

Bab V Analisis

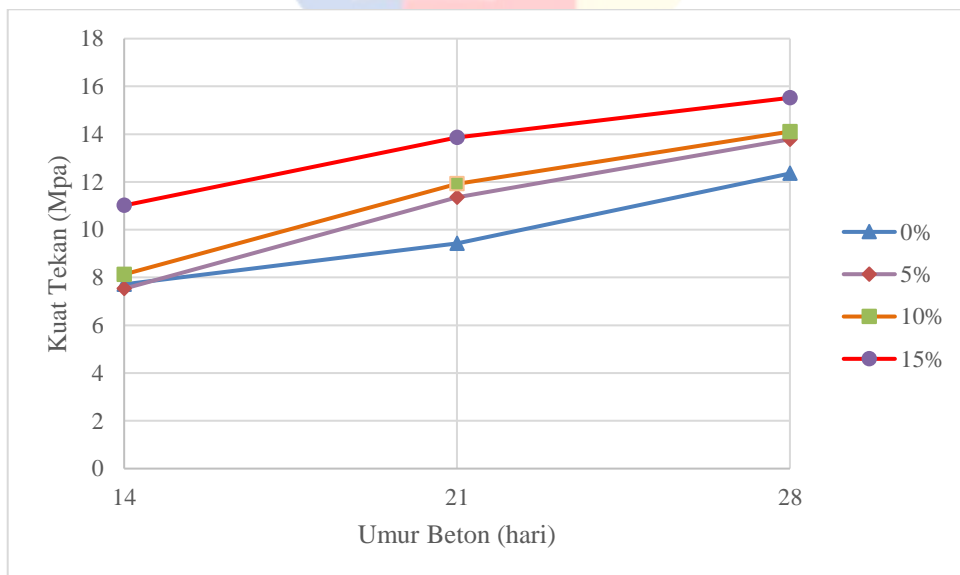
V.1 Analisis Kuat Tekan Beton

Hasil kuat tekan beton rata-rata dengan penggunaan agregat halus cangkang kerang jenis *Pinctada maxima* sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan kuat tekan beton rencana K-225 dapat dilihat pada Tabel V.1 dan Gambar V.1. Tabel V.1 memperlihatkan bahwa kuat tekan beton rencana tidak tercapai yaitu sebesar 18,68 MPa untuk seluruh benda uji.

Tabel V.1 Kuat Tekan Beton Rata-rata

Persentase Kerang	Hasil Kuat Tekan (MPa)		
	Hari		
	14	21	28
0%	7,715	9,422	12,355
5%	7,533	11,356	13,788
10%	8,130	11,921	14,110
15%	11,016	13,864	15,524

(Sumber: Olahan Pribadi)



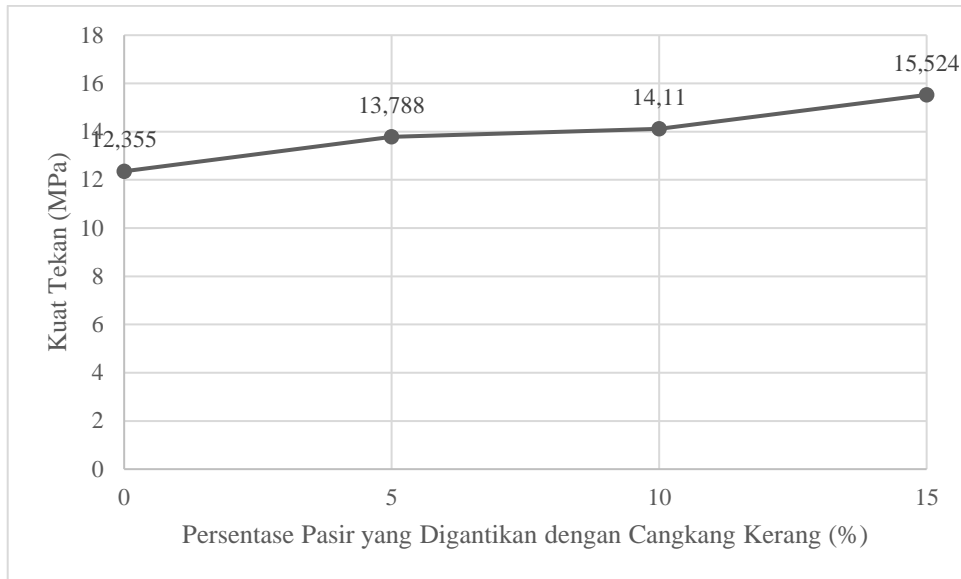
Gambar V.1 Hasil Kuat Tekan Beton Benda Uji Rata-rata terhadap Umur Beton (Sumber: Olahan Pribadi)

Namun demikian seluruh benda uji dapat memperlihatkan terjadinya kenaikan kuat tekan pada pengujian 14, 21, dan 28 hari. Dari pengujian 14 ke 21 hari terjadi kenaikan rata-rata sebesar 36,34%; sedangkan pengujian 21 ke 28 hari terjadi kenaikan rata-rata sebesar 20,72%. Gambar V.1 juga memperlihatkan bahwa penggunaan agregat halus cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus sampai 15% mampu meningkatkan kekuatan tekan beton. Persentase peningkatan kuat tekan beton yang menggunakan agregat halus cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus dapat dilihat pada Tabel V.2 dan Gambar V.2. Pada penggunaan agregat halus cangkang kerang sebanyak 15% terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 25,65% atau 3,169 MPa dari benda uji yang tidak menggunakan campuran agregat cangkang kerang dan ini merupakan kenaikan terbesar.

Tabel V.2 Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton dengan Campuran Agregat Halus Cangkang Kerang terhadap Beton Normal

Persentase Kerang	Kuat Tekan Umur 28 Hari (MPa)	Persentase Peningkatan Kuat Tekan (%)	Kenaikan Kuat Tekan Benda Uji (MPa)
0%	12,355	-	-
5%	13,788	11,599	1,433
10%	14,110	14,205	1,755
15%	15,524	25,650	3,169

(Sumber: Olahan Pribadi)



Gambar V.2 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton Umur 28 Hari (Sumber: Olahan Pribadi)

Pada pengujian laboratorium yang dilakukan terdapat permasalahan yaitu hasil yang dilakukan dari benda uji menunjukkan nilai kuat tekan beton yang lebih rendah dari rencana. Karena terjadinya permasalahan tersebut, dilakukan analisis tambahan terhadap campuran beton.

V.2 Analisis Ketidaktercapaian Kuat Tekan Rencana

Dari hasil pengujian dengan penggunaan agregat halus cangkang kerang sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% kuat tekan rencana tidak tercapai. Penelitian Satriani pada tahun 2019 mendapati bahwa keberadaan lumpur yang cukup signifikan dapat memengaruhi kuat tekan beton. Umumnya lumpur terdapat agregat kasar maupun halus. Satriani (2019) menambahkan bahwa kadar lumpur yang diizinkan untuk agregat kasar adalah 1% dan untuk agregat halus adalah 5%.

Dengan tidak tercapainya kuat tekan beton rencana maka diasumsikan bahwa terdapat kadar lumpur pada benda uji yang melebihi batas yang diizinkan. Maka dilakukan uji secara visual terhadap benda uji setelah melewati uji kuat tekan. Gambar V.3 memperlihatkan bahwa agregat kasar tidak terikat secara sempurna oleh campuran semen dan agregat halus. Hal tersebut dikarenakan banyaknya

lumpur pada permukaan agregat kasar. Oleh karena itu dilakukan pengujian kadar lumpur untuk agregat kasar dan halus yang digunakan pada penelitian sebelumnya.



Gambar V.3 Hasil Pemeriksaan Campuran Agregat Benda Uji
(Sumber: Olahan Pribadi)

V.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat

Kandungan lumpur pada permukaan butiran agregat akan mempengaruhi kekuatan ikatan antara semen dan agregat sehingga akan mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Adanya lumpur menyebabkan bertambahnya kebutuhan air dalam pembuatan campuran beton karena sifatnya yang dapat menyerap air. Untuk mendapatkan kuat tekan beton yang tinggi dapat dilakukan dengan cara meminimalkan kandungan lumpur dan lempung.

$$Kadar\ lumpur = \frac{W_4 - W_6}{W_4} \times 100\% \dots \dots \dots (5.1)$$

di mana:

W4 = Berat agregat semula

W6 = Berat agregat kering akhir (Setelah dicuci dan dikeringkan)

Hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel V.3 untuk agregat halus dan Tabel V.4 untuk agregat kasar.

Tabel V.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian	Nomor Sampel			Satuan
	I	II	III	
Berat Wadah	86	142	142	gr
Berat Wadah + Agregat Kering Semula	188	242	246	gr
Berat Agregat Semula	102	100	104	gr
Berat Wadah + Agregat Kering Akhir	168	224	226	gr
Berat Agregat Kering Akhir	82	82	84	gr
Kadar Lumpur dan Lempung	19,6078	18	19,2308	%
Kadar Lumpur dan Lempung Rata-rata	18,94620412			%

(Sumber: Olahan Pribadi)

Tabel V.4 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Uraian	Nomor Sampel			Satuan
	I	II	III	
Berat Wadah	86	142	94	gr
Berat Wadah + Agregat Kering Semula	186	244	198	gr
Berat Agregat Semula	100	102	104	gr
Berat Wadah + Agregat Kering Akhir	182	242	296	gr
Berat Agregat Kering Akhir	96	100	102	gr
Kadar Lumpur dan Lempung	4	1,9608	1,9231	%
Kadar Lumpur dan Lempung Rata-rata	2,628			%

(Sumber: Olahan Pribadi)

Dari hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat nilai kadar lumpur yang diperoleh seperti pada Tabel V.3 dan Tabel V.4 adalah 18,946% untuk agregat halus dan 2,628% untuk agregat kasar, sedangkan kadar lumpur yang diperbolehkan maksimal adalah 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar. Maka dapat ditarik kesimpulan sementara bahwa rendahnya kuat tekan beton benda uji awal disebabkan oleh kadar lumpur pada agregat yang berlebihan.

V.4 Analisis Perbandingan Emisi CO₂ Beton Normal dengan Beton Campuran Agregat Halus Cangkang Kerang

Pada Tabel V.5 dapat dilihat hasil emisi yang dihasilkan pada setiap variasi benda uji beton. Beton tanpa campuran agregat halus cangkang kerang dengan kuat tekan K-225 atau 18,68 MPa membutuhkan pasir sebanyak 895,45 kg/m³ yang menghasilkan 3,582 kg emisi CO₂. Untuk beton dengan campuran agregat halus cangkang kerang sebanyak 5% yang membutuhkan pasir sebanyak 850,71 kg/m³ menghasilkan 3,403 kg emisi CO₂, campuran 10% dengan kebutuhan pasir 805,82 kg/m³ menghasilkan 3,223 kg emisi CO₂, dan campuran 15% dengan kebutuhan pasir 761,11 kg/m³ menghasilkan 3,044 kg emisi CO₂.

Tabel V.5 Hasil Perhitungan Emisi CO₂ Material Pasir pada Campuran Beton

Kuat Rencana Beton	Persentase Cangkang Kerang (%)	Kebutuhan Pasir (kg/m³ beton)	Emisi CO₂ (kg/m³ beton)
K-225	0	895,45	3,582
	5	850,71	3,403
	10	805,82	3,223
	15	761,11	3,044

(Sumber: Olahan Pribadi)

Dari hasil perhitungan tersebut dapat dilihat jumlah emisi gas CO₂ berkurang seiring dengan bertambahnya persentase agregat halus cangkang kerang yang digunakan pada campuran beton. Sehingga dengan menambahkan agregat halus cangkang kerang sebagai pengganti sebagian pasir dalam campuran beton dapat mengurangi efek rumah kaca yang dapat menimbulkan masalah pemanasan global.

V.5 Analisis Kuat Tekan Beton Pasca Uji Kadar Lumpur

Untuk memastikan tercapainya kuat tekan beton rencana, dilakukan pengujian ulang dengan sembilan benda uji untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 14, 21, dan 28 hari. Seluruh agregat yang digunakan dicuci terlebih dahulu untuk

mengurangi kadar lumpur hingga pada batas yang diizinkan. Untuk setiap umur benda uji digunakan masing-masing tiga benda uji.

Tabel V.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal dengan Agregat yang Bersih

Kuat Tekan Beton	Urutan Benda Uji	Hasil Kuat Tekan (MPa)		
		Hari		
		14	21	28
K-225	1	14,1471	22,3524	26,5966
	2	13,5812	23,2013	24,8989
	3	14,7130	22,0695	26,8795
	\bar{x}	14,1471	22,5411	26,1250

(Sumber: Olahan Pribadi)

Hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel V.5 menyatakan bahwa hasil kuat tekan beton benda uji pada umur 28 hari sudah melampaui kuat tekan yang direncanakan, yaitu K-225 atau 18,68 MPa.

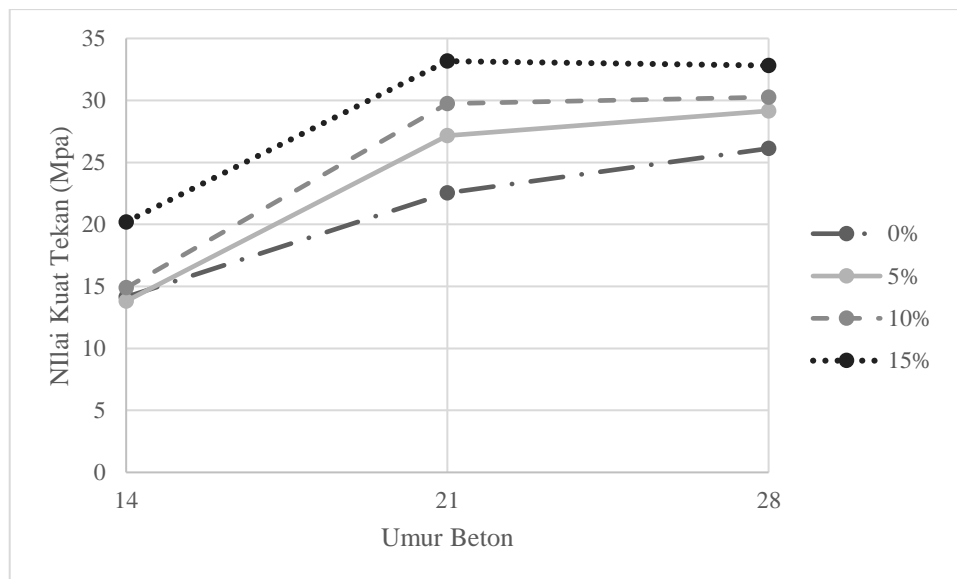
Tabel V.7 Hasil Asumsi Kuat Tekan Beton dengan Campuran Agregat Halus Cangkang Kerang dan Agregat yang Bersih

Kuat Tekan Beton	Persentase Kerang (%)	Hasil Kuat Tekan (MPa)		
		Hari		
		14	21	28
K-225	5	13,8134	27,1680	29,1551
	10	14,8901	29,7469	30,2664
	15	20,2002	33,1681	32,8259

(Sumber: Olahan Pribadi)

Tabel V.6 adalah hasil kuat tekan beton benda uji dengan campuran agregat halus cangkang kerang dan menggunakan agregat yang sudah dibersihkan jika diasumsikan secara linear berdasarkan persentase dari Tabel V.2 dan nilai kuat tekan pada Tabel V.5 (Khademi & Behfarnia, 2016). Menurut perhitungan persentase, masing-masing nilai kuat tekan beton dengan penggunaan agregat halus

cangkang kerang sebanyak 5-15% dapat melebihi dari beton normal. Peningkatan kuat tekan beton paling tinggi dihasilkan oleh penggunaan agregat halus cangkang kerang sebanyak 15% yaitu sebesar 33,1681 MPa pada umur 21 hari dan 32,8259 MPa pada umur 28 hari. Jika dapat digambarkan, grafik kuat tekan beton dengan agregat yang bersih dapat dilihat pada Gambar V.4.



Gambar V.4 Grafik Hasil Asumsi Nilai Kuat Tekan Beton Benda Uji dengan Agregat yang Bersih (Sumber: Olahan Pribadi)

V.6 Agregat Halus Cangkang Kerang sebagai Beton Hijau

Beton hijau atau beton ramah lingkungan adalah suatu konsep dalam pembuatan beton yang memperhatikan dampak dari penggunaan bahan baku campuran beton terhadap lingkungan. Penggunaan beton ramah lingkungan yang terbuat dari limbah juga dapat memberikan keuntungan yang dapat mengubah sifat beton, pengurangan emisi CO₂, dan melindungi alam (Liew dkk., 2017). Beton merupakan material konstruksi yang berkelanjutan dalam hal penggunaan energi dan emisi yang dihasilkan per volume dibandingkan dengan material konstruksi lainnya. Tetapi, kebutuhan beton sebagai material utama konstruksi yang selalu meningkat menghilangkan keuntungan beton sebagai material yang berkelanjutan (Sivakrishna dkk., 2019). Peningkatan tersebut akan memicu bertambahnya kebutuhan bahan dasar campuran beton, salah satunya adalah pasir. Pasir adalah

bahan dasar campuran beton hasil penambangan dari alam yang hanya memiliki kuantitas tertentu dan faktor emisi CO₂ paling kecil dibandingkan dengan material konstruksi lainnya (Taffese & Abegaz, 2019). Walaupun pasir memiliki faktor emisi yang paling kecil, dengan meningkatnya kebutuhan pasir dalam campuran beton dapat menghasilkan jumlah emisi CO₂ yang sangat besar (Thiruvenkitam dkk., 2020; Eziefula dkk., 2018). Untuk mengurangi jumlah emisi CO₂ dalam konstruksi, diperlukan inovasi alternatif untuk menghasilkan material yang ramah lingkungan.

Penggunaan agregat halus limbah cangkang kerang jenis *Pinctada maxima* sebagai pengganti pasir adalah salah satu cara untuk menghasilkan beton ramah lingkungan. Penggunaan agregat halus dari limbah cangkang kerang menjadi material terbarukan dapat menghilangkan dampak dari pencemaran lingkungan dikarenakan penumpukan sampah biota laut yang disebabkan oleh dekomposisi mikroba garam menjadi H₂S (Hidrogen Sulfida), ammonia dan amina yang dapat menimbulkan penyakit untuk penduduk sekitar (Eziefule dkk., 2018). Emisi CO₂ yang dihasilkan oleh beton yang menggunakan campuran agregat halus cangkang kerang juga menghasilkan emisi yang lebih sedikit dibandingkan beton normal. Emisi CO₂ yang dihasilkan oleh beton dengan menggunakan agregat halus cangkang kerang berkurang seiring bertambahnya agregat halus cangkang kerang yang digunakan. Selain berkurangnya emisi, beton dengan campuran agregat halus cangkang kerang *Pinctada maxima* menghasilkan kuat tekan beton yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal atau beton tanpa campuran agregat halus cangkang kerang. Peningkatan kuat tekan beton terus meningkat seiring dengan jumlah agregat halus cangkang kerang yang digunakan sebagai pengganti pasir.

V.7 Pembahasan

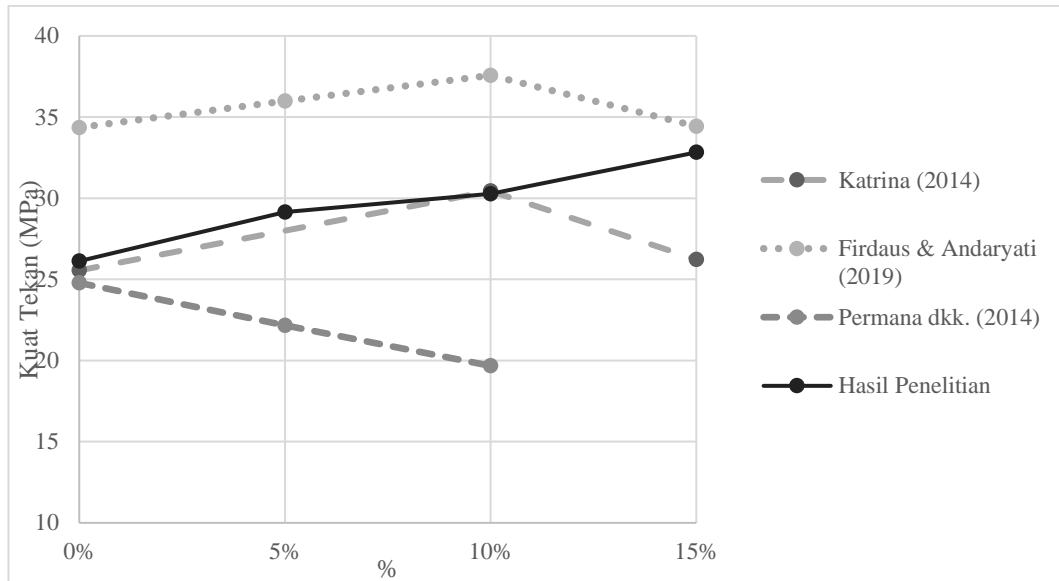
Pada pengujian kuat tekan beton benda uji dengan agregat yang sudah dicuci, kekuatan beton berhasil mencapai kuat tekan rencana. Walaupun benda uji dalam pengujian tersebut merupakan beton normal (tidak menggunakan campuran agregat halus cangkang kerang), dapat diasumsikan secara linear hasil kuat tekan benda uji akan melebihi dari beton normal. Pada sub-bab V.1 dapat dilihat hasil kuat tekan

benda uji dengan campuran agregat halus cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus melampaui kuat tekan beton tanpa campuran agregat halus cangkang kerang dengan kuat rencana K-225 atau 18,68 MPa. Dapat dilihat pada Gambar V.2 dan Tabel V.2 bahwa penggunaan agregat halus cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus sebanyak 15% dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 25,65%. Dari gambar dan tabel tersebut dapat dilihat adanya potensi meningkatnya kuat tekan beton dengan penggunaan agregat halus cangkang kerang lebih dari 15%.

Tabel V.8 Hasil Pengujian Sumber dan Penguji

Penulis	Kuat Tekan Beton	Jenis Kerang	Cangkang Kerang	Kuat Tekan (MPa)	
				Hari	
				28	
Katrina (2014)	K-225	<i>Perna viridis</i>	0%	25,556	
			10%	30,444	
			15%	26,222	
Firdaus & Andaryati (2019)		<i>Bivalvia pectinidae</i>	0%	34,36	
			5%	36,00	
			10%	37,57	
			15%	34,44	
Permana dkk. (2014)		<i>Anadara granosa</i>	0%	24,783	
			5%	22,167	
			10%	19,674	
Hasil Penelitian	<i>Pinctada maxima</i>	0%	26,125		
		5%	29,155		
		10%	30,266		
		15%	32,826		

(Sumber: Olahan Pribadi)



Gambar V.5 Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton pada Umur 28 Hari (Sumber: Olahan Pribadi)

Pada Tabel V.7 dan Gambar V.5 dapat dilihat hasil pengujian kuat tekan beton tanpa campuran kulit kerang dan dengan campuran kulit kerang. Pada pengujian tersebut dapat dilihat kuat tekan beton yang direncanakan sama yaitu K-225 tetapi menggunakan jenis kerang yang berbeda. Beton dengan campuran cangkang kerang dengan *Perna viridis* yang diuji oleh Katrina (2014) mengalami peningkatan kuat tekan sampai dengan penggunaan agregat halus cangkang kerang sebanyak 10%, yang dimana hasil pengujiannya yang sama dengan Firdaus dan Andaryati (2019) dengan jenis kerang *Bivalvia pectinidae*. Untuk beton yang diuji oleh Permana dkk., (2014) dengan jenis kerang *Anadara granosa* mengalami penurunan nilai kuat tekan dan penurunan nilai kuat tekan semakin besar dengan bertambahnya agregat halus cangkang kerang yang digunakan. Pada penelitian ini dengan jenis kerang *Pinctada maxima*, beton mengalami peningkatan nilai kuat tekan seiring dengan bertambahnya penggunaan agregat halus cangkang kerang sebanyak 15%.

Pada Tabel V.5 dapat dilihat terjadi penurunan nilai emisi CO₂ seiring bertambahnya penggunaan agregat halus cangkang kerang. Selisih emisi CO₂ yang dihasilkan beton tanpa campuran agregat halus cangkang kerang dan beton dengan campuran agregat halus cangkang kerang sebanyak 15% sebesar 0,538 kg/m³ beton. Penggunaan pasir juga mengalami penurunan seiring bertambahnya penggunaan

agregat halus cangkang kerang. Selisih kebutuhan pasir beton tanpa campuran agregat halus cangkang kerang dan beton dengan campuran agregat halus cangkang kerang sebanyak 15% sebesar $134,34 \text{ kg/m}^3$ beton.

Pada penelitian ini, penggunaan agregat halus dari limbah cangkang kerang sebagai pengganti sebagian pasir dalam campuran beton dapat dikategorikan sebagai beton ramah lingkungan. Dalam penelitian ini beton dengan campuran agregat halus limbah cangkang kerang dapat dikategorikan sebagai beton ramah lingkungan karena memenuhi 3 aspek yaitu perubahan sifat beton yaitu meningkatkan kuat tekan beton, jumlah emisi CO_2 yang lebih kecil dibandingkan dengan beton normal, dan mengurangi penggunaan sumber daya alam. Pada Gambar V.2, dapat dilihat penggunaan agregat halus cangkang kerang sebesar 15% memiliki potensi peningkatan kuat tekan beton dengan penggunaan agregat halus cangkang kerang sebagai pengganti pasir lebih dari 15%. Penggunaan agregat halus cangkang kerang yang lebih banyak akan memberikan jawaban positif agar dapat digunakan sebagai alternatif pengganti material pasir sebagai beton hijau atau beton ramah lingkungan.