

KAJIAN *STRENGTH DEVELOPMENT* PADA *REACTIVE POWDER SELF COMPACTING CONCRETE* (RPSCC) DENGAN PENGGUNAAN *SILICA FUME*

NUANCHARY CAHYAH SUPRIYADI¹, BERNARDINUS HERBUDIMAN²

1. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: nuanchary.c.s@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan infrastruktur di Indonesia mendorong adanya inovasi beton dengan mutu tinggi, salah satu inovasinya ialah Reactive Powder Self Compacting Concrete (RPSCC). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji strength development pada beton RPSCC, dimana variasi kuat tekan rencana yang ditinjau adalah 50 MPa dengan besaran persentase rasio silica fume yang digunakan sebanyak 20% terhadap kebutuhan berat powder. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat secara signifikan pada umur 7, 14, dan 28 hari, dengan laju peningkatan terbesar berada antara periode umur 7 sampai 14 hari, menandakan fase hidrasi semen dan reaksi pozzolan silica fume berlangsung secara efektif. Kenaikan kuat tekan yang stabil hingga umur 28 hari membuktikan bahwa campuran beton tetap mengalami proses pengerasan yang baik. Namun, laju peningkatan kuat tekan cenderung melambat di akhir periode umur.

Kata kunci: *Reactive Powder Self Compacting Concrete, Silica Fume, Strength Development, Kuat Tekan*

ABSTRACT

The development of infrastructure in Indonesia has driven innovations in high-strength concrete, one of which is Reactive Powder Self-Compacting Concrete (RPSCC). This study aims to examine the strength development of RPSCC, in which the target compressive strengths considered are 50 MPa, with a silica fume content of 20% by weight of the total powder. The test results show that the compressive strength increases significantly at the ages of 7, 14, and 28 days, with the highest rate of increase occurring between 7 and 14 days, indicating that cement hydration and the pozzolanic reaction of silica fume proceed effectively. The stable increase in compressive strength up to 28 days confirms that the concrete mixture continues to undergo proper hardening. However, the rate of compressive strength gain tends to slow down toward the end of the curing period.

Keywords: *Reactive Powder Self-Compacting Concrete, Silica Fume, Strength Development, Compressive Strength*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur terus menuntut adanya inovasi material konstruksi yang memiliki kuat tekan tinggi dan berkelanjutan seiring bertambahnya umur beton. Salah satu inovasi yang dikembangkan adalah *Reactive Powder Self Compacting Concrete* (RPSCC), dimana beton ini memiliki mutu tinggi yang dirancang dengan tingkat porositas rendah dengan menghilangkan agregat kasar, penggunaan material halus seperti *silica fume*, serta penambahan *superplasticizer*. Kombinasi ini menghasilkan struktur beton yang lebih rapat, sehingga berpotensi untuk menghasilkan beton yang memiliki porositas rendah serta kuat tekan tinggi. Salah satu aspek penting dalam kinerja beton dengan mutu tinggi adalah *strength development*, yaitu pengujian perkembangan kuat beton yang dilakukan sejak umur awal hingga umur akhir untuk mengetahui kemampuan beton dalam mencapai kuat tekna rencana sesuai standar. (Kumar et al., 2024) Perkembangan kuat tekan pada *Reactive Powder Self Compacting Concrete* (RPSCC) sangat dipengaruhi oleh mekanisme hidrasi semen serta reaksi pozzolan dari penggunaan *silica fume* yang dapat berpengaruh pada nilai kuat tekan akhir serta laju peningkatan kekuatan beton pada umur tertentu.

Namun, hingga saat ini belum ada standar khusus yang meninjau tentang *Reactive Powder Concrete* (RPC), sehingga pendekatan *Self Compacting Concrete* (SCC) digunakan sebagai metode dalam pengembangan *Reactive Powder Self Compacting Concrete* (RPSCC) karena dinilai relevan dalam menghasilkan beton dengan tingkat kelecakan tinggi. Oleh karena itu, kajian terkait dengan perkembangan kuat tekan terhadap beton RPSCC dinilai penting untuk memastikan bahwa campuran yang dihasilkan memenuhi kebutuhan teknis dan praktis di lapangan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini memiliki fokus terhadap analisis *strength development* *Reactive Powder Self Compacting Concrete* (RPSCC) dengan rasio komposisi *silica fume* ditetapkan 20% terhadap berat *powder*. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan nilai kuat tekan beton di umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan kecenderungan mengalami kenaikan yang baik.

2. METODOLOGI

2.1 Material dan Perencanaan Campuran

Pada penelitian ini juga terdapat variasi kuat tekan rencana yang digunakan yakni kuat tekan rencana 50 MPa. Penyusunan proporsi campuran beton mengacu pada Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Normal serta Metode Okamura sebagai persentase rencana campuran beton untuk volume agregat kasar dan volume agregat halus (Okamura & Ouchi, 2003). Seluruh rangkaian pengujian ini bertujuan untuk merancang sebuah *mix design* yang optimal guna menghasilkan beton berkualitas tinggi yang tidak hanya mencapai kuat tekan target, tetapi juga memenuhi kriteria durabilitas dan standar teknis yang ditetapkan dalam pekerjaan konstruksi (Standar Nasional Indonesia, 2000).

Pengujian material penting dalam menentukan kelayakan kualitas bahan yang akan digunakan. Penentuan agregat menjadi parameter utama dalam pembuatan *Reactive Powder Self Compacting Concrete* (RPSCC). Pengujian kualitas material untuk agregat mencakup pengujian berat jenis, kadar air, berat isi, kadar lumpur, dan analisa saringan. Diperoleh hasil pengujian berat jenis rata-rata *Apparent Specific Gravity* sebesar 2,65 gr/cm³ sudah memenuhi ketentuan 1,6 - 3,3 gr/cm³ dengan penyerapan < 5% (Standar Nasional Indonesia, 2008). Rata-rata kadar air didapat sebesar 4,92% sudah memenuhi ketentuan kadar air rata-rata 3% - 5% (Standar Nasional

Indonesia, 2011). Berat isi padat dan gembur masing-masing sebesar $1,63 \text{ gr/cm}^3$ dan $1,53 \text{ gr/cm}^3$ sudah memenuhi ketentuan berat isi dengan rentang $1,2 - 1,75 \text{ gr/cm}^3$ (Standar Nasional Indonesia, 1998). Analisa saringan yang diperoleh sebesar 2,40% sudah memenuhi ketentuan analisa saringan dengan rentang 1,5% - 3,8% (Standar Nasional Indonesia, 1990a). Namun, terdapat pengujian yang tidak memenuhi spesifikasi sehingga perlu adanya perlakuan khusus, dimana pada pengujian kadar lumpur didapatkan hasil sebesar 8,73% (Standar Nasional Indonesia, 1996). Dikarenakan hal tersebut melebihi spesifikasi, maka dilakukan tahapan pembersihan menggunakan air mengalir terlebih dahulu sebelum digunakan.

2.2 Pembuatan Benda Uji, Metode Perawatan, dan Pengujian Kuat Tekan

Benda uji dibuat sebanyak 18 buah berbentuk silinder berukuran 10 cm x 20 cm. Untuk mengetahui *flowability* dalam beton, diperlukannya pengujian *slump flow* untuk mengetahui kemampuan aliran beton di permukaan secara lateral, sehingga dapat dijadikan sebagai indikator kelecakan beton segar (Standar Nasional Indonesia, 2021). Metode perawatan benda uji yang digunakan adalah *Water Curing* (perawatan dengan air), dimana benda uji dimasukan ke dalam air (direndam) yang disesuaikan dengan suhu lingkungan selama 7, 14, dan 28 Hari (Standar Nasional Indonesia, 2002). Kuat tekan beton merupakan beban tekan yang dapat dipikul beton maksimum per satuan luas sesuai standar pada saat benda uji tersebut hancur (Standar Nasional Indonesia, 1990b). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *strength development* pada *Reactive Powder Self Compacting Concrete* (RPSCC).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proporsi Campuran Beton

Komposisi bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland tipe I (Standar Nasional Indonesia, 2004), *silica fume* dengan rasio persentase 20% terhadap berat *powder*, agregat kasar menggunakan pasir galunggung maksimal 4,75 mm, agregat halus dengan *fly ash* tipe F (Ulva Netalia, 2023), dan penggunaan bahan *admixture superplasticizer* sebanyak 2,25% terhadap berat *powder* (Firmansyah & Nuranita, 2023). Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 50 MPa sebagai acuan beton mutu tinggi / *High Performance Concrete* (Krisnamurti, Ketut Aswatama, 2011). Proporsi campuran *Reactive Powder Self Compacting Concrete* (RPSCC) dapat ditinjau pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Proporsi Kuat Tekan Rencana 50 MPa untuk 1 m^3

Semen	<i>Silica Fume</i>	Air	<i>Superplasticizer</i>	Agregat Kasar	Agregat Halus
972,244	174,137	364,592	27,344	539,311	608,911

3.2 Hasil Pengujian *Slump Flow*

Pengujian *slump flow* mengacu pada Standar Nasional Indonesia Nomor 9024 Tahun 2021 tentang Cara Uji *Slump Flow* pada Beton Memadat Sendiri, dengan nilai *slump flow* minimum dengan diameter 500 mm sesuai dengan spesifikasi (Standar Nasional Indonesia, 2021). Nilai *slump flow* pada dapat ditinjau pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Pengujian *Slump Flow*

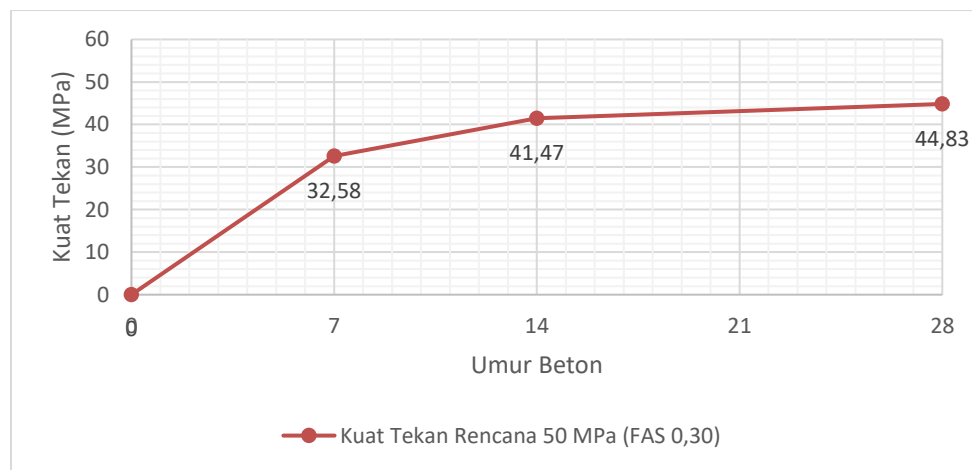
Variasi	Pengikat		D.1 (mm)	D.2 (mm)	Diameter Rata-rata (mm)	Spesifikasi
	Semen	<i>Silica Fume</i>				
50 MPa	80%	20%	730	660	695	Memenuhi

3.3 Pengaruh kuat tekan rencana umur beton 7, 14, dan 28 hari

Kuat tekan rencana yang ditinjau adalah 50 MPa dengan rasio persentase penggunaan *silica fume* 20% terhadap berat *powder*. Adapun hasil pengujian kuat tekan disetiap umur beton dapat ditinjau pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan Beton

Kuat Tekan Rencana	Umur Beton	Benda Uji	Berat Beton (gr)	Berat Jenis Rata-rata (kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
50 MPa	7 Hari	1	3365,1	2114	32,68	32,58
		2	3359,7		32,64	
		3	3230,2		32,41	
	14 Hari	1	3308,4	2118	40,39	41,47
		2	3343,1		42,45	
		3	3323,4		41,58	
	28 Hari	1	3325,0	2125	48,04	44,83
		2	3320,0		44,36	
		3	3362,0		42,09	



Gambar 1. Perbandingan Kuat Tekan Beton terhadap Umur Beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada *Reactive Powder Self Compacting Concrete* (RPSCC) untuk kuat tekan beton 50 MPa, diperoleh bahwa adanya pengaruh dari rasio 20% *silica fume* terhadap berat *powder*, dimana terjadi kenaikan kekuatan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari di setiap variasi kuat tekan rencana. Beton rencana 50 MPa, pada umur 7 hari, kuat tekan beton yang dihasilkan tercatat sebesar 32,58 MPa. Nilai ini meningkat tajam pada umur 14 hari menjadi 41,47 MPa, dan terus mengalami kenaikan hingga mencapai 44,83 MPa pada umur 28 hari.

Terlihat kenaikan kuat tekan beton dari umur 7 ke 14 hari jauh lebih curam dibandingkan kenaikan dari umur 14 ke 28 hari untuk kuat tekan rencana 50 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar kekuatan beton telah terbentuk sebelum memasuki umur 28 hari. Pada beton rencana 50 MPa, besaran peningkatan kuat tekan tekan pada umur beton 7 hari sebesar 72,7%, pada umur beton 14 hari sebesar 92,5%, dan pada umur beton 28 hari sebesar 100%. Kenaikan kuat tekan yang stabil hingga umur 28 hari membuktikan bahwa campuran beton tetap mengalami proses pengerasan yang baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian mengenai kajian *strength development Reactive Powder Self Compacting Concrete* (RPSCC), meninjau beton pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, beton menunjukkan peningkatan kekuatan seiring bertambahnya umur beton. Dimana didapatkan pada beton rencana 50 MPa, besaran peningkatan kuat tekan tekan pada umur beton 7 hari sebesar 72,7%, pada 14 hari sebesar 92,5%, dan pada 28 hari sebesar 100%. Laju peningkatan paling signifikan terjadi pada rentang umur 7 ke 14 hari, yang menunjukkan fase hidrasi semen dan reaksi pozzolan awal *silica fume* berjalan secara efektif. Namun, laju peningkatan yang melambat di akhir periode umur (antara 14 ke 28 hari) bisa menjadi indikasi bahwa reaksi pozzolan dari *silica fume* sudah tidak optimal.

DAFTAR RUJUKAN

- Firmansyah, R. M. N., & Nuranita, B. (2023). *Studi Penggunaan Beton RPC Menggunakan Bahan Tambah Sika Viscocrete 10*. 547–550.
- Krisnamurti, Ketut Aswatama, S. A. (2011). *Perilaku Mekanis Beton HPC (High Performance Concrete) Yang Dipengaruhi Oleh Silica Fume Dan Fly Ash*. 94–108.
- Kumar, S., Kumar, R., Rai, B., & Samui, P. (2024). *Prediction of compressive strength of high-volume fly ash self-compacting concrete with silica fume using machine learning techniques*. 438(February), 136933.
- Okamura, H., & Ouchi, M. (2003). Self-Compacting Concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 1(1), 5–15.
- Standar Nasional Indonesia. (1990a). *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1968-1990)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1990b). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 03-1974-1990)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1996). *Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan Nomor 200 (0,0075) (SNI 03-4142-1996)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1998). *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat (SNI 03-4804-1998)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). *Semen Portland (SNI 15-2049-2004)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 1970:2008)*. Badan Standarisasi Nasional.

- Standar Nasional Indonesia. (2011). *Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan (SNI 1971:2011)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2021). *Cara Uji Slump Flow pada Beton Memadat Sendiri (SNI 9024:2021)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Ulva Netalia. (2023). *Analisa Pengaruh Limbah Fly Ash dan Bottom Ash (FaBa) Sebagai Pengganti Semen dan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan*. 8, 21–26.
<https://doi.org/10.35134/jcivil.v8i2.60>