka pengeluaran untuk biaya produksi semakin sedikit.

Merujuk pada penelitian sebelumnya, Hendra (2024) campuran optimal berada pada campuran 15%. Serat serabut kelapa mempunyai kandungan yang sama dengan filter puntung rokok yakni keduanya mengandung komponen berbasis selulosa — sabut kelapa sebagai materi lignoselulosa alami, serta filter rokok terbuat dari cellulose acetate (senyawa turunan selulosa). Jadi secara dasar keduanya ialah material serat yang berasal dari maupun terkait dengan molekul selulosa. Dan Kedua bahan dapat memengaruhi sifat poros serta pengisian air pada campuran — meski efek spesifik tergantung perlakuan permukaan serta ukuran

serat. Meskipun serat sabut kelapa dan filter puntung rokok sama-sama mengandung komponen berbasis selulosa, keduanya tidak sepenuhnya sama. Serat sabut kelapa merupakan material lignoselulosa alami dengan struktur serat yang lebih kasar dan berpori, sedangkan filter puntung rokok umumnya terbuat dari cellulose acetate yang merupakan senyawa turunan selulosa dengan bentuk serat sintetis lebih halus dan padat. Kesamaan keduanya terletak pada basis selulosa yang dapat memengaruhi sifat porositas campuran, namun perbedaan struktur, ukuran serat, serta sifat alami dan sintetisnya berdampak pada perilaku yang berbeda ketika digunakan sebagai bahan campuran paving block. Pada penelitian kali ini yakni menggunakan limbah puntung filter rokok sebagai substitusi pasir pada paving block dengan persentase campuran 5%, 10%, 15%, serta 20% tidak ada yang memenuhi mutu B berdasarkan SNI 03-0691-1996.

Pada penelitian sebelumnya oleh Candra (2019) penggunaan limbah puntung rokok sebagai substitusi 100% agregat kasar pada beton ringan berpori mempunyai nilai kuat tekan hanya mencapai K-100,44 (8,34 Mpa) dengan nilai kuat tekan tertinggi mencapai K-115,56 (9,59 Mpa), persentase campuran terbaik dalam penelitian ini adalah sekitar 10,3% limbah puntung rokok filter sebagai substitusi agregat kasar, sedangkan pada penelitian kali ini kuat tekan tertinggi pada campuran 5% dengan hasil 12,67 Mpa yang tidak mencapai mutu B dikarenakan persentase bahan campuran yang terlalu besar, serta pengaplikasian pada benda uji yang berbeda yakni beton ringan berpori pada penelitian sebelumnya serta pada penelitian kali ini pada paving block. Hasil penelitian Candra (2019) memperlihatkan bahwa peningkatan persentase limbah puntung rokok dalam campuran beton berbanding lurus dengan menurunnya kuat tekan. Pola ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan saat ini, di mana semakin besar variasi limbah puntung rokok yang digunakan pada paving block, maka nilai kuat tekan yang diperoleh semakin rendah dan tidak memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan. Perbedaannya terletak pada jenis benda uji dan metode pencampuran yang digunakan, di mana penelitian Candra berfokus pada beton ringan berpori dengan substitusi sebagian agregat kasar, sedangkan penelitian ini difokuskan pada paving block dengan substitusi sebagian agregat halus. Meskipun terdapat perbedaan

metode, kedua penelitian sama-sama menunjukkan bahwa limbah puntung rokok memberikan dampak negatif terhadap ikatan pasta semen sehingga menurunkan kualitas mekanik beton maupun paving block. Meskipun terdapat perbedaan metode substitusi, kedua penelitian menunjukkan kesimpulan yang sama, yaitu bahwa penggunaan limbah puntung rokok dalam campuran beton cenderung menurunkan kuat tekan, khususnya apabila digunakan dalam persentase yang tinggi.

Pada penelitian Tao Luo (2019) mempunyai nilai kuat tekan beton optimal dengan campuran limbah filter rokok yang ideal ialah 29,27 MPa dengan 0,21% kandungan limbah filter puntung rokok. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penggunaan puntung rokok dalam jumlah yang sangat kecil masih dapat menghasilkan beton dengan mutu yang baik, bahkan masuk kategori struktural. Sedangkan, pada penelitian kali ini kuat tekan tertinggi pada campuran 5% dengan hasil 12,67 Mpa yang tidak mencapai mutu B dikarenakan persentase bahan campuran yang terlalu besar, serta substitusi bahan campuran pada pasir sedangkan pada penelitian sebelumnya substitusi bahan campuran pada agregat kasar serta pengaplikasian terhadap benda uji yang berbeda yakni beton pada penelitian sebelumnya serta pada penelitian kali ini pada paving block. Dengan demikian, semakin kecil persentase puntung rokok yang digunakan, semakin besar peluang untuk mempertahankan mutu tekan yang mendekati mutu standar.

Pada penelitian sebelumnya Richardson (2012) Hasil uji kekuatan tekan beton dengan substitusi agregat kasar menggunakan limbah filter puntung rokok pada umur beton 28 hari memperlihatkan jika rata-rata nilai kekuatan tekan beton dengan campuran agregat kasar dari limbah puntung rokok hanya mencapai 38 MPa dengan proporsi 0,13% limbah filter puntung rokok. Sedangkan pada penelitian kali ini kuat tekan tertinggi pada campuran 5% dengan hasil 12,67 Mpa yang tidak mencapai mutu B dikarenakan persentase bahan campuran yang terlalu besar, serta substitusi bahan campuran pada pasir sedangkan pada penelitian sebelumnya substitusi bahan campuran pada agregat kasar serta pengaplikasian terhadap benda uji yang berbeda yakni beton pada penelitian sebelumnya serta pada

penelitian kali ini pada paving block.

Pada penelitian sebelumnya Shruti (2018) Hasil dari pengujian kuat tekan beton yang menggunakan limbah puntung rokok dengan mengganti agregat kasar setelah beton 28 hari mempunyai rata-rata yang berbeda, untuk nilai kuat tekan beton dengan campuran limbah puntung rokok fillter tertinggi ialah 29,6 MPa dengan kandungan limbah filter puntung 0,1%. Sedangkan pada penelitian kali ini kuat tekan tertinggi pada campuran 5% dengan hasil 12,67 Mpa yang tidak mencapai mutu B dikarenakan persentase bahan campuran yang terlalu besar, serta substitusi bahan campuran pada pasir sedangkan pada penelitian sebelumnya substitusi bahan campuran pada agregat kasar serta pengaplikasian terhadap benda uji yang berbeda yakni beton pada penelitian sebelumnya serta pada penelitian kali ini pada paving block.

Kesimpulan dari pembahasan pengujian kali ini yakni, filter puntung rokok dapat dijadikan substitusi pada material inovasi konstruksi pada peangplikasian beton dengan campuran 0,21%, 0,13%, serta 0,1%. Dikarenakan pada penelitian sebelumnya penelitian dilakukan untuk mensubstitusi agregat kasar sedangkan pada penelitian kali ini substitusi pada pasir.