

**Pemanfaatan Cangkang Sawit sebagai Substitusi Agregat Kasar pada Beton
Perkerasan Kaku untuk Jalan Lalu Lintas Rendah**
*Utilization of Palm Kernel Shell as Coarse Aggregate Substitution in Rigid Pavement
Concrete for Low Traffic Roads*

Fauna Adibroto^{1*}, Mukhlis¹, Enita Suardi¹, Ardi Mahendra¹

¹Politeknik Negeri Padang, Padang

*Corresponding author : palito_alam@yahoo.com

Abstrak

Indonesia menghasilkan 3 juta ton minyak sawit pada tahun 2018, yang menjadi produsen minyak sawit mentah terbesar di dunia. Berdasarkan data tersebut akan berdampak kepada jumlah potensi limbah yang sangat banyak. Dengan penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar pada perkerasan jalan beton, diharapkan mampu mengurangi dampak buruk limbah cangkang kelapa sawit terhadap lingkungan. Metoda perencanaan campuran beton menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI 7656-2012) dengan variasi substitusi cangkang kelapa sawit terhadap agregat kasar ukuran 1-2 sebesar CS-0%, CS-2.5%, CS-5%, CS-7.5% dan CS-10%. Jumlah masing-masing variasi substitusi cangkang kelapa sawit yaitu 3 buah benda uji. Pengujian yang dilakukan berupa *slump* tes dan kuat tekan (f'_c) beton pada saat benda uji berumur 28 hari dan dikonversikan ke kuat tarik lentur (f_{cf}). Berdasarkan SNI 8457:2017 syarat minimal mutu beton jalan lalu lintas rendah dengan f'_c ; 21.8 MPa dan f_{cf} ; 3.5 MPa. Hasil pengujian menunjukkan campuran beton CS-5% (f'_c ; 23.33 MPa, f_{cf} ; 3.6 MPa) dapat digunakan pada perkerasan kaku untuk jalan lalu lintas rendah dibanding campuran beton CS-2.5% (f'_c ; 14.43 MPa, f_{cf} ; 2.85 MPa), CS-7.5% (f'_c ; 17.70 MPa, f_{cf} ; 3.16 MPa) dan CS-10% (f'_c ; 12.86 MPa, f_{cf} ; 2.69 MPa). Jika dibanding dengan campuran beton CS-0% (f'_c ; 23.97 MPa, f_{cf} ; 3.7 MPa) dengan CS-5% (f'_c ; 23.33 MPa, f_{cf} ; 3.6 MPa) mengalami penurunan f'_c dan f_{cf} sebesar 2.7% dan 1.4%. Penggunaan cangkang kelapa sawit CS-5% dapat mengurangi pemakaian agregat kasar ukuran 1-2 sebesar 69 Kg/m³.

Kata Kunci : cangkang kelapa sawit, kuat tekan beton, kuat tarik lentur

Abstract

Indonesia produced 3 million tons of palm oil in 2018, the world's largest producer of crude palm oil. Based on the data will have an impact on the amount of potential waste is very large. With the use of oil palm shells as a substitute of coarse aggregates on concrete road pavement, it is expected to reduce the adverse impact of oil palm shell waste on the environment. Concrete mixture planning method using Indonesian National Standard (SNI 7656-2012) with variation of palm shell substitution to coarse aggregate size 1-2 of CS-0%, CS-2.5%, CS-5%, CS-7.5% and CS-10%. The number of each variation of oil palm shell substitution is 3 test objects. The test was in the form of slump test and concrete hard press (f'_c) when the test object was 28 days old and converted to bending tensile strength (f_{cf}). Based on SNI 8457:2017 minimum requirement of low traffic road concrete quality with f'_c ; 21.8 MPa and f_{cf} ; 3.5 MPa. The test results show that the CS-5% concrete mixture (f'_c ; 23.33 MPa, f_{cf} ; 3.6 MPa) can be used on rigid pavements for low traffic roads compared to the CS-2.5% concrete mixture (f'_c ; 14.43 MPa, f_{cf} ; 2.85 MPa), CS-7.5% (f'_c ; 17.70 MPa, f_{cf} ; 3.16 MPa) and CS-10% (f'_c ; 12.86 MPa, f_{cf} ; 2.69 MPa). When compared with the CS-0% concrete mixture (f'_c ; 23.97 MPa, f_{cf} ; 3.7 MPa) with CS-5% (f'_c ; 23.33 MPa, f_{cf} ; 3.6 MPa), the f'_c and f_{cf} of 2.7% and 1.4%. The use of CS-5% oil palm shells can reduce the use of 1-2 coarse aggregates by 69 Kg / m³.

Keywords : palm shell, failure concrete, flexural strength.

PENDAHULUAN

Material utama pembentuk lapisan perkerasan jalan beton (*Rigid Pavement*) adalah agregat sebanyak 90-95 % dari berat campuran perkerasan dan kebutuhan ini semakin meningkat dari tahun ke tahun. Agregat yang digunakan harus tahan terhadap proses mekanis dan kimiawi yang dapat mengakibatkan degradasi. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan (penimbunan, penghamparan, pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas, maupun proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, panas, dan perubahan turun naik suhu sepanjang hari (Suryawan Ari,2009). Ini menyebabkan sering terjadi kerusakan pada jalan beton (*Rigid Pavement*). Sumatra Barat merupakan daerah yang memiliki lahan pertanian dan perkebunan kelapa sawit yang luas. Perkebunan ini menghasilkan minyak kelapa sawit dan juga menghasilkan limbah yang melimpah berupa cangkangnya (Ali, 2009).

Limbah ini memberikan peluang alternatif sebagai bahan substitusi sebagian agregat kasar untuk campuran beton pada perkerasan jalan beton (*Rigid Pavement*) terutama untuk jalan lalu lintas rendah. Diharapkan substitusi agregat ini dapat mengatasi kerusakan permukaan pada jalan beton. Kebutuhan teknologi perkerasan jalan untuk lalu-lintas rendah sangat besar mengingat panjang jalan kabupaten/kota mencapai kurang lebih 80% dari panjang jalan di Indonesia. Jalan kabupaten/kota didominasi oleh jalan dengan volume lalu lintas yang rendah, bahkan pada beberapa ruas jalan nasional masih dapat dikategorikan sebagai jalan dengan lalu lintas rendah. Untuk lalu –lintas rendah dengan mutu beton yang digunakan juga relatif rendah, yaitu minimum mempunyai kuat tekan (f'_c) 21.8 MPa dan kuat tarik lentur (f_{cf}) 3.5 MPa (SNI 8457:2017). Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan persamaan; (PdT-14-2003)

$$f_{cf} = K (f'_c)^{0,50} \text{ dalam MPa}$$

dimana ;

f'_c : Kuat tekan beton karakteristik 28 hari

f_{cf} : Kuat tarik lentur beton 28 hari

K : Konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dari penggunaan cangkang sawit sebagai substitusi agregat kasar tersebut terhadap nilai kuat tekan (f'_c) dan kuat tarik lentur beton (f_{cf}) pada umur uji 28 hari. Tujuan penelitian adalah mencari agregat alternatif dengan pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit (tertahan #4,75) sebagai substitusi agregat kasar 1-2 pada campuran beton perkerasan jalan kaku lalu lintas rendah.

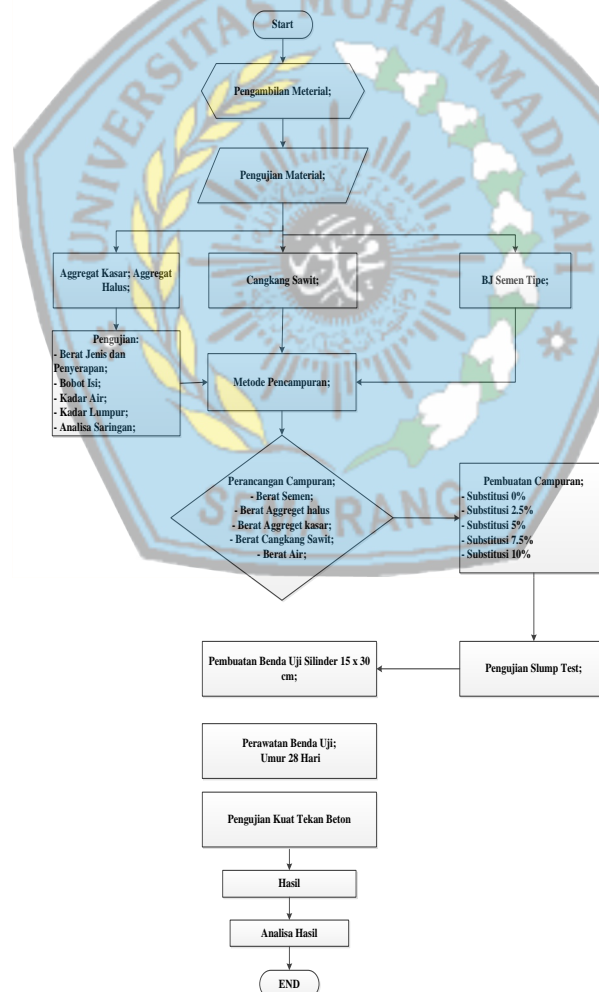
METODE

Pengujian pada penelitian ini dilaksanakan di laboratorium material jalan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang. Cangkang kelapa sawit tertahan pada saringan 4,75 mm dengan presentase CKS-0%,CKS-2,5%, CKS-5% dan CKS-10% dari berat agregat kasar1-2.

Pengujian Bahan

Bahan campuran dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar (butiran lebih besar dari saringan No.4,75 mm), agregat halus (butiran lebih kecil dari saringan No.4,75 mm), dan semen Portland sebagai bahan pengikat pada campuran beton. Sebelum pembuatan benda uji, bahan-bahan diuji terlebih dahulu yang mengacu kepada Standar Nasional Indonesia. Jalannya penelitian ini mengikuti bentuk diagram alir pada Gambar 1.

Gambar 1:
Diagram alir penelitian



Perancangan Benda Uji

Komposisi material dalam perencanaan campuran beton terdiri dari air, agregat halus (pasir), agregat kasar (*split*), dan semen Portland Type 1. Komposisi tersebut diuji untuk mendapatkan data – data yang berguna untuk perencanaan campuran beton yang akan dibuat. Standar yang dipakai dalam perencanaan campuran beton pada penelitian ini mengacu kepada SNI 03-2834-2000, yang mana nantinya akan menghasilkan suatu komposisi akhir untuk mendapatkan kualitas mutu beton dimana kuat tekan rencana sebesar $f_c' 22$ MPa.

Jumlah Sampel Benda Uji

Berdasarkan jumlah variasi yang ada, maka dapat ditentukan jumlah benda uji yang akan dibuat untuk pengujian kuat tekan beton yaitu Tabel 1.

Tabel 1.
Jumlah Benda Uji

Variasi Cangkang Sawit	Umur Uji 28 hari	Jumlah Benda Uji
0%	3	3
2.5%	3	3
5%	3	3
7.5%	3	3
10%	3	3
Total		15

Teknik Analisa Data yang Dipakai

Pelaksanaan penelitian ini membutuhkan alat bantu untuk mengolah data seperti perangkat lunak (*Software*) menggunakan Microsoft Excel untuk menampilkan analisis data berupa grafik, tabel, dan diagram serta perangkat keras (*Hardware*) dengan menggunakan peralatan laboratorium, alat tulis, dan material lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Bahan

Hasil pengujian bahan campuran beton dapat dilihat pada Tabel.2.

2. Hasil Rancangan Campuran Beton

Rancangan campuran (*Mix Design*) dilakukan yang mengacu kepada SNI 7656-2012, dari perhitungan rancangan campuran beton mutu normal dengan substitusi cangkang kelapa sawit 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%, maka didapat jumlah kebutuhan bahan per 1 m³ dengan mutu rencana 22 MPa, dapat dilihat pada Tabel.3.

Tabel 2.
Hasil Pengujian Bahan

Pengujian	Hasil Pengujian				Standar
	Agregat Halus	Agregat Ksr1-2	Agregat Ksr1-2	Cangkang	
BJ Semu	2.54	2.74	2.73	1.46	2.5 - 2.7
BJ SSD	2.35	2.65	2.64	1.34	2.5 - 2.7
BJ Kering	2.22	2.59	2.59	1.08	2.5 - 2.7
Penyerapan	5.60	2.07	1.99	23.94	≤ 3 %
Kekerasan	-	20.01	17.4	3.25	> 24%
Keausan	-	23.35	23.62	5.6	< 40%

Tabel 3.
Hasil *Mix Design* pada $f'c$ 22 MPa

No	Bahan	Variasi Cangkang (%)				
		0	2.5	5	7.5	10
1	Semen (kg)	455.8	455.4	455.9	456.2	456.3
2	Pasir (kg)	802.2	784.9	781.5	777.8	773.8
3	Agregat1-2 (kg)	944.3	904.9	875.8	852.7	823.2
4	Agregat2- 3 (kg)	96.1	91.8	91.9	92.0	92.0
5	Cangkang	0.0	22.8	41.0	64.3	84.0
6	Air (kg)	323.6	325.6	328.3	329.8	332.2

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan ($f'c$)

Hasil Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel.4.

Tabel 4.
Hasil pengujian kuat tekan beton

Variasi Cangkang (%)	Benda Uji	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Variasi Cangkang (%)	Benda Uji	Kuat Tekan Beton (Mpa)
0	1	25.346	5	1	22.312
	2	23.802		2	20.45
	3	22.774		3	27.228
2.5	1	14.158	7.5	1	13.83
	2	13.436		2	21.25
	3	15.682		3	18.03
			10	1	11.406
				2	12.922
				3	14.26

1. Analisa Pengujian Bahan

Berdasarkan hasil pengujian bahan agregat halus, agregat kasar 1-2, agregat kasar 2-3 menunjukkan bahwa agregat yang digunakan pada campuran memenuhi standar pengujian yang dipakai. Sedangkan untuk pengujian cangkang kelapa sawit, tidak ada standar yang digunakan. Cangkang kelapa sawit yang diuji memiliki tingkat daya serap yang tinggi, yaitu sebesar 23.94%. Kemudian, cangkang kelapa sawit juga memiliki tingkat ketahanan terhadap tumbukan cukup tinggi yaitu 3.25%. Cangkang kelapa sawit juga sangat tahan terhadap keausan dimana pada pengujiaanya didapatkan nilai keausan sebesar 5.6%

2. Analisa Kebutuhan Bahan Berdasarkan *Mix Design*

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan campuran beton (*Mix Design*), maka diperoleh proporsi kebutuhan material yang akan digunakan pada setiap variasi campuran. Berikut adalah perbandingan jumlah total kebutuhan bahan pada setiap variasi campuran dengan menggunakan cangkang kelapa sawit:

a. Semen

Berdasarkan Gambar 2, terjadi peningkatan bahan semen sebesar 0.1% pada setiap variasinya. Hal tersebut dikarenakan persentase cangkang kelapa sawit maka akan membuat berat beton semakin berkurang yang mengakibatkan meningkatnya jumlah kebutuhan bahan semen dalam campuran beton.

b. Pasir

Berdasarkan Gambar.3, terjadi penurunan sebesar 2 % apabila substitusi cangkang kelapa sawit ditingkatkan pada setiap variasinya. Hal tersebut diakibatkan karena turunnya kadar campuran dalam agregat yang didasarkan terhadap berkurangnya nilai berat beton. Penurunan berat beton sendiri diakibatkan karena menurunnya berat jenis agregat campuran yang diakibatkan oleh meningkatnya persentase material cangkang kelapa sawit dalam campuran.

c. Agregat Kasar 2-3

Berdasarkan Gambar.4 apabila persentase substitusi cangkang kelapa sawit ditingkatkan maka berat total kebutuhan bahan agregat 2-3 juga akan meningkat sebesar 0.1%. Hal ini dikarenakan nilai perbandingan persentase komposisi berat material hampir sama sedangkan total komposisi berat material yang dibutuhkan berkurang.

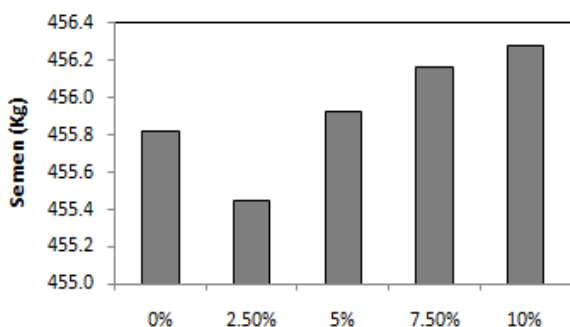
d. Agregat Kasar 1-2

Berdasarkan Gambar 5 terjadi penurunan penggunaan bahan agregat kasar 1-2 yang disebabkan karena sebagian besar berat total agregat diganti dengan menggunakan cangkang kelapa sawit sesuai variasi substitusi yang telah ditetapkan.

e. Air

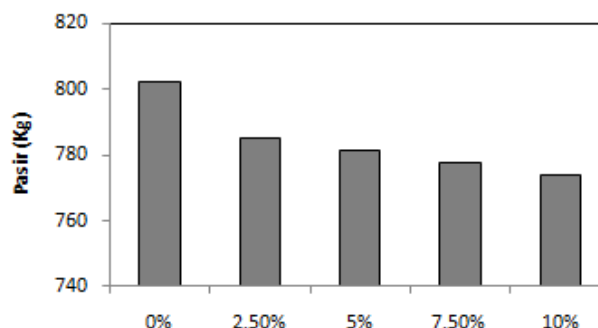
Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa apabila persentase cangkang kelapa sawit ditingkatkan maka total kebutuhan air dalam campuran beton juga akan meningkat sebesar

0.8%. Hal tersebut diakibatkan karena meningkatnya pori – pori dalam beton dikarenakan cangkang kelapa sawit memiliki tingkat daya serap yang tinggi sebagai material organik.



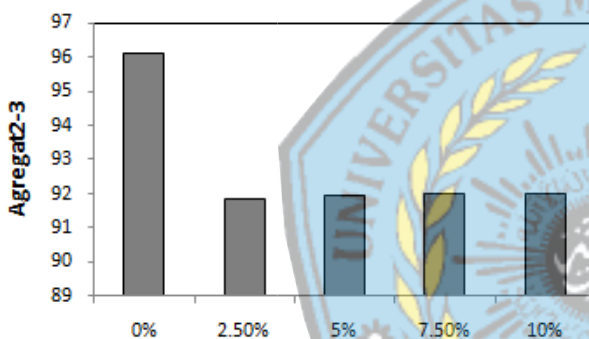
Variasi Cangkang

Gambar 2. Grafik kebutuhan bahan semen



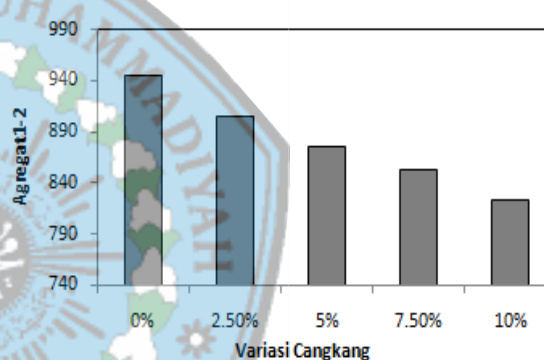
Variasi Cangkang

Gambar 3. Grafik kebutuhan bahan pasir.



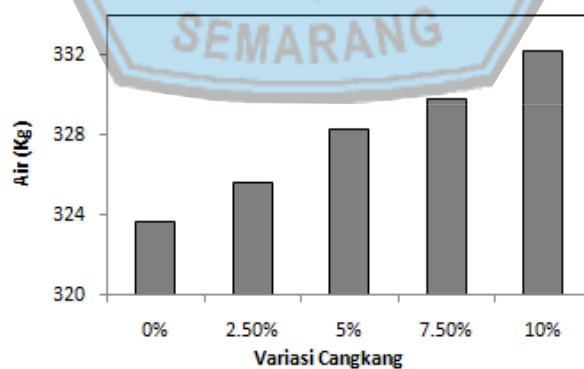
Variasi Cangkang

Gambar 4. Grafik kebutuhan bahan agregat 2-3.



Variasi Cangkang

Gambar 5. Grafik kebutuhan bahan agregat 1-1



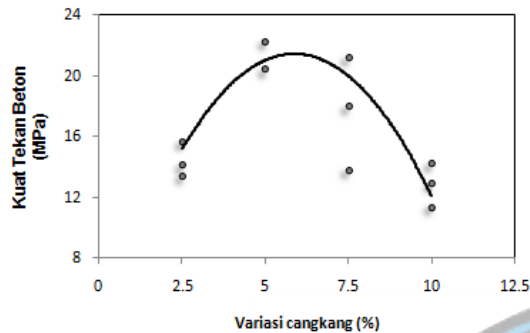
Variasi Cangkang

Gambar 6. Grafik kebutuhan bahan agregat 2-3.

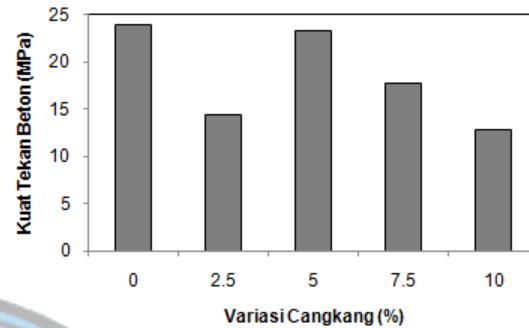
3. Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pengujian yang ada pada Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase substitusi cangkang kelapa sawit maka akan semakin rendah nilai kuat tekan

beton yang didapat. Kuat tekan maksimum (23.33 MPa) terdapat pada penambahan cangkang sawit 5%. Ini disebabkan karena rongga dalam benton yang terbentuk akibat berkurang agregat 1-2 di isi maksimal oleh cangkang sehingga beton memiliki kepadatan yang tinggi. Kepadatan yang tinggi memberikan kuat tekan yang tinggi juga.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari



Gambar 8. Grafik perbandingan hasil kuat tekan beton dengan CKS-0%

Berdasarkan Gambar.8 nilai kuat tekan beton (f'_c) yang didapat pada CKS-5% (23.33 MPa) hampir mendekati nilai kuat tekan pada beton (f'_c) pada CKS-0% (23.97 MPa) walaupun terjadi penurunan kuat tekan beton (f'_c) sebesar 2.7 %. Hasil pengujian kuat tekan beton (f'_c) tanpa substitusi cangkang (CKS-0%) dan substitusi cangkang sawit (CKS-5%) keduanya mencapai kuat tekan beton rencana (f'_{cr}) 22 MPa.

Tabel 5. Hubungan kuat tekan beton (f'_c) dengan Kuat Tarik Lentur (f_{cf})

No	Variasi Cangkang	Kuat Tekan Beton (f'_c)	Kuat Tarik Lentur (f_{cf})
1	0%	23.97	3.67
2	2.5%	14.43	2.85
3	5%	23.33	3.62
4	7.5%	17.70	3.16
5	10%	12.86	2.69

Berdasarkan Tabel.5 menunjukkan campuran beton CKS-5%(f'_c ;23.33 MPa, f_{cf} ;3,6 MPa) dapat digunakan pada perkerasan kaku untuk jalan lalu lintas rendah dibanding campuran beton dengan variasi cangkang sawit yang lain, ini mengacu ke SNI 8457:2017 yang menyatakan syarat minimal mutu beton jalan lalu lintas rendah dengan kuat tekan beton minimal (f'_c) sebesar ;21.8 MPa dan kuat tarik lentur (f_{cf}) sebesar 3.5 MPa. Jika dibanding dengan campuran beton CKS-0%(f'_c ;23.97 MPa, f_{cf} ;3,7 MPa) dengan CKS-5% (f'_c ;23.33 MPa, f_{cf} ;3,6 MPa) mengalami penurunan f'_c dan f_{cf} sebesar 2.7% dan 1.4%. Penurunan ini menunjukkan beton dengan campuran cangkang sawit sebagai substitusi sebagai agregat 1-2 menyebabkan beton tidak padat di karenakan cangkang sawit memiliki nilai berat jenis yang ringan sehingga

betonpun menjadi ringan. Pada penelitian ini, cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai pengganti sebagian proporsi dari agregat kasar beton, dimana dengan menggunakan cangkang kelapa sawit (CKS-5%) dapat mengurangi pemakaian agregat kasar ukuran 1-2 sebesar 69 Kg/m³ pada campuran beton atau sekitar 7.25 %.

KESIMPULAN

1. Persentase nilai substitusi cangkang kelapa sawit (CKS) optimum terhadap agregat kasar pada campuran beton adalah sebesar 5 %. Dimana nilai kuat tekan beton (f'_c) maksimum yang didapat adalah sebesar 23.33 MPa dan kuat tarik lentur (f_{ct}) sebedar 3,62 MPa.
2. Beton dengan menggunakan cangkang sawit (CKS-5%) sebagai substitusi agregat dapat digunakan untuk lalu lintas rendah (f'_c ; 21.8 MPa, f_{ct} ; 3,5 MPa).
3. Beton dengan menggunakan cangkang sawit (CKS-5%) dapat dijadikan sebagai alternative agregat pengganti dengan mensubstitusikan sebagian di dalam agregat.
4. Dengan menggunakan cangkang kelapa sawit (CKS-5%) dapat mengurangi pemakaian agregat kasar ukuran 1-2 sebesar 69 Kg/m³ pada campuran beton atau sekitar 7.25 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2013) <http://www.cangkangkelapasawit.com/mengenai-cangkang-sawit/kegunaan-cangkang-sawit> (website, diakses tanggal 20 Mei 2020)
- ASTM, 1993, *Concrete and Aggregates, Annual Book of ASTM Standard* Vol. 04.02, American Society For Testing And Materials, Philadelphia.
- Ditjen Binamarga, 2018, *Spesifikasi Umum*, edisi 2018 revisi 3, Kementerian PU.
- Hewes, L.I., 1942, *American Highway Practice*, Vol II, John Wiley & Sons Inc.
- Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, Edisi Kedua, Andi, Yogyakarta.
- Suryawan Ari, 2009. *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta
- SNI 03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990, 1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton* Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 854: 2017, *Rancangan Tebal Jalan Beton Untuk Lalu Lintas Rendah*. Badan Standarisasi Nasional
- Tjokrodimulyo., Kardioyono, 1992, *Teknologi Beton*. Biro Penerbit, Yogyakarta.
- Pd T-14-2003, *Perencanaan perkerasan jalan beton semen*, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah