



Pemanfaatan Cangkang Sawit Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton Perkerasan Kaku Untuk Jalan Lalu Lintas Rendah

¹Mukhlis, ²Fauna Adibroto, ³Lusyana, ⁴Syaifullah Ali, ⁵Dwina Arcenita

^{1,2,3,4,5}D4 Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang

¹fauna_adibroto@yahoo.com, ²Palito_alam@yahoo.com, ³Lusyana_poli@yahoo.com, ,
⁴syaifullahali58@yahoo.com, ⁵dwina_a@hotmail.com

Abstract

The aggregate on rigid pavement is a very important component, but not all areas have such materials, so it is forced to be imported from other areas resulting in the cost of rigid pavement relatively high. This research aims to find alternative aggregates with the use of palm shell waste (held #4.75) as a coarse aggregate substitution 1-2 on low traffic rigid pavement concrete mixture. The study planned a mixture of rigid pavement concrete with the composition of palm shells as a substitution of some coarse aggregates namely CKS-0%, CKS-2.5%, CKS-5%, CKS-7.5%, and CKS-10%. In the test, three test objects were made for five variations of the palm shell. The test body for cylinder-shaped with a height of 300 mm and diameter of 150 mm was tested for failure concrete (f'_c) at a concrete life of 28 days and converted to flexural strength (f_{cf}). Based on SNI 8457:2017 minimum requirements of low traffic concrete quality f'_c :21.8 MPa and f_{cf} :3.5 MPa. Test results showed CKS-5% concrete mixture. f'_c :23.33 MPa, f_{cf} :3.6 MPa can be used for low traffic rigid hardening compared to CKS-2.5% concrete mixture (f'_c :14.43 MPa, f_{cf} :2.85 MPa), CKS-7.5% (f'_c :17.70 MPa, f_{cf} :3.16 MPa) and CKS-10% (f'_c :12.86 MPa, f_{cf} :2.69 MPa). When compared to the concrete mixture CKS-0% (f'_c :23.97 MPa, f_{cf} :3.7 MPa) with CKS-5% (f'_c :23.33 MPa, f_{cf} :3.6 MPa) decreased f'_c and f_{cf} by 14.1%. The use of CKS-5% palm shells can reduce the use of rough aggregate size 1-2 by 69 Kg/m³.

Keywords : palm shell, failure concrete, flexural strength

Abstrak

Agregat pada perkerasan kaku merupakan komponen yang sangat penting, namun tidak semua daerah memiliki bahan tersebut, sehingga terpaksa didatangkan dari daerah lain yang mengakibatkan biaya perkerasan kaku tersebut relatif semakin tinggi. Penelitian ini bertujuan 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. Penelitian ini direncanakan campuran beton perkerasan kaku dengan komposisi cangkang kelapa sawit sebagai substitusi sebagian agregat kasar yaitu CKS-0%, CKS-2,5%, CKS-5%, CKS-7,5%, dan CKS-10%. Pada pengujian dibuat tiga benda uji untuk lima variasi cangkang kelapa sawit. Benda uji untuk berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm ini diuji ketahanannya terhadap tekan (f'_c) pada umur beton 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 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 CKS-2.5% (f'_c :14.43 MPa, f_{cf} :2.85 MPa), CKS-7.5% (f'_c :17.70 MPa, f_{cf} :3.16 MPa) dan CKS-10% (f'_c :12.86 MPa,

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 05-09-2020 | Selesai Revisi : 25-10-2020 | Diterbitkan Online : 31-10-2020

f_{cf} ; 2.69 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%. Penggunaan cangkang kelapa sawit CKS-5% dapat mengurangi pemakaian agregat kasar ukuran 1-2 sebesar 69 Kg/m³.

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

1. 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 [8]. 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 [8]. 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 [11]. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan persamaan (1) :

$$f_{cf} = K (f'_c)^{0.50} \text{ dalam MPa} \quad (1)$$

dimana : f'_c adalah Kuat tekan beton karakteristik 28 hari, f_{cf} adalah Kuat tarik lentur beton 28 hari dan K adalah 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

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 05-09-2020 | Selesai Revisi : 25-10-2020 | Diterbitkan Online : 31-10-2020

campuran beton perkerasan jalan kaku lalu lintas rendah.

2. Metode Penelitian

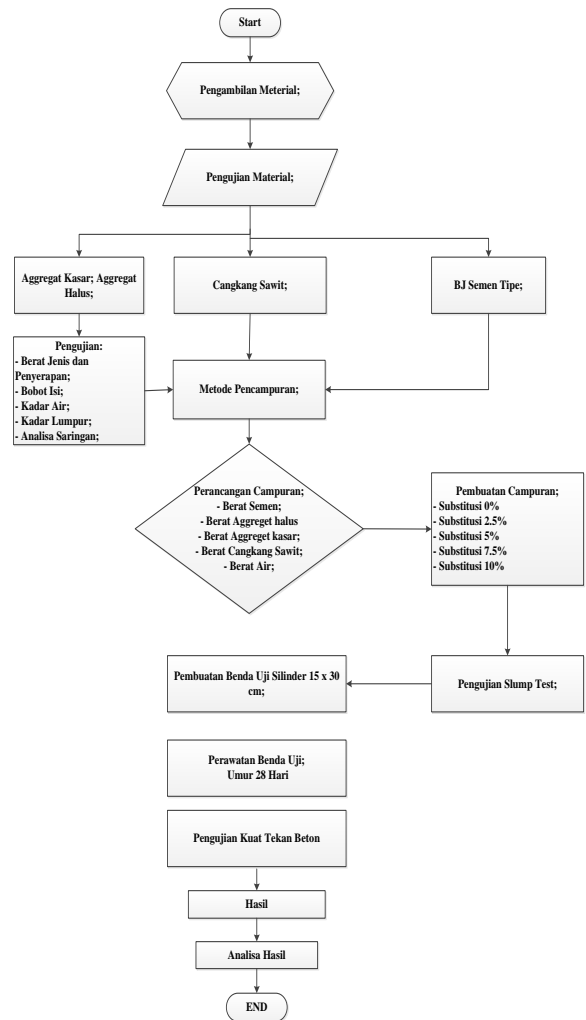
Pengujian pada penelitian ini dilaksanakan di laboratorium material jalan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang. Cangkang kelapa sawit tertahan pada saringan 4,75 mm dengan presentase CKS-0%,CKS-2,5%, CKS-5% dan CKS-10% dari berat agregat kasar1-2.

2.1. 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.

2.2. 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 [9], yang mana nantinya akan menghasilkan suatu komposisi akhir untuk mendapatkan kualitas mutu beton dimana kuat tekan rencana sebesar $f_c' 22$ MPa.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.3. 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

Informasi Artikel

2.4. 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.

3. Hasil

a. Hasil Pengujian Bahan

Hasil pengujian bahan campuran beton dapat dilihat pada Tabel.2 sampai Tabel.5 berikut :

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
BJ Semu	2.54	2.5 - 2.7
BJ SSD	2.35	2.5 - 2.7
BJ Kering	2.22	2.5 - 2.7
Penyerapan	5.60	≤ 5 %

Tabel 3. Hasil pengujian agregat kasar 1-2

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
BJ Semu	2.74	2.5 – 3.0
BJ SSD	2.65	2.5 - 3.0
BJ Kering	2.59	2.5 - 3.0
Penyerapan	2.07	≤ 3 %
Kekerasan	20.01	> 24%
Keausan	23.35	< 40%

Tabel 4. Hasil pengujian agregat kasar 2-3

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
BJ Semu	2.73	2.5 – 3.0
BJ SSD	2.64	2.5 - 3.0
BJ Kering	2.59	2.5 - 3.0
Penyerapan	1.99	≤ 3 %
Kekerasan	17.4	> 24%
Keausan	23.62	< 40%

Tabel 5. Hasil pengujian cangkang kelapa sawit

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
BJ Semu	1.46	2.5 – 3.0
BJ SSD	1.34	2.5 - 3.0
BJ Kering	1.08	2.5 - 3.0
Penyerapan	23.94	≤ 3 %
Kekerasan	3.25	> 24%
Keausan	5.6	< 40%

b. 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 6 berikut

Tabel 6. Hasil *Mix Design* pada f'c 22 MPa

N	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

3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan (f'c)

Hasil Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton

Variasi Cangkang (%)	Benda Uji	Kuat Tekan Beton (Mpa)
0	1	25.346
	2	23.802
	3	22.774
2.5	1	14.158
	2	13.436
	3	15.682

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 05-09-2020 | Selesai Revisi : 25-10-2020 | Diterbitkan Online : 31-10-2020

5	1	22.312
	2	20.45
	3	27.228
7.5	1	13.83
	2	21.25
	3	18.03
10	1	11.406
	2	12.922
	3	14.26

4. Pembahasan

a. 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%

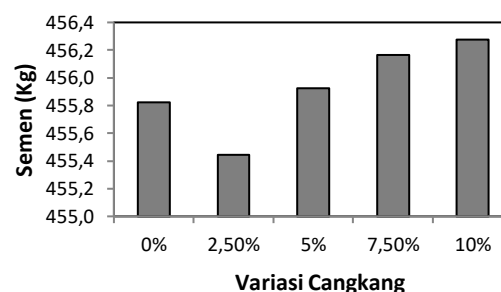
b. Analisa Kebutuhan Bahan Berdasarkan *Mix Design*

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:

1. Semen

Berdasarkan Gambar 2, terjadi peningkatan bahan semen sebesar 0.1% pada setiap

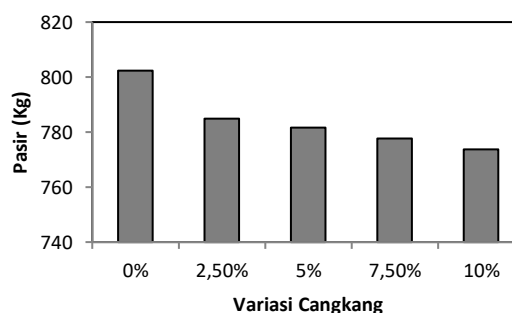
variasinya. Hal tersebut dikarenakan persentase cangkang kelapa sawit maka akan membuat berat beton semakin berkurang yang mengakibatkan meningkatnya jumlah kebutuhan bahan semen dalam campuran beton.



Gambar 2. Grafik kebutuhan bahan semen

2. 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.

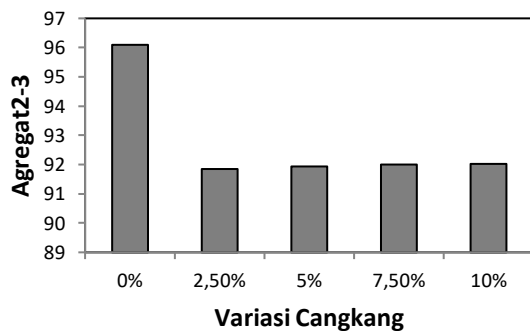


Gambar 3. Grafik kebutuhan bahan pasir.

Informasi Artikel

3. Agregat Kasar 2-3

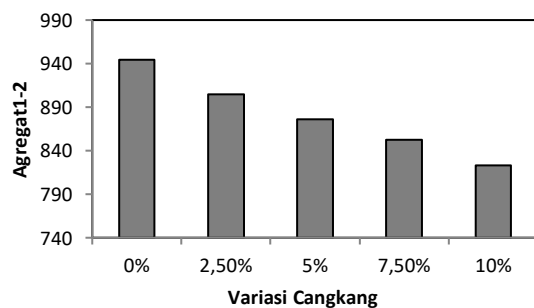
Berdasarkan Gambar.4 apabila persentase substitusi cangkang kelapa sawit ditingkatkan maka berat total kebutuhan bahan agregat 2-3 juga akan meningkat sebesar 0.1%. Hal ini dikarenakan nilai perbandingan persentase komposisi berat material hampir sama sedangkan total komposisi berat material yang dibutuhkan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



Gambar 4. Grafik kebutuhan bahan agregat 2-3.

4. 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.

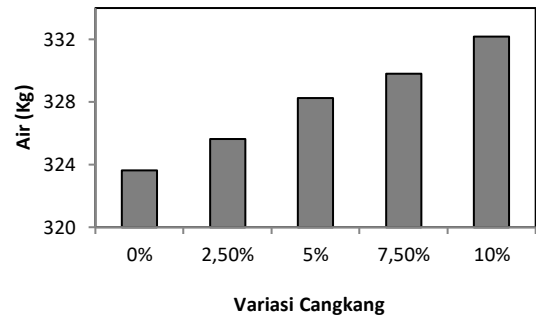


Gambar 5. Grafik kebutuhan bahan agregat 1-1

5. Air

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

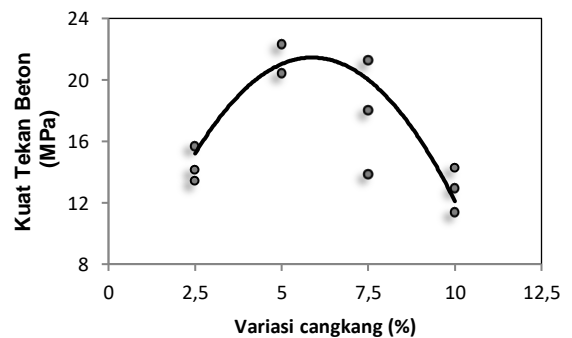
0.8%. Hal tersebut diakibatkan karena meningkatnya pori – pori dalam beton dikarenakan cangkang kelapa sawit memiliki tingkat daya serap yang tinggi sebagai material organik.



Gambar 6. Grafik kebutuhan bahan agregat 2-3.

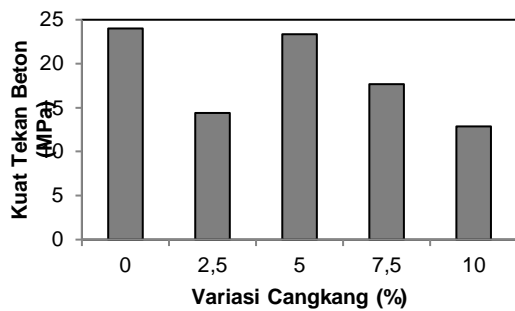
4.3 Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

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

Informasi Artikel



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 8. 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.8 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 [11] 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 dikarenakan 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 %..

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan ;

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_{cf}) sebesar 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_{cf} ;3,5 MPa).
3. Beton dengan menggunakan cangkang sawit (CKS-5%) dapat dijadikan sebagai alternatif agregat pengganti dengan mensubstitusikan sebagian di dalam agregat.
4. Dengan menggunakan cangkang kelapa sawit (CKS-5%) dapat mengurangi pemakaian agregat kasar ukuran 1-2

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 05-09-2020 | Selesai Revisi : 25-10-2020 | Diterbitkan Online : 31-10-2020

sebesar 69 Kg/m³ pada campuran beton atau sekitar 7.25 %..

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Politeknik Negeri Padang sebagai donatur atau yang mendanai penelitian ini (Dana DIPA 2020). Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

Daftar Rujukan

- [1] Anonim (2013) <http://www.cangkangkelapasawit.com/mengenai-cangkang-sawit/kegunaan-cangkang-sawit>
- [2] AASHTO (1998), *Standar Specifications For Transportation Materials and Method of Sampling and Testing*, Washington D.C.
- [3] ASTM, 1993, *Concrete And Aggregates, Annual Book Of ASTM Standard* Vol. 04.02, American Society For Testing And Materials, Philadelphia.
- [4] Ditjen Binamarga, 2016, *Spesifikasi Umum*, edisi 2018 revisi 3, Kementerian PU.
- [5] Hewes, L.I., 1942, *American Highway Practice*, Vol II, John Wiley & Sons Inc.
- [6] Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, Edisi Kedua, Andi, Yogyakarta.
- [7] Tim Laboratorium Politeknik Negeri Padang Teknik Sipil Prodi DIV PJJ , 2016, *Pedoman Praktikum Teknologi Beton*, Padang.
- [8] Suryawan Ari, 2009. *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, Yogyakarta: Betta Offset Yogyakarta
- [9] SNI 03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional.
- [10] SNI 03-1974-1990, 1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton* Badan Standarisasi Nasional.
- [11] SNI 8457 : 2017 , *Rancangan Tebal Jalan Beton Untuk Lalu Lintas Rendah*. Badan Standarisasi Nasional
- [12] Tjokrodimulyo., Kardioyono, 1992, *Teknologi Beton*. Biro Penerbit, Yogyakarta.
- [13] Pd T-14-2003, *Perencanaan perkerasan jalan beton semen*, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 05-09-2020 | Selesai Revisi : 25-10-2020 | Diterbitkan Online : 31-10-2020
