



Uji Karakteristik Campuran *Roller Compacted Concrete* Menggunakan *Fly Ash* dan *Coconut Fiber*

Militia Cristy Londa¹, Rilya Rumbayan², Seska Nicolaas³

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Jalan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado ¹

Program Studi Sarjana Terapan Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado ^{2,3}

Email : rilya.rumbayan@sipil.polimdo.ac.id

Abstrak

Roller-compacted concrete (RCC) adalah beton kering khusus dengan zero slump dan dipadatkan dengan peralatan yang sama yang digunakan untuk pengaspalan aspal. Penelitian ini berkaitan dengan pengaruh penggunaan fly ash dan sabut kelapa terhadap kuat tekan dan kuat lentur RCC. Penelitian ini menggunakan fly ash 12,5% sebagai pengganti semen dan variasi sabut kelapa dengan prosentase 0,1%, 0,2%, dan 0,3% dari berat isi beton sebagai bahan tambah dalam pembuatan RCC. Penelitian eksperimental ini dilakukan di laboratorium uji bahan, Politeknik Negeri Manado. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa campuran yang menggunakan 12.5% fly ash sebagai bahan substitusi semen dan serat sabut kelapa 0,1% dari berat isi beton sebagai bahan tambah mencapai nilai kuat tekan tertinggi sebesar 28,23 MPa pada umur 28 hari, dan nilai kuat lentur sebesar 6,88 MPa pada umur 28 hari. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa komposisi RCC yang dibuat memiliki potensi untuk digunakan sebagai perkerasan kaku dan komponen konstruksi jalan, dalam hal ini sebagai bagian trotoar dan bahu jalan.

Kata Kunci : fly ash, kuat lentur, kuat tekan, RCC, serabut kelapa

Abstract

Roller-compacted concrete (RCC) is a special dry concrete with zero slump and compacted with the same equipment used for asphalt paving. This study is related to the effect of the use of fly ash and coconut fiber on the compressive strength and flexural strength of RCC. This research uses 12.5% fly ash as a cement replacement and variations of coconut fiber which are 0.1%, 0.2%, and 0.3% by weight of concrete as an additional material in making RCC. This experimental study was conducted at materials laboratory, Manado State Polytechnic. Results from the study showed that a mixture using 0.1% coconut fiber by weight of concrete as an additional material reached the highest compressive strength value of 28.23 MPa at the age of 28 days, and the flexural strength value of 6.88 MPa at 28 days. It can be concluded that the composition of the RCC made has prospective to be used as rigid pavement dan as components of road construction, in this case as sidewalk part and road shoulder.

Kata Kunci : fly ash, flextural strength, compressive strength, RCC, coconut fiber



1. PENDAHULUAN

Beton merupakan komponen terpenting pada pekerjaan konstruksi contohnya pada konstruksi bangunan jalan, bendungan, dan trotoar. Beton dibuat dengan campuran bahan perekat (semen), agregat, dan air, dan biasanya campuran beton ini ditambahkan dengan bahan tambah. Bahan tambah yang biasanya digunakan sangat bervariasi yaitu bahan tambah kimia atau bahan tambah non-kimia seperti serat tumbuhan, serbuk tumbuhan pada perbandingan tertentu. Beton juga memiliki kelemahan salah satunya pada gaya tarik dan *plastic shrinkage* (penyusutan) yang dapat membuat beton retak, yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan pada beton. Hal tersebut menjadikan adanya biaya lebih untuk melakukan perbaikan jalan beton, dimana dampak lain yang juga ditimbulkan adalah terhambatnya lalu lintas karena proses pembangunan jalan beton memerlukan waktu cukup lama. Inovasi pada campuran beton sangat dibutuhkan agar kualitas semakin bermutu dan mengurangi sifat kelemahan beton.

Roller Compacted Concrete (RCC) adalah pengembangan baru yang mulai digunakan pada konstruksi perkerasan jalan dan bangunan bendungan. Perkerasan beton dibuat dengan cara dipadatkan menggunakan *roller*, dan campuran beton memiliki nilai slump nol (*zero slump*) ini menjadi salah satu karakteristik dari RCC (ACI 207.5R-11). Bahan penyusun RCC sama seperti beton konvensional yaitu bahan perekat (semen), pasir, kerikil, dan air. Proses penghamparan sama dengan penghamparan beton aspal, yaitu menggunakan *finisher* kemudian dipadatkan menggunakan *roller*. Beberapa kelebihan perkerasan RCC ini adalah lebih hemat biaya dan lebih cepat metode konstruksinya dibandingkan dengan beton biasa (Saragi, 2014).

Pada beberapa riset sebelumnya, komposisi RCC telah banyak divariasikan dengan menambahkan bahan mineral seperti *fly ash* (Babu, G., 2012) dan *silica fume* (Nanangkong R.A., 2021) untuk mendapatkan beton dengan daya tahan yang baik dan juga untuk mencegah kenaikan panas hidrasi yang berlebihan. Selain itu, terdapat beberapa riset terkait bahan konstruksi bangunan dengan penambahan bahan alam dalam komposisi beton seperti serat sabut kelapa (Rumbayan, R, dkk, 2017, 2020). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, maka Penulis tertarik untuk mengkombinasikan pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan substitusi semen dan serat sabut kelapa sebagai bahan tambah untuk RCC.

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisa nilai kuat tekan dan kuat lentur dari campuran RCC normal (**RNM**), RCC dengan *fly ash* (**RFA**) dan RCC dengan *fly ash* dan penambahan serat but kelapa (**RFS**), serta untuk menganalisa pengaruh substitusi *fly ash* dan penambahan serat kelapa pada karakteristik RCC berdasarkan nilai **kuat tekan** dan **kuat lentur** pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil riset ini diharapkan dapat memperoleh komposisi RCC yang optimal untuk aplikasinya sebagai perkerasan kaku dan komponen konstruksi jalan.

2. DASAR TEORI

Berdasarkan ACI 207.5R-11, RCC adalah beton yang dipadatkan dengan memakai alat pemadat *roller*. Menurut Saragi (2014), keuntungan *Roller Compacted Concrete* adalah dapat menghemat biaya, karena beton RCC lebih murah 25%-50% dari beton biasa; pengerjaannya juga lebih cepat dari beton biasanya; beton RCC dapat digunakan pada 3 hari setelah di cor dan dapat meminimalkan diversi dan *overtopping* penyebab keretakan jalan. Proses pemadatan RCC berbeda dengan proses pemadatan pada perkerasan kaku dimana untuk RCC pemadatan dilakukan secara eksternal (ekstra padat dengan alat khusus) karena campurannya relative kering yang dengan kadar air yang rendah sedangkan untuk campuran beton dengan perkerasan kaku yang merupakan beton plastis pemadatannya dilakukan secara internal.

Campuran beton normal disesuaikan dengan syarat *roller compacted concrete* pada ACI 325-10R-95 “*Report on Roller-Compacted Concrete Pavements*” yaitu campuran yang memiliki slump nol, faktor air semen rendah dan mengandung semen 208-356 kg/m³ maka dilakukan trial *mix* untuk mencari campuran yang memiliki slump nol. Peralatan yang digunakan untuk

campuran RCC relative sama dengan peralatan yang digunakan pada pekerjaan campuran beton aspal.

Bahan tambah (*admixture*) pada beton merupakan bahan yang ditambahkan sebelum atau selama pelaksanaan pengadukan/pencampuran. Fungsi dari bahan tambah yaitu untuk mengubah sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, penambahan *admixture* ini juga dapat menghemat biaya sesuai dengan kegunaannya. Ada dua jenis bahan tambah yang sering ditemui yaitu bahan tambah mineral dan bahan tambah kimiawi. Bahan tambah mineral (*additive*) adalah bahan tambah yang dapat meningkatkan kinerja beton, karena bahan mineral lebih cenderung mengikat. Bahan tambah mineral yakni antara lain *fly ash*, *silica fume*, *pozzolan*, dan *slag*. Keuntungan yang didapatkan dari penggunaan bahan tambah ini yaitu untuk memperbaiki workabilitas, mengurangi penyusutan, mempertinggi durabilitas, mempertinggi kekuatan beton, mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika, meningkatkan daya tahan beton terhadap serangan sulfat, dan mengurangi porositas (meningkatkan kepadatan beton). Selain memiliki kelebihan penambahan bahan tambah pada beton juga memiliki kekurangan yaitu apabila penambahannya terlalu banyak pada campuran akan menurunkan mutu dan kuat tekan dari beton itu sendiri. Bahan tambah kimiawi menurut SK SNI S-04-1989-F, adalah bahan kimia berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan dalam adukan beton, untuk memperoleh sifat-sifat khusus dalam pekerjaan beton, waktu pengerasan, waktu pengikatan, dan maksud lainnya.

Pemanfaatan serat sabut kelapa sebagai material konstruksi bangunan memiliki potensi yang dapat dikembangkan sebagai bahan tambah untuk campuran beton. Serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Serat yang dapat diekstraksi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diabstraksikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian. Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15-30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain (Sahrudin, 2016).

Berdasarkan kajian pustaka terkait topik riset ini, diperoleh beberapa penelitian yang relevan, diantaranya: Nanangkong (2021) meneliti tentang campuran RCC dengan *silica fume* didapati hasil kuat tekan dan kuat lentur untuk variasi 10% *silica fume* pada umur 28 hari adalah 30,33 MPa dan 5,07 MPa berturut-turut. Penelitian yang dilakukan oleh Hendriyanto (2011) tentang karakteristik mekanik beton padat rol dan diperoleh hasil kuat tekan untuk umur 28 hari dicapai sebesar 29,24 MPa. Kompresi diperlukan untuk mendapatkan beton berkualitas tinggi di RCC karena kemampuan kerja beton baru yang terbatas ketika digunakan. Selanjutnya ada penelitian yang dilakukan oleh Setiawati (2018) tentang *fly ash* sebagai semen pada beton memperoleh nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 12,5% *fly ash*, yaitu 404,03 kg/cm² pada umur 28 hari dengan presentase peningkatan 27,95%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rumbayan (2019) dengan tujuan penelitian untuk mengetahui sifat lentur, tekan, dan tarik beton yang menggunakan serat sabut kelapa serta mengetahui kadar serat yang memberikan hasil yang optimum didapatkan kuat tekan beton kontrol pada umur 28 hari adalah sekitar 23 MPa, sedangkan BS- 0,25 adalah 27,5 MPa. Kuat lentur beton kontrol sebesar 5 MPa sedangkan BS-0,25 sebesar 6 MPa. Untuk kuat tarik beton kontrol sebesar 3 MPa sedangkan BS-0,25 sebesar 2,5 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya serat 0,25% (berdasarkan berat total agregat) dalam beton memberikan peningkatan sekitar 19% dalam kekuatan tekan dan kuat lentur pada umur beton 28 hari.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Uji Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado. Riset ini dilakukan melalui beberapa pengujian yaitu pengujian karakteristik material, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat lentur beton. Metode pengujian ini merujuk pada SNI 03-2834-2000 "Tata Cara Pembuatan Beton Normal" dan disesuaikan dengan ACI 207.5R-99 "Roller-Compacted Mass

Concrete”. Untuk pengujian kuat tekan merujuk pada SNI 1974:2011 “Cara uji tekan beton dengan benda uji silinder” dan untuk kuat lentur merujuk pada SNI 4154-2014 “Metode uji kekuatan lentur beton menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat ditengah bentang”.

Material yang digunakan dalam riset ini adalah *fly ash* 12,5% sebagai pengganti semen dan sabut kelapa dengan prosentase 0,1%, 0,2%, dan 0,3% dari berat isi beton sebagai bahan tambah dalam pembuatan RCC.

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah persiapan bahan dan material yang digunakan dan dilanjutkan pemeriksaan karakteristik agregat. Hal ini untuk melihat kelayakan agregat untuk dapat digunakan pada campuran beton RCC dengan nilai slump nol (*zero slump*) seperti yang terlihat pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan pembuatan *mix design* untuk menentukan jumlah material yang akan digunakan untuk setiap jenis campuran RCC. Setelah itu dilanjutkan dengan pembuatan benda uji yang diuji kuat tekan dan kuat lentur pada 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.



Gambar 1. Slump nol

Adapun komposisi campuran dan kode campuran yang digunakan dalam riset ini seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi campuran RCC per m³

Kode Campuran	Jumlah material yang dibutuhkan (kg)					
	Semen	<i>Fly ash</i>	Pasir	Kerikil	Air	Serat sabut kelapa
RNM (RCC Normal)	350.00	0	753	1129.5	157.5	0
RFA (RCC dengan <i>fly ash</i> 12.5% substitusi semen)	306.25	43.75	753	1129.5	157.5	0
RFS0,10% (RCC dengan <i>fly ash</i> 12.5% substitusi semen dan serat sabut kelapa 0.10%)	306.25	43.75	753	1129.5	157.5	2.39
RFS0,20% (RCC dengan <i>fly ash</i> 12.5% substitusi semen dan serat sabut kelapa 0.20%)	306.25	43.75	753	1129.5	157.5	4.78
RFS0,30% (RCC dengan <i>fly ash</i> 12.5% substitusi semen dan serat sabut kelapa 0.30%)	306.25	43.75	753	1129.5	157.5	7.17

Jenis pengujian yang digunakan adalah pengujian kuat tekan pada 7, 14, dan 28 hari untuk kode campuran RNM, RFA, RFS0.10%, RFS0.20%, dan RFS0.30%. Benda uji yang digunakan adalah kubus ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm. Jumlah benda uji yang digunakan adalah 45 buah, dimana untuk setiap umur pengujian menggunakan 3 buah benda uji. Pengujian kuat tekan benda uji dianalisa berdasarkan Persamaan 1.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana,

f'_c = Kuat tekan (MPa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Selanjutnya, dilakukan proses pengujian kuat lentur pada 7, 14, dan 28 hari untuk kode campuran RNM, RFA, dan variasi campuran RFS yang paling optimum nilai kuat tekannya. Benda uji yang digunakan adalah balok ukuran 500 mm x 100 mm x 100 mm. Jumlah benda uji yang digunakan adalah 18 buah, dimana untuk setiap umur pengujian menggunakan 2 buah benda uji. Pengujian kuat lentur benda uji dianalisa berdasarkan Persamaan 2.

$$f_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (2)$$

Dimana,

f_{lt} = Kuat lentur (MPa),

P = Beban maksimum (N),

L = Panjang bentang diantara kedua balok tumpuan (mm),

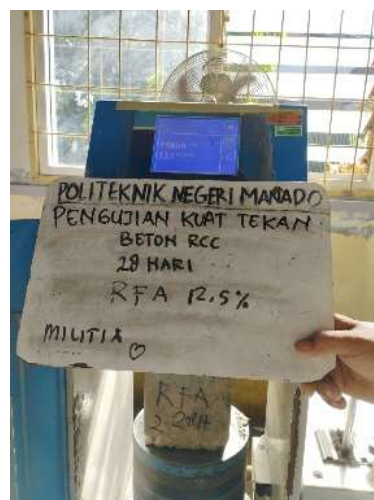
b = Lebar balok (mm),

h = Tinggi balok (mm).

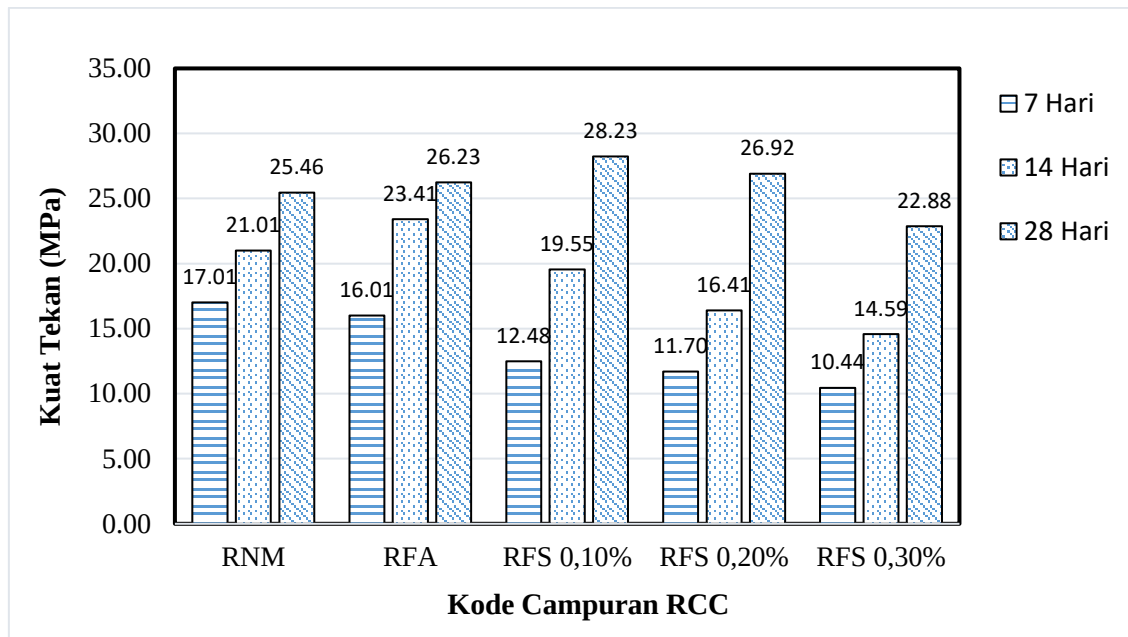
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin tekan dengan benda uji kubus (Gambar 2) pada umur 7, 14 dan 28 hari. Hasil yang didapat untuk variasi campuran RCC adalah seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Pengujian kuat tekan RCC



Gambar 3. Hasil kuat tekan campuran RCC

Terlihat pada Gambar 3 bahwa untuk campuran RCC normal (RNM) pada umur 7 hari memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 17.01 MPa, pada umur 14 hari memiliki nilai kuat tekan sebesar 21.01 MPa, dan pada umur 28 hari memiliki kuat tekan sebesar 25.46 MPa. Untuk jenis campuran RCC dengan *fly ash* (RFA) memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 16.01 MPa pada 7 hari, 23.41 MPa pada 14 hari, dan 26.23 MPa pada 28 hari. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa dengan menggantikan sebagian semen sebesar 12.5% dengan *fly ash* dapat meningkatkan nilai kuat tekan RCC pada umur beton 14 dan 28 hari. Hal ini dikarenakan oleh senyawa silika dan alumina yang terkandung dalam *fly ash* dapat mempercepat proses hidrasi yang berdampak pada kekuatan campuran RCC. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiawati (2018) bahwa penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti memberikan pengaruh pada beton, dimana peningkatan kekuatan beton tertinggi terjadi pada penggunaan *fly ash* 12,5%. Selain itu, dari hasil kuat tekan pada umur awal (7 hari) terlihat bahwa *fly ash* tidak menambah kekuatan tekan beton, hal ini dikarenakan oleh senyawa silika dan alumina dari *fly ash* belum mengikat sempurna pada umur awal beton. Dari hasil yang didapat, *fly ash* dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen yang ramah lingkungan karena merupakan limbah PLTU dan pemanfaatan *fly ash* sebanyak 12.5% dari berat semen berdampak pada nilai ekonomis dari produk yang dihasilkan.

Selanjutnya, untuk campuran RCC dengan *fly ash* dan penambahan serabut kelapa (RFS), jenis campuran RFS0.1% menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata paling tinggi (paling optimum) dari seluruh jenis campuran RFS, dimana sebesar 12.48 MPa pada umur 7 hari, 19.55 MPa pada umur 14 hari, dan 28.23 MPa pada umur 28 hari. Jenis campuran RFS0.2% menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11.70 MPa pada umur 7 hari, 16.41 MPa pada umur 14 hari, dan 26.92 MPa pada umur 28 hari. Jenis campuran RFS0.3% menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata paling rendah dari seluruh jenis campuran RFS, dimana 10.44 MPa pada umur 7 hari, 14.59 MPa pada umur 14 hari, dan 22.88 MPa pada umur 28 hari. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa penambahan serat sabut kelapa dalam campuran RCC tidak signifikan berpengaruh pada kuat tekan campuran RCC. Hal ini dikarenakan oleh nilai penyerapan air oleh serat sabut kelapa dapat berdampak pada kinerja beton (Rumbayan, 2019). Selain itu, penambahan persentase sabut kelapa dalam campuran menyebabkan menurunnya kekuatan tekan RCC. Dari hasil yang didapat, variasi campuran RFS0.1% dapat diaplikasikan pada perkerasan kaku (*rigid pavement*) karena memenuhi syarat kekuatan tekan yaitu lebih besar dari 28 MPa. Selain itu, berdasarkan hasil kuat tekan dari semua jenis campuran RCC

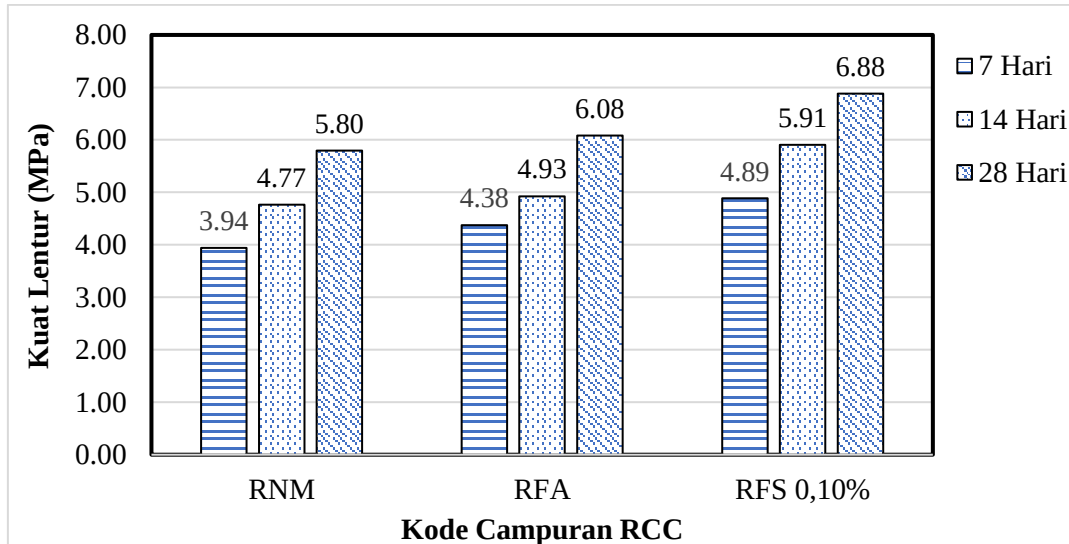
yang dibuat memenuhi syarat beton mutu sedang dan dapat digunakan sebagai komponen konstruksi jalan, dalam hal ini sebagai bagian trotoar dan bahu jalan.

4.2 Hasil pengujian kuat lentur

Pengujian kuat lentur campuran RCC dilakukan menggunakan mesin kuat tekan dengan perletakan satu beban terpusat ditengah bentang seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pengujian kuat lentur dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari untuk masing-masing jenis campuran RNM, RFA, dan RFS0.10% (jenis campuran yang nilai kuat tekannya paling tinggi). Hasil pengujian kuat lentur campuran RCC telah dituangkan dalam Gambar 5.



Gambar 4. Pengujian kuat lentur RCC



Gambar 5. Hasil kuat lentur campuran RCC

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa pencapaian nilai kuat lentur pada umur 28 hari untuk jenis campuran RNM sebesar 5.8 MPa, untuk jenis campuran RFA sebesar 6.08 MPa, dan untuk jenis campuran RFS0.1% mencapai 6.88 MPa. Berdasarkan hasil ini, maka jenis campuran RFS 0.1% memiliki nilai kuat lentur rata-rata tertinggi dibandingkan dengan jenis campuran RNM dan RFA. Hal ini dikarenakan penambahan serabut kelapa pada campuran RCC dapat memperbaiki kuat lentur beton. Dari hasil yang didapat, variasi campuran RFS0.1% dapat diaplikasikan pada perkerasan kaku karena memenuhi syarat kekuatan lentur yang disyaratkan oleh ACI yaitu lebih besar dari 2.75 MPa.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil riset diperoleh nilai kuat tekan rata-rata untuk jenis campuran RCC dengan penambahan serabut kelapa (RFS) 0.1%, 0.2%, dan 0.3% dari berat isi beton masing-masing adalah 28.23 MPa, 26.92 MPa, dan 22.88 MPa dimana nilai kuat tekan RFS0.1% lebih tinggi dibandingkan dengan campuran RCC normal (RNM) dan campuran RCC dengan *fly ash* (RFA). Dari hasil yang didapat, jenis campuran RFS0.1% dapat diaplikasikan pada perkerasan kaku karena memenuhi syarat ACI terkait kekuatan tekan yaitu lebih besar dari 28 MPa. Selain itu, berdasarkan hasil kuat tekan dari semua jenis campuran RCC yang dibuat memenuhi syarat beton mutu sedang dan dapat digunakan sebagai komponen konstruksi jalan, dalam hal ini sebagai bagian trotoar dan bahu jalan. Berdasarkan hasil nilai kuat lentur rata-rata diperoleh bawah jenis campuran RFS0.1% yang menggunakan 12.5% *fly ash* sebagai bahan substitusi semen dan serat sabut kelapa 0,1% dari berat isi beton sebagai bahan tambah memiliki nilai yang paling tinggi sebesar 6.88 MPa dibandingkan dengan jenis campuran RNM dan RFA. Dari hasil yang didapat, jenis campuran RFS0.1% dapat diaplikasikan pada perkerasan kaku karena memenuhi kekuatan lentur yang disyaratkan oleh ACI yaitu lebih besar dari 2.75 MPa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium dan Teknisi Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado yang telah mendukung penulis dalam melakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI, 207.5R-11, (2011). Report on Roller-Compacted Mass Concrete.
- ACI 325.10R-95, (1995). Report on Roller-Compacted Concrete Pavements.
- Adrian, P. M., Sumajouw, M. D.J., Windah, R.S., (2015). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. Jurnal Sipil Statik Vol 3, No 11.
- Babu, G., & Yerramala, A. (2012). Strength properties of high workable and high volume fly ash roller compacted concrete. Journal of Engineering Research and Studies, 3(3), 11-17.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia, (1989). Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). SK SNI S-04-1989-F. Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia. Bandung.
- Hendriyanto, S., (2012). Kajian Karakteristik Mekanik Roller Compacted Concrete (RCC) Sebagai Bahan Perkerasan Jalan. Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung, 15(2), 121-130.
- Nanangkong R.A., (2021). Skripsi Pengaruh Pemanfaatan Silica Fume Terhadap Karakteristik Campuran Roller Compacted Concrete". Politeknik Negeri Manado.
- Rumbayan, R., Sudarno, & Ticoalu, A., (2017). An investigation on the mechanical properties of concrete containing North-Sulawesi's coir fibre, The 2017 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM17). http://www.i-asem.org/publication_conf/asem17/1.SM/W4A.6.SM1112_4497F1.pdf
- Rumbayan, R., & Ticoalu, A., (2019). A study into flexural, compressive and tensile strength of coir-concrete as sustainable building material. In MATEC Web of Conferences (Vol. 258, p. 01011). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201925801011>
- Rumbayan, R., Sudarno, & Ticoalu, A., (2020). The Development of Coir- Concrete Blocks Aslightweight Construction Material. In International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (Vol. 9, Issue 3, pp. 924–927). Blue Eyes Intelligence Engineering and Sciences Engineering and Sciences Publication - BEIESP. <https://doi.org/10.35940/ijitee.c7970.019320>

- Rumbayan, R., & Sudarno, S., (2020). Kuat Tekan, Kuat Lentur dan Daya Serap Air untuk Batako dengan Penambahan Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 2(3), 48-57. <http://dx.doi.org/10.47600/jtst.v2i3.255>
- Sahrudin, Nadia. (2016)., Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Konstruksia* Vol .7, No 2. <https://doi.org/10.24853/jk.7.2.%25p>
- Saragi, Y. (2014)., Tinjauan Perkerasan Beton (Rigid Pavement) Dengan RCC (Roller Compacting Concrete). *Jurnal Teknik Nommensen*. Vol 2, Mei 2014.
- Setiawati, M., (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556>
- SNI 03-2834-2000. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- SNI 1974-2011. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder.
- SNI, 2847:2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- SNI 4154 : 2014. (2014). Metode Uji Kekuatan Lentur Beton (Menggunakan Balok Sederhana Dengan Beban Terpusat Di Tengah Bentang).
- Suhendra, (2017). Kajian Hubungan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur. *Journal Ciivronlit Universitas Batanghari* 2(2): 54–63. <http://dx.doi.org/10.33087/civronlit.v2i1.15>