

Pengaruh Substitusi Abu Terbang PLTU Amurang Terhadap Campuran *Roller Compacted Concrete*

Rifaldi Olii¹, Fery Sondakh², Teddy Takaendengan³

D-IV Teknik Jalan Jembatan, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Kota Manado^{1,2,3}

E-mail: rifaldiolii60@gmail.com

Abstrak

Roller Compacted Concrete atau beton padat giling adalah campuran beton yang memiliki slump nol dengan factor air semen rendah, beton yang dipadatkan dengan menggunakan alat pemadat roller ini ditambahkan fly ash yang merupakan pozzolan, pozzolan adalah bahan tambah yang mengandung senyawa silica dan aluminium yang mana senyawa ini banyak terkandung pada semen (bersifat mengikat). Tujuan ditambakkannya fly ash pada campuran ini untuk mencegah terjadinya panas hidrasi yang berlebih dari semen serta sebagai penyedia agregat yang kurang dari ayakan no. 200 untuk memenuhi kebutuhan pasta serta dapat meningkatkan workability (kemudahan pekerjaan).

Perencanaan campuran beton berpedoman pada SNI 03-2834-2000 "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal" dan disesuaikan pada ACI 207.5R-99 "Roller-Compacted Mass Concrete". Kuat tekan beton yang diisyaratkan sebesar 25 MPa dengan umur pengujian 7, 14 dan 28 hari menggunakan benda uji kubus dan balok serta pematatannya disimulasikan menggunakan alat pemadat standard proctor.

Hasil pengujian kuat tekan beton RCC Normal sebesar 25,45 MPa dan didapati hasil optimal berada pada variasi 15% fly ash dengan nilai kuat tekan sebesar 26,65 MPa pada umur pengujian 28 hari dan untuk hasil kuat lentur didapati pada variasi RCC Normal sebesar 6,24 MPa dan variasi 15% fly ash sebesar 6,59 MPa pada umur 28 hari.

Kata kunci : RCC, abu terbang, kuat tekan, kuat lentur

Abstract

Roller Compacted Concrete or milled solid concrete is a mixture of concrete that has zero slump with a low cement water factor, concrete that is compacted using a roller compactor is added with fly ash which is a pozzolan, pozzolan is an added material that contains silica and aluminum compounds which are these compounds. a lot of content in cement (binding). The purpose of adding fly ash to this mixture is to prevent excessive heat of hydration from the cement and as a provider of aggregate that is less than sieve no. 200 to meet the needs of pasta and can increase workability (ease of work).

Concrete mix planning is based on SNI 03-2834-2000 "Procedures for making normal concrete mix plans" and adjusted to ACI 207.5R-99 "Roller-Compacted Mass Concrete". The required compressive strength of concrete is 25 MPa with a test age of 7, 14 and 28 days using cube and beam specimens and the compaction is simulated using a standard proctor compactor.

The results of testing the compressive strength of normal RCC concrete are 25.45 MPa and the optimal results are found to be in the variation of 15% fly ash with a compressive strength

value of 26.65 MPa at a test age of 28 days and for the results of the flexural strength found in the Normal RCC variation of 6, 24 MPa and 15% fly ash variation of 6.59 MPa at the age of 28 days.

Keywords : *RCC, fly ash, compressive strength, flexural strength*

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan penyusunnya yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen *portland*, air dan bahan tambah (mineral dan kimia). Perkerasan beton memiliki kelemahan terhadap gaya tarik yang dapat menyebabkan retak pada beton sehingga dapat memperpendek umur beton yang berdampak pada terganggunya lalu lintas diakibatkan perbaikan yang memerlukan waktu yang lama. Maka dari pada itu diperlukan inovasi lain dari beton agar dapat memperbaiki mutu beton tersebut. Salah satu inovasi yang mulai dikembangkan pada konstruksi jalan yaitu perkerasan beton *Roller Compacted Concrete* (RCC). RCC merupakan beton yang dipadatkan dengan menggunakan alat pemadatan *roller*. Perbedaan RCC dengan beton biasa terletak pada konsistensi adukan. Campuran beton harus cukup kering untuk mencegah alat pemadat tenggelam agar konsolidasi menjadi efektif, tetapi juga harus cukup basah agar mortar terdistribusi merata selama pengadukan dan pemadatan. RCC untuk perkerasan jalan termasuk kedalam jenis perkerasan kaku (*rigid*). Perbedaan dengan beton normal yaitu tanpa menggunakan *joint, dowel, tie bar*, atau baja tulangan. Pemadatan RCC menggunakan *roller* sebagai pemadat dengan nilai slump nol (Sampurno, 2019).

Saat ini di Sulawesi Utara, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Amurang merupakan perusahaan listrik negara yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Limbah dari hasil pembakaran ini salah satunya berupa abu terbang. Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah hasil pembakaran batu bara yang mempunyai sifat seperti *pozzolan*, *pozzolan* adalah bahan utama yang penyusunnya terdiri dari *silica* (SiO_2), dan *aluminium* (Al_2O_3) yang mana senyawa ini banyak terkandung pada semen dan bersifat mengikat.

Rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini yaitu pertama bagaimana proporsi campuran RCC dengan bahan tambah *fly ash* sebagai substitusi semen berdasarkan hasil kuat tekan dan lentur pada umur 7, 14, dan 28 hari? dan kedua bagaimanakah kuat tekan dan lentur dari desain campuran RCC berdasarkan hasil kuat tekan dan lentur pada umur 7,14 dan 28 hari? dari hasil rumusan masalah yang diambil sehingga dikaji tujuan dari penelitian ini yaitu : untuk mendapatkan komposisi campuran RCC dengan menggunakan *fly ash* sebanyak 10%, 15% dan 20% sebagai substitusi sebagian semen ditinjau terhadap hasil kuat tekan pada umur 7, 14 dan 28 hari dan untuk menginvestigasi pengaruh penggunaan *fly ash* terhadap kuat lentur ditinjau dari hasil kuat tekan yang paling optimal.

Menurut penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Hendriyanto (2011) Kuat tekan yang di dapati penelitiannya sebesar 29,247 MPa dengan umur pengujian selama 28 hari. apabila dibandingkan dengan menggunakan penelitian terdahulu menggunakan perbandingan komposisi yang hampir sama maka hasil kuat tekan yang diisyaratkan memenuhi yaitu 20 sampai dengan 35 MPa (Megapascal). Maka dengan itu, Jika dibandingkan dengan menggunakan perkerasan beton pada umumnya (konvensional) hasil kuat tekan serta lentur yang didapatkan buat RCC mempunyai kuat tekan dengan nilai yang tinggi. Dengan slump nol yang dipakai pada campuran

RCC maka kemudahan pekerjaan (*workability*) campuran betonnya sangat rendah, oleh karena itu diperlukannya pemadatan agar mendapatkan mutu beton yang baik.

Menurut Jurnal yang di tulis oleh Saragi (2014) agar konsolidasi menjadi efektif, campuran beton haruslah cukup kering untuk mencegah alat pemadat tenggelam, tetapi juga harus cukup basah agar mortar terdistribusi merata selama pengadukan dan pemadatan. RCC dipertimbangkan untuk aplikasi dimana pada saat pengangkutan dan dihamparkan dalam keadaan no-slump.

2. METODE PENELITIAN

Tempat pelaksanaan penelitian berada di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado dan waktu penelitian dilakukan selama kurang lebih 4 bulan.

Jenis dan metode penelitian yang diambil yaitu metode Eksperimental Laboratorium yang dilakukan melalui beberapa pengujian di laboratorium yaitu pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton. Pada komposisi campuran beton *Roller Compacted Concrete* ditambahkan Abu terbang sebagai bahan substitusi sebagian semen dengan variasi campuran RCC – NORMAL, RCC – FA 10%, RCC- FA 15% dan RCC – FA 20% dari berat semen. Jenis data yang diperlukan meliputi data pengujian karakteristik material (abrasi, berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur, berat isi, dan gradasi) pengujian kuat tekan dan pengujian kuat lentur.

Tabel 2.1 Prosentase Campuran RCC

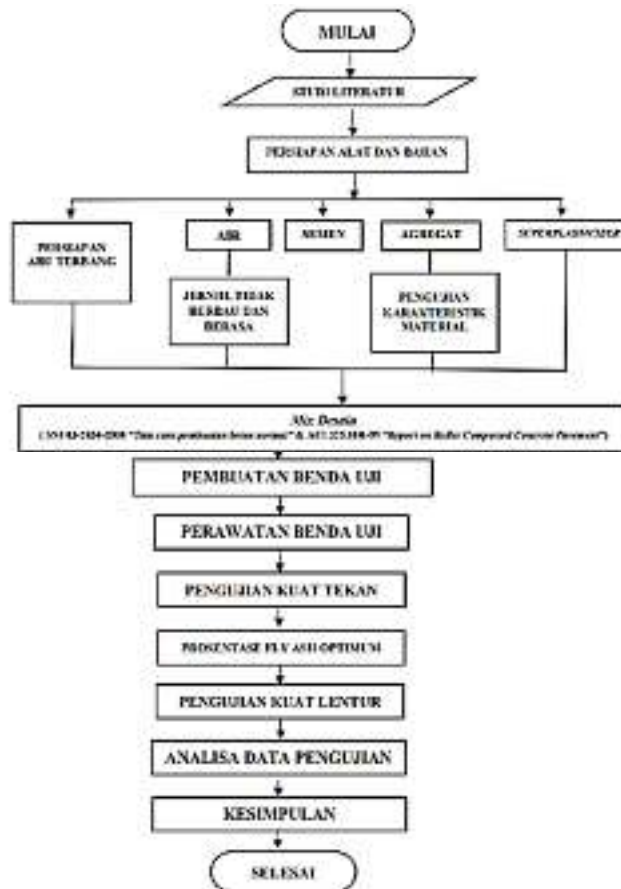
Kode Campuran	Prosentase Campuran (%)	
	Semen	<i>Fly Ash</i>
RCC - Normal	100	0
RCC - FA 10%	90	10
RCC - FA 15%	85	15
RCC - FA 20%	80	20

Keterangan :

- RCC – NORMAL : Campuran *Roller Compacted Concrete* Normal
- RCC – FA 10% : Campuran RCC dengan 10% *fly ash* dari berat semen.
- RCC – FA 15% : Campuran RCC dengan 15% *fly ash* dari berat semen.
- RCC – FA 20% : Campuran RCC dengan 20% *fly ash* dari berat semen.

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Abu Terbang dari PLTU Amurang
2. Semen merek Tonasa tipe PCC (Portland Composite Cemen)
3. Air dari Laboratorium uji bahan Politeknik Negeri Manado
4. Agregat kasar (batu pecah) dengan ukuran maksimal 20 mm yang diperoleh dari *quarry* Kema
5. Agregat halus (pasir sungai) dari Amurang
6. *Superplasticizer concrete additive* dari PT. Sika



Gambar 2. 1 Bagan Alir Penelitian

2.1 Pengujian Kuat Tekan

Pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan (*compression testing machine*). Perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat pada Persamaan berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

- $f'c$ = Kuat tekan beton (MPa),
- P = Beban (N)
- A = luas penampang benda uji (mm²).

2.2 Pengujian Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Perhitungan kuat lentur dapat dilihat pada Persamaan berikut.

$$f_{1t} = \frac{3Pl}{2bd^2} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- f_{1t} = Kuat Lentur (MPa),

- P = Beban maksimum (N),
 l = Panjang bentang di antara kedua balok tumpuan (mm)
 b = Lebar Balok (mm)
 d = Tinggi Balok (mm)

2.3 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran beton *Roller Compacted Concrete* berpedoman pada SNI 03-2834-2000 “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal” yang mana diambil mutu beton sedang sebesar 25 MPa kemudian campuran disesuaikan dengan syarat RCC berdasarkan ACI 207.5R-99 “*Roller-Compacted Mass Concrete*” 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.

Dari hasil *mix desain* kemudian dibuat sampel untuk pengujian kuat tekan dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm dan untuk pengujian kuat lentur diambil dari hasil kuat tekan normal dan kuat tekan dengan variasi campuran *fly ash* yang paling optimum dengan ukuran benda uji 50 cm x 10 cm x 10 cm.

Tabel 2.2 Jumlah Benda Uji Kuat Tekan

Kode Campuran	Jumlah Benda Uji Kuat Tekan		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
RCC - NORMAL	3	3	3
RCC - FA 10%	3	3	3
RCC - FA 15%	3	3	3
RCC - FA 20%	3	3	3
Total		36	

Tabel 2.3 Jumlah Benda Uji Kuat Lentur

Kode Campuran	Jumlah Benda Uji Kuat Lentur		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
RCC - NORMAL	3	3	3
RCC HASIL OPTIMUM	3	3	3
Total		18	

Untuk pemadatan beton RCC disimulasikan menggunakan *standard proctor* dengan pemadatan dibagi menjadi 3 lapis yang mana setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali. Setelah dilakukan pembuatan sampel kemudian dilakukan perawatan dengan metode *curing* (perendaman) dengan umur pengujian 7, 14 dan 28 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Material

Setelah dilakukan beberapa pengujian karakteristik material seperti pengujian abrasi, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus, pengujian analisa saringan agregat, pengujian berat isi, pengujian kadar air dan pengujian kadar lumpur di dapat hasil pengujian seperti yang tetera pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Hasil Karakteristik Material

No	Jenis Pengujian	Satuan	Material			
			Pasir	Batu (5-10)	Batu (10-20)	
1	Keausan (Abrasi)	(%)	-	-	16,08	
		<i>Bulk</i>	gr/cm ³	2,473	2,619	2,637
2	Berat Jenis dan Penyerapan	<i>SSD</i>	gr/cm ³	2,491	2,639	2,656
		<i>Apparent</i>	gr/cm ³	2,519	2,671	2,688
		Penyerapan	(%)	0,731	0,742	0,716
3	Analisa Saringan Agregat	-	Gradasi Zona 2			
4	Berat Isi	Padat	gr/cm ³	1,309	1,352	1,444
		Lepas	gr/cm ³	1,150	1,240	1,326
5	Pengujian Kadar Air	(%)	1,306	1,306	1,706	
6	Pengujian Kadar Lumpur	(%)	1,694	2,053	1,875	

3.2 Campuran Roller Compacted Concrete

Kebutuhan material yang digunakan untuk campuran RCC per m³ kubik dirangkum pada tabel 3.2 dibawah.

Tabel 3.2 Komposisi Campuran RCC Per m³

Kode Campuran	Jumlah Material Yang dibutuhkan (Kg)					
	Semen	Fly Ash	Kerikil	Pasir	Air	Superplastizicer
RCC - NORMAL	350	0	1045	855	140	0,75
RCC - FA 10%	315	35	1045	855	140	0,75
RCC - FA 15%	297,5	52,5	1045	855	140	0,75
RCC - FA 20%	280	70	1045	855	140	0,75

Hasil *mix desain* di atas berpedoman pada SNI 03-2834-2000 “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal” dan menyesuaikan dengan syarat ACI 207.5R-99 “Roller-Compacted Mass Concrete” diambil semen 350 kg/m³ dan factor air semen 0.4. Penggunaan bahan tambah kimia (*superplastizicer*) digunakan agar dapat mempermudah pekerjaan selama

pemadatan dikarenakan sifat dari campuran RCC yang nilai slumpnya sangat rendah. Penggunaan bahan tambah ini optimal digunakan pada komposisi 0,75 dari berat semen.

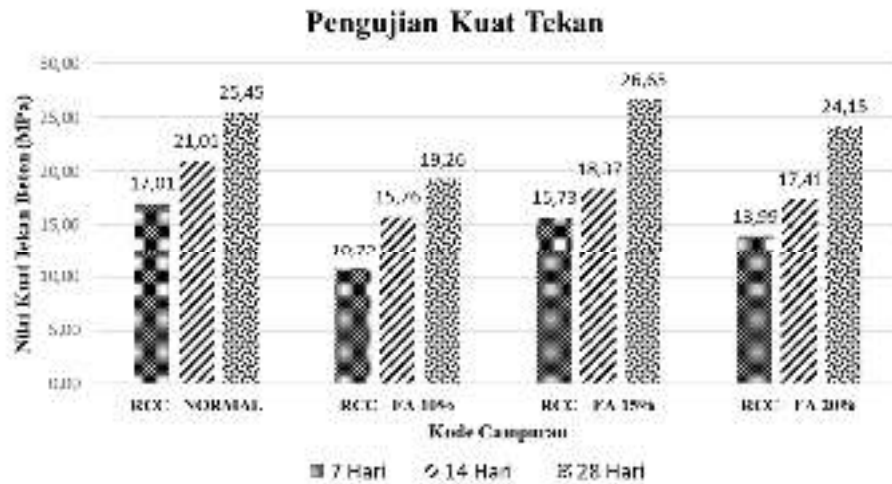
3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton RCC dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari dengan komposisi campuran normal, RCC *fly ash* 10%, RCC *fly ash* 15% dan RCC *fly ash* 20%. Hasil yang diperoleh dari mesin kuat tekan adalah satuan kgf (kilogram) untuk beban maksimum dan kgf/cm² (kilogram-sentimeter persegi) untuk hasil yang telah dihitung dengan penampang benda uji kubus. berikut ini seluruh hasil pengujian kuat tekan beton RCC.

Dari hasil yang didapat pada pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, dilakukan konversi untuk memperoleh nilai kuat tekan yang setara dengan benda uji silinder (*f'c*).

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Kode Campuran	Komposisi Abu Terbang (Fly Ash)	Kuat Tekan Beton 7 Hari	Rata-Rata (MPa)	Kuat Tekan Beton 14 Hari	Rata-Rata (MPa)	Kuat Tekan Beton 28 Hari	Rata-Rata (MPa)
RCC - NORMAL	Fly Ash 0%	16,89	17,01	20,45	21,01	25,13	25,45
		16,12		21,59		26,11	
		18,01		20,98		25,13	
RCC - FA 10%	Fly Ash 10%	10,07	10,72	13,65	15,76	19,84	19,26
		9,18		18,10		18,62	
		12,90		15,52		19,32	
RCC - FA 15%	Fly Ash 15%	13,23	15,73	16,46	18,37	27,36	26,65
		17,84		18,19		26,65	
		16,12		20,45		25,93	
RCC - FA 20%	Fly Ash 20%	14,42	13,99	17,84	17,41	25,22	24,15
		13,40		18,79		23,18	
		14,16		15,61		24,06	



Gambar 3.1 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan

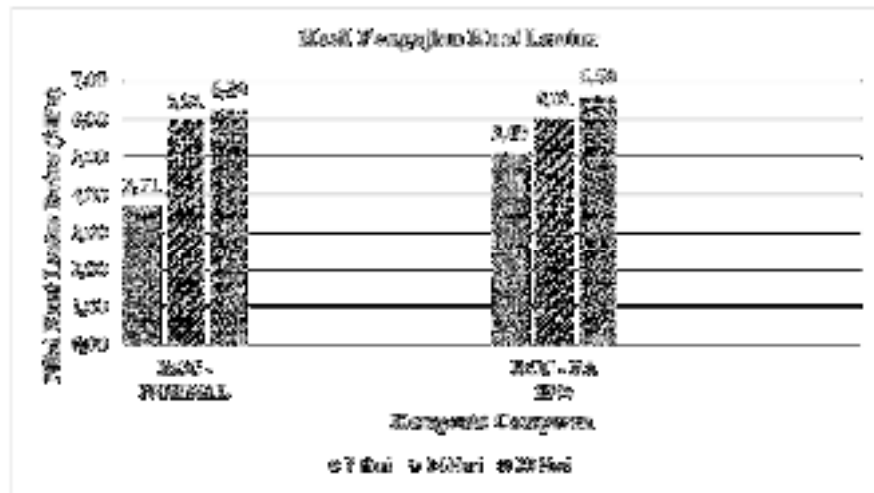
Berdasarkan Tabel 3.3 diatas dilihat bahwa nilai rata – rata yang di dapat pada pencapaian beton umur 28 hari dengan variasi RCC – normal sebesar 25,45 MPa, RCC -*fly ash* 10% sebesar 19,26 MPa, RCC – *fly ash* 15% sebesar 26,65 MPa, dan RCC– *fly ash* 20% sebesar 24,15 MPa. Dari Gambar 2.2 diatas, hasil optimum campuran *roller compacted concrete* berada pada variasi dengan substitusi *fly ash* sebesar 15% pada umur 28 hari.

3.4 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pada pengujian kuat lentur dilakukan pada saat sampel beton berumur 7, 14 dan 28 hari dengan membandingkan hasil komposisi normal RCC dan hasil optimal campuran *fly ash* berdasarkan nilai optimal kuat tekan yang diperoleh pada umur 28 hari dan dalam penelitian ini diperoleh nilai optimal pada substitusi *fly ash* sebesar 15%. Adapun hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Kode Campuran	Komposisi <i>Fly Ash</i>	Kuat Lentur Beton 7 Hari		Kuat Lentur Beton 14 Hari		Kuat Lentur Beton 28 Hari	
		Hasil (MPa)	Rata- Rata (MPa)	Hasil (MPa)	Rata- Rata (Mpa)	Hasil (MPa)	Rata- Rata (MPa)
RCC - NORMAL	<i>Fly Ash</i> 0%	3,26		5,78		5,07	
		4,81	3,71	5,79	5,91	6,68	6,24
		3,06		6,16		6,98	
RCC - FA 15%	<i>Fly Ash</i> 15%	3,75		5,98		7,61	
		6,05	5,09	5,66	6,01	6,73	6,59
		5,48		6,38		5,42	

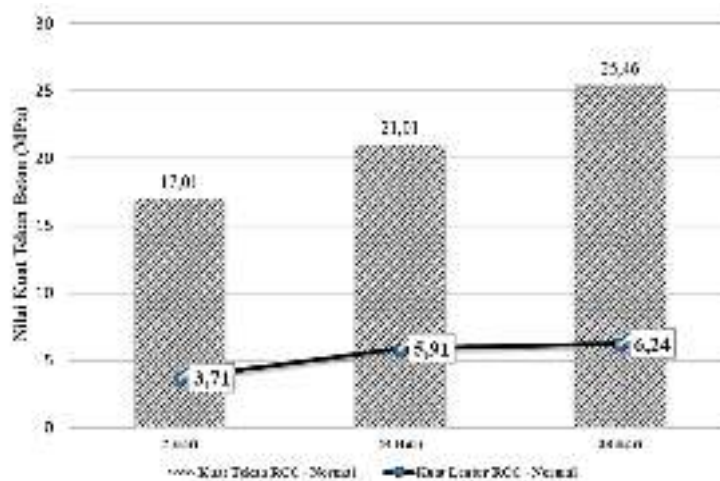


Gambar 3.2 Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur

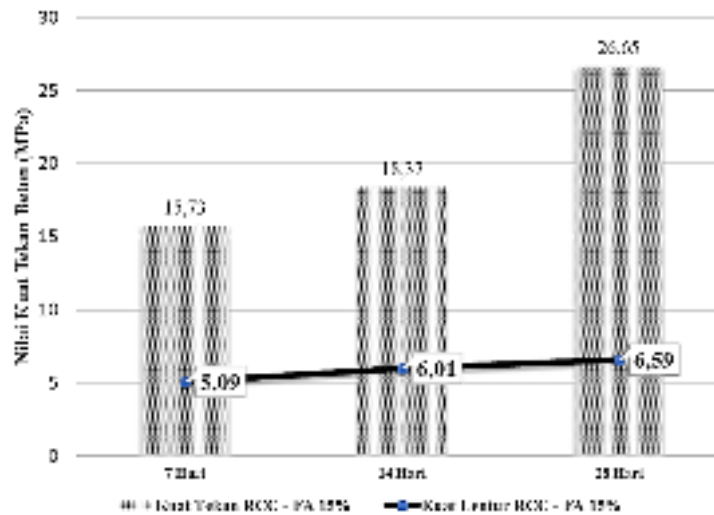
Dalam grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai capaian kuat lentur RCC pada umur 28 hari mengalami kenaikan pada variasi substitusi *fly ash* sebanyak 15%. Campuran RCC normal memiliki capaian kuat lentur rata-rata sebesar 6,24 MPa dan untuk variasi substitusi *fly ash* 15% memiliki capaian kuat lentur sebesar 6,59 MPa. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan *fly ash* sebesar 15% dapat meningkatkan kekuatan pada awal pengujian beton RCC.

3.5 Korelasi Antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur Umur 28 Hari

Berdasarkan hasil kuat tekan dan kuat lentur yang diperoleh, dapat diuraikan antara pengujian kuat tekan dan pengujian kuat lentur pada beton RCC normal dan komposisi campuran *fly ash* RCC 15%, seperti yang ada dalam grafik berikut.



Gambar 3.3 Korelasi antara nilai kuat tekan dan kuat lentur RCC – Normal



Gambar 3.4 Korelasi antara nilai kuat tekan dan kuat lentur RCC – FA 15%

Berdasarkan kedua grafik yang ada dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kekuatan tekan beton sejalan dengan kekuatan lentur. Peningkatan kuat tekan beton dan kuat lentur beton yang terjadi harus memiliki sifat berbanding lurus yakni jika kekuatan tekan beton naik maka kuat lentur beton juga naik karena beton harus mampu menahan beban tekan dan juga beban tarik lentur Suhendra (2017).

4. KESIMPULAN

1. Pengujian kuat tekan beton di dapati hasil RCC – Normal pada umur 7 hari rata – rata sebesar 17,01 MPa, umur 14 hari sebesar 21,01 MPa dan umur 28 hari sebesar 25,45 MPa. Pada variasi RCC – FA 10% diumur pengujian 7 hari didapati hasil rata-rata sebesar 10,72 MPa, umur 14 hari sebesar 15,76 MPa, dan umur 28 hari sebesar 19,26 MPa. Pada variasi RCC – FA 15% diumur pengujian 7 hari didapati hasil rata-rata sebesar 15,73 MPa, umur 14 hari sebesar 18,37 MPa dan umur 28 hari sebesar 26,65 MPa. Variasi RCC – FA 20% didapati hasil rata -rata pada umur 7 hari sebesar 13,99 MPa , umur 14 hari sebesar 17,41 MPa dan umur 28 hari sebesar 24,15 MPa.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur beton RCC – Normal dan variasi optimum dari hasil pengujian kuat tekan didapat pada variasi RCC – FA 15%. Untuk hasil RCC – Normal pada pengujian diumur 7 hari rata-rata sebesar 3,71 MPa, umur 14 hari sebesar 5,91 MPa dan umur 28 hari sebesar 6,24 MPa. Untuk variasi RCC – FA 15% didapat hasil pada pengujian 7 hari sebesar 5,09 MPa, pada umur 14 hari sebesar 6,01 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 6,59 MPa.
3. Dari hasil penelitian, didapati hasil optimum berada pada variasi 15% penggunaan *fly ash* sebagai substitusi semen hal ini dikarenakan kandungan kimia yang terkandung pada *fly ash* mampu melekat sempurna dengan semen dan yang bersifat mengikat. Pada penelitian ini juga dapat disimpulkan bahwa penggunaan dengan mensubstitusi *fly ash* sebesar 15% dari penggunaan semen untuk campuran RCC ini menjadikan suatu penghematan serta pemanfaatan yang dapat meminimalisir penggunaan semen dan limbah *fly ash* yang

berdampak pada pencemaran laut yang mana pembuangan dari limbah *fly ash* ini berada di samping laut.

6. SARAN

Berdasarkan hasil kesimpulan, disarankan pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan dengan sampel yang lebih banyak untuk mendapatkan hasil pada umur pengujian sampai dengan 90 hari. Dapat juga dilakukan perencanaan komposisi RCC untuk beton mutu tinggi pada penelitian lanjutan dengan menambahkan beberapa jenis bahan tambah mineral *pozzolan* lainnya. Dalam pengaplikasian dilapangan perlu diperhatikan dalam proses pemadatan menggunakan *roller*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada kepala Laboratorium Politeknik Negeri Manado yang sudah memberikan ijin untuk melakukan pengujian ditempat tersebut dan teknisi Laboratorium yang sudah membantu penulis dalam melakukan penelitian dan pengumpulan data selama pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 207.5R-99, *Roller-Compacted Mass Concrete*, Reported by ACI Committee 207
- ACI 325.10R-95, *Report on Roller-Compacted Concrete Pavements*, Reported by ACI Committee 207.
- American Concrete Institute. (1990). *ACI 318-89 Building Code Requirements for Reinforce Concrete, Part II, Material Concrete Quality, Fifth Edition*. Skokie, Illinois, USA: PCA.
- Adita Dwi Sampurno, Iman Satyarno, Agus Taufik Mulyono., 2019. Pengaruh Serat Baja (Dramix) Terhadap Kuat Lentur Pada *Roller Compacted Concrete* (RCC). *INERSIA*, Vol. XV No. 1, Mei 2019
- Djajadi, R., Sugiharto, H., Hardianto, D., James, H., 2003. *Roller Compacted Concrete (RCC) untuk Bangunan Bendungan*, (*Dimensi Teknik Sipil*) Vol. 5, No.2, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra.
- Hedriyanto, S., 2011. *Kajian Karakteristik Mekanik Roller Compacted Concrete (RCC) Sebagai Bahan Perkerasan Jalan*.
- Saragi, Y., R., R., 2014. Tinjauan Perkerasan Beton (Rigid Pavement) Dengan RCC (Roller Compacting Concrete), (*Jurnal Teknik*), Vol. 1, No. 2.
- SNI 03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 4154-2014, *Metode uji kekuatan lentur beton menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang*.
- Mulyono, T., 2004., *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta
