

Pengaruh Substitusi Sandblasting Pada Campuran Beton Mutu Tinggi

Roi Marthen^{*1}, Jonie Tanijaya^{*2}, Lisa Febriani^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia rroimarthen0241@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia 2 jonie.tanijaya@gmail.com dan lisal@ukipaulus.ac.id

Corresponding Author: rroimarthen0241@gmail.com

Abstrak

Beton mutu tinggi adalah jenis beton yang telah diberi perlakuan khusus, jika tidak ditambahkan bahan khusus maka tidak selalu dapat diperoleh dengan bahan konvensional. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui komposisi substitusi sandblasting yang paling baik dalam menghasilkan beton yang bermutu tinggi. Metode yang digunakan dalam perancangan campuran adalah metode SNI, dengan mutu beton rancangan sebesar 42 MPa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari didapatkan nilai tertinggi pada variasi sandblasting 10% yaitu 49,163 MPa, kuat tarik belah beton variasi sandblasting 10% yaitu 4,789. MPa, kuat lentur beton variasi sandblasting 10% sebesar 6,399 MPa dan modulus elastisitas beton variasi sandblasting 10% sebesar 22531,964 MPa. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan sandblasting sebagai pengganti agregat halus menunjukkan adanya peningkatan nilai variasi sandblasting 10% untuk uji kuat tekan, uji kuat tarik belah, kuat lentur dan uji modulus elastisitas beton.

Kata kunci: Sandblasting, kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.

Abstract

High quality concrete is a type of concrete that has been given special treatment, if no special materials are added, it cannot always be obtained with conventional materials. The purpose of this study was to determine the best sandblasting substitution composition in producing high quality concrete. The method used in the design of the mixture is the SNI method, with the design concrete quality of 42 MPa. The results of this study indicate that for testing the compressive strength of concrete at the age of 28 days, the highest value for the 10% sandblasting variation is 49,163 MPa, the split tensile strength of the 10% sandblasted concrete variation is 4.789. MPa, the flexural strength of 10% sandblasted concrete is 6,399 MPa and the modulus of elasticity of 10% sandblasted concrete is 22531,964 MPa. From the results of the study it was concluded that the use of sandblasting as a substitute for fine aggregate showed an increase in the value of sandblasting variations of 10% for the compressive strength test, split tensile strength test, flexural strength and modulus of elasticity test of concrete.

Keywords: Sandblasting, compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity.

PENDAHULUAN

Beton mutu tinggi adalah jenis beton yang telah diberi perlakuan khusus, jika tidak ditambahkan bahan tambahan khusus maka tidak selalu dapat diperoleh dengan bahan konvensional [1]. Beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan lebih besar dari 42 MPa [2]. Beton mutu tinggi umumnya digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi dan jembatan [3]. Pada gedung bertingkat, beton mutu tinggi digunakan untuk

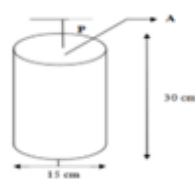
menghemat ukuran kolom dan balok, sehingga tersedia lebih banyak ruang antara kolom dan balok yang mempengaruhi elevasi setiap lantai. Pengurangan ukuran komponen struktur itu sendiri akan mengurangi berat struktur, sehingga beban pada pondasi menjadi lebih ringan [4].

Dengan menggunakan bahan alternatif (agregat kasar dan agregat halus) untuk menggantikan bahan pengikat dan beberapa bahan tambahan yang meningkatkan daya rekat bahan pengikat pada beton, maka kekuatan atau mutu beton ditingkatkan dari aspek material, salah satunya dengan menggunakan campuran beton bahan sandblasting. Partikel pasir yang digunakan dalam proses sandblasting antara lain silica, aluminium, steel grit, garnet dan sebagainya. Bahan alternatif yang digunakan adalah pasir garnet. Bahan ini dianggap paling aman di antara bahan sandblasting abrasif lainnya. Hal ini dikarenakan pasir garnet merupakan bahan alami, dan bahan bakunya mengandung kandungan alposide dan silica kurang dari 0,1% yang berarti pasir garnet tidak mengandung zat berbahaya dan beracun (B3). Bentuk pasir garnet sendiri agak tajam, sehingga harus berhati-hati saat menangani bahan ini. Selain bentuknya yang tajam, pasir garnet memiliki kelebihan tersendiri dan tidak mudah pecah.

Bahan Penyusun Beton terdiri atas semen Portland, agregat kasar, agregat halus dan air. Semen portland adalah semen hidrolis yang diproduksi dengan cara menghancurkan terak semen Portland, khususnya kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan dihancurkan bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan bahan tambahan dapat ditambahkan [5]. Agregat halus umumnya berukuran lebih kecil dari 4,80 mm, seperti agregat halus seperti pasir, pasir alam atau batu pecah [6]. Pasir alam dapat diperoleh dari tanah, dasar sungai atau tepi laut [7]. Partikel agregat kasar umumnya lebih besar dari 4,80 mm, Contoh agregat kasar adalah kerikil, batu pecah atau retakan. Kerikil yang dihasilkan dari dekomposisi alami batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri kerikil, dengan ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm [8]. Air merupakan salah satu bahan dasar pembuatan beton yang sangat penting diantara bahan lainnya dan paling murah. Air digunakan untuk mereaksikan semen untuk menghasilkan pasta semen untuk mengikat agregat.

Kuat tekan beton merupakan tegangan tekan (f'_c) tertinggi yang dicapai oleh benda uji akibat beban tekan dari mesin tekan [9].

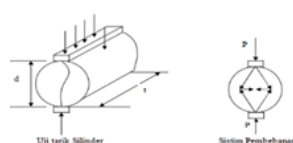
$$f'_c = \frac{P}{A}$$



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tarik Belah beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, yaitu sekitar 10 % sampai 15 % dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD_s}$$



Gambar 2. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kuat lentur beton adalah kemampuan beton menerima beban tanpa tulangan yang ditempatkan diatas dua sokongan dan diberi beban di 1/3 bentang sehingga kuat lentur dapat diartikan sebagai kemampuan penampang struktur (balok beton) untuk menahan gaya tegak lurus terhadap sumbu benda uji sampai benda uji patah [10].

$$\sigma = \frac{PL}{bh^2}$$

$$\sigma = \frac{Pa}{bh^2}$$



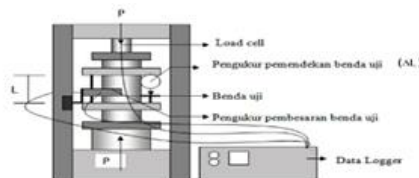
Gambar 3. Patahan 1/3 bentang tengah



Gambar 4. Patahan pada 1/3 bentang tengah dan garis patah pada >5% dari bentang.

Modulus elastisitas, yaitu hubungan antara tegangan yang diberikan dan perubahan bentuk per satuan panjang akibat tegangan yang diberikan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, karakteristik agregat dan semen, kecepatan pemuatan, jenis dan ukuran sampel [11].

$$Ec = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005}$$



Gambar 5. Pengujian modulus elastisitas beton

Penelitian ini bertujuan mengetahui komposisi substitusi sandblasting yang paling baik dalam menghasilkan beton yang bermutu tinggi dan mendesain beton mutu tinggi dengan substitusi sandblasting.

METODOLOGI

1. Lokasi Pengambilan Material

Sandblasting Garnet yang digunakan berasal dari PT.Sakka Kreasindo Perkasa yang berada di Perumahan Taman Narogong Indah Jl.Bojong Asih III Blok F42 No.26 Kel.Bojong Rawa Lumbu Kec.Rawa Lumbu Kota Bekasi Jawa Barat.

Gambar 6. Lokasi Pengambilan Sandblasting Garnet ($6^{\circ}17'27''S$ $107^{\circ}00'14''E$)

2. Pemeriksaan karakteristik agregat

Melakukan pengujian karakteristik agregat adalah untuk menentukan apakah agregat kasar dan halus memenuhi spesifikasi yang ditentukan sebagai campuran beton. Untuk semen PCC tidak dilakukan pengujian lebih lanjut karena bahan semen dianggap memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

Tabel 1. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Karakteristik Agregat Halus	Interval Batas	Pedoman
Kadar lumpur, %	0,2 – 6	SNI 03-4142-1996
Kadar organik, warna	<No.3	ASTM C40
Kadar air, %	3-5	SNI 03-1971-1990
Berat volume padat, kg/ltr	1,40-1,90	SNI 03-4804-1998
Berat volume gembur, kg/ltr	1,40-1,90	SNI 03-4804-1998
Penyerapan, %	0,20-2,00	SNI 1969-2008
Berat jenis (SSD)	1,60 – 3,20	SNI 1969-2008
Modulus kehalusan	2,20 – 3,10	SNI 03-1968-1990

Tabel 2. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Karakteristik Agregat Kasar	Interval Batas	Pedoman
Kadar Lumpur, %	0,2 – 1,0	SNI 03-4142-1996
Kadar Air, %	0,5 – 2,0	SNI 03-1971-1990
Berat volume padat, kg/ltr	1,40 – 1,90	SNI 03-4804-1998
Berat volume gembur, kg/ltr	1,40 – 1,90	SNI 03-4804-1998
Penyerapan, %	0,20 – 2,00	SNI 1969-2008
Berat jenis SSD	1,60 – 3,20	SNI 1969-2008
Keausan Agregat	<40%	SNI 2417-2008

3. Desain dan Jumlah Benda Uji

Silinder dengan ukuran 15cm x 30cm berjumlah 36 buah untuk pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton. Balok dengan ukuran 60cm x 15cm x 15cm berjumlah 12 buah untuk pengujian kuat lentur beton. Sandblasting Garnet yang digunakan adalah sebagai agregat halus dengan

variasi 0%, 10%, 15% untuk bahan campuran beton dan yang akan diuji kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

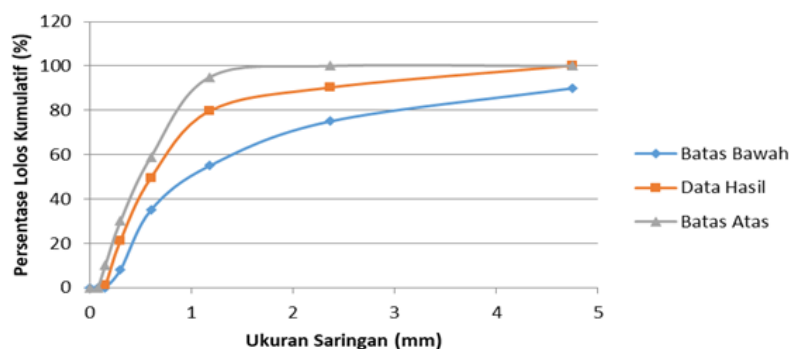
1. Hasil pemeriksaan karakteristik material

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

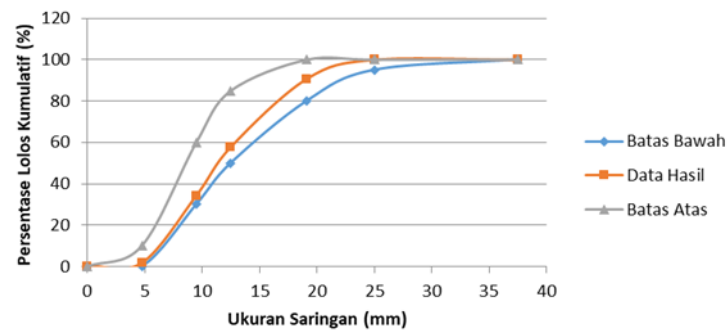
Karakteristik Agregat Halus	Hasil	Interval Batas	Keterangan
Kadar lumpur, %	4,400 %	0,2 – 6	Memenuhi
Kadar organik, warna	No. 1	<No.3	Memenuhi
Kadar air, %	4,159 %	3-5	Memenuhi
Berat volume padat, kg/ltr	1655 kg/m ³	1,40-1,90	Memenuhi
Berat volume gembur, kg/ltr	1586,667 kg/m ³	0,20-2,00	Memenuhi
Penyerapan,%	1,215 %	0,20-2,00	Memenuhi
Berat jenis (SSD)	2,559	1,6 – 3,2	Memenuhi
Modulus kehalusan	2,202	2,20 – 3,10	Memenuhi

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)

Karakteristik Agregat Kasar	Hasil	Interval Batas	Keterangan
Kadar Lumpur, %	0,700 %	0,2 – 1,0	Memenuhi
Kadar Air, %	0,716 %	0,5 – 2,0	Memenuhi
Berat volume padat, kg/ltr	1567,857 kg/liter	1,40 – 1,90	Memenuhi
Berat volume gembur, kg/ltr	1496,071 kg/liter	1,40 – 1,90	Memenuhi
Penyerapan, %	1,570 %	0,20 – 2,00	Memenuhi
Berat jenis SSD	2,639 %	1,60 – 3,20	Memenuhi



Gambar 7. Grafik Pembagian Butir Agregat Halu



Gambar 8. Grafik Pembagian Butir Agregat Kasar

Tabel 5. Karakteristik Sandblasting Garnet

Garnet Sand Size		30/60 0,25-0,6	20/40 0,425-0,85	10/20 0,85-2,00
Chemical Composition (%)	Al ₂ O ₃		12,75	
	Ti O ₂		0,75	
	Fe ₂ O ₃		22,52	
	Si O ₂		38,25	
	Mn O		0,5	
	P ₂ O ₅		0,05	
Conductivity		Less than 25 microsiemens per meter		
Hardness		7,5-8		
Radio Active		Free		
Bulk Density		2,4 g/cm ²		
Radiation		None		
PH		6,73		

Sumber : PT. Kreasindo Perkasa

2. Mix Design (Metode SNI)

Mix design dapat didefinisikan sebagai proses merancang dan memilih bahan yang sesuai dan menentukan proporsi relatifnya, untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tertentu.

Tabel 6. Kebutuhan Bahan Campuran Beton yang digunakan dalam 1m³

Material	Variasi Sandblasting Garnet		
	0 %	10 %	15 %
Semen	525	525	525
Air	210	210	210
Agregat Halus	564,55	508,095	479,867
Agregat Kasar	1048,45	1048,45	1048,45
Sandblasting Garnet	0	56,455	84,682
Viscocrete	5,25	5,25	5,25

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 7. Kuat Tekan Beton dengan variasi Sandblasting 0% pada umur beton 7 hari, 21 hari, dan 28 hari.

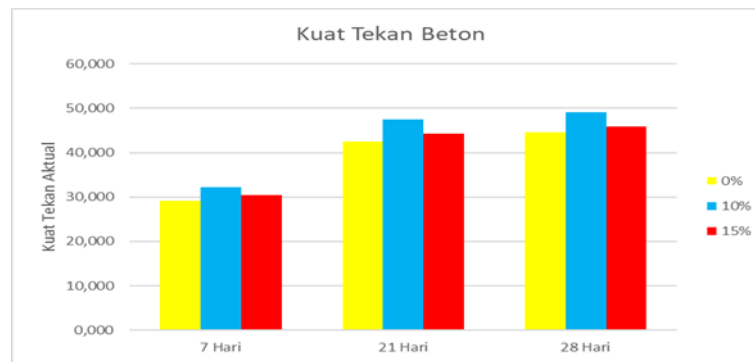
Umur beton (Hari)	Variasi Sandblasting	Beban maksimum (kN)	Kuat tekan beton aktual (MPa)	Kuat tekan beton aktual rata-rata (MPa)	Kuat tekan beton (Mpa)	Kuat tekan beton rata-rata (MPa)
7	0%	520	29,441	29,158	45,294	44,858
		535	30,290		46,600	
		490	27,742		42,681	
		710	40,198		42,314	
21	0%	780	44,161	42,463	46,486	44,698
		760	43,029		45,294	
		745	42,180		42,180	
		830	46,992		46,992	
28	0%	790	44,728	44,633	44,728	44,633

Tabel 8. Kuat Tekan Beton dengan variasi Sandblasting 10% pada umur beton 7 hari, 21 hari, dan 28 hari

Umur beton (Hari)	Variasi Sandblasting	Beban maksimum (kN)	Kuat tekan beton aktual (MPa)	Kuat tekan beton aktual rata-rata (MPa)	Kuat tekan beton (Mpa)	Kuat tekan beton rata-rata (MPa)
7	10%	575	32,555	32,272	50,084	49,649
		555	31,423		48,342	
		580	32,838		50,520	
		860	48,691		51,253	
21	10%	845	47,841	47,464	50,359	49,962
		810	45,860		48,274	
		875	49,540		49,540	
		870	49,257		49,257	
28	10%	860	48,691	49,163	48,691	49,163

Tabel 9. Kuat Tekan Beton dengan variasi Sandblasting 15% pada umur beton 7 hari, 21 hari, dan 28 hari.

Umur beton (Hari)	Variasi Sandblasting	Beban maksimum (kN)	Kuat tekan beton aktual (MPa)	Kuat tekan beton aktual rata-rata (MPa)	Kuat tekan beton (Mpa)	Kuat tekan beton rata-rata (MPa)
7	15%	510	28,875	30,385	44,423	46,745
		545	30,856		47,471	
		555	31,423		48,342	
		795	45,011		47,380	
21	15%	805	45,577	44,350	47,976	46,684
		750	42,463		44,698	
		820	46,426		46,426	
		835	47,275		47,275	
28	15%	780	44,161	45,954	44,161	45,954



Gambar 9. Hubungan Antara Umur Beton dengan Kuat Tekan Beton.

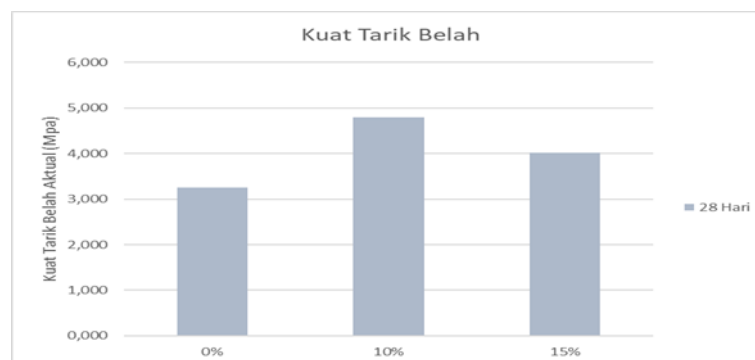
Dapat dilihat dari gambar 9 bahwa kuat tekan beton meningkat dengan bertambahnya umur beton dan variasi Sandblasting juga meningkat. Hasil pengujian kuat tekan dengan kuat tekan rencana 42 MPa pada variasi Sandblasting 0%,10% dan 15% sebagai bahan substitusi agregat halus pada hari ke 28. Kuat tekan yang lebih besar terdapat pada substitusi Sandblasting 10%.

4. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Tujuan dari pengujian kuat tarik belah beton adalah untuk mengetahui berapa besar gaya tarik maksimum yang dicapai beton dalam satuan KN. Setelah benda uji mencukupi umur rencana perawatan yaitu selama 28 hari, maka setiap benda uji dibagi berdasarkan variasi, kemudian dilakukan pengujian tarik belah di laboratorium.

Tabel 10. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

NO	Variasi	Kuat Tekan Umur 28 Hari	Nilai Rata-rata Kuat Tekan Umur 28 Hari	Kuat Tarik Belah	Nilai Rata-rata Kuat Tarik Belah
1	0%	42,180	44,633	3,114	3,255
2		46,992		3,397	
3		44,728		3,255	
4		49,540		4,883	
5	10%	49,257	49,163	4,812	4,789
6		48,691		4,671	
7		46,426		3,963	
8	15%	47,275	45,954	4,317	4,010
9		44,161		3,751	



Gambar 10. Hubungan antara kuat tarik belah beton dengan variasi Sandblasting

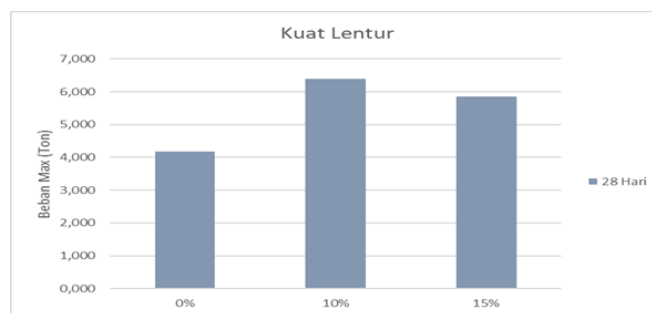
Berdasarkan Tabel 10, diperoleh hasil dengan variasi 0% berturut-turut 3,255, 4,789, dan 4,010 MPa. Maka dapat disimpulkan nilai tertinggi didapatkan pada variasi 10% yaitu : 4,789 Mpa.

5. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan pada umur 28 hari pada benda uji balok yang berukuran 600×150×150 mm. Benda uji ditempatkan pada penguji lentur dengan dua titik beban.pembebanan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan balok beton untuk menahan gaya yang diletakkan pada dua perletakan hingga patah.

Tabel 11. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

NO	Variasi	Kuat Tekan Umur 28 Hari	Nilai Rata-rata Kuat Tekan Umur 28 Hari	Kuat Lentur	Nilai Rata-rata Kuat Lentur
1	0%	42,180	44,633	4,232	4,182
2		46,992		3,930	
3		44,728		4,383	
4		49,540		6,348	
5	10%	49,257	49,163	6,650	6,399
6		48,691		6,197	
7		46,426		5,592	
8	15%	47,275	45,954	5,139	5,844
9		44,161		6,802	

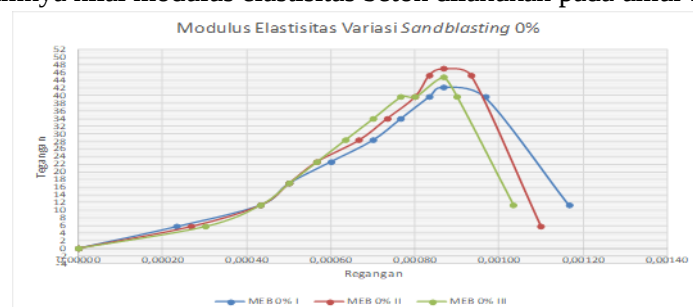


Gambar 11. Hubungan antara kuat lentur beton dengan variasi Sandblasting

Berdasarkan table 11, diperoleh hasil dengan variasi 0%, 10%, dan 15% berturut-turut sebesar 4,182 MPa, 6,399 MPa dan 5,844 MPa. Maka dapat disimpulkan nilai tertinggi didapatkan pada variasi 10% yaitu : 6,399 MPa.

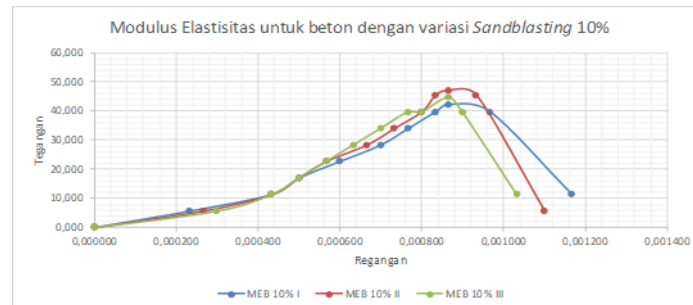
6. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas beton digunakan untuk mengetahui besarnya beban yang dapat dipikul tanpa merusak beton itu sendiri. Uji modulus elastisitas beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Untuk beton normal, pada umumnya nilai modulus elastisitas beton dilakukan pada umur 28 hari.



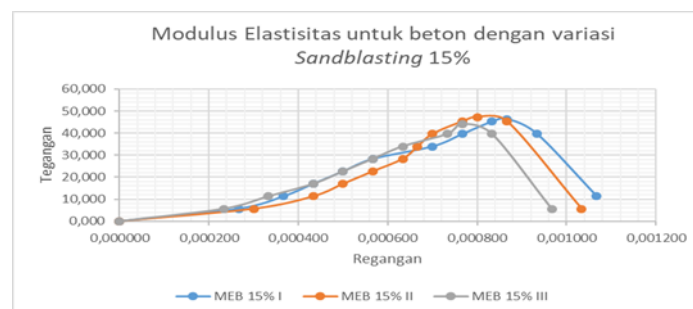
Gambar 12. Grafik pengujian modulus elastisitas variasi 0%

Berdasarkan Gambar 12, Grafik dimana pengujian Modulus Elastisitas didapatkan berturut-turut sebesar 22373,641, 19256,740 dan 17049,641. Dari grafik diatas didapatkan nilai rata-rata Modulus Elastisitas sebesar 19559,761.



Gambar 13. Grafik Pengujian modulus Elastisitas variasi Sandblasting 10%

Berdasarkan Gambar 13, Grafik dimana pengujian Modulus Elastisitas didapatkan berturut-turut sebesar 26251,958, 22127,317 dan 19216,615. Dari grafik diatas didapatkan nilai rata-rata Modulus Elastisitas sebesar 22531,963.



Gambar 14. Grafik Pengujian modulus Elastisitas variasi Sandblasting 15%

Berdasarkan Gambar 14, Grafik dimana pengujian Modulus Elastisitas didapatkan berturut-turut sebesar 19270,807, 16759,889 dan 21805,981. Dari grafik diatas didapatkan nilai rata-rata Modulus Elastisitas sebesar 19278,596.

7. Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Belah

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari dengan substitusi Sandblasting 0%, 10%, dan 15% yaitu sebesar 3,255 MPa, 4,789 MPa, dan 4,010 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan substitusi Sandblasting 0%, 10%, dan 15% yaitu sebesar 44,633 MPa, 49,163 MPa, dan 45,954 MPa.

8. Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Kuat Lentur

Dari hasil pengujian diperoleh nilai kuat lentur beton pada umur 28 hari dengan substitusi Sandblasting 0%, 10%, dan 15% yaitu sebesar 4,182 MPa, 6,399 MPa, dan 5,844 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan substitusi Sandblasting 0%, 10%, dan 15% yaitu sebesar 44,633 MPa, 49,163 MPa, dan 45,954 MPa. Berdasarkan acuan SNI 2847:2013 terdapat korelasi antara modulus keruntuhan beton dengan kuat tekan beton, yaitu :

9. Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Modulus Elastisitas

Hubungan kuat tekan dan modulus elastisitas yaitu perbandingan tegangan terhadap regangan dari setiap bahan yang diberikan bisa ditentukan dengan pengujian sehingga diperoleh suatu ukuran kekuatannya atau elastisitasnya.

KESIMPULAN

1. Penggunaan Sandblasting sebagai substitusi sebagian agregat halus dengan variasi Sandblasting 0%, 10%, dan 15% memenuhi kuat tekan rencana sebesar 42 Mpa dengan nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari berturut-turut sebesar 1,062 %, 1,171 % dan 1,094% lebih besar dari kuat tekan rencana. Nilai tertinggi yang diperoleh adalah pada variasi Sandblasting 10% yaitu 1,171 %.
2. Perbandingan Dari hasil pengujian diperoleh nilai terbesar pada kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas beton yaitu pada variasi Sandblasting 10 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. S. H. P. Moch. Ervianto, "Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abu Terbang (Fly Ash) Dan Zat Adiktif (Bestmittel)," SINERGI Vol.20, No.3, Oktober 2016: 199-206, vol. 20, pp. 199-206, 2016.
- [2] A. Pujiyanto, Beton Mutu Tinggi dengan Admixture Superplastisizer dan Aditif Silicafume, Yogyakarta, November 2011.
- [3] Luga, E. Atis, C.D., Strength Properties of Slag/Fly Ash Blends Activated with Sodium Metasilicate and, Periodica Polytechnica Civil Engineering 60(2) 2016 : 223-228., 2016.
- [4] A. L. A. PUTRA, Penggunaan Steel Slag Sebagai Agregat Beton Mutu Tinggi, Sumatra Utara: Repositori Institusi USU, 2017.
- [5] S. 15-2049-2004, Semen Portland, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2004.
- [6] S. 03-2847-2002, Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Bandung: Badan Standardisasi Nasional, Desember 2002.
- [7] K. Tjokrodinuljo, Teknologi Beton, Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, 2010.
- [8] S. 03-2834-2000, Tata cara pembuatan rencana campuran, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2000.
- [9] S. 03-1974-2011, Uji Kuat Tekan dengan Benda Uji Silinder, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
- [10] S. 4431:2011, Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
- [11] S. 2847-2013, Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung., Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2013.