

Pengaruh Agregat Tambang Sangkaropi' Dan *Sandblasting* Pada Beton

Mikel Paa *¹, Frans Phengkarsa *², Lisa Febriani *³

*¹ *Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia mikelpaa040@gmail.com*

*^{2,3} *Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia fphengkarsa@hotmail.com dan lisa@ukipaulus.ac.id*

Corresponding Author: mikelpaa040@gmail.com

Abstrak

Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral, semen dan air. Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan peletakan. Dalam meningkatkan kekuatan atau mutu beton, agregat kasar yang digunakan berasal dari tambang Sangkaropi' karena selain masih jarang yang menggunakan agregat disana, batu tambang Sangkaropi pun mengandung mineral seperti kalsium oksida, silika dioksida, aluminium oksida. Dengan menambahkan bahan-bahan, baik itu pada agregat kasar maupun agregat halus, sebagai pengganti bahan pengikat dan ada pula sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan daya rekat dari bahan pengikat dalam beton salah satunya menggunakan material *sandblasting* dalam campuran beton. Hal tersebut dikarenakan *sandblasting* merupakan bahan alam yang bahan bakunya mengandung almandite dan silica sebanyak kurang dari 0,1 persen, yang artinya *sandblasting* tidak mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Variasi yang digunakan 0%, 5%, dan 10%. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, uji kuat tarik belah, dan uji kuat lentur dengan mutu beton rencana 25 MPa. Dari hasil penelitian ini diperoleh nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 26,502 Mpa, 28,389 Mpa dan 31,878 Mpa pada uji kuat tarik belah diperoleh nilai berturut-turut 1,721 Mpa, 2,146 Mpa, 2,617 Mpa dan pada uji kuat lentur diperoleh nilai sebesar 1,837 Mpa, 2,341 Mpa, dan 2,696 Mpa.

Kata Kunci: *Sandblasting*, Beton Normal, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Kuat Lentur.

Abstract

Concrete is a composite building material made from a combination of aggregate and cement binder. The most common form of concrete is Portland cement concrete, which is composed of mineral aggregate, cement and water. It is usually believed that concrete dries after mixing and laying. In increasing the strength or quality of concrete, the coarse aggregate used comes from the Sangkaropi mine because in addition to the rare use of aggregate there, the Sangkaropi mine stone also contains minerals such as calcium oxide, silica dioxide, aluminum oxide. By adding materials, both in coarse aggregate and fine aggregate, as a substitute for binders and some as additional materials to increase the adhesion of binders in concrete, one of them is using sandblasting material in the concrete mixture. This is because sandblasting is a natural material whose raw materials contain less than 0.1 percent almandite and silica, which means that sandblasting does not contain hazardous and toxic materials (B3). The variations used are 0%, 5%, and 10%. The tests carried out were the compressive strength test, split tensile strength test, and the flexural strength test with a concrete quality of 25 MPa. From the results of this study, the compressive strength values were 26.502 Mpa, 28.389 Mpa and 31.878 Mpa. In the split tensile

strength test, the values obtained were 1.721 Mpa, 2.146 Mpa, 2.617 Mpa and the flexural strength test obtained values of 1.837 Mpa, 2.341 MPa, and 2,696 MPa.

Keywords: *Sandblasting, Normal Concrete, Compressive Strength, Split Tensile Strength, Flexural Strength.*

PENDAHULUAN

Di Indonesia penggunaan beton mutu tinggi sangat diperlukan dalam membuat gedung-gedung pencakar langit, jembatan dengan bentangan panjang dan juga bangunan bawah tanah yang memiliki beban yang lebih besar daripada bangunan-bangunan yang biasa.

Desa Sangkaropi' adalah salah satu daerah yang berada di Sulawesi Selatan tepatnya di Kabupaten Toraja Utara yang memiliki banyak kandungan mineral yang dahulu pernah di lakukan penambangan di daerah tersebut, dimana dari hasil penelitian banyak di temukan batuan yang mengandung mineral seperti kalsium oksida, silika dioksida, aluminium oksida dan lain-lain .

Dalam meningkatkan kekuatan atau mutu beton dari sisi material dengan menambahkan bahan-bahan baik itu pada agregat kasar maupun agregat halus, sebagai pengganti bahan pengikat dan ada pula sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan daya rekat dari bahan pengikat dalam beton salah satunya menggunakan material *sandblasting* dalam campuran beton. *Sandblasting* adalah suatu butiran kecil yang tajam yang menyerupai butiran pasir yang jika digunakan pada campuran beton akan menambah daya kuat tekan beton. Butiran pasir yang digunakan dalam proses *sandblasting* antara lain, *silica, aluminium oxide, steel grit, garnet* dan lain-lain. Material yang akan digunakan adalah *sandblasting*[1].

Adapun beberapa penelitian terdahulu yaitu:

- Pemanfaatan Limbah *Sandblasting* Pasir Silika Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Campuran Beton didapatkan nilai pada umur 28 hari dengan campuran limbah *Sandblasting* 100% sebesar 31,61 Mpa [2],
- Pemanfaatan Limbah Pasir Silika Sebagai Bahan Pengganti Pasir Untuk Pembuatan *Paving Blok* didapatkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan komposisi pasi silika 100% dari komposisi standar mampu menambah kekuatan *paving block* dengan umur mencapai 28 hari dengan nilai 44,1 Mpa, penyerapan air sebesar 2,15 % [3],
- Pemanfaatan Limbah Pasir Silika Proses *Sandblasting* PT. Swadaya Graha Sebagai Bahan Pembuatan *Paving Block* didapatkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah pasir silika tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan *paving block* dan didapatkan komposisi optimum yaitu 1,1 kg semen, 2,5 kg pasir, dan 2 kg pasir silika yang menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar 21,56 MPa. Kuat tekan tersebut memenuhi syarat *paving blok* [4],
- Pemanfaatan Limbah *Sandblasting* Sebagai Bahan Campuran *Paving Blok* didapatkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pengurangan jumlah pasir sebesar 50 % dari komposisi asli mampu menambah kekuatan *paving block* dengan umur mencapai 28 hari dengan nilai 37,30 Mpa, penyerapan air sebesar 3,54 % dan ketahanan aus sebesar 0,34 %. [5],
- Studi Pemanfaatan Limbah *Sandblasting* PT X dan Limbah Karbit PT Z Sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan Beton Ringan didapatkan Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton ringan dengan penambahan limbah mengalami penurunan maupun peningkatan dari komposisi normal. Kuat tekan beton dengan penambahan limbah sandblasting sebanyak 25% dan limbah karbit sebanyak 5%, 10%, dan 15% berturut-turut sebesar 7,37 MPa (menurun 37,06%); 8,839 MPa (menurun 24,52%); dan 11,84 MPa (meningkat 13%) dengan berat jenis rata-rata telah memenuhi ketentuan beton ringan yakni 1.647,8 kg/m³ [6],

- Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 *Sandblasting* Terhadap Limbah B3 *Sandblasting* Dan *Fly Ash* Sebagai Campuran Beton Berdasarkan hasil uji kuat tekan tersebut, maka komposisi limbah *sandblasting* yang layak sebagai bahan substitusi dalam pembuatan beton adalah untuk komposisi 10% dan 15% [7],
- Optimasi Proses Pembuatan Beton Ringan Dengan Memanfaatkan Limbah Pasir Silika *Sandblasting* Melalui Pendekatan Metode Taguchi didapatkan nilai kuat tekan yang optimum sebesar 88 Kg/Cm² [8],
- Studi Pemanfaatan *Fly Ash* Dan Limbah *Sandblasting (SilicaFume)* Pada *Binder Geopolimer* didapatkan hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* menghasilkan beton Geopolimer lebih baik daripada hanya menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen *Portland* dan dapat mengurangi ketergantungan beton *geopolimer* terhadap *fly ash*. [9],
- Limbah *Sandblasting* Sebagai Pengganti Agregat Halus Serta Penambahan Serat Ijuk Dan *Super plasticizer* Pada Pembuatan Beton. Dari hasil pengujian didapatkan dengan penambahan serak ijuk 2% dan *super plasticizer* 4% pada umur 28 hari didapatkan kuat tekan paling maksimum sebesar 35,67 mpa [10],
- Pengaruh *Sandblasting* Pada Kayu Meranti Merah Dengan Lapisan Komposit *Fiberglass* Terhadap Kekuatan Geser. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat geser tertinggi berada pada variasi sudut 30 ° sebesar 1.1768 MPa dan nilai terendah kekuatan geser berada pada variasi sudut 90° sebesar 0.1255 MPa [11].

Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral, semen dan air. Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan peletakan

1. Material Penyusun Beton

a. Agregat Halus

Agregat halus merupakan butiran kecil yang berasal dari hasil pengikisan batu, contoh agregat halus seperti, pasir, baik berupa pasir alami atau dari hasil pemecahan batu. Pasir alam dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai, atau dari tepi laut [12]. Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar (*Coarse Aggregate*) merupakan hasil perpecahan secara alami dari batu yang umumnya ukuran butiran antara 4,76mm - 150mm, contoh agregat kasar seperti, kerikil, keracak, batu pecah, atau split.

c. Semen portland komposit (*Portland Composite Cement*)

Semen portland komposit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama semen *portland* dan *gips* dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran anatara bubuk semen *portland* dengan bubuk bahan anorganik lain.

d. Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk beraksi degan semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agragat kasar agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Kandungan air dalam campuran beton sangat mempengaruhi *workability* dari beton.

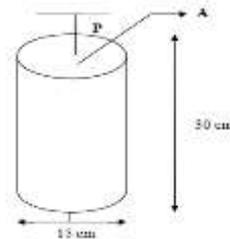
e. *Sandblasting*

Sandblasting adalah suatu butiran kecil yang tajam yang menyerupai butiran pasir yang jika digunakan pada campuran beton akan menambah daya kuat tekan beton.

2. Pengujian Beton

a. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan.



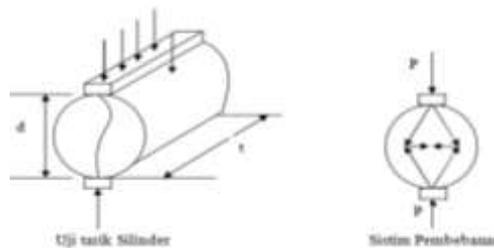
Gambar 1 Uji kuat tekan

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

b. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pada pengujian ini beton pada posisi miring dan tentunya sudah dipasang alat penjepit sebelum di uji. Pengujian ini dilakukan sampai beton terlihat hancur dan membelah dan dicatat kuat tarik belah yang diperoleh dari pengujian beton.

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 2. Uji tarik belah

c. Pengujian Kuat Lentur Beton

Pada pengujian ini menggunakan sebuah balok yang biasanya cetakan berbentuk balok dengan ukuran yang telah ditentukan pada saat pengujian kuat lentur, posisi beton dalam keadaan miring sepanjang bentang balok dan diuji sampai beton hancur hal itu disebabkan deformasi dan regangan bertambah dan mengakibatkan retak sepanjang bentang balok.

$$fr = \frac{P \times a}{b \times h^2} \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 3. Beton Patah pada Pusat 1/3

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 4. Lokasi Pengambilan Material

2. Pemeriksaan Karakteristik Material

Pengujian karakteristik agregat dilakukan untuk mengetahui apakah agregat kasar dan agregat halus sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan sebagai bahan campuran beton. Pengujian agregat halus dan agregat kasar meliputi pemeriksaan gradasi, berat jenis, penyerapan, kadar lumpur, dan kandungan zat organik, berat volume, kadar air, dan *Los Angeles Abrasion Test*. [13].

Tabel 1. Spesifikasi 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 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

Tabel 3. Identifikasi Benda Uji

Variasi	Jenis Pengujian	Umur Sampel	Bentuk Benda Uji	Jumlah Benda Uji
0 %	Kuat Tekan Beton	7 hari, 21 hari 28 hari	Selinder 15cm x 30cm	9
	Kuat Tarik Belah Beton	28 hari	Selinder 15cm x 30cm	3
	Kuat lentur Beton	28 hari	Balok 60cm x 15cm x 15cm	3
5 %	Kuat Tekan Beton	7 hari, 21 hari 28 hari	Selinder 15cm x 30cm	9
	Kuat Tarik Belah Beton	28 hari	Selinder 15cm x 30cm	3
	Kuat lentur Beton	28 hari	Balok 60cm x 15cm x 15cm	3
10 %	Kuat Tekan Beton	7 hari, 21 hari 28 hari	Selinder 15cm x 30cm	9
	Kuat Tarik Belah Beton	28 hari	Selinder 15cm x 30cm	3
	Kuat lentur Beton	28 hari	Balok 60cm x 15cm x 15cm	3

Perawatan Beton

Perawatan (*Curing*) dilakukan dengan memasukkan benda uji yang telah dibuat ke dalam bak perendaman hingga menutupi keseluruhan benda uji. Perawatan dilakukan dengan maksud agar dapat menghindari penguapan yang berlebihan pada beton. Adapun perawatan yang dilakukan yaitu :

- Membuka perlahan cetakan beton agar tidak terjadi kerusakan pada beton.
- Menimbang benda uji dan berikan kode pada setiap sampel seperti jenis umur dan pengujian beton rencana.
- Kemudian masukkan benda uji kedalam bak perendaman dan pastikan ketinggian air menutupi seluruh bagian benda uji.
- Satu hari sebelum mencapai umur beton, benda uji diangkat dan dikeringkan dan pastikan benda uji dalam keadaan kering sempurna.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material

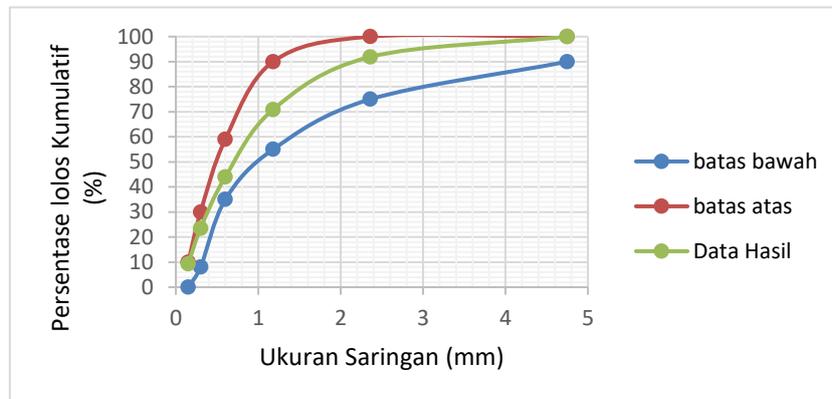
Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

Karakteristik	Hasil	Interval SNI	Keterangan
Kadar Air	3,572 %	3,00% - 5,00%	Memenuhi
Kadar Organik	No. 2	< No. 3	Memenuhi
Kadar Lumpur	2,7 %	0,20% - 6,00%	Memenuhi
Berat Volume Padat	1633,333 Kg/m ³	>1,200 kg/ltr	Memenuhi
Berat Volume Gembur	1518,396 kg/m ³	>1,200 kg/ltr	Memenuhi
Berat Jenis SSD	2,591 %	1,60 – 3,20	Memenuhi
Absorpsi (Penyerapan)	1,215 %	0,20% - 2,00%	Memenuhi
Modulus Kehalusan	2,60 %	2,20 – 3,10	Memenuhi

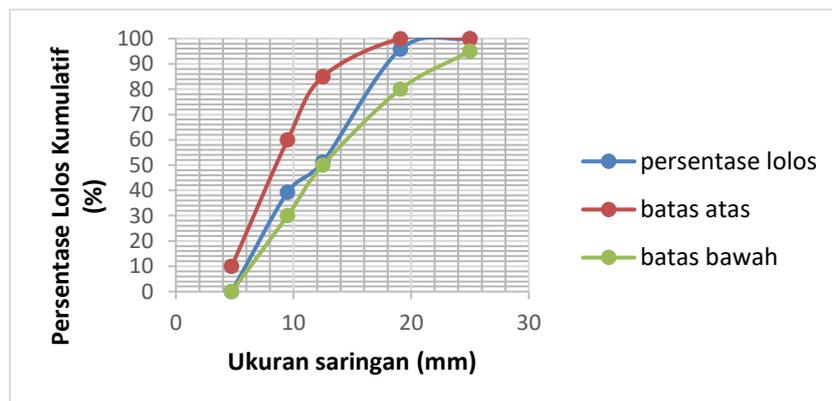
Tabel 5. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat Kasar

Karakteristik	Hasil	Interval SNI	Keterangan
Kadar Air	0,629 %	0,50% - 2,00%	Memenuhi
Kadar Lumpur	0,766 %	0,2% - 1,00%	Memenuhi

Berat Volume Padat	1889,286 kg/m ³	1,40 - 1,90 Kg/m ³	Memenuhi
Berat Volume Gembur	1738,571 kg/m ³	1,40 - 1,90 Kg/m ³	Memenuhi
Berat Jenis SSD	3,135 %	1,60 - 3,20	Memenuhi
Absorpsi (Penyerapan)	0,604 %	0,20% - 2,00%	Memenuhi



Gambar 5. Grafik Gradasi Analisa Saringan Agregat Halus



Gambar 6. Grafik Gradasi Analisa Saringan Agregat Kasar

2. Hasil Penelitian

a. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat benda uji berumur 7, 21, dan 28 hari dengan menggunakan alat *compression testing machine* untuk mengetahui kekuatan beton maksimum pada saat menerima beban tekan (P) dalam satuan kN. Dari tabel hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa bertambahnya umur beton akan mengalami peningkatan kuat tekan beton. Nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari pada variasi 10% adalah 31,878 Mpa sehingga mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan yaitu 25 MPa.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian kuat tekan beton ($f'c$)

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

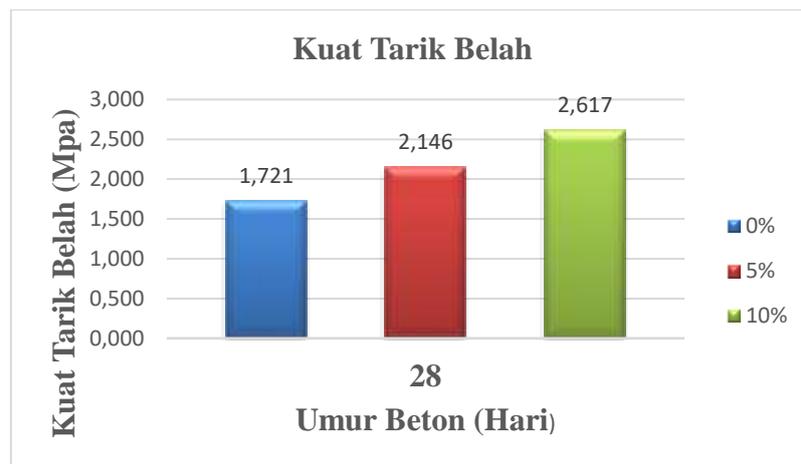
Variasi	Umur Beton (Mpa)	P (N)	A (mm)	f'c Aktual (Mpa)	Rata-Rata	Faktor Umur	f'c 28 hari (Mpa)	Rata - Rata (Mpa)
0%	7	315000	17671,459	17,825	17,259	0,65	27,424	26,553
		280000		15,845			24,377	
		320000		18,108			27,859	
	21	465000		26,314	25,276	27,699		
		445000		25,182	0,95	26,507	26,606	
		430000		24,333	25,614			
28	465000	26,314	1	26,314				
	455000	25,748	26,502	25,748	26,502			
	485000	27,445	27,445					
5%	7	320000	18,108	18,486		0,65	27,859	28,439
		345000	19,523	30,035				
		315000	17,825	27,424				
	21	495000	28,011	26,880	29,486	0,95	28,890	28,294
		485000	27,445	26,507				
		445000	25,182	26,507				
28	485000	27,445	1	27,445				
	495000	28,011	28,389	28,011	28,389			
	525000	29,709	29,709					
10%	7	385000	21,787	21,221		0,65	33,518	32,647
		375000	21,221	32,647				
		365000	20,655	31,777				
	21	510000	28,860	29,426	30,379	0,95	31,868	30,975
		535000	30,275	29,426	31,868			
		515000	29,143	30,677				
28	575000	32,538	1	32,538				
	555000	31,407	31,878	31,407	31,878			
	560000	31,690	31,690					

b. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan alat tekan *compression testing machine* untuk mengetahui gaya tarik belah beton maksimum pada saat menerima beban (P) dalam satuan kN.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

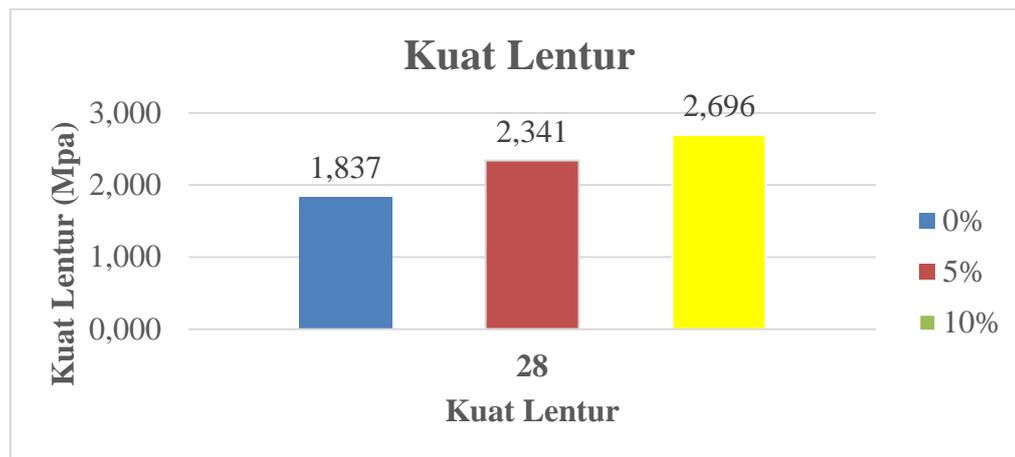
Variasi	Umur Beton (Hari)	P (N)	L (mm)	D (mm)	f_t (Mpa)	Rata-Rata (MPa)
0%	28	135000	300	150	1,910	1,721
		110000			1,556	
		120000			1,698	
5%	28	155000	300	150	2,193	2,146
		160000			2,264	
		140000			1,981	
10%	28	190000	300	150	2,688	2,617
		180000			2,546	
		185000			2,617	



Gambar 8. Grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton

c. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton (f_r) dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari, benda uji berbentuk balok dengan ukuran 600 mm × 150 mm × 150 mm, dengan menggunakan alat uji lentur yang memiliki dua titik pembebanan.



Gambar 9. Grafik hasil pengujian kuat Lentur Beton

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Variasi	Umur Beton (Hari)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	f_r (MPa)	Rata-Rata (MPa)
0%	28	10000	600	150	150	1,778	1,837
		11500				2,044	
		9500				1,689	
5%	28	12000	600	150	150	2,133	2,341
		14000				2,489	
		13500				2,400	
10%	28	15500	600	150	150	2,756	2,696
		14000				2,489	
		16000				2,844	

Secara keseluruhan hasil pengujian berupa kuat tekan beton (f'_c), kuat tarik belah beton (f_t), dan kuat lentur beton (f_r), mempunyai hasil yang berbeda – beda.

Adapun hasil dari setiap pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur adalah:

- Nilai kuat tekan beton yang diperoleh dari hasil pengujian umur 28 Hari pada variasi 0% adalah 26,502 pada variasi 5% yaitu 28,389 dan pada variasi 10% diperoleh nilai kuat tekan tertinggi yaitu 31,878.
- Hasil yang diperoleh pada pengujian kuat tarik belah pada umur 28 hari dengan variasi 0% yaitu 1,721 kemudian pada variasi 5% yaitu 2,146 dan pada variasi 10% diperoleh nilai tertinggi yaitu 2,617.
- Pada hasil pengujian kuat lentur pada umur 28 Hari dengan variasi 0% didapatkan nilai sebesar 1,837, pada variasi 5% yaitu 2,341 dan pada variasi 10% diperoleh nilai sebesar 2,696.

KESIMPULAN

Pengaruh agregat tambang sangkaropi dan *sandblasting* pada beton menunjukkan bahwa semakin tinggi variasi *sandblasting* yang digunakan maka semakin meningkat nilai kuat tekan pada beton.

Dari hasil pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan kuat lentur beton dengan menggunakan variasi *sandblasting* 0%, 5% dan 10% memenuhi kuat tekan rencana sebesar 25 Mpa dengan nilai kuat tekan tertinggi pada variasi 10% yaitu 31,878, pada kuat tarik belah beton diperoleh nilai tertinggi pada

variasi 10% yaitu 2,617, dan pada kuat lentur beton di peroleh nilai tertinggi pada variasi 10% yaitu 2,696. Nilai tertinggi yang diperoleh pada variasi *sandblasting* adalah 10% dengan nilai yaitu 31.878 .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ulfah., Siti., Triana, D., & Sari, M. M. (2016). "Pemanfaatan Limbah Industri *Mill Scale* dan *Sandblasting* Sebagai Campuran Agregat Halus Dalam Pencampuran Beton". Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya. Serang. *Jurnal CIVTECHI*. Vol. 1 No.1, Hal. 1-14.
- [2] Abdillah, Nuryasin; Muhabbah, Zuhrotul. "Pemanfaatan Limbah *Sandblasting* Pasir Silika Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Campuran Beton". *JURNAL UNITEK*, 2019, 12.1: 10-16.
- [3] Luthfizar, Gelar Yogha; Pangesti, Frebhika Sri Puji; Akbari, Tauny." Pemanfaatan Limbah Pasir Silika Sebagai Bahan Pengganti Pasir Untuk Pembuatan *Paving Block*". *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 2019, 2.1: 23-37.
- [4] Prasetyono, Dedy Eko. "Pemanfaatan Limbah Pasir Silika Proses *Sandblasting* Pt Swadaya Graha Sebagai Bahan Pembuatan *Paving Block*". Diss. Universitas Internasional Semen Indonesia, 2017.
- [5] Putra, Yusuf Eka. "Pemanfaatan Limbah *Sandblasting* Sebagai Bahan Campuran *Paving Blok*". *Rekayasa Teknik Sipil*, 2016, 1.1/REKAT/16. Vol. 1 No.1, Hal. 81-86.
- [6] Sari, Sedy Puspa Mita. "Studi Pemanfaatan Limbah *Sandblasting* PT X dan Limbah Karbit PT Z Sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan Beton Ringan". Diss. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2016.
- [7] Dermawan, Denny, and Mochamad Luqman Ashari. "Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 *Sandblasting* Terhadap Limbah B3 *Sandblasting* Dan *Fly Ash* Sebagai Campuran Beton." Seminar MASTER PPNS. Vol. 1. No. 1. 2016
- [8] Prayoggi, Eriawan. Optimasi Proses Pembuatan Beton Ringan Dengan Memanfaatkan Limbah Pasir Silika *Sandblasting* Melalui Pendekatan Metode Taguchi. Diss. Universitas Internasional Semen Indonesia, 2018.
- [9] Triyanti, Aprilia Rizky. "Studi Pemanfaatan *Fly Ash* Dan Limbah *Sandblasting (Silica Fume)* Pada *Binder Geopolimer*". Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [10] Putri, Sintiya Pangesti. "Pemanfaatan Limbah *Sandblasting* Sebagai Pengganti Agregat Halus Serta Penambahan Serat Ijuk Dan Superplasticizer Pada Pembuatan Beton". 2016. Phd Thesis. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [11] Saputra, Muhamad Hendra. Pengaruh *Sandblasting* Pada Kayu Meranti Merah dengan Lapisan Komposit Fiberglass Terhadap Kekuatan Geser. Diss. Universitas Brawijaya, 2018.
- [12] SNI ASTM C136 : 2012. "*Metode Uji Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*
- [13] SNI 03--1971-2011. "*Metode Pengujian Kadar Air Agregat*".