

# KAJIAN PERMEABILITAS DENGAN TEKANAN 1 KG/CM<sup>2</sup> PADA BETON BUBUK REAKTIF DENGAN SILICA FUME 15% DAN VARIASI PASIR KUARSA

Wibowo, Endah Safitri, Shafa Rizqi Setiyanta Putri

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta  
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126. Telp: 0271-634524.  
Email: [wibowo68@staff.uns.ac.id](mailto:wibowo68@staff.uns.ac.id)

## Abstract

The use of concrete material is a supporting element in infrastructure development in Indonesia. Reactive powder concrete aims to improve the homogeneity of the mixture by replacing fine aggregate with quartz sand to produce concrete with high compressive strength. This study aims to determine the effect of variations of quartz sand on the permeability of high quality reactive powder concrete. The method used is experimental. The concrete mix design uses 15% silica fume with a variation of 0% quartz sand; 15%; 20%; 25%; 30%; 35%; and 40%. The test object for permeability is a cube of 15cm x 15cm x 15cm. The test objects used were 21 pieces. Concrete permeability testing using the Water Permeability Apparatus. The test was carried out when the specimen was 28 days old. The test results for 48 hours with a pressure of 1 kg/cm<sup>2</sup> showed the permeability value at 0% quartz sand; 15%; 20%; 25; 30%; 35%; and 40% respectively at 1,29. 10<sup>-8</sup> cm/s; 1,08. 10<sup>-8</sup> cm/s; 7,14. 10<sup>-9</sup> cm/s; 4,37. 10<sup>-9</sup> cm/s; 1,93. 10<sup>-9</sup> cm/s; 4,95. 10<sup>-9</sup> cm/s; 7,91. 10<sup>-9</sup> cm/s. Based on SNI 03-2914-1992, concrete qualifies as strong, aggressive water-resistant concrete.

**Keywords:** permeability, quartz sand, reactive powder concrete, water-resistant concrete

## Abstrak

Penggunaan material beton merupakan unsur pendukung pada pembangunan infrastruktur di Indonesia. Beton bubuk reaktif bertujuan untuk memperbaiki homogenitas campuran dengan cara mengganti agregat halus dengan pasir kuarsa sehingga menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi pasir kuarsa terhadap permeabilitas beton bubuk reaktif mutu tinggi. Metode yang digunakan adalah eksperimental. Rancangan campuran beton menggunakan *silica fume* 15% dengan variasi pasir kuarsa 0%; 15%; 20%; 25%; 30%; 35%; dan 40%. Benda uji untuk permeabilitas berbentuk kubus dengan sisi 15 cm x 15 cm x 15 cm. Benda uji yang digunakan sebanyak 21 buah. Pengujian permeabilitas beton menggunakan *Water Permeability Apparatus*. Pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Hasil pengujian selama 48 jam dengan tekanan 1 kg/cm<sup>2</sup> menunjukkan nilai permeabilitas pada variasi pasir kuarsa 0%; 15%; 20%; 25; 30%; 35%; dan 40% berturut-turut sebesar 1,29. 10<sup>-8</sup> cm/s; 1,08. 10<sup>-8</sup> cm/s; 7,14. 10<sup>-9</sup> cm/s; 4,37. 10<sup>-9</sup> cm/s; 1,93. 10<sup>-9</sup> cm/s; 4,95. 10<sup>-9</sup> cm/s; 7,91. 10<sup>-9</sup> cm/s. Berdasarkan SNI 03-2914-1992 beton memenuhi syarat sebagai beton kedap air agresif kuat.

**Kata Kunci :** beton bubuk reaktif, beton kedap air, pasir kuarsa, permeabilitas

## PENDAHULUAN

Berdasarkan SNI 2847:2019, beton merupakan campuran semen hidrolis seperti semen portland atau lainnya, agregat kasar, dan agregat halus dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). *Reactive Powder concrete* merupakan beton tanpa penggunaan agregat kasar yang menghasilkan kuat tekan yang tinggi karena memiliki homogenitas yang baik. Bahan penyusun *Reactive Powder Concrete* (RPC) berupa partikel berukuran mikrometer seperti *silica fume*, air, *superplasticizer*, pasir alam, semen, pasir kuarsa (*quartz sand*), dan *steel fibers*. *Admixture* yang digunakan dalam RPC berjenis pozzolan, yaitu material yang mengandung *silica* dan alumina. Reaksi *Pozzolanic* pada *silica fume* bersifat sangat reaktif sehingga dapat memperbaiki mikrostruktur dari material beton sehingga jumlah pori berkurang dan impermeabilitas beton meningkat.

Penggunaan *silica fume* dengan kadar 15% berdasarkan pengujian (Hidayat, 2021) yang menyatakan pada kadar *silica fume* 15% dan kadar pasir kuarsa 35% didapatkan nilai kuat tekan beton maksimal. Menurut ASTM C618, *silica fume* adalah bahan dengan kandungan silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) lebih dari 85% dengan bentuk bulat dan berbutir sangat halus serta berdiameter 1/100 diameter semen (Kusumo, 2013; Triyono dan Widyaningsih, 2023; Mahendra 2023; Hidayat et al, 2022). Dengan diameter yang sangat kecil, *silica fume* mampu berperan dalam pengisi rongga-rongga antar partikel.

Pasir kuarsa dalam *Reactive Powder Concrete* (RPC) memiliki manfaat untuk memperbaiki homogenitas pada beton bubuk reaktif dan membantu memperbaiki sifat mekanik beton seperti meningkatkan kuat tarik, kuat tekan dan kuat lentur. Dalam penelitian (Ali Qureshi et al., 2017) digunakan variasi pasir kuarsa dari kadar 20% - 41% pada beton RPC dengan benda uji kubus ukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm. Hal tersebut yang mendasari digunakannya pasir kuarsa dengan variasi 15% - 40% pada penelitian ini.

*Superplasticizer* merupakan suatu bahan tambah (*admixture*) kimia yang digunakan dengan tujuan untuk meningkatkan kemudahan saat pekerjaan pengecoran beton dengan kondisi penggunaan air yang seminimum mungkin. Penggunaan kadar *superplasticizer* yang optimum akan menghasilkan reaksi yang baik antara butiran halus dan *admixture* sehingga dapat menghemat biaya (Annas et al., 2016; Umiahi, 2019; Hadori et al, 2020; Irlan et al, 2020).

Penambahan serat ke dalam beton bubuk reaktif sangat memengaruhi perubahan tegangan regangan. Pencegahan penjaralan retak pada beton merupakan pengaruh terpenting penggunaan serat baja pada RPC (Kushartomo et al., 2016). Kualitas RPC yang disyaratkan dapat dicapai dengan rasio air terhadap bahan yang mengandung semen dari 0,18 hingga 0,30 (Mayhoub et al., 2021). Berdasarkan SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03), *High Strength Concrete* (HSC) adalah beton dengan nilai kuat tekan yang lebih besar sama dengan 41,4 MPa (K-500). Durabilitas beton sangat dipengaruhi oleh berbagai hal, salah satunya permeabilitas beton.

Kemampuan beton untuk menghambat pergerakan fluida baik air ataupun lainnya yang melewati beton merupakan definisi dari Permeabilitas. Menurut SNI 03-2914-1992, beton kedap air adalah beton yang tidak tembus air dengan ketentuan minimum untuk beton kedap air agresif sedang, tembusnya air ke dalam beton tidak melebihi 50 mm jika diuji dengan tekanan air dan untuk beton agresif kuat jika diuji dengan cara yang sama tidak melampaui 30 mm. Beton dengan nilai permeabilitas yang rendah merupakan beton dengan kualitas baik. Terbentuknya rongga/pori pada beton disebabkan proses hidrasi semen sehingga faktor air semen merupakan faktor utama yang mempengaruhi permeabilitas beton. Berdasarkan ACI 301-729 (revisi 1975) (dalam *Neville and Brooks, 1987*) nilai koefisien permeabilitas maksimum diisyaratkan sebesar  $1,5 \times 10^{-11}$  m/s ( $1,5 \times 10^{-9}$  cm/s).

Meningkatnya kebutuhan industri konstruksi akan beton mutu tinggi dengan durabilitas tinggi dalam kondisi lingkungan yang agresif terutama dalam isu lingkungan seperti kedap terhadap air secara sempurna, dan berbagai manfaat penggunaan *silica fume* dan *steel fiber* sebagai bahan tambah beton *Reactive Powder Concrete* menjadikan hal yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian dengan judul “Kajian Permeabilitas pada Beton Bubuk Reaktif dengan *Silica Fume* 15% dan Variasi Komposisi Pasir Kuarsa”.

## METODE PENELITIAN

Metode eksperimental digunakan pada penelitian ini dengan parameter yang diuji adalah permeabilitas pada beton dengan *silica fume* 15% dan variasi pasir kuarsa. Permeabilitas beton diuji ketika beton berumur 28 hari. Penelitian ini menggunakan benda uji kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 21 buah. Material yang digunakan adalah air, pasir alam, pasir kuarsa, semen OPC tipe 1, *silica fume*, *superplasticizer*, dan *steel fiber*. Pengujian bahan penyusun beton yang dilakukan untuk pengujian agregat halus (pasir alam dan pasir kuarsa) adalah pengujian gradasi, kadar lumpur, kandungan zat organik, dan *specific gravity*. Sedangkan untuk pengujian *silica fume* menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF).

Rancangan *mix design* yang digunakan mengacu pada penelitian RPC yang telah dilakukan sebelumnya oleh P. Richard and M. Cheyrezy pada tahun 1995. Penelitian ini menggunakan perbedaan rancang campur yang terletak pada kadar pasir kuarsa yang digunakan.

Pengujian beton segar menggunakan pengujian *slump flow* serta pengujian beton keras untuk permeabilitas beton dilakukan setelah beton melewati masa perawatan (*curing*) selama 21 hari dengan cara direndam didalam bak *curing*. Sebelum dilakukan pengujian benda uji di angin-anginkan hingga benda uji berumur 28 hari dan dikeringkan untuk mencapai berat kering oven pada suhu 100°C selama 24 jam (Wibowo et al., 2019). Uji permeabilitas beton dilakukan selama 48 jam dengan penekanan air sebesar 1 kg/cm<sup>2</sup>. Setelah itu dilakukan pembelahan untuk mengetahui kedalaman penetrasi yang terjadi. Benda uji yang digunakan tercantum pada **Tabel 1** di bawah ini.

Tabel 1. Benda Uji Serapan dan Penetrasi Klorida

No.	Kadar Pasir Kuarsa	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Jumlah Benda Uji
<b>Uji Permeabilitas</b>				
1	0%	RPC-P-PK0%	28	3
2	15%	RPC-P-PK15%	28	3
3	20%	RPC-P-PK20%	28	3
4	25%	RPC-P-PK25%	28	3
5	30%	RPC-P-PK30%	28	3
6	35%	RPC-P-PK35%	28	3
7	40%	RPC-P-PK40%	28	3
Total Benda Uji Permeabilitas				21

**Mix Design**

Mix design reactive powder concrete (RPC) dengan *silica fume* sebagai bahan tambah diambil berdasarkan penelitian Richard & Cheyrezy, 1995. Berdasarkan pada penelitian tersebut dan *trial* yang telah dilakukan sebelum dilakukan penelitian, faktor air semen yang digunakan adalah 0,19 dan kadar optimum *superplasticizer* sebanyak 1,9 % dari berat *binder* dengan produk ViscoCrete1003. *Steel fiber* yang digunakan sebesar 0,175 dari berat binder dengan diameter 0,75 mm, panjang 60 mm dan aspek rasio 80 produksi BEKAERT. Semen yang digunakan adalah semen tipe I (*Ordinary Portland Cement*). Rekapitulasi *mix design* RPC dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rancang Campur Beton Bubuk Reaktif

Kode Benda Uji	<i>Silica Fume</i> (kg/m <sup>3</sup> )	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Pasir Kuarsa (kg/m <sup>3</sup> )	Pasir Halus (kg/m <sup>3</sup> )	<i>Steel Fiber</i> (kg/m <sup>3</sup> )	SP (lt/m <sup>3</sup> )	Air (lt/m <sup>3</sup> )
RPC - PK - 0%	120	680	0	1499,06	11,6	7,79	152
RPC - PK - 15%	120	680	218,85	1274,20	11,6	7,79	152
RPC - PK - 20%	120	680	291,80	1199,25	11,6	7,79	152
RPC - PK - 25%	120	680	364,75	1124,29	11,6	7,79	152
RPC - PK - 30%	120	680	437,70	1049,34	11,6	7,79	152
RPC - PK - 35%	120	680	510,65	974,38	11,6	7,79	152
RPC - PK - 40%	120	680	583,60	899,60	11,6	7,79	152

**Permeabilitas Beton**

Pengujian permeabilitas dilakukan pada benda uji kubus dengan sisi 15 cm setelah benda uji berusia 28 hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penekanan air dengan durasi waktu tertentu terhadap penurunan air pada tabung sehingga dapat diketahui koefisien permeabilitas beton. Sebelum dilakukannya pengujian, benda uji yang telah berumur 28 hari terlebih dahulu dilakukan perawatan (*curing*). Benda uji dikeringkan selama 24 jam pada suhu ±100°C untuk mencapai berat kering oven. Setelah itu, benda uji diuji menggunakan alat permeabilitas selama 2 x 24 jam dengan nilai tekanan air sebesar 1 kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian, benda uji dibelah untuk melihat kedalaman penyerapan air (penetrasi) yang terjadi pada benda uji dan mencatat hasil yang diperoleh. Nilai permeabilitas beton didapatkan dengan koefisien permeabilitas. Adapun koefisien permeabilitas dapat diperoleh berdasarkan Hukum Darcy (Handoko Sugiharto et al., 2004) dengan Persamaan [1].

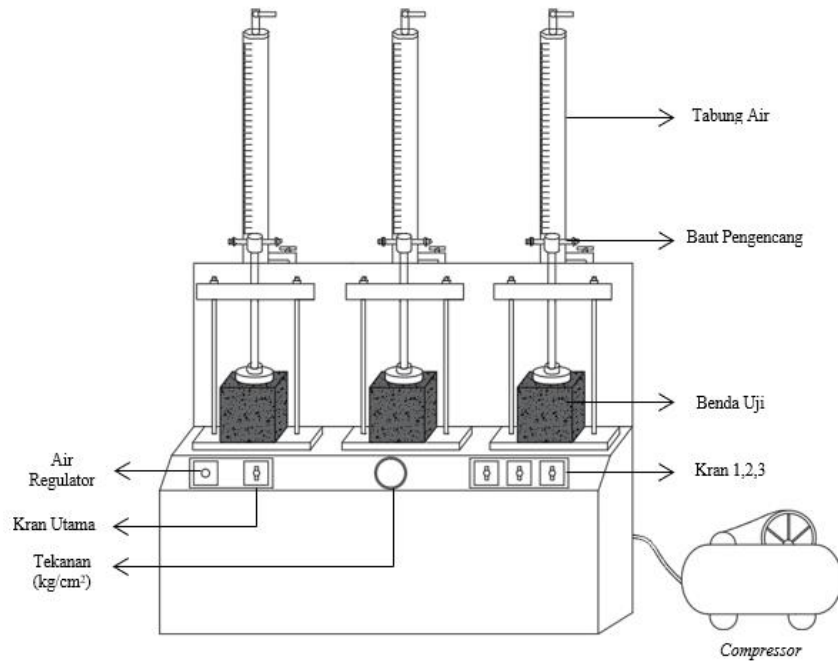
$$K = \frac{\rho g L Q}{P A} = \frac{\rho g L \left(\frac{V}{t}\right)}{P A} \dots\dots\dots [1]$$

keterangan:

- P = tekanan air (kg cm/s<sup>2</sup>)
- A = luas penampang sampel (cm<sup>2</sup>)
- g = percepatan gravitasi (cm/s<sup>2</sup>)
- K = koefisien permeabilitas (cm/s)
- L = panjang atau tinggi sampel (cm)
- ρ = massa jenis air (g/cm<sup>3</sup>)
- Q = debit aliran air (cm<sup>3</sup>/s)
- t = waktu penekanan sampel (s)

$V$  = volume penurunan air ( $\text{cm}^3$ )

Set up pengujian permeabilitas pada *Reactive Powder Concrete* (RPC) terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Set up pengujian permeabilitas

### Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar atau yang disebut juga dengan *slump flow test* bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan atau *workability* pada beton *High Strength Concrete*. Pengujian dilakukan menggunakan papan alir (*flow table*) dan kerucut *abrams*. Menurut (Alkhaly et al., 2022) nilai *slump flow* RPC berkisar antara 340 – 360 mm.

## ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

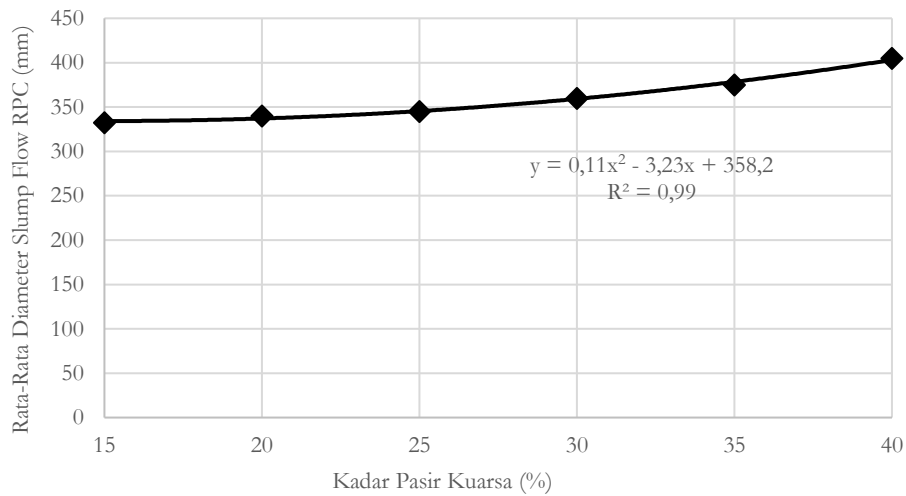
### Hasil Pengujian Beton Segar

Nilai *slump flow* yang rendah merupakan parameter dari beton RPC karena rasio *water content* yang digunakan. Hasil pengujian *flow table* terdapat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian *flow table*

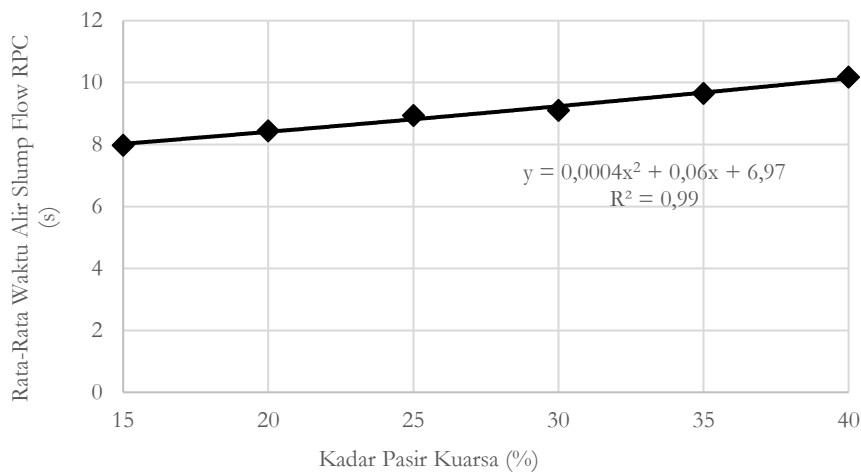
Nama Benda Uji	$D_1$ (mm)	$D_2$ (mm)	$D_{rata-rata}$ (mm)	$T_{rata-rata}$ (detik)
RPC – PK0%	330	320	325	7,52
RPC – PK15%	330	335	332,50	7,98
RPC – PK20%	340	340	340	8,44
RPC – PK25%	350	340	345	8,94
RPC – PK30%	350	370	360	9,11
RPC – PK35%	370	380	375	9,65
RPC – PK40%	400	410	405	10,18

Berdasarkan Tabel 3 dapat dibuat grafik hubungan antara variasi pasir kuarsa dengan hasil pengujian *flow table* yang terdapat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Grafik hubungan rata-rata diameter *flow table* beton RPC terhadap variasi pasir kuarsa

Berdasarkan **Gambar 2** dapat dilihat bahwa bahwa RPC pada penelitian ini memiliki nilai *slump flow* yang rendah dan bahwa terjadi peningkatan nilai dari *flow table test* seiring dengan bertambahnya persentase penggantian pasir halus dengan pasir kuarsa. Kecilnya *water content* yang digunakan dalam campuran dan rendahnya kemampuan campuran dalam menyerap air menyebabkan peningkatan konsistensi tersebut. Pasir halus memiliki nilai *absorption* yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasir kuarsa sehingga semakin besar kadar pasir kuarsa yang digunakan maka akan berkurang juga kemampuan campuran untuk menyerap air. Tingkat penyebaran *flow table* semakin besar jika kadar pasir kuarsa yang digunakan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa campuran beton memiliki *workability* yang besar.



Gambar 3. Grafik hubungan waktu alir dengan variasi kadar pasir kuarsa

Berdasarkan **Gambar 3**, diketahui bahwa semakin banyak penggunaan pasir kuarsa akan menyebabkan beton menjadi lebih encer sehingga nilai *slump flow* akan semakin melebar dan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai diameter maksimum.

### Hasil Pengujian Permeabilitas Beton

Hasil uji permeabilitas pada RPC dengan *silica fume* 15% dengan variasi pasir kuarsa 0%; 15%; 20%; 25%; 30%; 35%; dan 40% selama 48 jam dengan penekanan air 1 kg/ cm<sup>2</sup> terhadap 21 buah benda uji (3 buah benda uji tiap variasi) terdapat pada **Tabel 4** dan **Tabel 5** berikut ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Permeabilitas Beton Bubuk Reaktif

Kadar Pasir Kuarsa (%)	Rerata Volume Penurunan Air	Debit	Koefisien Permeabilitas
	V (cm <sup>3</sup> )	Q (cm <sup>3</sup> /s)	K (cm/s)
0%	33,5	1,94E-04	1,29E-08
15%	27	1,62E-04	1,08E-08
20%	18,17	1,07E-04	7,14E-09
25%	11,33	6,56E-05	4,37E-09
30%	5	2,89E-05	1,93E-09
35%	12,83	7,43E-05	4,95E-09
40%	20,5	1,19E-04	7,91E-09

Tabel 5. Hasil Penetrasi berdasarkan SNI 03-2914-1992

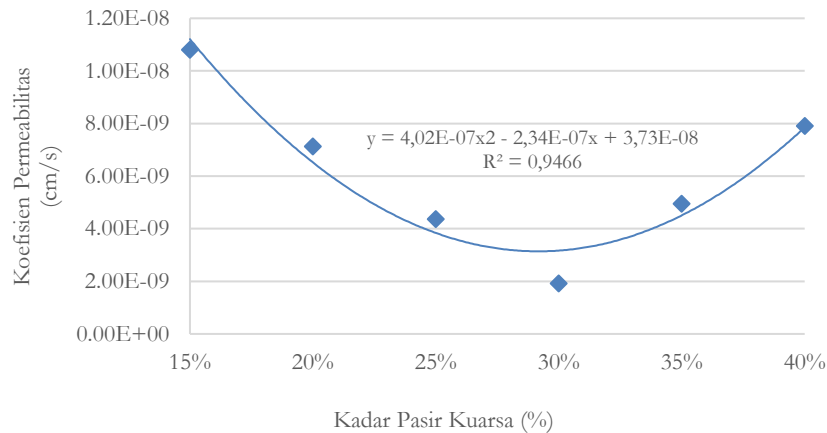
Kode Benda Uji	Rerata Kedalaman Penetrasi	SNI 03-2914-1992	
	(mm)	Agresif Sedang (maksimal 50 mm)	Agresif Kuat (maksimal 30 mm)
RPC-P-PK0%	28	memenuhi	memenuhi
RPC-P-PK15%	23	memenuhi	memenuhi
RPC-P-PK20%	20,33	memenuhi	memenuhi
RPC-P-PK25%	16,67	memenuhi	memenuhi
RPC-P-PK30%	10	memenuhi	memenuhi
RPC-P-PK35%	15,33	memenuhi	memenuhi
RPC-P-PK40%	20,67	memenuhi	memenuhi

Berdasarkan **Tabel 5** dapat dilihat bahwa besarnya nilai penetrasi air dalam beton RPC penelitian ini telah memenuhi syarat untuk digunakan sebagai beton kedap air agresif kuat menurut SNI 03-2914-1992. Nilai koefisien permeabilitas maksimum diisyaratkan sebesar  $1,5 \times 10^{-11}$  m/s ( $1,5 \times 10^{-9}$  cm/s) sesuai dengan ACI 301-729 (revisi 1975) (dalam *Neville and Brooks, 1987*). Hasil analisis pada Tabel 5 menunjukkan bahwa RPC dengan *silica* 15% dan variasi pasir kuarsa belum memenuhi syarat tersebut. Sedangkan koefisien permeabilitas dan persentase perubahannya terdapat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Koefisien permeabilitas dan persentase perubahan permeabilitas beton RPC

Kode Benda Uji	K (cm/s)	Persentase Perubahan K terhadap Beton Normal (%)
RPC-P-PK0%	1,29E-08	0,00
RPC-P-PK15%	1,08E-08	-16,42
RPC-P-PK20%	7,14E-09	-44,78
RPC-P-PK25%	4,37E-09	-66,17
RPC-P-PK30%	1,93E-09	-85,07
RPC-P-PK35%	4,95E-09	-61,69
RPC-P-PK40%	7,91E-09	-38,81

Berdasarkan **Tabel 6** dapat diketahui bahwa permeabilitas beton RPC mengalami penurunan jika dibandingkan dengan koefisien permeabilitas beton RPC tanpa variasi pasir kuarsa. Perubahan persentase terbesar terjadi pada kadar pasir kuarsa sebesar 30% dengan nilai penurunan persentase sebesar 85,07 %.



Gambar 4. Grafik hubungan koefisien permeabilitas beton RPC dengan variasi pasir kuarsa pada tekanan 1 kg/cm<sup>2</sup>

Berdasarkan hasil perhitungan regresi pada **Gambar 4** didapatkan nilai optimum yaitu sebesar  $3,14 \cdot 10^{-9}$  cm/s dengan penambahan variasi pasir kuarsa dengan kadar 29,17 %. Pada Tabel 6 dan Gambar 4 diketahui bahwa koefisien permeabilitas beton RPC ini, terjadi penurunan nilai permeabilitas seiring dengan meningkatnya kadar pasir kuarsa sampai suatu kadar optimum. Nilai minimum tercapai pada kadar pasir kuarsa sebesar 30 % akan menghasilkan beton dengan nilai permeabilitas pada tekanan 1 kg/cm<sup>2</sup> sebesar  $1,93 \cdot 10^{-9}$  cm/s. Penurunan nilai tersebut merupakan perbaikan dari sifat beton dikarenakan dengan semakin kecil koefisien permeabilitas yang terjadi maka beton tersebut semakin lebih kedap air. Beton semakin bersifat *impermeable* jika memiliki koefisien permeabilitas semakin rendah sehingga beton kedap air.

Dari hasil tersebut diketahui bahwa sampai kadar optimum beton dengan variasi pasir kuarsa mempunyai permeabilitas yang lebih kecil dibandingkan beton tanpa variasi pasir kuarsa. Penggunaan pasir kuarsa dapat meningkatkan homogenitas beton RPC lebih baik. Selain itu, pasir kuarsa memiliki *absorbsion* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pasir halus sehingga kemampuan menyerap air pada pasir kuarsa lebih rendah jika dibandingkan dengan pasir halus. Setelah melewati kadar optimum penggunaan kadar pasir kuarsa, permeabilitas beton akan mengalami kenaikan. Hal ini dimungkinkan karena pada kadar penggantian pasir halus dengan pasir kuarsa melebihi kadar optimum akan menyebabkan pasir kuarsa tidak bereaksi secara keseluruhan sehingga adonan beton tidak tercampur secara sempurna sehingga kandungan air yang tersisa dalam beton akan menguap dan meningkatkan porositas beton yang berakibat pada menaikkan permeabilitas beton.

Beton RPC ini juga menggunakan *silica fume* dengan kadar 15%. Penambahan *silica fume* ke beton RPC diperlukan untuk mengubah rasio  $\text{Ca(OH)}_2$  dan  $\text{SiO}_2$  menjadi CSH sekunder yang berfungsi sebagai pengikat. *Silica fume* pada beton akan mengisi pori-pori dalam campuran beton dan meningkatkan daya rekat antar agregat, sehingga jumlah pori-pori pada beton berkurang dan impermeabilitas beton meningkat. Pori-pori pada beton yang terisi oleh *silica fume* maka konektivitas antar pori akan tertutup, sehingga kemampuan beton untuk menyerap zat cair berkurang yang menyebabkan menurunnya nilai permeabilitas beton.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis perhitungan data, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil penelitian, penambahan variasi pasir kuarsa dapat menurunkan nilai permeabilitas beton RPC pada kadar tertentu hingga batas minimumnya. Hasil pengujian selama 48 jam dengan tekanan 1 kg/cm<sup>2</sup> menunjukkan nilai permeabilitas pada variasi pasir kuarsa 0%; 15%; 20%; 25; 30%; 35%; dan 40% berturut-turut sebesar  $1,29 \cdot 10^{-8}$  cm/s;  $1,08 \cdot 10^{-8}$  cm/s;  $7,14 \cdot 10^{-9}$  cm/s;  $4,37 \cdot 10^{-9}$  cm/s;  $1,93 \cdot 10^{-9}$  cm/s;  $4,95 \cdot 10^{-9}$  cm/s;  $7,91 \cdot 10^{-9}$  cm/s dengan persentase penurunan dari beton tanpa pasir kuarsa secara berturut-turut 16,42%; 44,78%; 66,17%; 85,07%; 61,69%; 38,81%.
2. Berdasarkan hasil perhitungan regresi terhadap tekanan 1 kg/cm<sup>2</sup> didapatkan nilai optimum yaitu sebesar  $3,14 \cdot 10^{-9}$  cm/s dengan penambahan variasi pasir kuarsa dengan kadar 29,17 %.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membimbing serta memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Ali Qureshi, L., Muhammad Tasaddiq, R., Ali, B., Qureshi, L. A., Tasaddiq, R. M., Ali, B., & Sultan, T. (2017). Effect of Quartz Content on Physical Parameters of Locally Developed Reactive Powder Concrete FIBER REINFORCED CONCRETE View project Fiber-reinforced reactive powder concrete View project The Nucleus Effect of Quartz Content on Physical Parameters of Loca. *The Nucleus*, 54(4), 242–249.
- Alkhaly, Y. R., Abdullah, Husaini, & Hasan, M. (2022). Characteristics of reactive powder concrete comprising synthesized rice husk ash and quartzite powder. *Journal of Cleaner Production*, 375(September), 134154. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134154>
- Annas, A., Ekaputri, J. J., & Triwulan, T. (2016). Pemanfaatan Mikrobakteri Terhadap Beton Mutu Tinggi dengan Tambahan Silica Fume. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1), 5–10. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i1.15248>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- Hadori, A., Pranoto, Y., & Sutarto, T. E. (2020). Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Fly Ash dan Admixture Superplasticizer. *Jurnal Inersia*, 7(1), 50-55.
- Handoko Sugiharto, Allan Surya, Koeshardiono Wibowo, & Wong Foek Tjong. (2004). Rancang Bangun Alat Uji Permeabilitas Beton. *Civil Engineering Dimension*, 6(2), 94–100. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/civ/article/view/16117>
- Hidayat, I. N. (2021). *Kajian Kuat Desak Dan Modulus Elastisitas*. 9(2), 106–113.
- Hidayat, A. K., Nursani, R., & Faiz, S. (2022). Analisis Kuat Tekan dan Laju Infiltrasi pada Beton Porous K-200 dengan Tambahan Sika Fume. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 4(1).
- International, A. (2021). *ASTM C618 Fly Ash Specification: Comparison with Other Specifications, Shortcomings, and Solutions*.
- Irlan, A. O., Kurniawati, G., & Sofyan, M. (2020). Tinjauan Karakteristik Bahan Penyusun Beton Berpori dengan Penggunaan Flyash dan Superplasticizer untuk Perkerasan Jalan Ramah Lingkungan. *Kilat*, 9(2), 244-256.
- Kushartomo, W., Christianto, D., Suryani, J., Let, J., Parman, J. S., & Jakarta, N. (2016). Pengaruh Penggunaan Serat Baja Terhadap Flexural Toughness Reactive Powder Concrete. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(2), 107–112.
- Kusumo. (2013). *Pengaruh Penggunaan Silica Fume, Fly Ash, dan Superplasticizer pada Beton Mutu Tinggi Memadat Mandiri*.
- Mahendra, A. I. (2023). *Pengaruh Penggunaan Silica Fume dan Superplasticizer sebagai Bahan Tambah pada Beton Alir. (The Effect of Using Silica Fume and Superplasticizer As Additives in Flowing Concrete)* (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- Mayhoub, O. A., Nasr, E. S. A. R., Ali, Y. A., & Kohail, M. (2021). The influence of ingredients on the properties of reactive powder concrete: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 145–158. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.07.016>
- Richard, P., & Cheyreyzy, M. (1995). Composition of reactive powder concretes. *Cement and Concrete Research*, 25(7), 1501–1511. [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(95\)00144-2](https://doi.org/10.1016/0008-8846(95)00144-2)
- TRIYONO, A. L., & WIDYANINGSIH, E. (2023). Pengaruh Penambahan Silica Fume 20% Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash. *Prosiding FTSP Series*, 371-375.
- Umiati, S. (2019). PENGARUH PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN BETON.
- Wibowo, W., Mediyanto, A., & Valentin, S. (2019). Kajian Penetrasi dan Permeabilitas Beton Mutu Tinggi Memadat Mandiri terhadap Variasi Komposisi Metakaolin dan Superplasticizer MasterEase 3029 Kadar 1,9% dari Berat Binder. *Matriks Teknik Sipil*, 7(3), 247–254. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v7i3.36495>