

KAJIAN NILAI SUSUT KERING UMUR 28 HARI PADA BETON BUBUK REAKTIF DENGAN SILICA FUME 15% DAN VARIASI PASIR KUARSA

Wibowo, Endah Safitri, Salma Puteri Kusmiwijayanti

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta, Jawa Tengah, 57126

Email: wibowo68@staff.uns.ac.id

Abstract

In Indonesia Infrastructure development increases concrete innovation to support the development, one of the innovation is reactive powder concrete. This concrete does not use coarse aggregate in mix design, micrometer component use as substitute of coarse aggregate so the concrete mixture is more homogeneous and solid. This research purposed is to determine the effect of quartz sand addition on the drying shrinkage of reactive powder concrete. This research uses experimental method. The mix design used silica fume 15% with quartz sand variation 0%; 15%; 20%; 25%; 30%; 35%; 40%. The samples are cuboid with dimension of 10 cm x 10 cm x 30 cm, total sample used are 21 pieces. Drying Shrinkage test carried out using a Demountable Mechanical Gauge 200MM for 28 days after the concrete was 1 day old. The results of the drying shrinkage test for variation of quartz sand 0%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% for 28 days respectively were 387 μ , 352 μ , 302 μ , 252 μ , 208 μ , 240 μ , 263 μ . Nano sized quartz sand can fill the voids of concrete mixture so the void volume is reduced and decrease the value of drying shrinkage. The optimum values of drying shrinkage was 225,8848 μ and occurs in 31,37% quartz sand variation.

Keywords: drying shrinkage, quartz sand, reactive powder concrete, silica fume

Abstrak

Di Indonesia pembangunan infrastruktur meningkatkan inovasi-inovasi beton untuk menunjang pembangunan. Salah satunya adalah beton bubuk reaktif. Beton ini tidak menggunakan agregat kasar dalam rancang campurnya, material berukuran mikro digunakan sebagai pengganti agregat kasar sehingga campuran beton bersifat lebih homogen dan padat. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan pasir kuarsa terhadap susut kering beton bubuk reaktif. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Rancang campur beton ini menggunakan *silica fume* 15% dengan variasi pasir kuarsa 0%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%. Benda uji berbentuk balok dengan dimensi 10 cm x 10 cm x 30 cm dengan jumlah benda uji 21 buah. Uji susut kering dilakukan menggunakan *Demountable Mechanical Gauge* 200MM selama 28 hari setelah beton berumur 1 hari. Hasil pengujian nilai susut kering setiap kadar pasir kuarsa selama 28 hari untuk variasi 0%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% adalah 387 μ , 352 μ , 302 μ , 252 μ , 208 μ , 240 μ , 263 μ . Pasir kuarsa berukuran nano mampu mengisi rongga dalam campuran beton sehingga volume pori berkurang dan menurunkan nilai susut kering beton. Nilai optimum susut kering beton bubuk reaktif adalah 225,8848 μ dan terjadi pada variasi pasir kuarsa 31,37%.

Kata Kunci: beton bubuk reaktif, pasir kuarsa, *silica fume*, susut kering

PENDAHULUAN

Di Indonesia pembangunan infrastruktur meningkatkan penggunaan material beton sebagai bahan konstruksi utama. Beton banyak digunakan karena memiliki banyak keunggulan berupa durabilitas tinggi, masa layan beton yang lama, serta tahan terhadap api dan suhu tinggi. Beton terdiri dari semen portland atau semen hidrolis lain, agregat halus dan kasar, air, serta bahan tambah apabila diperlukan (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019). Perkembangan dan inovasi beton sangat diperlukan untuk mendapatkan beton dengan kinerja dan durabilitas yang tinggi sehingga struktur yang dibuat menjadi lebih kuat terhadap lingkungan ekstrem. (S & John, 2015)

Inovasi beton dilakukan untuk mendapatkan material konstruksi beton dengan durabilitas tinggi, salah satu inovasinya adalah *Reactive Powder Concrete* (RPC) atau beton bubuk reaktif (DZULFIKAR, D., & SAELAN, P. 2023). Beton bubuk reaktif hanya menggunakan agregat halus dalam rancang campurnya. Peniadaan agregat kasar akan memperbaiki gradasi komposisi material sehingga didapatkan campuran beton yang homogen dan lebih padat dibandingkan dengan beton konvensional (Mostofinejad et al., 2016). Beton bubuk reaktif dibuat menggunakan nilai fas yang rendah (Mayhoub et al., 2020), *Superplasticizer* sebagai *admixture* (Kannan Rajkumar et al., 2020), serat baja (Ahmad et al., 2015; Bae et al., 2016), *silica fume* (Simatupang et al., 2017), dan pasir kuarsa (Ali Qureshi et al., 2017).

Susut kering terjadi karena kehilangan uap air saat proses penguapan dan menyebabkan berkurangnya volume elemen beton (Nawy, 2008; Fadillah, G. S., Putri, R. A., Tudjono, S., & Priastiwi, Y. A. 2017). Susut kering adalah penyebab utama dari rusaknya beton karena mampu menyebabkan retak dan zat-zat berbahaya mampu masuk ke dalam beton sehingga durabilitas beton berkurang (Abdalmid et al., 2019). Penelitian susut kering terhadap beton bubuk reaktif yang telah dilakukan Fu et al., (2022) dan Tam et al., (2012) memberikan hasil yang berbeda sesuai dengan variasi komposisi material yang digunakan. Beton bubuk reaktif dalam penelitian ini menggunakan *silica fume* 15% dan variasi pasir kuarsa sebagai bahan substitusi pasir alam yang berperan meningkatkan daya rekat agregat dan meningkatkan kepadatan campuran beton. Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengkaji nilai susut kering pada beton bubuk reaktif dengan penambahan *silica fume* 15% dan variasi pasir kuarsa dengan kadar 0%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%.

METODE

Metode eksperimental digunakan dalam penelitian ini dengan kajian nilai susut kering pada beton bubuk reaktif. Pengujian dilakukan secara langsung di laboratorium menggunakan benda uji beton berbentuk balok dengan dimensi 30×10×10cm. Masing-masing variasi pasir kuarsa dibuat tiga benda uji sehingga terdapat 21 buah benda uji yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian yang dilakukan terdiri dari pengujian *slump flow* pada beton segar dan pengujian susut kering pada beton keras. Pengujian susut kering dilaksanakan pada umur beton 1-28 hari menggunakan *Demountable Mechanical Gauge* 200MM. Jumlah benda uji dan kode benda uji yang digunakan terdapat pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Benda Uji dan Kode Benda Uji Susut Kering

Kode benda uji	Kadar Silica Fume (%)	Kadar Pasir Kuarsa (%)	Umur (hari)	Jumlah Benda Uji
RPC – PK – 0%	15	0	28	3
RPC – PK – 0%		15	28	3
RPC – PK – 0%		20	28	3
RPC – PK – 0%		25	28	3
RPC – PK – 0%		30	28	3
RPC – PK – 0%		35	28	3
RPC – PK – 0%		40	28	3
Total Benda Uji Susut Kering				21

Rancang Campur Beton

Rancang campur (*mix design*) yang digunakan untuk pembuatan beton bubuk reaktif pada penelitian ini merujuk pada penelitian Richard dan Cheyrezy (1995). Faktor air semen (fas) yang digunakan sebesar 0,19. *Superplasticizer* yang digunakan adalah *superplasticizer* dari sika visocrete 1003 sebesar 1,9% dari berat binder. Rancang campur beton bubuk reaktif yang digunakan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rancang Campur (*Mix Design*) Beton

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

Pengujian Beton Segar

Pengujian *slump flow* dilakukan pada beton segar dengan menggunakan *flow table test*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton. Kemampuan mengalir beton segar dinyatakan dalam besaran diameter aliran beton.

Pengujian Beton Keras

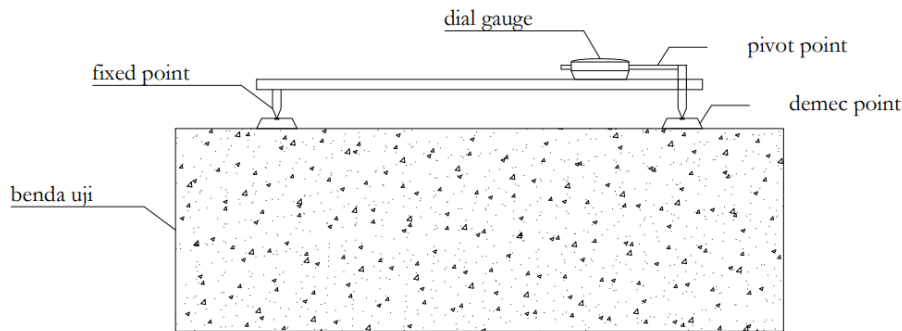
Pengujian beton keras yang dilakukan adalah pengujian susut kering. Pengujian ini menggunakan benda uji beton berbentuk balok ukuran 30×10×10 cm saat beton berumur 1 – 28 hari. Uji susut kering dilakukan untuk mengetahui nilai susut kering beton untuk setiap variasi pasir kuarsa. Nilai susut kering didapatkan dari perbandingan antara selisih panjang awal dan panjang akhir benda uji dengan panjang mula-mula benda uji. Rumus susut bisa dilihat pada Persamaan [1].

$$(\epsilon sh) = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

- (ϵsh) = besar nilai susut
- ΔL = selisih panjang awal dan panjang akhir setelah t waktu
- L_0 = panjang mula-mula

Sketsa pengujian susut kering dapat dilihat pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. *Set up* pengujian susut kering

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton

Pengujian bahan penyusun beton meliputi pengujian gradasi agregat, kadar zat organik, kandungan lumpur, dan *specific gravity* pada pasir halus dan pasir kuarsa. Hasil pengujian bahan penyusun beton terdapat pada **Tabel 3.** berikut

Tabel 3. Benda Uji Susut Kering

Jenis Pengujian	Pasir Halus	Pasir Kuarsa	Standar	Kesimpulan
<i>Absorbson</i>	4,71%	4.49%	-	-
<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,84	2,74	-	-
<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,50	2,44	-	-
<i>Bulk Specific Gravity</i> SSD	2,62	2,55	2,5 – 2,7 SNI 03-2834-2000	Memenuhi Standar
Kandungan Lumpur	2,30%	0,7%	< 5% PBI 1971, ASTM C.117	Memenuhi Standar
Kandungan Zat Organik	Kuning Kemerahan	Kuning Muda	PBI 1971, ASTM C.40	Memenuhi Standar
Modulus Kehalusan	2,54	3,43	1,5 < MH < 3,8 SII-0052-80	Memenuhi Standar

Pengujian XRF dilakukan pada *silica fume* untuk mengetahui kandungan kimianya. Hasil pengujian didapatkan bahwa *silica fume* mengandung kadar SiO₂ sebesar 85,76%. Standar ASTM C1240 menyatakan kadar minimum kandungan SiO₂ untuk campuran beton adalah lebih dari 85% sehingga *silica fume* yang digunakan pada pembuatan benda uji telah sesuai standar.

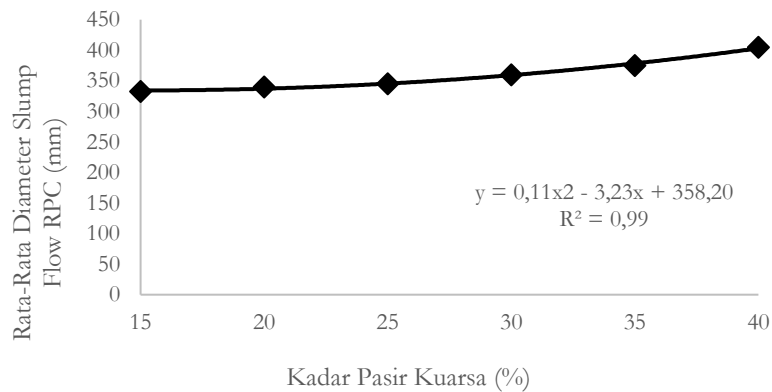
Hasil Pengujian Beton Segar

Salah satu parameter beton bubuk reaktif adalah nilai *slump flow* yang rendah sebanding dengan nilai *water content* yang rendah. Hasil pengujian *beton segar dapat dilihat* pada Tabel 4.

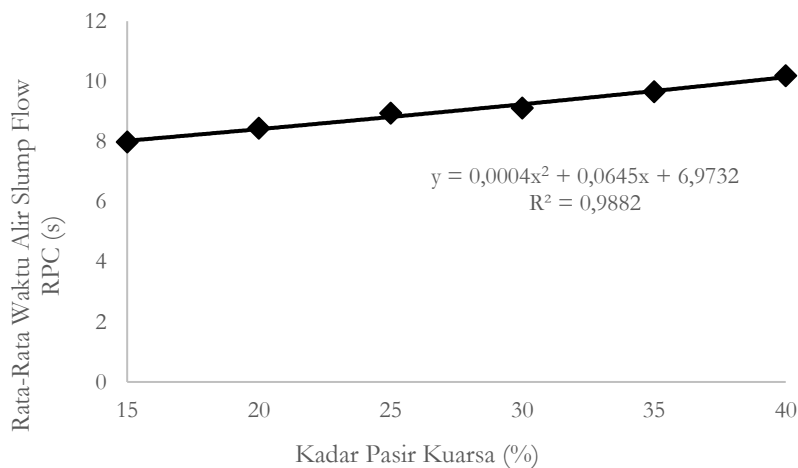
Tabel 4. Hasil pengujian *Slump Flow*

Kode Benda Uji	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D _{rata-rata} (mm)	T _{rata-rata} (detik)
RPC-SK - 0%	330,00	320,00	325,00	7,52
RPC-SK - 15%	330,00	335,00	332,50	7,98
RPC-SK - 20%	340,00	340,00	340,00	8,44
RPC-SK - 25%	350,00	340,00	345,00	8,94
RPC-SK - 30%	350,00	370,00	360,00	9,11
RPC-SK - 35%	370,00	380,00	375,00	9,65
RPC-SK - 40%	400,00	410,00	405,00	10,18

Berdasarkan **Tabel 4.** dibuat grafik hubungan antara hasil pengujian *slump flow* dengan variasi pasir kuarsa yang dapat dilihat pada **Gambar 2.** dan **Gambar 3.** berikut.



Gambar 2. Grafik hubungan antara diameter *slump flow* dengan variasi kadar pasir kuarsa



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

Berdasarkan **Gambar 2.** dapat terlihat jelas bahwa beton dengan variasi kadar pasir kuarsa pada penelitian ini memiliki nilai *slump flow* yang rendah sesuai dengan kriteria RPC yaitu memiliki nilai *slump flow* yang rendah. Nilai diameter *slump flow* meningkat seiring dengan bertambahnya variasi kadar pasir kuarsa yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh *water content* yang digunakan dalam *mix design* sangat rendah dan absorpsi yang kecil pada pasir kuarsa yang menyebabkan semakin kecil pula air yang terserap ke dalam pori-pori pasir kuarsa

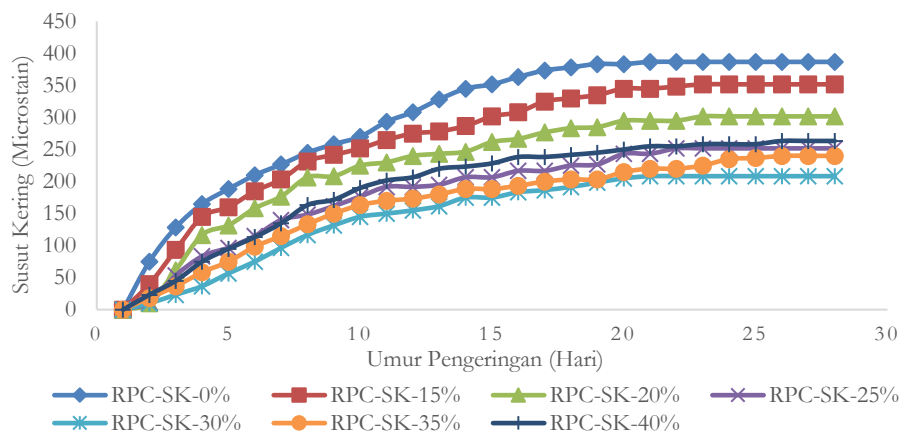
Hasil Pengujian Susut Kering

Rekapitulasi hasil uji susut kering pada beton bubuk reaktif dengan *silica fume* 15% dan variasi pasir kuarsa terdapat pada Tabel 5 berikut ini.

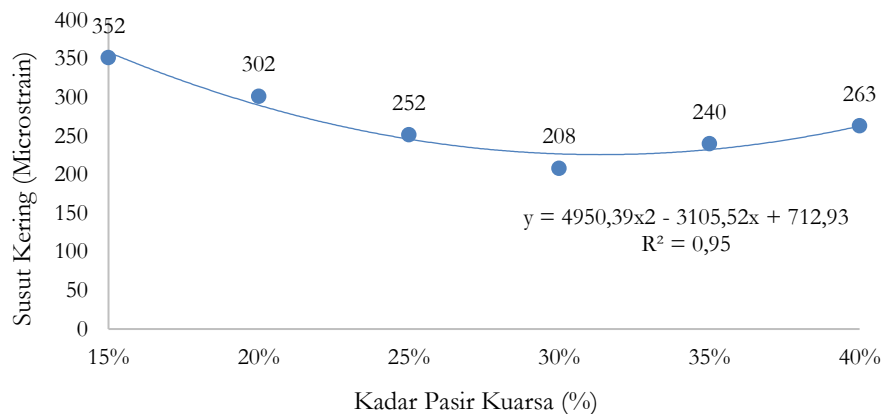
Tabel 5. Hasil Rata-rata Pengujian Susut Kering Beton Bubuk Reaktif Umur 28 Hari

Hubungan Nilai <i>Shrinkage</i> (*10 ⁻⁶) Tiap Variasi Sampel dengan Waktu (hari)							
Hari Ke-	RPC-PK-0%	RPC-PK-15%	RPC-PK-20%	RPC-PK-25%	RPC-PK-30%	RPC-PK-35%	RPC-PK-40%
1	0	0	0	0	0	0	0
2	75	40	10	12	10	18	23
3	128	93	62	53	23	37	45
4	165	145	117	83	37	58	75
5	188	160	132	97	57	75	95
6	210	185	158	115	75	98	113
7	227	203	177	140	97	115	135
8	245	232	207	148	117	133	163
9	258	242	208	162	132	150	172
10	270	252	225	177	145	163	190
11	293	265	230	192	150	170	202
12	308	275	240	192	155	173	207
13	328	278	243	195	162	180	220
14	345	287	247	207	175	188	223
15	352	302	262	207	175	188	228
16	363	308	267	217	183	193	238
17	373	325	277	217	187	200	238
18	378	330	283	225	192	203	242
19	383	335	285	227	198	203	245
20	383	345	295	243	205	215	250
21	387	345	295	243	208	220	255
22	387	348	295	252	208	220	255
23	387	352	302	252	208	225	258
24	387	352	302	252	208	235	258
25	387	352	302	252	208	237	258
26	387	352	302	252	208	240	263
27	387	352	302	252	208	240	263
28	387	352	302	252	208	240	263

Berdasarkan data pada Tabel 5, dihasilkan grafik hubungan antara nilai susut kering dengan umur pengeringan pada setiap substitusi pasir kuarsa pada Gambar 4 dan grafik hubungan antara nilai rata-rata susut kering dengan komposisi pasir kuarsa pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik Hubungan Susut Kering Beton Bubuk Reaktif dengan Variasi Pasir Kuarsa Terhadap Umur Pengeringan



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Nilai Susut Kering dengan Variasi Pasir Kuarsa

Hasil analisa dari Gambar 3, terbentuk garis regresi polinom dan dari persamaan tersebut didapatkan perhitungan untuk mendapat nilai susut kering optimum beton bubuk reaktif. Nilai susut kering optimum sebesar 225,8848 μ pada variasi pasir kuarsa 31,37%.

Berdasarkan hasil pengujian agregat halus nilai absorpsi pasir kuarsa lebih rendah dibandingkan dengan nilai absorpsi pasir alam. Penambahan pasir kuarsa pada campuran beton akan mengurangi penyerapan air yang menyebabkan berkurangnya pori yang terbentuk dalam beton sehingga mempengaruhi besarnya susut yang terjadi. Dalam literatur Mayhoub (2020) Pasir kuarsa mampu mengisi rongga dalam campuran beton dan akan memperkecil ukuran pori dalam pasta semen. Kemampuannya untuk mengisi rongga dalam campuran beton dan meningkatkan daya rekat agregat pada beton sehingga tidak banyak air yang terjebak dalam campuran beton. Dikarenakan salah satu penyebab susut adalah hilangnya air dalam beton akibat proses hidrasi maka bertambahnya kadar pasir kuarsa memiliki potensi untuk menurunkan nilai susut kering beton hingga batas optimum. Akan tetapi, pada kadar pasir kuarsa 35% dan 40% terjadi kenaikan nilai susut kering yang disebabkan oleh besarnya pasir kuarsa yang digunakan. Kelebihan pasir kuarsa menyebabkan beton mengalami kelebihan air bebas permukaan sehingga terbentuk banyak pori dan mempengaruhi nilai susut keringnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan data, dan evaluasi yang telah dilaksanakan kesimpulan yang dapat diambil adalah:

1. Berdasarkan hasil penelitian, penambahan variasi pasir kuarsa akan menurunkan nilai susut kering pada kadar tertentu hingga batas optimumnya. Hasil pengujian susut kering pada benda uji beton bubuk reaktif variasi pasir kuarsa pada umur 28 hari berdasarkan pengujian laboratorium masing-masing variasi pasir kuarsa 0%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% adalah 387 μ , 352 μ , 302 μ , 252 μ , 208 μ , 240 μ , 263 μ .
2. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan pasir kuarsa yang optimum pada beton umur 28 hari terhadap nilai susut kering adalah pada variasi pasir kuarsa 31,37% dengan nilai susut kering 225,8848 μ .

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada segala pihak yang telah membantu penelitian ini sehingga penulis mampu menyelesaikan jurnal ini hingga selesai.

REFERENSI

- Abdahlmid, J. M., Ashour, A. F., & Sheehan, T. (2019). Long-term drying shrinkage of self-compacting concrete: Experimental and analytical investigations. *Construction and Building Materials*, 202, 825–837. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.152>
- Ahmad, S., Zubair, A., & Maslehuiddin, M. (2015). Effect of key mixture parameters on flow and mechanical properties of reactive powder concrete. *Construction and Building Materials*, 99, 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.09.010>

- 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. In *The Nucleus* (Vol. 54, Issue 4). www.thenucleuspak.org.pk
- ASTM C1240. (2005). *Astm C1240. Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures*, 15, 1–7.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2019). SNI 2847-2019 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Standar Nasional Indonesia*, 8, 720.
- Bae, B. Il, Choi, H. K., Lee, B. S., & Bang, C. H. (2016). Compressive Behavior and Mechanical Characteristics and Their Application to Stress-Strain Relationship of Steel Fiber-Reinforced Reactive Powder Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6465218>
- DZULFIKAR, D., & SAELAN, P. (2023). Kajian Mengenai Aplikasi Perancangan Campuran Beton Cara SNI 03-2834-2000 Pada Beton Serbuk Reaktif (Reactive Powder Concrete). *FTSP*, 77-84.
- Fadillah, G. S., Putri, R. A., Tudjono, S., & Priastiw, Y. A. (2017). Kajian Susut Beton Pada Struktur Beton Bertulang Yang Cepat Bongkar Perancah Studi Kasus Gedung Ict Center Universitas Diponegoro. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), 214-227
- Fu, D., Xia, C., Xu, S., Zhang, C., & Jia, X. (2022). Effect of concrete composition on drying shrinkage behavior of ultra-high performance concrete. *Journal of Building Engineering*, 62(July), 105333. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105333>
- Hamdi, F., Lopian, F. E. P., Tumpu, M., Mabui, D. S. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., & Rangan, P. R. (2022). *Teknologi Beton*. Tohar Media.
- Kannan Rajkumar, P. R., Mathangi, D. P., C, S., & M, N. (2020). Experimental Investigation of Reactive Powder Concrete exposed to Elevated Temperatures. *Construction and Building Materials*, 261, 119593. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119593>
- Kusmiwijayanti, S. P. (2023). Kajian Nilai Susut Kering pada Beton Bubuk Reaktif dengan Silica Fume 15? n Variasi Pasir Kuarsa.
- Mayhoub, O. A., Nasr, E. S. A. R., Ali, Y. A., & Kohail, M. (2020). 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>
- Mostofinejad, D., Nikoo, M. R., & Hosseini, S. A. (2016). Determination of optimized mix design and curing conditions of reactive powder concrete (RPC). *Construction and Building Materials*, 123, 754–767. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.082>
- Nawy, E. G. (2008). Concrete construction engineering handbook, second edition. *Concrete Construction Engineering Handbook, Second Edition*, 1–1563.
- Richard, P., & Cheyzy, 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)
- S, S., & John, E. (2015). A Study on Properties of Reactive Powder Concrete. *International Journal of Engineering Research And*, V4(11), 110–113. <https://doi.org/10.17577/ijertv4is110170>
- Simatupang, P. H., Nasjono, J. K., & Mite, K. G. (2017). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(2), 219–230.
- Tam, C. M., Tam, V. W. Y., & Ng, K. M. (2012). Assessing drying shrinkage and water permeability of reactive powder concrete produced in Hong Kong. *Construction and Building Materials*, 26(1), 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.05.006>