

## Pemanfaatan Batu Pumice Dalam Mengurangi Penurunan Performa Beton Pasca Kebakaran

Bagas Indra Cahyo<sup>1)</sup>, Erika Yulianti<sup>2)</sup>, Nuroji<sup>3)</sup>, Muhammad Akhis Thoyfurrohman<sup>4)</sup>, Yulita Arni Priastiwi<sup>5)</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5)</sup>Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Kota Semarang

email: <sup>1)</sup>[bagasindracahyo7@gmail.com](mailto:bagasindracahyo7@gmail.com), <sup>2)</sup>[erikayulianti17@gmail.com](mailto:erikayulianti17@gmail.com), <sup>3)</sup>[ojiksam2000@gmail.com](mailto:ojiksam2000@gmail.com), <sup>4)</sup>[akhismuhammad@gmail.com](mailto:akhismuhammad@gmail.com), <sup>5)</sup>[yulita\\_tiw@gmail.com](mailto:yulita_tiw@gmail.com)

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v12i1.569>

(Received: July 2021 / Revised: August 2021 / Accepted: December 2021)

### Abstrak

Beton yang mengalami kebakaran pada suhu 400°C akan mengalami degradasi kekuatan hingga kuat tekan sisa 58,40%. Hal ini akan mempengaruhi kualitas/kekuatan struktur beton tersebut dan akan menyebabkan beton menjadi getas, dan memungkinkan struktur mengalami kegagalan. Diperlukan upaya proteksi pasif kebakaran dengan menggunakan material yang memiliki ketahanan terhadap api. Salah satu material yang memiliki ketahanan terhadap api yang baik adalah batu pumice. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan laju penurunan kekuatan beton pumice yang menggunakan Pasir Muntilan sebagai agregat halus akibat perubahan suhu pembakaran pada 27°C, 300°C, dan 600°C. Penelitian menggunakan 45 buah benda uji silinder beton berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Dengan variasi penggantian batu pumice 0% , 25%, 50%, 75% dan 100% dari volume agregat kasar dan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,5. Pengujian kuat tekan dengan alat compression saat umur 28 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu pembakaran mempengaruhi kuat tekan beton pumice dengan pasir Muntilan pada semua komposisi proporsi. Semakin tinggi suhu pembakaran maka semakin besar penurunan yang terjadi. Besaran penurunan kuat tekan akibat kenaikan suhu pembakaran berkisar antara 0,16% hingga 55,38% lebih lambat dibandingkan dengan beton tanpa menggunakan batu pumice

Kata kunci: *Beton, Batu Pumice, Performa Beton*

### Abstract

Concrete that has been burned at 400° C will experience degradation to a residual compressive strength of 58.40%. This will affect the strength of the concrete structure and will cause the concrete to become brittle, thus allowing the structure to fail. Then it will require passive fire protection by using materials that have some resistance to the fire. One material that has the potential to create fire resistance is pumice stone. The purpose of this study was to determine the value of compressive strength and the rate of reduction in compressive strength of Muntilan sand pumice concrete due to the changes in combustion temperature of 27°C, 300°C, and 600°C. In this study, used a 45 pieces concrete cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. with variations of pumice stone proportion of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the volume of coarse aggregate with a water cement ratio of 0.5. Compressive strength test with a compression device at the age of 28 days. The results of this study indicate that the combustion temperature affects the compressive strength of pumice concrete. The higher the combustion temperature, the higher the strength reduction that occurs. The amount of reduction in compressive strength due to an increase in combustion temperature ranged from 0.16% to 55.38% of the control specimens.

Keywords: *Pumice, Compressive Strength, Temperature*

## 1. Latar Belakang

Kebakaran merupakan suatu bencana yang sangat merugikan bagi manusia, data Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Provinsi DKI Jakarta mencatat terdapat 1501 kasus kebakaran pemukiman selama tahun 2020 (Beritajakarta, 2021). Kebakaran dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan tak terkecuali pada struktur beton. Saat terbakar beton tidak dapat menghasilkan api namun dapat menyerap panas sehingga akan terjadi suhu tinggi berlebihan yang akan mengakibatkan perubahan pada mikrostruktur beton (Wahyuni and Anggraini, 2010). Terjadinya perubahan temperatur yang cukup tinggi, seperti yang terjadi pada peristiwa kebakaran, akan membawa dampak pada struktur beton. Adanya siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian, akan menyebabkan adanya perubahan fase fisis dan kimiawi secara kompleks, hal ini akan mempengaruhi kualitas/kekuatan struktur beton tersebut dan akan menyebabkan beton menjadi getas. Selama ini, bangunan yang telah mengalami kebakaran langsung dibongkar/dihancurkan (demolished action), padahal ada kemungkinan elemen struktur bangunan yang terbakar tersebut masih memiliki kekuatan. Perilaku bahan bangunan akibat pembakaran juga tergantung pada pemilihan dan penggunaan jenis bahan namun secara umum bangunan yang terkena panas sampai di atas 300°C dapat dipastikan akan mengalami degradasi berupa pengurangan kekuatan yang tidak akan kembali setelah dingin (recovery). Setelah permukaan beton menerima panas atau kalor, mengakibatkan suhu permukaan beton lebih tinggi dibanding suhu bagian dalam beton. Adanya beda suhu di dalam massa beton mengakibatkan terjadi perambatan panas secara konduksi (penghantaran).

Saat ini telah banyak dikembangkan material berbasis agregat ringan yang dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu; agregat ringan alami dan buatan. Kriteria agregat ringan struktural telah ditetapkan secara jelas dalam ASTM 330 bahwa bobot isi kering gembur tidak boleh melampaui 880 kg/m<sup>3</sup> dan berat jenis agregat tidak boleh melampaui 2000 kg/m<sup>3</sup>. Batu Pumice merupakan jenis material alam yang berasal dari endapan material piroklastik hasil aktivitas vulkanik gunung api (Soekardi, 2004). Batu *Pumice* memiliki struktur material bersel-sel /berstruktur selular akibat adanya buih yang terbuat dari gelembung-gelembung berinding gelas sehingga sering disebut sebagai batuan gelas vulkanik silikat (İlter, 2010)

Hasil uji awal yang telah dilakukan menunjukkan bahwa breksi batu Pumice yang berada pada formasi batuan Semilir di wilayah DIY memiliki bobot isi kering gembur 760 kg/m<sup>3</sup> dan berat jenis 1,620. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa breksi batu Pumice memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi beton ringan struktural yang memiliki potensi dalam menjaga penurunan performa beton pasca bakar.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang dihasilkan dari Beton Pumice dengan agregat halus Pasir ex Muntilan pada setiap proporsi batu pumice dan juga laju penurunan kuat tekan beton Pumice akibat perubahan suhu pembakaran 27°C, 300°C, dan 600°C. Untuk variasi suhu 27°C dipilih karena merupakan suhu beton pada kondisi suhu ruangan, beton ini digunakan sebagai pembanding beton tanpa perlakuan atau tanpa dibakar. Suhu 600°C merupakan suhu maksimum yang dapat dihasilkan oleh tungku pembakaran, suhu ini juga

dipilih karena peneliti sebelumnya mendapatkan hasil beton hancur pada suhu tersebut. Suhu 300°C diambil sebagai nilai tengah antara suhu 27 °C dan 600°C.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung untuk mendapatkan suatu data atau hasil yang menghubungkan antara variabel – variabel yang diteliti. Metode ini dapat dilakukan di dalam ataupun di luar laboratorium. Dalam penelitian ini akan dilakukan di dalam laboratorium.

Pada penelitian ini digunakan benda uji berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji yang digunakan sejumlah 45 buah, dengan variasi penggantian batu pumice 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat agregat kasar dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,5. Pada setiap variasi prosentase batu pumice terdapat sebanyak 9 benda uji dengan variasi pembakaran yang berbeda, yaitu suhu 300°C dan 600°C , serta benda uji kontrol diasumsikan memiliki suhu 27°C atau sebanding dengan suhu ruangan. Parameter benda uji pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan.

Alur dalam penelitian ini dimulai dengan studi literatur mengenai bagaimana pengaruh karakteristik beton ketika mengalami kebakaran. Persiapan penelitian dilakukan untuk menentukan jumlah benda uji dan variabel yang digunakan. Penelitian diawali dengan menguji material atau *material test*. Pengujian material dilakukan terhadap agregat kasar dan halus. Metode pengujian material mengikuti panduan pada *Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete*. Agregat yang memenuhi standar kemudian dilakukan Mix Design atau penentuan Komposisi campuran menggunakan metode *American Concrete Institute (ACI)*.

Pembuatan Mix Design rencana pada penelitian ini menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) dengan mutu rencana  $f'c$  35 MPa. Hasil Mix design didapatkan bahwa Perbandingan Volume Pasir : Pumice : Semen : Air adalah 2,496 : 0 : 1 : 1,498.

Hasil *mix design* kemudian dilakukan substitusi batu pumice sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari volume agregat kasar awal (Prosentase Batu Pumice 0%). Hasil substitusi volume komposisi beton diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Mix Design Beton

No	Komposisi Pumice	Pasir (L)	Batu Pumice (L)	Semen (L)	Air (L)	Perbandingan Volume
1	0%	2,999	0	1,202	1,799	2,496 : 0 : 1 : 1,498
2	25%	2,732	0,534	1,095	1,639	2,496 : 0,488 : 1 : 1,498
3	50%	2,465	1,069	0,988	1,479	2,496 : 1,082 : 1 : 1,498
4	75%	2,198	1,603	0,881	1,319	2,496 : 1,820 : 1 : 1,498
5	100%	1,931	2,137	0,774	1,158	2,496 : 2.763 : 1 : 1,498

Pada penelitian ini dibutuhkan 5 macam benda uji, yaitu benda uji kontrol yang merupakan benda uji tanpa tambahan batu apung (0%) dan benda uji dengan

penggunaan agregat batu pumice 25%, 50%, 75%, dan 100%. Variasi penambahan komposisi dilakukan secara linier dengan melakukan penambahan komposisi secara kelipatan. Hal ini untuk mengetahui pengaruh penambahan volume batu pumice terhadap perilaku beton pasca bakar. Setiap macam benda uji dibuat 3 sampel untuk pengulangan data. Jumlah benda uji dan benda uji kontrol yang direncanakan ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Kebutuhan Benda Uji

Benda Uji	Suhu Pembakaran		
	27°C	300°C	600°C
0%	3 Sampel	3 Sampel	3 Sampel
25%	3 Sampel	3 Sampel	3 Sampel
50%	3 Sampel	3 Sampel	3 Sampel
75%	3 Sampel	3 Sampel	3 Sampel
100%	3 Sampel	3 Sampel	3 Sampel
Sub Total Benda Uji	15	15	15
Grand Total	45 Benda Uji		

Proses perawatan (*curing*) dilakukan setelah benda uji berumur 1 hari dikeluarkan dari bekisting dan dilakukan perawatan dengan perendaman air. Proses curing dilakukan sampai beton berumur 21 hari (7 Hari sebelum proses pembakaran). Setelah beton berumur 28 hari dilakukan proses pembakaran benda uji di Krematorium Kedung Munduh. Beton dibakar pada 2 tungku dengan 2 suhu yang berbeda yaitu 300°C dan 600°C. Pengujian tekan dilakukan saat beton sudah kembali pada suhu normal atau diperlukan waktu 24 jam setelah proses pembakaran.

Pengujian kuat tekan menggunakan alat *Compretion Test* dengan hasil nilai gaya yang mampu ditahan oleh beton. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan 1 sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

di mana:

- $f'c$  = kuat tekan beton ringan (MPa)
- $P$  = beban maksimum yang diberikan (N)
- $A$  = luas bidang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Kuat tekan beton rata – rata dihitung dengan persamaan 2 sebagai berikut:

$$f'cr = \frac{\sum f'c}{\sum N} \quad (2)$$

di mana:

- $f'cr$  = kuat tekan beton ringan rata – rata (N/mm<sup>2</sup> atau MPa)
- $N$  = jumlah benda uji

Hasil pengujian kemudian dilakukan pencatatan dan penghitungan nilai kuat tekan.

Analisa dilakukan untuk mendapatkan nilai penurunan kuat tekan beton setelah dibakar dengan rumus seperti berikut:

$$\text{Penurunan} = \frac{\text{Gradien Beton Pumice } i\%}{\text{Gradien Beton Pumice } 0\%} \times 100\% \quad (3)$$

Nilai penurunan disajikan dalam grafik linier untuk mendapatkan perbandingan nilai gradien penurunan

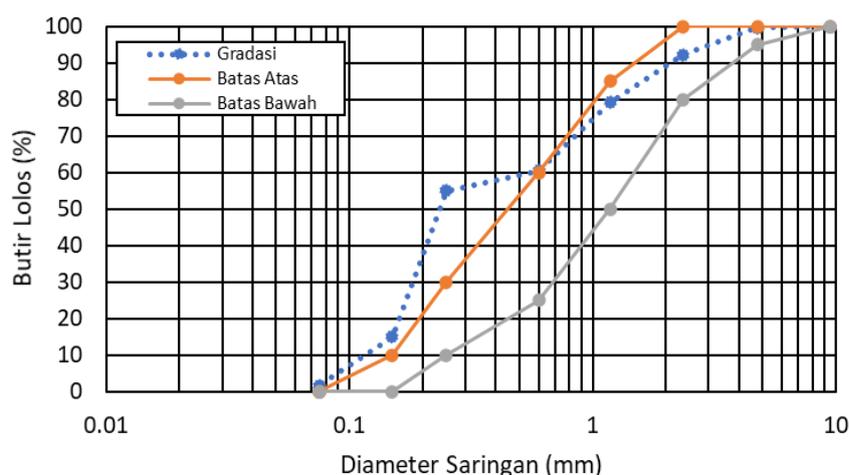
$$\text{Derajat Kerusakan} = 100\% - \text{Penurunan} \quad (4)$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Variabel yang menjadi kontrol dalam penelitian ini adalah beton tanpa tambahan batu pumice, sedangkan variabel utamanya adalah prosentase penggunaan batu pumice yang dapat menghasilkan kuat tekan beton maksimum. Hasil penelitian (Ahmad et al., 2009) menunjukkan bahwa kuat tekan beton rata-rata menurun dengan adanya kenaikan temperatur. Beton yang telah dipanasi pada temperatur 200°C, 400°C dan 600°C, kuat tekan rata-ratanya berturut-turut sebesar 85,83%, 58,40% dan 35,08% dari beton normal. Penambahan batu pumice ini bertujuan untuk memberikan rongga udara pada beton sehingga memungkinkan terjadinya perputaran sirkulasi panas saat proses pembakaran, sehingga proses karbonasi beton dapat diminimalisir. Hal ini diharapkan agar kuat tekan beton dapat terjaga setelah proses pembakaran.

#### 3.1 Material Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pasir Muntilan. Sebelum digunakan, dilakukan analisa saringan agregat halus. Standar yang digunakan sebagai acuan dalam analisis saringan agregat halus ini adalah ASTM C-33. Hasil analisa saringan agregat halus Pasir Muntilan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik analisa saringan Pasir Muntilan

Hasil analisis saringan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa agregat halus pasir Muntilan yang digunakan dalam penelitian ini cukup beragam atau well graded, meskipun ada yang berada di luar batas atas dan batas bawah yang ditetapkan dalam ASTM C-33. Setelah dilakukan analisis saringan agregat halus, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap kadar air, berat isi, berat jenis, dan kadar lumpur dari agregat halus yang dapat dilihat pada Tabel 3.

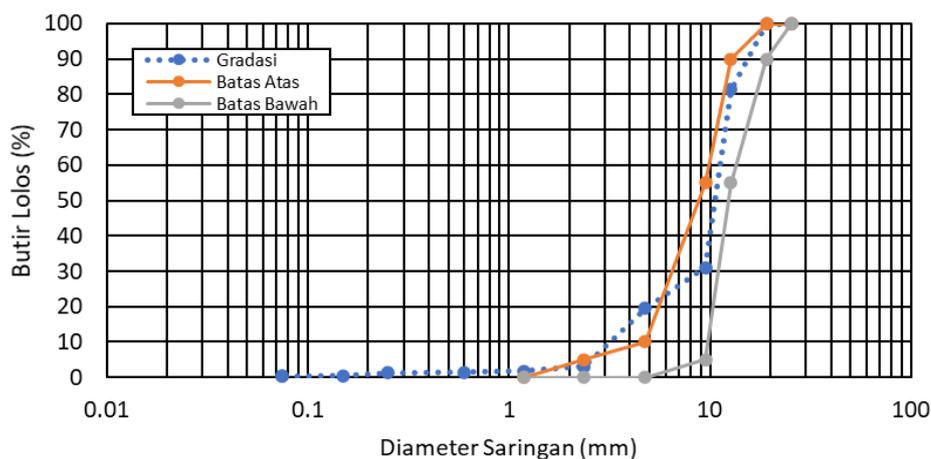
Tabel 3 Hasil pengujian agregat halus Pasir Muntilan

No	Pengujian	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Kadar Air		
	Kadar Air Asli	2,65%	Memenuhi
2	Berat Isi		
	Berat Isi Gembur Asli	1,22 kg/dm <sup>3</sup>	Memenuhi
	Berat Isi Padat Asli	1,71 kg/dm <sup>3</sup>	Memenuhi
3	Berat Jenis		
	Berat Jenis Asli	2,54	Memenuhi
4	Kadar Lumpur		
	Kadar Lumpur Asli	1,54%	Memenuhi

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan yaitu Pasir Muntilan sudah memenuhi persyaratan agregat untuk beton, sehingga agregat halus yang ada dapat dikategorikan dalam kondisi yang baik.

### 3.2 Material Batu Pumice

Batu pumice yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu yang bersumber dari Lombok Timur Nusa Tenggara Timur dengan spesifikasi ukuran 0,5 cm. Sebelum digunakan, dilakukan analisa saringan agregat kasar seperti terlihat pada Gambar 3. Jumlah sampel yang digunakan dalam analisa saringan agregat kasar ini adalah sebanyak 1000 gram. Standar yang digunakan sebagai acuan dalam analisis saringan agregat kasar ini adalah ASTM C33.



Gambar 3 Grafik analisa saringan batu pumice

Hasil analisis saringan dalam Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa batu pumice yang digunakan dalam penelitian ini cukup beragam atau well graded, meskipun ada yang berada di luar batas atas dan batas bawah yang ditetapkan dalam ASTM C-33. Setelah dilakukan analisis saringan agregat kasar, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap kadar air, berat isi, berat jenis, dan kadar lumpur dari agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Hasil pengujian agregat kasar batu pumice

No	Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Kadar Air			
	Kadar Air Asli	< 3%	2,2%	Memenuhi
2	Berat Isi			
	Berat Isi Gembur Asli	1,2 – 1,75 kg/dm <sup>3</sup>	0,61 kg/dm <sup>3</sup>	Tidak Memenuhi
	Berat Isi Padat Asli	1,2 – 1,75 kg/dm <sup>3</sup>	0,69 kg/dm <sup>3</sup>	Tidak Memenuhi
3	Berat Jenis			
	Berat Jenis Asli	1,6 -3,2	0,587	Tidak Memenuhi
4	Kadar Lumpur			
	Kadar Lumpur Asli	Max 1%	0,84%	Memenuhi

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 4. ditunjukkan bahwa batu pumice yang digunakan sebagai agregat mempunyai berat isi lebih rendah dari berat isi agregat kasar normal yaitu 1,2-1,75 kg/dm<sup>3</sup> demikian juga untuk berat jenisnya yang dibawah berat jenis agregat normal sebesar 1,6 - 3,2.

### 3.3 Nilai Slump

Pengecekan nilai slump digunakan sebagai indikator tingkat *workability* dari beton yang mempengaruhi tingkat kemudahan proses pengerjaan. Hasil nilai slump ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5 Nilai slump beton pumice

No	Kandungan Pumice (%)	Nilai Slump (cm)
1	0	13
2	25	10
3	50	8,5
4	75	7,3
5	100	6,0

Pada penelitian ini tidak terdapat nilai toleransi slump dikarenakan hasil nilai slump berkaitan langsung dengan nilai proporsi yang telah ditentukan. Nilai slump rencana awal adalah 12 ±2. Adanya peningkatan prosentase batu pumice membuat nilai slump yang dihasilkan semakin kecil, hal ini dipicu akibat tingginya kadar absorpsi air pada batu pumice. ACI 213R 1987 menjelaskan terdapat beberapa agregat ringan yang dapat dipakai untuk menghasilkan beton agregat ringan, salah satunya adalah batu pumice, batu pumice sendiri memiliki density kecil, absorpsi tinggi dan permukaan yang berpori.

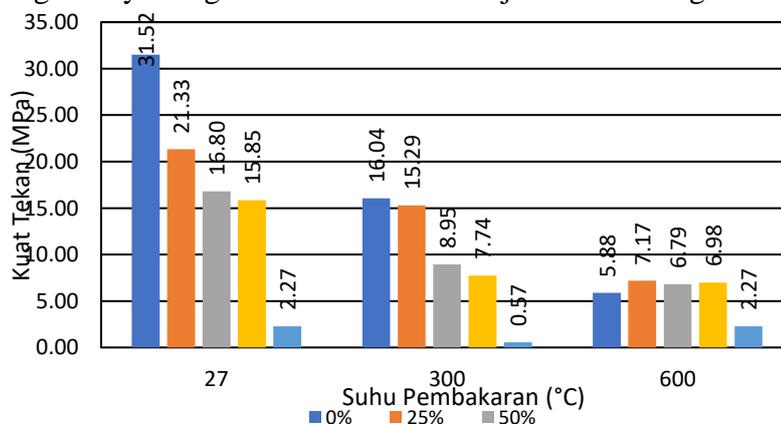
### 3.4 Massa Jenis dan Kuat Tekan Benda Uji

Setelah melalui proses pembakaran, beton ditimbang menggunakan neraca digital, hal ini untuk mengetahui perbandingan massa beton sebelum dan sesudah pembakaran. Massa jenis beton dihitung dengan cara massa dibagi dengan volume benda uji. Hasil pengujian massa jenis benda uji Beton Pumice pasir Muntilan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Massa jenis benda uji beton pumice

Kandungan Pumice (%)	Suhu Pembakaran (°C)	Massa Jenis Beton (Kg/m <sup>3</sup> )
0	27	2206,95
	300	2203,80
	600	2206,98
25	27	2046,61
	300	2106,35
	600	2090,63
50	27	2018,32
	300	1983,74
	600	1983,74
75	27	1924,00
	300	1905,14
	600	1927,15
100	27	1430,43
	300	1691,36
	600	1461,86

Mengingat batu pumice merupakan agregat untuk beton ringan, maka dari Tabel 6 tersebut terlihat bahwa semakin tinggi prosentase substitusi batu pumice, menjadikan massa jenis dari beton tersebut semakin ringan. Berat jenis batu apung jenuh kering muka (SSD) adalah 1,620 sehingga batu ini tergolong agregat ringan yaitu antara 1,00 sampai 2,00 (Tjokrodinuljo, 2009). Dengan demikian, dapat diketahui bahwa breksi batu Pumice memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi beton ringan struktural. Terdapat pengaruh pembakaran terhadap penurunan massa jenis beton pumice pada beberapa proporsi, namun pengaruhnya sangat kecil karena massa jenis cenderung konstan.



Gambar 4 Perbandingan kuat tekan beton

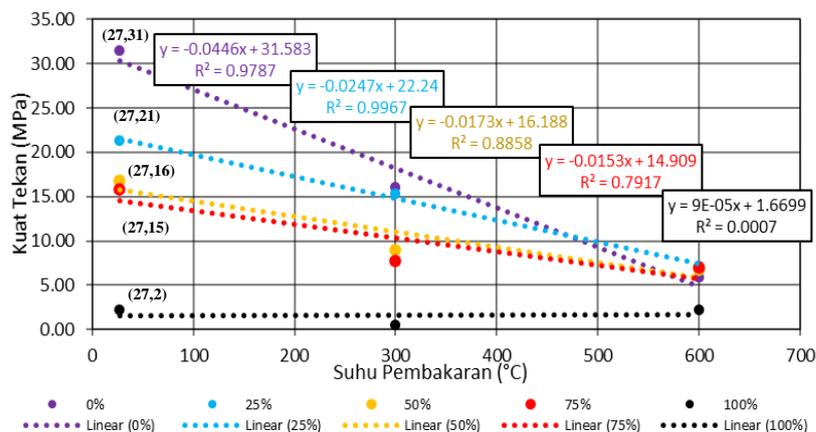
Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Mechanic*. Hasil dari pengujian ini adalah nilai gaya maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji. Selanjutnya, nilai kuat tekan beton dihitung berdasarkan gaya tekan dibagi dengan luas penampang benda uji. Pada Gambar 4 ditunjukkan hasil pengujian kekuatan tekan beton.

Nilai kuat tekan sangat dipengaruhi oleh jumlah penggunaan batu pumice, semakin tinggi kandungan batu pumice semakin rendah nilai kuat tekan, hal itu dikarenakan batu pumice memiliki porositas yang besar, yang mampu menyerap fluida cukup tinggi sehingga kuat tekan dari beton akan semakin rendah.

Selain itu semakin tinggi suhu pembakaran membuat nilai kuat tekan semakin menurun. Hal ini dikarenakan saat terbakar beton dapat menyerap panas sehingga akan terjadi suhu berlebihan yang akan mengakibatkan perubahan pada mikrostruktur beton. Menurut Wahyuni, E. dan Anggraini, R. (2010) panas atau suhu akan mempengaruhi kualitas/kekuatan struktur beton tersebut dan akan menyebabkan beton menjadi getas. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nugraha pada tahun 1989 yang menyatakan beton akan mengalami penurunan kuat tekan pada suhu 300-600°C.

### 3.5 Hubungan Kuat Tekan Beton Pumice Dengan Suhu Pembakaran

Hubungan antara kuat tekan beton dengan suhu pembakaran pada beton pumice dengan pasir ex. Muntilan disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5 Hubungan antara Kuat Tekan dengan Suhu Pembakaran Beton Pumice

Suhu pembakaran mempengaruhi kuat tekan Beton Pumice pasir muntilan pada semua komposisi proporsi. Semakin tinggi suhu pembakaran maka semakin curam penurunan yang terjadi. Besaran penurunan kuat tekan akibat kenaikan suhu pembakaran berbeda-beda pada setiap proporsi campuran. Untuk mengetahui perilaku penurunan kuat tekan Beton Pumice pasir Muntilan akibat kenaikan suhu pembakaran maka diperlukan analisa laju penurunan dan derajat kerusakan beton setelah dibakar. Untuk mengetahui laju penurunan kuat tekan dan derajat kerusakan beton pumice akibat pembakaran pada setiap komposisi batu pumice maka dilakukan analisis gradien berdasarkan grafik pada Gambar 5.

Analisis digunakan dengan membandingkan gradien kemiringan grafik, yang menunjukkan tingkat penurunan Beton Pumice akibat pembakaran pada setiap suhu. Semakin curam grafik maka semakin tinggi penurunan kuat tekan yang terjadi begitupun sebaliknya. Penurunan dihitung berdasarkan Persamaan (3) dan derajat kerusakan dihitung berdasarkan Persamaan (4). Penurunan kuat tekan akibat suhu pembakaran Beton Pumice pasir Muntilan disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7 Penurunan Kuat Tekan Beton Terhadap Suhu Pembakaran Beton Pumice Pasir Muntilan

No	Prosentase	Kuat Tekan (MPa)			Penurunan (%)	Derajat Kerusakan (%)
		27°C	300°C	600°C		
1	0	31,517	16,042	5,881	100,00	0,00
2	25	21,326	15,287	7,172	55,38	44,62
3	50	16,736	8,948	6,794	38,79	61,21
4	75	15,853	7,738	6,983	34,30	65,70
5	100	2,265	0,566	2,265	0,16	99,84

Penambahan prosentase pumice gradient kemiringan grafik semakin landai, hal ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan batu pumice terhadap performa batu pumice setelah pembakaran. Beton dengan penggunaan 0% batu pumice mengalami penurunan kuat tekan paling besar jika dibandingkan dengan beton dengan penggunaan batu pumice, hal ini dapat dilihat dari kemiringan gradien yang terbesar yaitu sebesar 0,0446. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) beton ini juga sangat tinggi yaitu 0,9787 yang berarti suhu pembakaran mempengaruhi penurunan kuat tekan beton secara simultan sebesar 97,87%. Selanjutnya beton dengan penggunaan 0% batu pumice ini akan dijadikan variabel kontrol pembandingan dengan beton penggunaan batu pumice.

Berdasarkan gradient kemiringan grafik laju penurunan kuat tekan Beton Pumice pada Tabel 7. beton dengan penggunaan 25% batu pumice mengalami penurunan kuat tekan 55,38% lebih lambat dan mengalami kerusakan 44,62% lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa menggunakan batu pumice (0% batu pumice). Hal ini menunjukkan tingkat ketahanan api Beton Pumice 25% sedang.

Beton dengan penggunaan 50% batu pumice mengalami penurunan kuat tekan 38,79% lebih lambat dan mengalami kerusakan 61,21% lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa menggunakan batu pumice (0% batu pumice). Hal ini menunjukkan tingkat ketahanan api Beton Pumice 50% sedang.

Beton dengan penggunaan 75% batu pumice mengalami penurunan kuat tekan 34,3% lebih lambat dan mengalami kerusakan 65,7% lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa menggunakan batu pumice (0% batu pumice). Hal ini menunjukkan tingkat ketahanan api Beton Pumice 75% Tinggi.

Beton dengan penggunaan 100% batu pumice mengalami penurunan kuat tekan 0,16% lebih lambat dan mengalami kerusakan 99,84% lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa menggunakan batu pumice (0% batu pumice). Hal ini menunjukkan tingkat ketahanan api Beton Pumice Pasir Muntilan 100% sangat tinggi.

Kenaikan prosentase pumice berbanding lurus dengan penurunan nilai gradient kemiringan grafik. Sementara itu laju penurunan kuat tekan dan derajat kerusakan beton cenderung menurun setiap penambahan komposisi batu pumice, ini berarti semakin tinggi kandungan prosentase batu pumice dapat mengurangi laju penurunan kuat tekan Beton Pumice pasir muntilan pasca kebakaran.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Kuat tekan yang dihasilkan dari Beton Pumice Pasir Muntilan menurun seiring bertambahnya prosentase batu pumice. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik batu pumice yaitu tingginya kadar absorpsi air yang mengakibatkan mutu menjadi rendah. Suhu pembakaran mempengaruhi kuat tekan Beton Pumice pasir Muntilan pada semua komposisi proporsi. Semakin tinggi suhu pembakaran maka semakin curam penurunan yang terjadi. Besaran laju penurunan kuat tekan akibat kenaikan suhu pembakaran berbeda-beda pada setiap proporsi batu pumice. Laju penurunan kekuatan terbesar ada pada beton tanpa pumice yaitu sebesar 4,46 MPa/100°C, dan semakin tinggi kandungan pumice akan mengurangi laju penurunan kuat tekan beton pasca kebakaran.

##### 4.2 Saran

Bagi peneliti yang ingin melanjutkan, Penelitian untuk umur-umur yang lain perlu ditambahkan agar dapat diketahui kenaikan maupun penurunan yang terjadi secara lebih detail.

### Daftar Kepustakaan

- Ahmad, I.A., Taufieq, N.A.S., Aras, A.H., 2009. Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton 8.
- American Concrete Institute. 1991. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete. ACI 211.1-91. United States: ACI Comitte.
- American Standard Testing and Materials. 1982. Standard Specification for Concrete Aggregates. ASTM C33. United States: ASTM.
- ASTM C330-33. 2003. Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete. ASTM International, West Conshohocken, United States
- ASTM C29/C29M-97. 1997. Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Beritajakarta, 2021. Jumlah Kasus Kebakaran di DKI Jakarta Tahun 2020 Menurun Signifikan - Beritajakarta.id [WWW Document]. URL <http://www.beritajakarta.id/>  
<https://www.beritajakarta.id/read/86053/jumlah-kasus-kebakaran-di-dki-jakarta-tahun-2020-menurun-signifikan> (accessed 9.22.21).

- İlter, O., 2010. Use of Pumice in Mortar and Rendering for Lightweight Building Blocks 217.
- Soekardi, Muhammad, 2004. Batuan Piroklastik. UGM.
- Tjokrodimuljo, K., 2009. Teknologi Beton. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Wahyuni, E., Anggraini, R., 2010. Pengaruh Perbedaan Proses Pendinginan Terhadap Perubahan Fisik Dan Kuat Tekan Beton Pasca Bakar. *J. Rekayasa Sipil* 4, 9.

Copyright (c) Bagas Indra Cahyo, Erika Yulianti, Nuroji, Muhammad Akhis Thoyfurrohman,  
Yulita Arni Priastiwi