

Tinjauan Sifat Mekanis Reactive Powder Concrete melalui Perlakuan Uap dengan Abu Sekam Padi sebagai Alternatif Material Pozzolan

Yulius Rief Alkhaly¹⁾, Sapriandi²⁾, Amrizal³⁾, Sayahdin⁴⁾

^{1, 2, 3, 4)} Progam Studi Magister Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Lhoksuemawe

Email: yr.alkhaly@unimal.ac.id¹⁾, sapriandi.232210101004@mhs.unimal.ac.id²⁾, amrizal.23221010003@mhs.unimal.ac.id³⁾, sayahdin.232210101001@mhs.unimal.ac.id⁴⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i1.1079>

(Received: 31 January 2024 / Revised: 19 February 2024 / Accepted: 29 February 2024)

Abstrak

Reactive Powder Concrete (RPC) merupakan jenis dari beton mutu ultra tinggi dengan karakteristik kuat tekan, dan kuat lentur yang sangat tinggi. Komponen penyusun RPC semen dengan kandungan yang tinggi, bahan yang sangat halus berupa silika dalam jumlah tinggi, dan tanpa agregat kasar. Pada penelitian ini dilakukan tinjauan sifat mekanis berupa uji kuat tekan dan kuat lentur RPC melalui perlakuan uap dengan abu sekam padi sebagai alternatif material pozzolan. Pengujian kuat tekan dilakukan pada kubus berukuran 70,7 x 70,7 x 70,7 mm umur 7 hari dan 28 hari, dan kuat lentur pada balok berukuran 70,7 x 70,7 x 300 mm umur 28 hari. Variasi abu sekam padi digunakan 15%, 20%, 25%, 30% dan 35% dari berat semen dengan jumlah benda uji sebanyak 3 sampel per variasi. Perawatan uap dimulai setelah satu hari pengecoran selama 72 jam pada suhu 90°C kemudian dilakukan perendaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi umur 7 hari diperoleh pada variasi abu sekam padi 30% dan merupakan yang paling optimum dengan kuat tekan sebesar 108,37 MPa, selanjutnya pada RPC umur 28 hari kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi ASP 35% sebesar 116,59 MPa. Kemudian kuat lentur RPC tertinggi umur 28 hari diperoleh pada variasi abu sekam padi 30% dan merupakan yang paling optimum dengan kuat lentur sebesar 13,80 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa abu sekam padi pada campuran RPC melalui perlakuan uap dapat dijadikan alternatif material pozzolan untuk menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur RPC yang tinggi.

Kata Kunci: *Reactive Powder Concrete, Abu sekam padi, Kuat tekan, Kuat lentur, Perawatan uap*

Abstract

Reactive Powder Concrete (RPC) is a type of ultra high quality concrete with very high compressive strength and flexural strength characteristics. High-content cement, a very fine material with a high silica content, and no coarse aggregate are the components of RPC. In this study, rice husk ash (RHA) was used as an alternative pozzolanic material, and steam treatment was utilized to study the mechanical properties of RPC through compressive strength and flexural strength tests. Examinations of compressive strength were performed using cubes of 70.7 x 70.7 x 70.7 mm at 7 days and 28 days, while tests of flexural strength were performed using beams size 70.7 x 70.7 x 300 mm at 28 days. With a total of three samples for each variation, rice husk ash was employed at rates of 15%, 20%, 25%, 30%, and 35% by weight of cement. After casting for one day at 90°C for 72 hours, steam treatment started before being submerged in water. The results revealed that the 30% variation of rice husk ash had the highest compressive strength at

7 days, with an optimal compressive strength of 108.37 MPa, followed at 28 days by the 35% variation of RHA, with a maximum compressive strength of 116.59 MPa. Furthermore, the highest flexural strength of RPC at 28 days ages was obtained at 30% variation of rice husk ash and was the optimum with a flexural strength of 13.80 MPa. This study indicates that rice husk ash can be utilized as a substitute pozzolanic material in RPC mixes to develop high compressive and flexural strengths.

Keywords: *Reactive Powder Concrete, Rice husk ash, Compressive strength, Flexural strength, Steam curing.*

1. Latar Belakang

Beton adalah material yang paling banyak dan sering digunakan dalam dunia konstruksi, hal tersebut disebabkan beton memiliki keunggulan terhadap kuat tekan, mudah dibentuk, dirawat, ekonomis serta dapat diaplikasikan pada berbagai bangunan sipil (Pane and Windah, H.Tanudjaja, 2015). Selain itu, bahan pembuatan campuran beton juga dapat diperoleh dari bahan-bahan lokal maupun memanfaatkan limbah industri yang mengandung silika. Oleh karena itu, beton tetap menjadi topik penelitian dan pengembangan hingga sekarang, mulai dari beton normal, beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*) dan beton mutu sangat tinggi (*Ultra High Strength Concrete*) (Fusya, Putra and Aulia, 2020).

Pada awal tahun 1990 di Perancis, salah satu terobosan baru dalam bidang teknologi material beton adalah beton bubuk reaktif (*Reactive powder concrete*) diperkenalkan. *Reactive powder concrete* (RPC) merupakan jenis dari beton mutu ultra tinggi (*Ultra-high performance concrete*). Penelitian RPC sendiri dilakukan pertama kali oleh P. Richard and Cheyrezy, (1995) di Laboratorium Bouyques, Lafarge Group, Perancis, dan dipublikasi pada tahun 1995. *Reactive powder concrete* (RPC) mempunyai karakteristik berupa kuat tekan, daktilitas dan durabilitas yang sangat tinggi. RPC ini diklasifikasikan beton dengan kuat tekan diatas 200 MPa sebagai beton mutu ultra tinggi (*Ultra High Strenght Concrete*) (Lirawati, 2018; Alkhaly, 2013).

Campuran RPC mengeliminasi penggunaan agregat kasar, material yang digunakan dalam produksi RPC antara lain adalah semen portland, pasir kuarsa, *super-plasticizer* (SP) dan *silica fume*. Saat ini RPC mulai dikembangkan berbahan *pozzolanic* dalam bentuk abu terbang (Kushartomo, Supartono and Kurniawan, 2013), bubuk terak baja, terak tanur sembur granulasi tanah, abu sekam padi (Annisa, Helmi and Irianti, 2019), bubuk kaca, dan batu kapur sebagai campuran serta tanah diatome sebagai sumber silika yang telah dikembangkan di daerah provinsi Aceh (Alkhaly *et al.*, 2021).

Selain dengan penambahan material pozzolan, kekuatan tekan beton juga dapat dicapai dengan perlakuan pasca pengecoran atau perawatan saat proses pengerasan (*treatment curing*) begitu juga pada RPC (Helmi *et al.*, 2019). Ada tiga metode perawatan yang bisa dilakukan yaitu perawatan normal (*normal curing*), perawatan uap (*steam curing*) dan perawatan panas (*Heat Curing*). Menurut (Kurniawan, 2016), pada temperatur yang tinggi daya ikat semen dengan agregat dan kekuatannya mengalami peningkatan, pada perawatan uap juga dapat mencegah proses hidrasi yang cepat dan tidak beraturan, sehingga kekuatan beton dapat cepat tercapai dan pori-pori juga dapat dihindari (Zhu *et al.*, 2014).

Pada penelitian ini, dilakukan metode perlakuan uap untuk mendapatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur RPC berbahan abu sekam padi sebagai alternatif material pozzolan, sehingga diperoleh nilai kuat tekan dan kuat lentur RPC yang tinggi dan nilai optimum RPC berbahan pozzolan abu sekam padi.

2. Metode Penelitian

2.1 Material

Pada penelitian ini akan digunakan jenis semen portland tipe I (*Ordinary Portland Cement*) produksi PT. Semen Andalas sesuai dengan persyaratan (ASTM C 150, 2004). Air yang digunakan dalam campuran RPC adalah air *Reverse Osmosis* (RO) yang tidak mengandung bahan kimia atau zat yang dapat merusak beton. Bahan tambah yang digunakan berupa *Superplasticizer* (SP) jenis *Polycarboxylate* merek Sika Viscocrete 8045 P.

2.2 Abu sekam padi

Penggunaan abu sekam padi pada campuran RPC bertujuan sebagai bahan pozzolan pengganti *silica fume*. Abu sekam padi dihasilkan dari pembakaran sekam padi pada suhu 400°C - 500°C. Kandungan silika (SiO_2) yang dicapai yaitu 90% - 95% setelah pembakaran 24 jam. Abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pabrik penggilingan padi di Gampung Dakuta, Kecamatan Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara yang biasanya memproduksi 20% - 30% sekam dari proses penggilingan setiap harinya. Agar dihasilkan abu sekam padi yang lebih baik, sekam padi yang telah dibakar, didiamkan sampai bara api padam, lalu diayak dengan saringan No.30 (0,600 mm), kemudian dihaluskan dengan alat penepung hingga lolos saringan No.200 (0,075 mm) dan dibakar kembali menggunakan alat *furnace* pada temperatur 700 °C selama 2 jam.

2.3 Abu batu kuarsit

Abu batu kuarsit diperoleh dari penghalusan batu kuarsit yang berasal dari Ketol, Aceh Tengah, digunakan sebagai bahan reaktif lainnya (Alkhaly *et al.*, 2022). Abu batu kuarsit juga mengandung SiO_2 cukup tinggi yaitu hampir 97% diperlihatkan pada tabel 1. Untuk menghasilkan abu batu kuarsit yang halus, dilakukan dengan cara memecahkan bongkahan batu kuarsit menggunakan mesin los angeles hingga lolos saringan No.4 (4,75 mm), kemudian dihaluskan dengan alat penepung hingga lolos saringan No.200 (0,075 mm) dan dibakar menggunakan alat *furnace* pada temperatur 700°C selama 2 jam.

Tabel 1 Kandungan kimia batu kuarsit

No.	Senyawa	Kandungan (%)
1.	SiO_2	94,40 - 97,17
2.	Al_2O_3	0,34 - 2,24
3.	Fe_2O_3	0,35 - 0,43
4.	CaO	0,05 - 0,07
5.	HD	0,11 - 0,28

Sumber: Raja P, Zulfikar and Labaik, (2015)

2.4 Pasir kuarsa

Pasir kuarsa yang digunakan pada penelitian ini berasal dari pantai Lhoknga, Aceh Besar sebagai agregat halus dalam pembuatan rancangan campuran RPC. Agregat halus yang digunakan dalam RPC berukuran maksimum 0,600 mm (Hardjasaputra, Tirtawijaya and Tandaju, 2011), dan agar sifat mekanis RPC menjadi lebih baik maka agregat kasar harus ditiadakan (Wang *et al.*, 2012).

2.5 Pembuatan dan perawatan benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan mengikuti prosedur penelitian yang dilakukan (Alkhaly *et al.*, 2021) yaitu diawali dengan mencari proporsi material RPC menggunakan bantuan *software* EMMA (*Elkem Material Mixture Analyzer*) yang perhitungan dan penampilan distribusi ukuran partikel dari suatu campuran dengan menggunakan metode *packing density*. Rancangan campuran yang direncanakan dengan metode *Modified Andreasen and Andersen Model* (Raj, G Patil and Bhattacharjee, 2014; Elkem., 2016).

Selanjutnya, bahan-bahan penyusun RPC seperti semen, pasir kuarsa, abu batu kuarsit (ABK), abu sekam padi (ASP), *superplasticizer*, dan air ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan proporsi rancangan campuran. Kemudian disiapkan peralatan seperti cetakan yang diolesi dengan oli, wadah *mixer* yang dikeringkan, dan alas *flow table* yang dibasahi menggunakan kain.

Tabel 2 Proporsi material dalam campuran RPC per m³

No.	Komposisi	Kebutuhan material (kg)				
		ASP 15%	ASP 20%	ASP 25%	ASP 30%	ASP 35%
1	Semen	680,00	664,94	649,82	635,60	622,00
2	Abu sekam padi	102,00	132,99	162,46	190,68	217,70
3	Pasir kuarsa	1081,20	1057,20	1033,21	1010,60	988,98
4	Abu batu kuarsit	414,80	405,61	396,39	387,72	379,42
5	w/b	148,58	151,61	154,33	156,99	159,54
6	<i>Superplasticizer</i>	18,77	19,15	19,49	19,83	20,15

Prosedur pencampuran juga mengikuti metode yang telah dilakukan oleh (Alkhaly *et al.*, 2021) dengan beberapa langkah kerja yang disesuaikan, seperti bahan-bahan kering berupa semen dan abu sekam padi dimasukkan ke dalam mixer secara bersamaan dan diaduk selama 2 (dua) menit dengan kecepatan 8 rpm. Kemudian ditambahkan 40% air dan diaduk kembali selama 3 (tiga) menit kecepatan 25 rpm. Selanjutnya ditambahkan 30% air dan 50% *super-plasticizer* diaduk selama 3 (tiga) menit kecepatan 40 rpm dan ditambahkan kembali 30% air dan 50% *super-plasticizer* diaduk selama 3 (tiga) menit kecepatan 40 rpm. Selanjutnya dimasukan secara perlahan-lahan abu batu kuarsit dan dilanjutkan dengan memasukkan pasir kuarsa. Pengadukan akhir dilakukan selama 5 (lima) menit dengan kecepatan 50 rpm.

Campuran RPC yang telah selesai diaduk, selanjutnya dilakukan pengujian kelecakan menggunakan *mini slump cone* untuk memperoleh nilai *slump flow* pada

campuran RPC basah (Ahmad, Zubair and Maslehuddin, 2015). Setelah diperoleh nilai *slump*, campuran RPC basah dimasukkan ke dalam mold/cetakan kubus dan balok kemudian dipadatkan dengan meja penggetar selama 1-3 (tiga) menit. Setelah dipadatkan campuran RPC basah dibiarkan hingga kering permukaan. Terakhir benda uji RPC dilakukan perawatan dengan dibungkus menggunakan plastik dan dilapisi kertas kardus basah pada suhu ruangan selama 24 jam. Kemudian mold/cetakan dibuka, benda uji dilakukan penimbangan, dan dilanjutkan dengan memasukan benda uji kedalam box penguapan selama 72 jam dengan suhu 90°C. Perawatan selanjutnya benda uji dilakukan perendaman pada suhu ruangan selama 3 hari dan 24 hari.

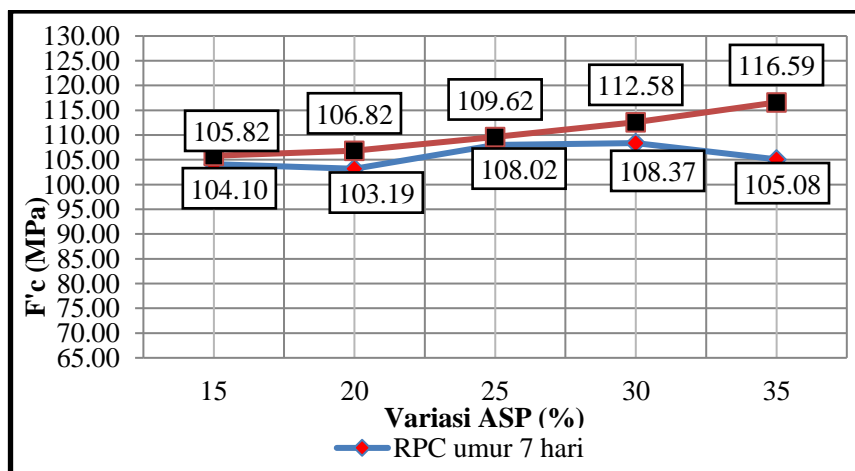
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian kuat tekan *reactive powder concrete*

Dari hasil pengujian kuat tekan *reactive powder concrete* (RPC) dengan perawatan uap selama 72 jam pada suhu 90°C menunjukkan bahwa pada umur 7 hari dan 28 hari, kuat tekan cenderung meningkat seiring bertambahnya variasi abu sekam padi. Hal ini sesuai dengan penelitian (Helmi et al., 2019) yang melaporkan bahwa kuat tekan RPC cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan persentase penggantian semen hingga 30% abu sekam padi dan RPC dengan perawatan penguapan pada temperatur 90°C juga dapat mempercepat terjadinya reaksi hidrasi dan memicu reaksi pozolanik, sehingga sangat berpengaruh pada peningkatan kuat tekan RPC. Selanjutnya, menurut (Alkhaly et al., 2021), perlakuan uap meliputi penguapan 1 hari setelah dituang selama 3 hari pada suhu 90°C dan perawatan normal selama 28 hari pada suhu ruang hanya efektif untuk meningkatkan kuat tekan pada hari ke 7.

Tabel 3 Hasil pengujian kuat tekan rata-rata RPC

#	Umur (hari)	Variasi abu sekam padi				
		15%	20%	25%	30%	35%
Kuat tekan (MPa)	7	104,10	103,19	108,02	108,37	105,08
	28	105,82	106,82	109,62	112,58	116,59



Gambar 3 Grafik nilai kuat tekan rata-rata RPC

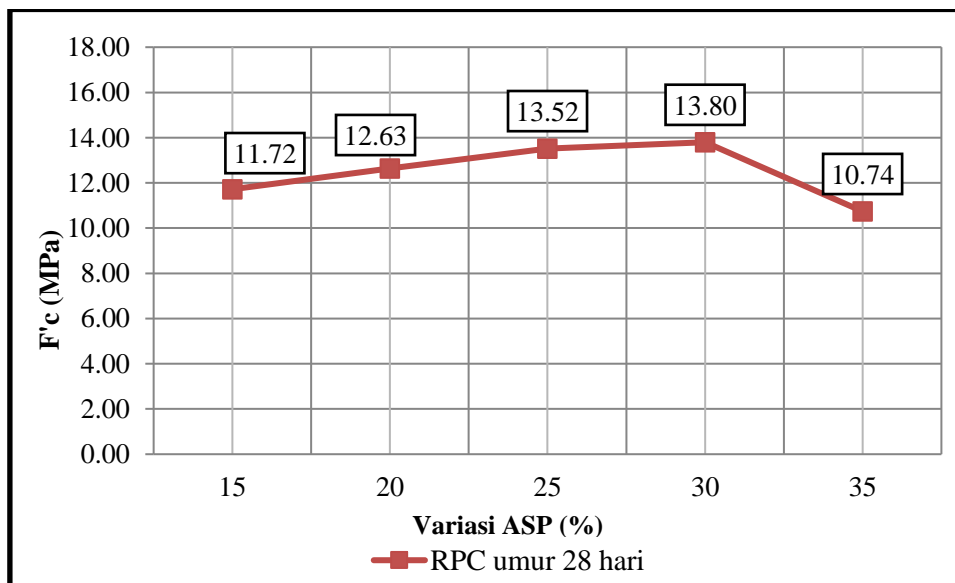
Berdasarkan tabel 3 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan optimum diperoleh pada variasi ASP 30% dari berat semen dengan kuat tekan diperoleh sebesar 108,37 MPa umur 7 hari. Selanjutnya kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi ASP 35% dengan kuat tekan 116,59 MPa umur 28 hari.

3.2 Pengujian kuat lentur *reactive powder concrete*

Hasil pengujian kuat lentur *reactive powder concrete* (RPC) berbahan pozzolan aktif abu sekam padi dengan metode perawatan uap selama 72 jam pada temperatur 90°C menunjukkan bahwa pada umur 28 hari, kuat lentur cenderung meningkat seiring bertambahnya variasi abu sekam padi, Nilai optimum didapat pada variasi ASP 30% dari berat semen dengan kuat tekan diperoleh sebesar 13,80 MPa, seperti ditampilkan pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 4 Hasil pengujian kuat lentur rata-rata RPC

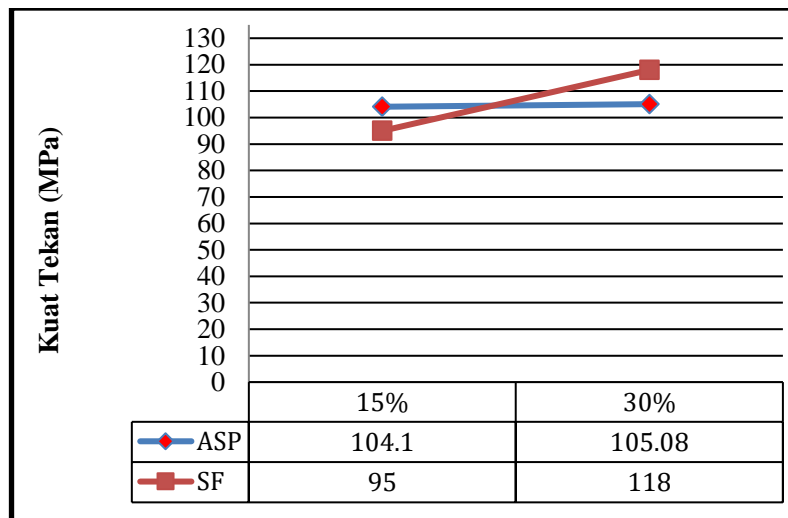
#	Umur (hari)	Variasi abu sekam padi (ASP)				
		15%	20%	25%	30%	35%
Kuat lentur (MPa)	28	11,72	12,63	13,52	13,80	10,74



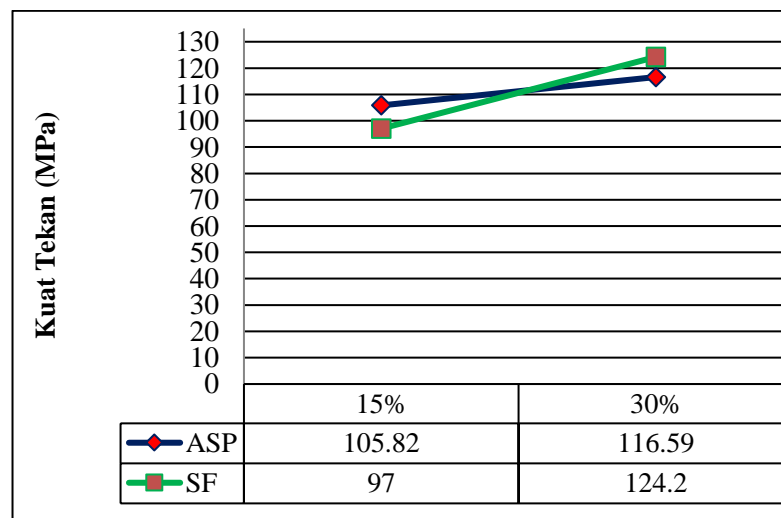
Gambar 4 Grafik nilai kuat lentur rata-rata RPC

Perbandingan kuat tekan dan kuat lentur RPC dengan penelitian terdahulu, hasil kuat tekan yang diperoleh penelitian ini, selanjutnya dibandingkan dengan hasil penelitian RPC (Alkhaly et al., (2021) berbahan *silika fume* (SF) variasi 15% dan 30%. Pada variasi ASP 15% terjadi peningkatan nilai kuat tekan umur 7 dan 28 hari masing-masing sebesar 9,58% dan 9,09% dari penelitian sebelumnya menggunakan SF 15%. Selanjutnya pada variasi ASP 30% mengalami penurunan kuat tekan umur 7 hari dan 28 hari masing-masing sebesar 10,95% dan 6,13% dari penelitian sebelumnya menggunakan SF 30%.

Hal ini menunjukkan bahwa pozzolan aktif abu sekam padi dan *silica fume* dapat direkomendasikan menggantikan sebagian semen pada campuran RPC dalam menghasilkan kuat tekan yang tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian (Simatupang, Nasjono and Mite, 2017), menyimpulkan bahwa semakin besar presentase *silica fume* maka nilai kuat tekan akan meningkat sampai pada kuat tekan optimum. Selanjutnya pada penelitian (Annisa, Helmi and Irianti, 2019) juga menyimpulkan bahwa penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi akan meningkatkan kuat tekan RPC. Adapun grafik perbandingan kuat tekan RPC berbahan pozzolan aktif abu sekam dengan RPC berbahan *silica fume* disajikan pada gambar berikut:



Gambar 5 Grafik perbandingan kuat tekan RPC berbahan pozzolan aktif abu sekam dengan RPC berbahan *silica fume* umur 7 hari



Gambar 6 Grafik perbandingan kuat tekan RPC berbahan pozzolan aktif abu sekam dengan RPC berbahan *silica fume* umur 28 hari

Hasil kuat lentur pada penelitian ini, selanjutnya juga dibandingkan dengan penelitian RPC terdahulu berbahan pozzolan abu terbang. Pada RPC berbahan posolan abu terbang diperoleh nilai kuat lentur cenderung menurun seiring bertambahnya variasi abu terbang. Hal yang serupa juga terlihat pada kuat lentur RPC berbahan abu sekam padi umur 7 hari, kecuali pada umur 28 hari kuat lentur mengalami peningkatan seiring bertambahnya abu sekam padi hingga variasi ASP 30%. Perbandingan kuat lentur RPC dengan penelitian terdahulu ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 5 Perbandingan kuat lentur RPC dengan penelitian terdahulu

Peneliti	Jenis Posolan	Temperatur Uap	Umur RPC	Variasi (%)	Kuat Lentur (MPa)
Kushartomo et al., (2013)	Abu Terbang	-	-	10	5,49
				20	5,32
				30	4,71
				40	3,66
				50	4,30
Annisa et al., (2019)	Abu Sekam Padi	90°C	7 hari	10	10,23
				20	9,14
				30	5,89
Sapriandi et al., (2021)	Abu Sekam Padi	90°C	28 hari	15	11,72
				20	12,63
				25	13,52
				30	13,80
				35	10,74

Pada Tabel 5 menunjukkan kuat lentur tertinggi RPC berbahan abu terbang diperoleh pada variasi 10% sebesar 5,49 MPa dan kuat lentur RPC berbahan pozzolan abu sekam padi tertinggi diperoleh pada variasi ASP 10% umur 7 hari dan ASP 30% umur 28 hari dengan kuat lentur masing-masing sebesar 10,23 MPa dan 13,80 MPa. Hal ini juga menunjukkan bahwa penggunaan pozzolan abu sekam padi pada campuran RPC diperoleh menghasilkan kuat lentur tertinggi dibandingkan RPC berbahan pozzolan abu terbang.

3.3 Perbandingan kuat tekan dan kuat lentur RPC perawatan uap dengan perawatan normal

Hasil kuat tekan dan kuat lentur pada penelitian ini dengan menerapkan perawatan uap diperoleh mengalami peningkatan dibandingkan dengan perawatan normal hasil penelitian (Arief, 2021). Pada RPC berbahan pozzolan aktif abu sekam padi dengan perawatan uap, peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari dan 28 hari masing-masing mencapai 41,39% dan 20,84 % dari perawatan normal. Kuat lentur tertinggi juga dihasilkan pada perawatan uap dengan peningkatan kuat lentur

mencapai 120,19% pada variasi ASP 30% dari perawatan normal. Perbandingan kuat tekan dan kuat lentur RPC perawatan uap dengan perawatan normal dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6 Perbandingan kuat tekan dan kuat lentur RPC perawatan uap dengan perawatan normal

Variasi ASP (%)	Kuat tekan (MPa) umur 7 hari		Kuat tekan (MPa) umur 28 hari		Kuat lentur (MPa) umur 28 hari	
	Normal	Uap	Normal	Uap	Normal	Uap
	15	78,36	104,10	98,28	105,82	10,23
20	74,28	103,19	95,46	106,82	10,13	12,63
25	76,40	108,02	99,03	109,62	8,92	13,52
30	77,35	108,37	100,79	112,58	6,27	13,80
35	77,31	105,08	96,48	116,59	6,85	10,74

Berdasarkan Tabel 6 di atas, RPC berbahan pozzolan aktif abu sekam padi dengan menerapkan perawatan uap menunjukkan teraktivasi jauh lebih baik dalam menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur yang tinggi dibandingkan perawatan normal. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Kushartomo & Christianto, (2015) bahwa perlakuan uap dengan temperatur 90°C dapat mempercepat reaksi hidrasi, memicu reaksi pozolanik yang berasal dari pozzolan abu sekam padi, sehingga membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H) baru yang berpengaruh dalam peningkatan kuat tekan RPC.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa *reactive powder concrete* berbahan pozzolan aktif abu sekam padi dengan penerapan perawatan uap menghasilkan peningkatan nilai kuat tekan dan kuat lentur seiring bertambahnya variasi abu sekam padi sampai 35%. Kuat tekan *reactive powder concrete* tertinggi diperoleh pada variasi abu sekam padi 30% umur 7 hari dan abu sekam padi 35% umur 28 hari dengan kuat tekan masing masing sebesar 108,37 MPa dan 116,59 MPa. Selanjutnya kuat lentur *reactive powder concrete* tertinggi juga diperoleh pada variasi abu sekam padi 30% sebesar 13,80 MPa. Nilai optimum kuat tekan dan kuat lentur *reactive powder concrete* berbahan pozzolan aktif abu sekam padi dengan perawatan uap didapat pada variasi abu sekam padi 30% dari berat semen. Pozzolan abu sekam padi juga dapat direkomendasikan menggantikan sebagian semen pada campuran *reactive powder concrete* dalam menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur *reactive powder concrete* yang tinggi.

4.2 Saran

Reactive powder concrete berbahan pozzolan aktif abu sekam padi dengan perawatan uap pada temperature 90°C selama 72 jam mengalami peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari maupun umur 28 hari dan kuat lentur 28 hari. Disarankan untuk selanjutnya dapat dilakukan pengembangan dengan menambah parameter penelitian berupa kuat tarik, kuat geser, durabilitas, permeabilitas dan sifat mekanis RPC lainnya. Selain itu, dapat dilakukan penerapan perawatan uap dengan temperatur dan waktu penguapan yang bervariasi, sehingga campuran RPC optimum dapat diketahui seberapa besar sesuai dengan variasi temperature dan waktu penguapan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Yulius Rief Alkhaly, S.T., M.Eng., Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, atas bimbingan selama penelitian. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Bapak Dr. Khairullah, S.T., M.T., dan Bapak David Sarana, S.T., M.T., Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, atas kritikan, koreksi dan masukan yang sangat berharga terhadap penulisan ini. Selanjutnya ucapan terimakasih tidak lupa disampaikan kepada Wandy Muhammad Arief, S.T., Muhammad Rivaldi, S.T., M. Ibnu Hajar Haharap, S.T., Muhammad Nizar, Tim Stere foam Concrete, dan Tim Rayap, atas dukungan dan kerjasama selama ini.

Daftar Kepustakaan

- Ahmad, S., Zubair, A. and Maslehuiddin, M. (2015) 'Effect of key mixture parameters on flow and mechanical properties of reactive powder concrete', *Construction and Building Materials*, 99, pp. 73–81.
- Alkhaly, Y.R. (2013) 'Reactive Powder Concrete Dengan Sumber Silika Dari Limbah Bahan Organik', *Teras Jurnal*, 3(2).
- Alkhaly, Y.R. *et al.* (2021) 'The Design of Reactive Powder Concrete (RPC) Mixtures Using Aceh Quartzite Powder', 892, pp. 43–50.
- Alkhaly, Y.R. *et al.* (2022) 'The effect of synthesized rice husk ash to compressive strength of reactive powder concrete containing quartzite powder', *AIP Conference Proceedings*, 2663. Available at: <https://doi.org/10.1063/5.0108635>.

- Annisa, M.A., Helmi, M. and Irianti, L. (2019) 'Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sejumlah Semen Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur pada Beton Reaktif (Reactive Powder Concrete)', *Jrsdd*, 7(2), pp. 223–234.
- Arief, W.M. (2021) 'Kuat Tekan dan Kuat Lentur RPC Berbahan Posolan Aktif Abu Sekam Padi Dengan Perawatan Normal'.
- ASTM C 150 (2004) 'Standard Specification for Portland Cement', *Annual Book of ASTM Standards* [Preprint]. West Conshohocken: American Society for Testing Materials International.
- Elkem. (2016) 'User Guide Elkem Materials Mixture Analyser'.
- Fusya, T., Putra, R. and Aulia, T.B. (2020) 'Kuat Tarik Belah dan Kuat Tarik Lentur Beton Ultra Tinggi Menggunakan Fly Ash Batu Bara Sebagai Aditif Dan Biji Besi Sebagai Filler (Studi Komparasi Agregat Maksimum Berukuran 5 Mm Dan 10 Mm)', *Journal of The Civil Engineering Student*, 2(3), pp. 288–294.
- Hardjasaputra, H., Tirtawijaya, J. and Tandaju, G.S. (2011) 'Ultra High Performance Concrete – Beton Generasi Baru berbasis teknologi nano', September, pp. 111–116.
- Helmi, M. *et al.* (2019) 'Sifat Mekanik Beton Reaktif yang Menggunakan Abu Sekam Padi sebagai Pengganti Sebagian Semen dan Perlakuan Perawatan Panas (Heat Curing)', pp. 78–83.
- Kurniawan, S. (2016) *Analisa Perawatan Beton Cetak Menggunakan Uap*.
- Kushartomo, W. and Christianto, D. (2015) 'Pengaruh Serat Lokal Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Reactive Powder Concrete dengan Teknik Perawatan Penguapan', *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 22(1), pp. 31–36. Available at: <https://doi.org/10.5614/jts.2015.22.1.4>.
- Kushartomo, W., Supartono, F. and Kurniawan, T. (2013) 'Pengaruh Penggunaan Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Reactive Powder Concrete'.
- Lirawati (2018) 'Eksperimental Kuat Lentur Balok Bertulang dan Beton Bubuk Reaktif Berserat Bendrat', *Teknologi*, 1(31), pp. 39–45. Available at: <le:///E:/Teknik Sipil 17/TA GAS/Refrensi baru/lentur 2.pdf>.
- Pane, F.P. and Windah, H. Tanudjaja, R.S. (2015) 'Penguujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton', *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), pp. 313–321.
- Raj, N., G Patil, S. and Bhattacharjee, B. (2014) 'Concrete Mix Design By Packing Density Method', *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 11(2), pp. 34–46.
- Raja P, M., Zulfikar and Labaik, G. (2015) 'Eksplorasi Umum Batuan Granit, Pasir Kuarsa Dan Kuarsit Di Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam'.

- Richard, P. and Cheyrezy, M. (1995) 'Composition of reactive powder concretes', *Cement and Concrete Research*, 25(7), pp. 1501–1511. Available at: [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(95\)00144-2](https://doi.org/10.1016/0008-8846(95)00144-2).
- Simatupang, P.H., Nasjono, J.K. and Mite, K.G. (2017) 'Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan', *Jurnal Teknik Sipil*, VI(2), pp. 219–230.
- Wang, C. *et al.* (2012) 'Preparation of Ultra-High Performance Concrete with Common Technology and Materials', *Cement and Concrete Composites*, 34, pp. 538–544.
- Zhu, Z. *et al.* (2014) 'Effects of curing systems on the strength and microstructure of reactive powder concrete with iron tailing sands', *Applied Mechanics and Materials*, 549–549, pp. 247–253.