



(MUDIMA)



Utilization of Sandblasting Waste as an Alternative Material for Paving Blocks

Rezasyah Alifiadi^{1*}, Agus Slamet²

Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Keputih, Sukolilo, 60111, Surabaya

Corresponding Author: Rezasyah Alifiadi rezasyahalifiadi15@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords: Sandblasting Waste, Paving Block, ANOVA, TCLP

Received : 1 November

Revised : 21 November

Accepted : 22 December

©2022 Alifiadi, Slamet: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

Sandblasting is an activity of cleaning industrial equipment made of metal using quartz sand. Every day the amount of waste produced is getting bigger so it needs to be processed to reduce its surface area. One way that can be used to process sandblasting waste is solidification into building material products. This study uses sandblasting waste as a substitute for fine aggregate in the manufacture of paving blocks. Paving block production was carried out using three research variables, namely the weight ratio of cement and waste, cement water factor (FAS), and maximum grain size. Comparison of the weight of cement and waste using composition of 1:3, 1:4, and 1:5. The cement water factor used was 0.35, 0.425, and 0.5. While the grain sizes that were filtered were 1.2 mm, 2.4 mm, and 4.75 mm. The results showed that of the 27 variations of the mixture produced, the samples with sample code V5 (composition 1:3, FAS 0.425, and grain size 2.4 mm) produced the highest compressive strength, namely 25 MPa with quality B. ANOVA analysis was performed to determine the effect of the three variables on compressive strength and it was found that the weight ratio composition of cement and waste was the most influential. The TCLP test was carried out to determine the potential for leaching of heavy metals Cr⁶⁺, Cu, Pb, and Zn, which then resulted in the content of the four substances being below the quality standard of Government Regulation Number 22 of 2021

Pemanfaatan Limbah Sandblasting sebagai Material Alternatif Penyusun Paving Block

Rezasyah Alifiadi^{1*}, Agus Slamet²

Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Keputih, Sukolilo, 60111, Surabaya

Corresponding Author: Rezasyah Alifiadi rezasyahalifiadi15@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Limbah Sandblasting, Paving Block, ANOVA, TCLP

Received : 1 November

Revised : 21 November

Accepted : 22 December

©2022 Alifiadi, Slamet: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Sandblasting merupakan kegiatan pembersihan peralatan industri yang terbuat dari logam dengan menggunakan pasir kuarsa. Setiap hari jumlah sampah yang dihasilkan semakin besar sehingga perlu dilakukan pengolahan untuk memperkecil luas permukaannya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengolah limbah sandblasting adalah pemadatan menjadi produk bahan bangunan. Penelitian ini memanfaatkan limbah sandblasting sebagai pengganti agregat halus dalam pembuatan paving block. Pembuatan paving block dilakukan dengan menggunakan tiga variabel penelitian yaitu perbandingan berat semen dan limbah, faktor air semen (FAS), dan ukuran butiran maksimum. Perbandingan berat semen dan limbah menggunakan komposisi 1:3, 1:4, dan 1:5. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,35, 0,425, dan 0,5. Sedangkan ukuran butir yang tersaring adalah 1,2 mm, 2,4 mm, dan 4,75 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 27 variasi campuran yang dihasilkan, sampel dengan kode sampel V5 (komposisi 1:3, FAS 0,425, dan ukuran butir 2,4 mm) menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu 25 MPa dengan kualitas B. Analisis ANOVA adalah dilakukan untuk mengetahui pengaruh ketiga variabel tersebut terhadap kuat tekan dan ditemukan bahwa komposisi rasio berat semen dan limbah adalah yang paling berpengaruh. Uji TCLP dilakukan untuk mengetahui potensi pelindian logam berat Cr⁶⁺, Cu, Pb, dan Zn yang kemudian mengakibatkan kandungan keempat zat tersebut berada di bawah baku mutu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

PENDAHULUAN

Pada kegiatan industri, terutama di bidang manufaktur serta minyak dan gas, perawatan dan pembersihan alat-alat yang terbuat dari logam merupakan hal yang penting demi menjaga operasional dan kualitas produk yang dihasilkan industri tersebut. Salah satu metode yang digunakan adalah sandblasting, yaitu penyemprotan pasir kuarsa bertekanan tinggi untuk membersihkan karat dan biota laut yang menempel pada peralatan logam.

Pasir kuarsa yang telah digunakan akan jatuh ke tanah sebagai limbah dan menumpuk sehingga luas permukaannya menjadi besar. Limbah pasir ini mengandung beberapa unsur logam berat sehingga dikategorikan sebagai limbah B3 (Repo, 2018). Limbah sandblasting mengandung beberapa logam berat seperti Cr, Cu, Pb, dan Zn (Qi et al., 2021). Hal ini dapat bersumber dari kontak antara pasir dengan permukaan besi yang dilapisi cat antifouling yang mengandung beberapa unsur logam terutama Cu dan Zn. Penelitian Murti dan Ibrahim (2018) menyatakan bahwa kandungan Cu pada limbah sandblasting masih di bawah standar baku mutu, namun kandungan Pb dan Zn dengan nilai 5 mg/L dan 86,62 mg/L telah melewati baku mutu Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014.

Jumlah timbulan limbah sandblasting yang besar juga menjadi masalah, selain kandungan logamnya. Saat ini belum ada data mengenai jumlah timbulan limbah sandblasting di Indonesia. Namun beberapa penelitian mengungkapkan jumlah timbulan limbah sandblasting di beberapa jenis industri. Dewantara et al. (2017) mengungkapkan bahwa pada salah satu perusahaan galangan kapal, massa terbesar limbah sandblasting per bulan sebesar 12.100 kg, sedangkan massa untuk tiga bulan sebesar 36.300 kg. Limbah sandblasting ini jika dimasukkan ke dalam bak kontainer maka akan memiliki volume sebesar 43,51 m³. Luthfizar et al. (2019) menyatakan bahwa salah satu pabrik konstruksi baja di Kabupaten Serang, Banten menghasilkan limbah pasir sandblasting sebesar 500 kg/bulan.

Kandungan logam berat dan jumlah timbulan limbah sandblasting yang besar akan mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan baik. Salah satu teknologi yang dapat dilakukan untuk mengolah dan meminimasi dampak pencemaran limbah B3 adalah Solidifikasi. Teknik ini memadatkan massa limbah menjadi padat sehingga mengurangi mobilisasi kontaminan yang terkandung di dalamnya. Cara yang paling banyak digunakan adalah solidifikasi dengan semen portland.

Pada beberapa penelitian sebelumnya, telah diketahui bahwa limbah sandblasting dapat digunakan sebagai substitusi dari bahan asli dari pembuatan bahan bangunan seperti beton, wall panel, dan keramik. Qomariah et al. (2020) memaparkan bahwa kandungan SiO₂ yang cukup tinggi pada limbah sandblasting yaitu sebesar 55,30 – 99,87% diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan beton. Berdasarkan pemaparan di atas, maka penulis melakukan penelitian menggunakan limbah sandblasting sebagai substitusi agregat halus pasir alam pada pembuatan paving block dengan tiga variabel yaitu perbandingan berat semen dan limbah, faktor air semen, serta ukuran butir maksimum.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa lokasi. Pengujian karakteristik bahan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin. Pembuatan benda uji dilaksanakan di salah satu pabrik di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Kemudian pengujian kuat tekan TCLP dilakukan di Laboratorium PT Sucofindo. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret – Oktober 2022.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Karakteristik Bahan

Hasil pengujian karakteristik bahan limbah sandblasting dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Limbah Sandblasting

No.	Karakteristik Fisik	Satuan	Hasil	Spesifikasi ASTM
1.	Modulus Kehalusan	%	1,97	2,2 - 3,1
2.	Berat Volume Padat	kg/liter	1,62	1,4 – 1,9
3.	Berat Jenis Permukaan Kering	-	2,56	1,6 – 3,2
4.	Penyerapan Air	%	1,01	0,2 - 2
5.	Kadar Air	%	1,35	3– 5
6.	Kadar Lumpur	%	5,26	0 - 5
7.	Kadar Organik	No.	4	< 3

Hasil uji karakteristik bahan dibandingkan dengan ASTM (American Standard for Testing and Materials). Berdasarkan Tabel di atas, diketahui bahwa sebagian karakteristik limbah sandblasting telah memenuhi standar ASTM yakni modulus kehalusan, berat volume padat, dan berat jenis permukaan. Nilai kadar dan penyerapan air yang rendah menunjukkan dibutuhkan jumlah air yang lebih banyak dalam campuran bahan. Selain itu, nilai kadar lumpur dan kadar organik yang tinggi menyebabkan limbah sandblasting harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Setelah

mendapatkan hasil karakteristik bahan, maka dilakukan perhitungan mix design berdasarkan perhitungan Yahya (2018) dengan memperhitungkan berat volume limbah, volume benda uji, dan banyaknya sampel yang diperlukan,

Kuat Tekan

Benda uji kemudian dicetak dan dirawat dengan metode curing selama 28 hari. Setelah itu uji kuat tekan dilakukan pada hari ke-28. Tabel 3 menampilkan hasil uji kuat tekan.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan

Komposisi	Variasi		Sampel	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Mutu SNI-03-0691-1996
	FAS	Butir (mm)			
1 : 3	0.35	1.2	V1	17,2	C
		2.4	V2	22,3	B
		4.75	V3	15,1	C
	0.425	1.2	V4	15,9	C
		2.4	V5	25	B
		4.75	V6	16,8	C
	0.5	1.2	V7	18,5	C
		2.4	V8	21	B
		4.75	V9	18,4	C
1 : 4	0.35	1.2	V10	9,8	-
		2.4	V11	10,8	D
		4.75	V12	7,6	-
	0.425	1.2	V13	11,6	D
		2.4	V14	13,6	D
		4.75	V15	10,8	D

	0.5	1.2	V16	15,9	C
		2.4	V17	18,9	C
		4.75	V18	16,6	C
1 : 5	0.35	1.2	V19	4,6	-
		2.4	V20	5,6	-
		4.75	V21	5,3	-
	0.425	1.2	V22	9,2	-
		2.4	V23	8,9	-
		4.75	V24	10,9	D
	0.5	1.2	V25	13	D
		2.4	V26	11,4	D
		4.75	V27	11,6	D

Berdasarkan tabel 2, dapat dilihat bahwa komposisi 1:3 menghasilkan kuat tekan tertinggi.

Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yakni oleh Jalali et al. (2017) yang menyatakan bahwa perbandingan berat semen dan agregat halus yang semakin kecil (dari komposisi 1:3; 1:4; dan 1:5) akan menghasilkan paving block yang semakin kuat. Paving block dengan kekuatan tertinggi dengan mutu B terdapat pada sampel V2 dengan nilai 22,3 MPa; kemudian V5 dengan 25 MPa; dan V8 dengan 21 MPa. Grafik hasil pengukuran kuat tekan dapat dilihat pada gambar 2.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposisi terbaik perbandingan berat semen terhadap limbah sandblasting adalah 1:3 di mana menggunakan paling banyak semen dan sedikit agregat halus. Hal ini menyebabkan semakin besar permukaan semen yang bereaksi dengan air membentuk pasta semen kemudian membentuk mortar yang diisi oleh agregat halus limbah sandblasting. Jumlah semen yang lebih banyak ditambah dengan limbah sandblasting yang memiliki kandungan SiO₂ yang tinggi akan meningkatkan kuat tekan beton. Tjokrodinuljo (2007) menjelaskan bahwa SiO₂ akan bereaksi dengan produk sampingan hidrasi semen yaitu Ca(OH)₂ menjadi senyawa yang diinginkan yaitu C₃S₂H₃ atau tobermorite. Reaksi hidrasi semen adalah sebagai berikut.

$Ca(OH)_2 + SiO_2 + H_2O \rightarrow 3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$
atau C₃S₂H₃. Kemudian FAS yang tertinggi didapatkan pada V5 yakni 0,425 dengan nilai kuat tekan 25 MPa; namun pada komposisi 1:4 dan 1:5 didapatkan hasil tertinggi pada FAS sebesar 0,5. Pada komposisi 1:3, FAS sebesar 0,5 terdapat pada

sampel V8 dengan nilai kuat tekan 21 MPa. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan V5 sehingga dapat dikatakan nilai FAS yang optimum adalah 0,5. Hal ini sesuai dengan penjelasan Tjokrodinuljo (2007) bahwa air yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen portland sekitar 25-30%. Namun pada kenyataannya, jika nilai FAS kurang dari 0,35 maka adukan beton akan sulit dikerjakan, sehingga umumnya nilai FAS lebih dari 0,4 atau 40%. Kelebihan air akan berfungsi sebagai pelumas yang memudahkan pengerjaan beton.

Sementara itu, pada ukuran butir, hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran butir atau saringan 2,4 mm menghasilkan kuat tekan tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mencapai nilai kuat tekan tertinggi maka limbah sandblasting disaring dengan ukuran yang pertengahan, tidak paling kasar dan tidak halus.

Analisis ANOVA

Untuk memastikan pengaruh setiap variasi campuran, maka dilakukan uji statistik dengan metode ANOVA satu jalur. Faktor yang dilihat adalah komposisi, faktor air semen, dan ukuran butir. Sedangkan pengaruh yang ingin diketahui adalah nilai kuat tekan. Jika $F > \alpha$ maka tidak terdapat pengaruh yang signifikan. Sedangkan jika nilai $F < \alpha$ maka terdapat pengaruh yang signifikan. Nilai α sebesar 0,05 yang berarti tingkat ketelitian adalah 95%. Hasil analisis ANOVA terbagi atas analisis setiap variasi campuran dan pengaruh setiap campuran secara bersamaan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 3. Hasil analisis ANOVA Pengaruh Komposisi terhadap Kuat Tekan

	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	454,615	2	227,308	20,344	
Within Groups	268,151	24	11,173		0,000
Total	722,766	26			

Berdasarkan tabel di atas hasil uji ANOVA yang terdiri atas 1:3, 1:4, dan 1:5 terhadap kuat tekan diperoleh nilai F hitung sebesar 20,344 dan sampel. Tabel 5 menyajikan pengaruh faktor air signifikansi $0,000 < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh komposisi semen terhadap kuat tekan.

Tabel 4. Hasil Analisis ANOVA Pengaruh Faktor Air Semen terhadap Kuat Tekan

	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	123,475	2	61,738	2,472	
Within Groups	599,291	24	24,970		0,106
Total	722,766	26			

Berdasarkan tabel di atas hasil uji ANOVA yang terdiri atas 0.35, 0.425, dan 0.5 terhadap kuat tekan diperoleh nilai F hitung sebesar 2,472 dan sampel. Selanjutnya tabel 6 menampilkan signifikansi $0,106 > 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh FAS pengaruh ukuran butir terhadap kuat tekan.

Tabel 5. Hasil Analisis ANOVA Pengaruh Ukuran Butir terhadap Kuat Tekan

	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	39,467	2	19,738	0,693	
Within Groups	683,300	24	28,471		0,510
Total	722,766	26			

Berdasarkan tabel di atas hasil uji ANOVA yang terdiri atas 1.2, 2.4, dan 4.75 mm terhadap kuat tekan sampel. Kemudian pengaruh dari setiap variasi diperoleh nilai F hitung sebesar 0,693 dan campuran dapat dilihat pada tabel berikut signifikansi $0,510 > 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh Butir yang terdiri atas 1.2, 2.4, dan 4.75 mm terhadap kuat

Tabel 6. Hasil Analisis ANOVA Pengaruh Setiap Variasi Campuran terhadap Kuat Tekan

Model	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regressions	571,484	2	190,495	28,962	
Residual	151,282	24	6,577		0,000
Total	722,767	26			

Berdasarkan tabel di atas hasil uji ANOVA diperoleh nilai F hitung sebesar 28,962 dan signifikansi $0,000 < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh komposisi, FAS, dan ukuran butir terhadap kuat tekan sampel.

Uji TCLP

Uji TCLP dilaksanakan untuk menentukan potensi pelindian kandungan logam berat yang terdapat pada produk *paving block* dari limbah

sandblasting. Sampel yang diuji adalah limbah sandblasting, kemudian pecahan benda uji dengan kode V2, V5, V8, V17, dan V25. Sampel V2, V5, dan V8 merupakan sampel dengan kuat tekan tertinggi dari semua sampel dan terbuat dari komposisi 1:3. Sedangkan V17 dan V25 masing-masing merupakan sampel dengan kuat tekan tertinggi pada komposisi 1:4 dan 1:5. Tabel 8 menampilkan hasil pengujian TCLP.

Tabel 7. Hasil Pengujian TCLP

Kode Sampel	Campuran			Kuat Tekan (MPa)	Parameter logam (mg/L)				pH
	Komposisi	FAS	Butir (mm)		Cr ⁶⁺	Cu	Pb	Zn	
Limbah Sandblasting	-	-	-	-	<0.07	18.1	<0.01	6.301	9.28
V2	1 3	0.35	2.4	22.3	<0.07	0.02	<0.01	<0.08	12.9
V5	1 3	0.425	2.4	25	<0.07	0.03	<0.01	<0.08	12.8
V8	1 3	0.5	2.4	21	<0.07	0.39	<0.01	<0.08	12.8
V17	1 4	0.5	2.4	18.9	<0.07	0.03	<0.01	<0.08	12.8
V25	1 5	0.5	1.2	13	<0.07	0.05	<0.01	<0.08	12.7
Baku Mutu TCLP B (mg/L)					2.5	10	0.5	50	-

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa kandungan logam pada limbah *sandblasting* dan produk *paving block* yang dihasilkan. Pada limbah sandblasting, logam Cr⁶⁺ dan Pb berada di bawah batas kemampuan analisis alat TCLP, kemudian logam Zn bernilai 6,301 mg/L yang masih di bawah baku mutu sebesar 50 mg/L. Logam Cu pada limbah *sandblasting* memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 18,1 mg/L. Nilai ini yang melewati baku mutu TCLP B yaitu 10 mg/L. Kandungan logam berat Zn dan Cu pada limbah *sandblasting* diakibatkan pasir ini digunakan untuk membersihkan badan kapal yang dilapisi cat

antifouling. Sonjaya (2016) menjelaskan bahwa cat *antifouling* adalah cat yang mengandung senyawa biosida yang umumnya terdiri dari *cupric oxide* (CuO) yang bersifat anti mikroba. Cat ini banyak digunakan pada kapal laut dan akan aktif jika kapal tersebut bergerak. Zat lain yang terkandung dalam cat *antifouling* adalah *booster* seng oksida (ZnO) dan titanium oksida (TiO) yang masing-masing memiliki ukuran partikel dalam skala mikrometer. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kandungan logam Cu yang tinggi membuat limbah *sandblasting* yang dihasilkan harus dikelola dengan baik agar tidak

mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia.

Selanjutnya dilakukan pengujian TCLP pada produk *paving block* yang dihasilkan. Pada setiap parameter, kandungan logam berat Cr^{6+} , Pb, dan Zn berada di bawah batas kemampuan deteksi, sedangkan kandungan Cu masih dapat dideteksi namun hasilnya jauh di bawah baku mutu TCLP B sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Semen diketahui memiliki efektifitas yang tinggi dalam menahan pelindian. Selain itu, luas permukaan produk solidifikasi *paving block* yang cukup besar membuat potensi pelindian logam berat menjadi semakin kecil. Utomo dan Laksono (2007) menyatakan bahwa nilai pH yang basa diakibatkan dengan kemampuan semen untuk menetralkan asam sehingga menekan mobilitas logam. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai logam Cu di setiap sampel. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa proses solidifikasi limbah *sandblasting* menjadi *paving block* dikatakan aman dari aspek lingkungan karena potensi pelindian logam berat yang rendah.

KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan adanya pengaruh dan perbedaan yang nyata pada variasi campuran limbah *sandblasting* terhadap nilai kekuatan tekan paving block yang dihasilkan. Dari 27 variasi campuran, variasi ke-5 (V5) dengan campuran komposisi 1:3; faktor air semen sebesar 0,425; dan ukuran butir 2,4 mm menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu 25 MPa. Nilai ini memenuhi mutu B pada SNI 03-0691-1996 yang dapat dimanfaatkan sebagai peralatan parkir. Secara umum, semakin rendah komposisi perbandingan berat semen dan agregat halus akan menghasilkan kuat tekan yang semakin tinggi. Faktor air semen yang optimum didapatkan sebesar 0,5 dan ukuran butir yang direkomendasikan adalah

2,4 mm. Produk paving block yang dihasilkan juga aman secara aspek lingkungan karena dari lima sampel terbaik yang dipilih untuk uji TCLP, seluruhnya mendapatkan hasil yang jauh di bawah baku mutu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

Dewantara, F.A., Setiani, V., dan Rizal, M.C. 2017. Perancangan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Pada Perusahaan Galangan Kapal. Proceeding the 1st Conference on Safety Engineering and Its Application.

Luthfizar, G.Y., Puji, F.S., dan Akbari, T. 2019. Pemanfaatan Limbah Pasir Silika Sebagai Bahan Pengganti Pasir Untuk Pembuatan Paving Block. JURNALIS. Vol. 2, No. 1. Hal. 23-37.

Qi, C., Weinell, C.E., Dam-Johansen, K. & Wu, H. 2021. Journal of Environmental Management. Vol. 300. Hal. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113714>

Qomariah, Q., Sugiharti, S., dan Riyanto, S. 2020. The utilization of sandblasting sand waste for mortar and normal concrete. The IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <https://doi:10.1088/1757-899X/732/1/012036>.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Repo, R.R. 2018. Gambaran Perilaku Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) Pekerja Pada Bagian Sandblasting PT. PP PRESISI Tahun 2018. Tugas Akhir Keselamatan Kesehatan Kerja, STIKES Binawan.

Sonjaya, H.G. 2016. Cat Antifouling untuk Penanganan Kerusakan Struktur Jembatan Akibat

Biota Penempel. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Badan Penelitian dan Pengembangan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996. Bata Beton (Paving Block). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

Tjokrodimuljo, K. 2009. Teknologi Beton. Cetakan Kedua. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.

Yahya, A.N.I. 2018. Pengaruh Variasi Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Karakteristik Paving Block. Tugas Akhir Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta