

# Kajian Mengenai Aplikasi Perancangan Campuran Beton Cara SNI 03-2834-2000 Pada Beton Serbuk Reaktif (Reactive Powder Concrete)

**DHIKA DZULFIKAR<sup>1</sup>, PRIYANTO SAELAN<sup>2</sup>**

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung

2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email : [dhikadz07@gmail.com](mailto:dhikadz07@gmail.com)

## ABSTRAK

*Reactive powder concrete (RPC) adalah bagian dari UHPC (ultra high performace concrete). Perancangan campuran RPC masih menggunakan cara trial and error. Apabila perancangan campuran RPC dapat dilakukan dengan cara perancangan beton biasa seperti cara SNI 03-2834-2000, maka perancangan campuran RPC akan lebih mudah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode perancangan campuran beton biasa, yaitu cara SNI 03-2834-2000, untuk dapat diaplikasikan pada perancangan campuran RPC. Penelitian dilakukan secara ekperimental di laboratorium beton. Pembuatan benda uji dengan kubus berukuran 5 cm × 5 cm × 5 cm dengan kuat tekan rencana 80 MPa dan 100 MPa. Penambahan silica fume dengan variasi 10% dan 15% sebagai pengurang semen. Variasi SP 3% dan 5% dari semen. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 hari. Pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa hasil uji kuat tekan berdekatan dengan kuat tekan prediksi dengan cara SNI 03-2834-2000, sehingga dapat disimpulkan bahwa perancangan campuran RPC dapat dirancang menggunakan cara SNI 03-2834-2000.*

**Kata Kunci:** RPC (Reactive Powder Concrete), SNI 03-2834-2000.

## ABSTRACT

*Reactive powder concrete (RPC) is part of UHPC (ultra-high-performance concrete). Mixed RPC design still uses the trial and error method. If the design of the RPC mix can be carried out using ordinary concrete design methods such as SNI 03-2834-2000, then the design of the RPC mixture will be easier. This study aims to develop an ordinary concrete mix design method, namely the SNI 03-2834-2000 method, to be applied to the RPC mix design. The research was carried out experimentally in a concrete laboratory. Preparation of specimens with cubes measuring 5 cm × 5 cm × 5 cm with a design compressive strength of 80 MPa and 100 MPa. The addition of silica fume with variations of 10% and 15% as a cement reduction. Variation of SP 3% and 5% of cement. The compressive strength test was carried out at the age of 7 days of concrete. The compressive strength test shows that the compressive strength test results are close to the predicted compressive strength using SNI 03-2834-2000, so it can be concluded that the RPC mixture design can be designed using SNI 03-2834-2000 method.*

**Keywords:** RPC (Reactive Powder Concrete), SNI 03-2834-2000.

## 1. PENDAHULUAN

*Reactive powder concrete* (RPC) adalah salah satu bagian dari *ultra high performance concrete* (UHPC) yaitu beton dengan kuat tekan yang sangat tinggi, dengan kuat tekan dapat lebih besar dari 100 MPa. RPC pertama kali dikembangkan pada tahun 1990 oleh P.Richard dan M. Cheyrezy pada laboratorium Bouyques, Lafarge Group di Prancis, dan diperkenalkan kepada umum untuk pertama kali pada tahun 1994. Perancangan RPC masih dilakukan secara *trial and error*. Salah satu penelitian campuran RPC telah dilakukan oleh Nadiger dan Madhavan (2019). Jika komposisi campuran RPC yang dilakukan oleh Nadiger dan Madhavan (2019) dianalisis menggunakan teori *dreux gorisse* maka untuk kuat tekan 100 MPa atau lebih didapatkan faktor granular dengan nilai 0,41-0,59. Jika kurva  $f_c$  vs  $\frac{w}{c}$  pada cara SNI 03-2834-2000 dikaji faktor granularnya, maka faktor granular yang terjadi pada kurva ini adalah berkisar 0,443-0,488. Membandingkan nilai faktor granular pada RPC dan nilai faktor granular pada SNI 03-2834-2000 maka diduga cara SNI 03-2834-2000 dapat digunakan langsung untuk merancang beton serbuk reaktif, untuk membuktikan dugaan ini maka dilakukan penelitian perancangan komposisi RPC menggunakan cara SNI-03-2834-2000.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. REACTIVE POWDER CONCRETE (RPC)

*Reactive powder concrete* (RPC) adalah salah satu bagian dari *ultra high performance concrete* (UHPC) yaitu beton dengan kuat tekan yang sangat tinggi, dengan kuat tekan dapat lebih besar dari 100 MPa. RPC pertama kali dikembangkan pada tahun 1990 oleh P.Richard dan M. Cheyrezy pada laboratorium Bouyques, Lafarge Group di Prancis. Dan diperkenalkan kepada umum untuk pertama kali pada tahun 1994. *Reactive powder concrete* merupakan beton jenis baru yaitu beton serbuk halus dimana agregat kasar tidak digunakan. Kuat tekan yang dihasilkan sangat tinggi yaitu lebih dari 100 MPa bahkan kuat tekannya dapat mencapai 800 MPa. Dalam P. Richard dan MH Cheyrezy (1995) membagi RPC menjadi dua kelas yaitu RPC200 dan RPC800. RPC200 memiliki tekanan beton pada rentang 170-230 MPa dan kuat tarik beton pada rentang 20-50 MPa. RPC800 memiliki tekanan beton pada rentang 500-800 MPa dan kuat tarik beton pada rentang 45-140 MPa.

### 2.2. SERBUK REAKTIF (*REACTIVE POWDER*)

*Reactive powder* atau serbuk reaktif adalah salah satu bahan campuran yang digunakan dalam campuran beton yang memiliki butiran sangat halus, *reactive powder* memiliki butiran lebih halus dibandingkan butiran pada semen ukuran butirannya antara 0,1-1 *micron* sedangkan semen memiliki ukuran butiran berkisar antara 0,5-100 *micron*. Karena ukuran butiran yang lebih halus maka *reactive powder* mampu memperkecil pori-pori yang terjadi dalam beton sehingga beton dapat lebih padat. Ditinjau dari sisi kimiawi serbuk reaktif memiliki kandungan silika yang tinggi sehingga serbuk reaktif mampu meningkatkan kuat tekan beton pada umur lanjut. Semen dan air akan berproses hidrasi menghasilkan kalsium hidroksida  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang kemudian berproses hidrasi lagi dengan  $\text{SiO}_2$  dalam kandungan serbuk reaktif yang menghasilkan kalsium silikat hidrat, dengan terbentuknya kalsium silika hidrat tambahan maka akan menambah kekuatan pada beton.

Pada penelitian ini digunakan penambahan silika fume terhadap RPC sebagai serbuk reaktif karena memiliki kandungan silika yang lebih tinggi. Manfaat yang terlihat dari penambahan silika fume adalah hasil dari perubahan mikro struktur pada beton. Perubahan ini dihasilkan

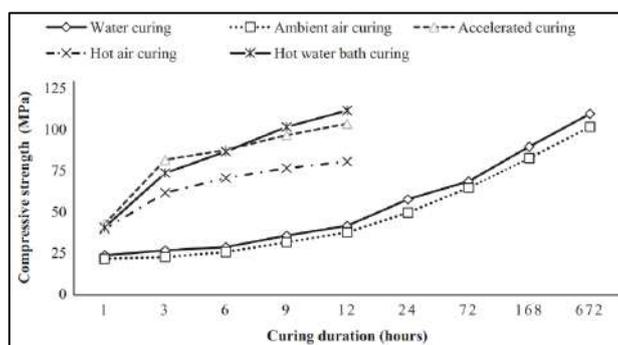
dari dua proses yang berbeda tetapi sama pentingnya. Pertama adalah aspek fisika silica fume dan yang kedua adalah kontribusi kimianya. Berikut adalah penjelasan singkat dari kedua aspek tersebut:

- 1) Aspek Fisika yaitu *silica fume* memiliki ukuran partikel yang sangat kecil sehingga dapat mengisi rongga-rongga diantara bahan pasir bahkan pada bahan semen sekalipun, sehingga air tidak terperangkap didalam partikel padat mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori berkurang. Fenomena ini sering disebut sebagai pengepakan partikel atau pengisian mikro. Bahkan jika silica fume tidak bereaksi secara kimiawi, efek *micro-filler* akan membawa perbaikan yang signifikan pada sifat beton.
- 2) Aspek Kimia yaitu Silica fume memiliki reaksi yang bersifat pozzolan karena kandungan  $\text{SiO}_2$  yang cukup tinggi dalam beton dan akan bereaksi seperti pada **persamaan 1**. Saat semen portland dalam beton mulai bereaksi secara kimiawi, hidrasi air dan semen akan menghasilkan  $\text{Ca(OH)}_2$  atau kalsium hidroksida yaitu bahan yang mudah larut dalam air. Kalsium hidroksida  $\text{Ca(OH)}_2$  ini bereaksi dengan silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) membentuk kalsium silikat hidrat yang terbentuk dari semen portland, dimana C-S-H ini mempengaruhi kekerasan beton. Sebagian besar pengikat tambahan inilah yang memberikan beton silica fume pada sifat pengerasannya yang lebih baik.



### 2.3. PERAWATAN

*Curing* atau perawatan beton dilakukan saat beton sudah mulai mengeras yang bertujuan untuk menjamin agar reaksi hidrasi tetap berlangsung. Pada RPC faktor air-semen (FAS) sangat rendah sehingga beton akan cepat mengeras dan cepat kehilangan air akibat penguapan sehingga proses hidrasi akan terhenti maka untuk menjamin proses hidrasi tetap berlangsung mutlak dilakukannya proses *curing*. Perbedaan metode *curing* telah banyak diteliti salah satunya oleh N. Hiremath dan C. Yaragal (2017) dari penelitian tersebut dapat dilihat pengaruh perbedaan perkembangan kuat tekan RPC terhadap waktu seperti terlihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Perkembangan Kuat Tekan Beton Terhadap Waktu Berdasarkan Metode *Curing* (Sumber: N. Hiremath dan C. Yaragal, 2017)**

### 2.4. APLIKASI CARA SNI 03-2834-2000 PADA BETON SERBUK

Kuat tekan beton cara SNI 03-2834-2000 dinyatakan dalam bentuk grafik  $f_c$  vs  $\frac{w}{c}$ . Jika grafik  $f_c$  vs  $\frac{w}{c}$  pada SNI 03-2834-2000 dinyatakan dalam persamaan matematika, maka digunakan persamaan dari Dreux Gorisse yang ditunjukkan pada **persamaan 2**. Perancangan campuran RPC dilakukan dengan menggunakan cara SNI 03-2834-2000.

$$f_c = G f_{pc} \left( \frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad (2)$$

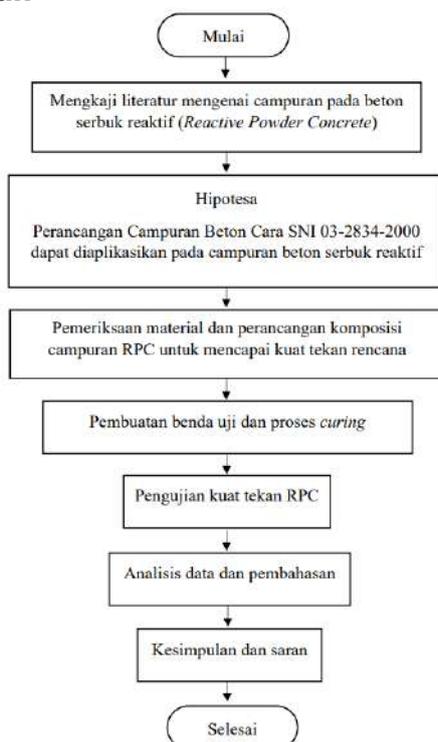
dengan:

- $f_c$  = Kuat tekan silinder rata-rata beton umur 28 hari;
- $f_{pc}$  = Kekuatan tekan mortar semen umur 28 hari (MPa)
- $\frac{c}{w}$  = Rasio berat semen terhadap berat air;
- G = Faktor granular (0,35 – 0,65).

Perancangan campuran RPC dilakukan dengan menggunakan cara SNI 03-2834-2000.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

#### 3.2 Pemeriksaan Agregat

Data dari material yang digunakan, didapat dari hasil pengujian material yang dilakukan di laboratorium beton dengan hasil yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Data hasil pemeriksaan sifat fisik agregat**

Sifat fisik	Material		
	Semen	Pasir 1,2 mm	SF
Berat jenis [kg/m <sup>3</sup> ]	3150	2532	2160
Berat isi gembur [kg/m <sup>3</sup> ]	-	1525	714,2
Berat isi padat [kg/m <sup>3</sup> ]	-	1589	757,5
Modulus kehalusan (FM)	-	1,62	-

#### 3.3 Perancangan Campuran Beton Untuk Pembuatan Benda Uji

Komposisi campuran hasil perhitungan dalam penelitian untuk kuat tekan rencana 80 MPa dan 100 MPa, dengan variasi *silica fume* 10% dan 15%, penggunaan *superplasticizer* digunakan dengan variasi 3% dan 5% dari semen.

**Tabel 2. Komposisi campuran RPC untuk 1 m<sup>3</sup> dengan penambahan SP 3%**

	80 MPa			100 MPa		
	Ukuran maksimal agregat 1,2 mm			Ukuran maksimal agregat 1,2 mm		
	SF0	SF10	SF15	SF0	SF10	SF15
Semen (kg)	850	765	722,5	900	810	765
Air (kg)	160,1	160,1	160,1	141,1	141,1	141,1
Pasir (kg)	1417,92	1417,92	1417,92	1417,92	1417,92	1417,92
Silica Fume (kg)	0	85	127,5	0	90	135
SP (% dari semen)	3	3	3	3	3	3
Kuat Tekan Rencana (MPa)	80	80	80	100	100	100

**Tabel 3. Komposisi campuran RPC untuk 1 m<sup>3</sup> dengan penambahan SP 5%**

	80 MPa			100 MPa		
	Ukuran maksimal agregat 1,2 mm			Ukuran maksimal agregat 1,2 mm		
	SF0	SF10	SF15	SF0	SF10	SF15
Semen (kg)	850	765	722,5	900	810	765
Air (kg)	160,1	160,1	160,1	141,1	141,1	141,1
Pasir (kg)	1417,92	1341,96	1266	1417,92	1341,96	1266
Silica Fume (kg)	0	85	127,5	0	90	135
SP (% dari semen)	5	5	5	5	5	5
Kuat Tekan Rencana (MPa)	80	80	80	100	100	100

#### 4. PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil - Hasil Penelitian

Hasil – hasil penelitian diperlihatkan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**.

**Tabel 4. Komposisi campuran RPC untuk 1 m<sup>3</sup> dengan penambahan SP 3%**

	80 MPa*			100 MPa*		
	Ukuran maksimal agregat 1,2 mm			Ukuran maksimal agregat 1,2 mm		
	SF0	SF10	SF15	SF0	SF10	SF15
Semen (kg/m <sup>3</sup> )	835,43	742,85	697,40	873,72	776,48	728,77
Air (kg/m <sup>3</sup> )	184,76	182,54	181,45	179,34	177,09	175,99
Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	1392,67	1375,95	1367,74	1375,60	1358,33	1349,86
Silica Fume (kg/m <sup>3</sup> )	0	82,54	123,07	0	86,28	128,61
SP (% dari semen)	3	3	3	3	3	3
$f_c$ prediksi 28 hari (MPa)	67	61	60	70	65	63
$f_c$ prediksi 7 hari (MPa)	43,55	39,65	39	45,5	42,25	40,95
Hasil Uji Kuat Tekan Rata - Rata 7 Hari (MPa)	45,10	39,98	24,11	40,35	42,29	39,56

\*Kuat tekan prediksi awal

**Tabel 5. Komposisi campuran RPC untuk 1 m<sup>3</sup> dengan penambahan SP 5%**

	80 MPa*			100 MPa*		
	Ukuran maksimal agregat 1,2 mm			Ukuran maksimal agregat 1,2 mm		
	SF0	SF10	SF15	SF0	SF10	SF15
Semen (kg/m <sup>3</sup> )	835,43	742,85	697,40	873,72	776,48	728,77
Air (kg/m <sup>3</sup> )	184,76	182,54	181,45	179,34	177,09	175,99
Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	1392,67	1375,95	1367,74	1375,60	1358,33	1349,86
Silica Fume (kg/m <sup>3</sup> )	0	82,54	123,07	0	86,28	128,61
SP (% dari semen)	5	5	5	5	5	5
$f_c$ prediksi 28 hari (MPa)	67	61	60	70	65	63
$f_c$ prediksi 7 hari (MPa)	43,55	39,65	39	45,5	42,25	40,95
Hasil Uji Kuat Tekan Rata - Rata 7 Hari (MPa)	40,65	49,12	40,29	47,97	66,45	34,00

\*Kuat tekan prediksi awal

#### 4.2 Pembahasan

1. Dari **Tabel 4** dan **Tabel 5** dapat dilihat bahwa 8 dari 12 hasil kuat tekan umur 7 hari berdekatan dengan kuat tekan prediksi sehingga perancangan beton menggunakan cara SNI 03-2834-2000 dapat digunakan untuk perancangan komposisi campuran RPC.
2. Pada pelaksanaan pembuatan benda uji dilakukan penambahan air karena kondisi agregat berada pada keadaan kering sedangkan pada cara SNI 03-2834-2000 menggunakan agregat SSD sehingga perlu ditambah air. Jika tidak ditambah air campuran tidak dapat di cetak atau dipadatkan dan akan terjadi segregasi seperti terlihat pada **Gambar 3**



**Gambar 3. Campuran RPC sebelum dilakukan penambahan air**

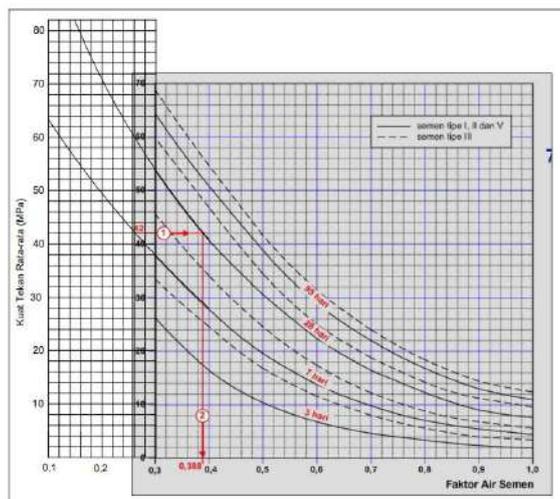
Penambahan air dilakukan dengan cara menyemprot campuran RPC sehingga campuran RPC dapat dicetak seperti pada **Gambar 4** Setelah ditimbang penambahan air dilakukan sebanyak 23 gram untuk  $f_c$  rencana 80 MPa dan 36 gram untuk  $f_c$  rencana 100 MPa.



**Gambar 4. Campuran RPC setelah dilakukan penambahan air**

3. Karena adanya penambahan air pada saat pembuatan benda uji, maka komposisi awal RPC pada **Tabel 2** dan **Tabel 3** berubah. Hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**.
4. Pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**  $f_c$  prediksi 28 hari ditentukan dengan cara membaca grafik  $f_c$  vs w/c. Pembacaan grafik  $f_c$  vs w/c dilakukan dengan cara menambah ketelitian pada

grafik  $f_c$  vs w/c dapat dilihat pada **Gambar 5**. Setelah itu dilakukan  $f_c$  prediksi untuk kuat tekan 7 hari.



**Gambar 5. Grafik  $f_c$  vs w/c**

5. Mengacu pada peraturan beton bertulang Indonesia (1971). Kuat tekan prediksi 7 hari dihitung dengan cara mengkonversi kuat tekan prediksi 28 hari menjadi kuat tekan prediksi 7 hari.
6. Kuat tekan prediksi 7 hari SF15 untuk  $f_c = 80$  MPa pada **Tabel 4** dan SF15 untuk  $f_c = 100$  MPa pada **Tabel 5** tidak dapat dicapai. Jika diamati penyebab terjadinya akibat dari kemiringan permukaan benda uji, yang menyebabkan benda uji tertekan tidak merata pada saat pengujian kuat tekan beton.



**Gambar 5. Pola keruntuhan pada beton**

Dapat dilihat pada **Gambar 5** keruntuhan yang terjadi pada beton hasil uji kuat tekan hanya Sebagian sisi yang mengalami keruntuhan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa:

7. Perancangan RPC tidak dilakukan dengan cara *trial and error* tetapi dapat menggunakan perancangan campuran SNI 03-2834-2000.
8. Perhitungan komposisi RPC dilakukan seperti halnya perhitungan pada beton biasa.

### 5.2 SARAN

Karena penggunaan *superplasticizer* dalam RPC memerlukan dosis yang tinggi, maka pada RPC disarankan menggunakan *hyper plasticizer*.

## 6. DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Banunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen PU dan Tenaga Listrik, (1971). *Peraturan beton bertulang*. NI-2 Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik.
- Hiremath, P.N., & Yaragal, S.C. (2017). *Effect Of Different Curing Regimes And Durations On Early Strength Development Of Reactive Powder Concrete*. India: ScienceDirect – Construction and Building Material (154), 72-87.
- Juluru, S., Sanjaykumar, R., Adarsh., Ajith., & Ismail, K.S. (2019). *Improvement On Mechanical Properties Of Fresh And Hardened Concrete By Marble Waste And Pumicite*. India: Blue Eyes Intelligence Engineering & Sciences Publication.
- Khedr, S.A., & Abou-Zeid, M.N. (1994). *Characteristics Of Silica Fume Concrete*. Journal Of Materials In Civil Engineering, 6(3), 357-375.
- Master, E. (2022). *Pengaruh Jenis Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Reactive Powder Concrete Dengan Dan Tanpa Zat Tambah*. Makasar: Jurusan Sipil-Universitas Bosowa.
- Miranty, M. (2014). *Pengaruh Penggunaan Silica Fume, Fly Ash Dan Superplasticizer Pada Beton Mutu Tinggi Memadat Mandiri*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil – Universitas Atma Jaya.
- Mosaberpanah, M.A., Eren, O., & Tarassoly, A.R. (2018). *The Effect Of Nano-Silica And Waste Glass Powder On Mechanical, Rheological, And Shrinkage Properties Of UHPC Using Response Surface Methodology*. Siprus: Journal of Materials Research and Technology.
- Nadiger, A., & Madhavan, M.K. (2018). *Influence Of Mineral Admixtures And Fibers On Workability And Mechanical Properties Of Reactive Powder Concrete*. American Society of Civil Engineers.
- Pala, S.N., Rasool, M.A., Bashir, I.A., & Rasool, S. (2017). *experimental investigation on effect of replacement of cement with silica fume and Styrofoam balls on mortar cubes*. India: Lovely Professional University.
- Richard, P., & Cheyrezy, M. (1995). *Composition of reactive powder concretes*. Cement and Concrete Research, 25(7). (Elsevier Science Ltd.)
- Salahuddin, H., Qureshi, L.A., Nawaz, A., & Raza, S.S. (2020). *Effect Of Recycled Fine Aggregates On Performance Of Reactive Powder Concrete*. Pakistan: ScienceDirect – Construction and Building Material.
- Sultan, H.K., & Alyaseri, I. (2020). *Effects Of Elevated Temperatures On Mechanical Properties Of Reactive Powder Concrete Elements*. Construction and Building Material, 261