

Optimasi Komposisi *Paving Block* Limbah Pasir Silika *Sand Blasting* dengan Metode Taguchi

Ndaru Candra Sukmana¹, Dedy Eko Prasetyono¹, Ufafa Anggarini²

¹Departemen Manajemen Rekayasa, Universitas Internasional Semen Indonesia, Gresik, Jawa Timur

²Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia, Gresik, Jawa Timur
email: ndaru.sukmana@uisi.ac.id

Abstract

Sandblasting process using silica sand will produce waste at least 70% of silica sand. Silica sand waste can be utilized as an alternative material for paving block. In this research, paving block was synthesized with Taguchi experiment design. The Taguchi method is used to determine the effect of silica sand waste and the optimum composition on the paving block to produce optimum compressive strength value. The results of this study indicate that silica sand waste has not a significant effect on the compressive strength of paving block and the optimum composition is 1,1 kg of cement, 2,5 kg of sand, and 2 kg of silica sand which produce a compressive strength of 21,56 MPa. This compressive strength is appropriate with paving block SNI-03-0691-1996 on the classification of B quality, with minimum compressive strength of 17,0 MPa.

Keywords: sandblasting waste, paving block, taguchi method, compressive strength

Pendahuluan

Proses *sandblasting* merupakan pembersihan permukaan logam melalui penembakan partikel pasir sehingga menghasilkan gesekan atau tumbukan yang membuat permukaan material tersebut menjadi bersih dan kasar. Proses *sandblasting* dengan pasir silika menghasilkan limbah berupa padatan pasir silika kurang lebih 70% [1]. Perusahaan yang bergerak di bidang *Engineering, Procurement and Construction* (EPC) umumnya menggunakan pasir silika dalam proses *sandblasting*, namun belum melakukan pengolahan atau pemanfaatan limbah pasir silika yang dihasilkan dari proses tersebut. Pasir silika merupakan limbah yang berbahaya, Hughes [2] menjelaskan bahwa bahaya pasir silika yang dihasilkan pada proses *sandblasting* dikarenakan ukuran partikel yang sangat kecil kurang dari 10 μm sehingga sangat memungkinkan untuk terhirup dan menempel pada paru-paru bahkan masuk pada aliran darah. Akan tetapi, potensi pasir silika dengan kandungan silika yang tinggi dapat dioptimalkan melalui pemanfaatan pasir silika sebagai agregat dalam pembuatan *paving block*.

Penggunaan *paving block* saat ini terus meningkat untuk diaplikasikan pada jalan setapak, trotoar, halaman atau pelataran parkir, dan jalan kompleks perumahan. *Paving block* mempunyai keunggulan yaitu mudah dalam pemasangannya karena tidak membutuhkan keahlian khusus dan juga tidak memerlukan alat berat dalam proses pemasangannya. Selain itu, pemeliharaan material ini cukup mudah dan ekonomis karena dapat dipasang kembali setelah dibongkar jika terdapat kerusakan. Penggunaan *paving block* mampu meminimalisasi aliran permukaan dan memperbanyak infiltrasi di dalam tanah karena dalam penyusunannya memungkinkan untuk membentuk pori [3]. Pemenuhan kebutuhan bahan bangunan tidak bisa dicukupi dengan bahan konvensional sehingga dibutuhkan bahan alternatif dalam pembuatan *paving block*. Salah satu material yang dapat digunakan sebagai alternatif pembuatan paving adalah limbah pasir silika hasil samping proses *sandblasting*. Penggunaan bahan alternatif diharapkan dapat mengurangi jumlah limbah pasir silika yang selama ini tidak termanfaatkan.

Dalam penelitian ini, dilakukan optimasi berdasarkan pendekatan metode Taguchi dalam pembuatan paving block dengan variasi komposisi penambahan limbah pasir silika terhadap pasta semen. Metode Taguchi merupakan usaha peningkatan kualitas secara *off-line* yang fokus pada peningkatan rancangan produk dan proses [4]. Berdasarkan perancangan tersebut faktor yang berpengaruh serta komposisi optimum yang dapat menghasilkan kuat tekan maksimum pada *paving block* dapat ditentukan.

Metodologi

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan, timbangan, sekop, mesin cetak *paving block* dengan ukuran cetakan 20 x 10 x 6 cm, sekop semen, pelumas, dan alat uji kuat tekan *paving block*. *Paving block* dibuat dari semen jenis PPC merk Semen Gresik, agregat halus, air, dan limbah pasir silika proses *sandblasting*.

Pada penelitian ini, faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas ditentukan. Dimana faktor yang berpengaruh terhadap kualitas adalah faktor terkendali dan faktor tidak terkendali. Faktor terkendali adalah

komposisi semen (A), pasir (B) dan limbah pasir silika (C), sedangkan faktor tidak terkendali antara lain suhu pemeliharaan (proses pengeringan) *paving block* dan metode pencampuran *paving block*. Level faktor ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 1. Penentuan level faktor selanjutnya ditentukan melalui *orthogonal array* (OA) yaitu L_93^3 yang berarti terdapat 9 variasi percobaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Faktor dan level dari eksperimen

Level	Faktor		
	Semen	Pasir	Pasir Silika
1	0,9 kg	2 kg	2 kg
2	1 kg	2,5 kg	2,5 kg
3	1,1 kg	3 kg	3 kg

Tabel 2. *Orthogonal Array*

Run	Semen (kg)	Pasir (kg)	Pasir Silika (kg)
1	0,9	2	2
2	0,9	2,5	2,5
3	0,9	3	3
4	1	2	2,5
5	1	2,5	3
6	1	3	2
7	1,1	2	3
8	1,1	2,5	2
9	1,1	3	2,5

Pembuatan *Paving block* dengan dimensi 20 x 10 x 6 cm dilakukan dengan penimbangan bahan sesuai dengan OA kemudian dilakukan pengadukan hingga semua bahan tercampur secara homogen. Bahan yang telah diaduk selanjutnya dicetak dengan alat cetak *paving block* manual. *Paving* yang telah dikeluarkan dari cetakan dicuring pada suhu ruang dan penyiraman dilakukan secara teratur agar reaksi hidrasi berjalan sempurna. *Paving block* dibuat dalam 9 percobaan dengan 4 replikasi.

Hasil dan Pembahasan

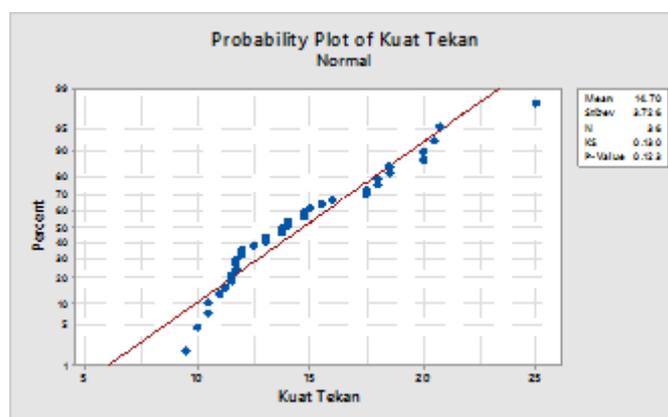
Paving block dalam pengaplikasiannya akan mendapatkan beban tekan, sehingga dalam pembuatannya dilakukan pengujian kuat tekan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan kuat tekan optimum dengan kombinasi komposisi yang ditentukan melalui metode Taguchi. Pasir silika limbah *sand blasting* digunakan sebagai agregat dalam pembuatan *paving block*, pemanfaatan limbah tersebut bertujuan untuk kualitas *paving block* sekaligus mengurangi jumlah limbah pasir silika yang tidak termanfaatkan. Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan pada umur 28 hari dan dihasilkan nilai kuat tekan tiap sampel yang ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan nilai kuat tekan rata-rata dan nilai S/N yang dihitung dengan persamaan 1.

$$S/N = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y^2_i} \right] \quad (1)$$

Analisa kenormalan dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh didapatkan dari hasil pengujian kuat tekan pada *paving block* berdistribusi normal atau tidak [5]. Uji normalitas dilakukan dengan hipotesa H_0 : Data sampel hasil pengujian kuat tekan *paving block* berdistribusi normal dan H_1 : Data sampel hasil pengujian kuat tekan *paving block* tidak berdistribusi normal. Hipotesa awal diterima jika nilai *P-Value* > 0,05. Hasil pengujian kenormalan menggunakan *kolmogorov-smirnov* didapatkan *P-Value* sebesar 0,123. Hasil tersebut lebih besar dari 0,05 (*P* tabel) sehingga data hasil pengujian kuat tekan *paving block* pada penelitian ini berdistribusi normal. Gambar 1 menampilkan hasil uji kenormalan *kolmogorov-smirnov* :

Tabel 3. Nilai Kuat Tekan *Paving Block*

No.	Komposisi			Kuat Tekan (MPa)				Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	S/N
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Pasir Silika (kg)	R1	R2	R3	R4		
1	0,9	2	2	10,00	12,50	9,50	13,75	11,44	21,17
2	0,9	2,5	2,5	11,50	11,75	11,75	10,50	11,38	21,12
3	0,9	3	3	11,50	11,00	10,50	11,25	11,06	20,88
4	1	2	2,5	17,50	14,75	17,50	14,75	16,13	24,15
5	1	2,5	3	15,00	13,00	13,00	14,00	13,75	22,777
6	1	3	2	18,00	20,00	18,50	18,50	18,75	25,46
7	1,1	2	3	13,75	12,00	12,00	11,75	12,38	21,85
8	1,1	2,5	2	25,00	20,75	20,50	20,00	21,56	26,67
9	1,1	3	2,5	16,00	14,00	18,00	15,50	15,88	24,01
Rata-rata								14,70	23,12



Gambar 1. Hasil uji kenormalan *kolmogorov-smirnov*

Analisa varian selanjutnya dilakukan untuk menentukan pengaruh masing-masing faktor terhadap kuat tekan *paving block* dengan melihat hasil pengukuran kuat tekan *paving block*. Dengan hipotesis H0, faktor tidak berpengaruh terhadap kuat tekan *paving block* dan H1 faktor berpengaruh terhadap kuat tekan *paving block*. Hipotesa awal ditolak apabila nilai $F_{statistik} > F_{\alpha, df-num, df-den}$.

Tabel 4. Hasil Uji Analisa Varian

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Semen	2	52,553	26,276	4,72	0,175
Pasir	2	8,847	4,424	0,79	0,557
Pasir Silika	2	35,610	17,805	3,20	0,238
Error	2	11,136	5,568		
Total	8	108,147			

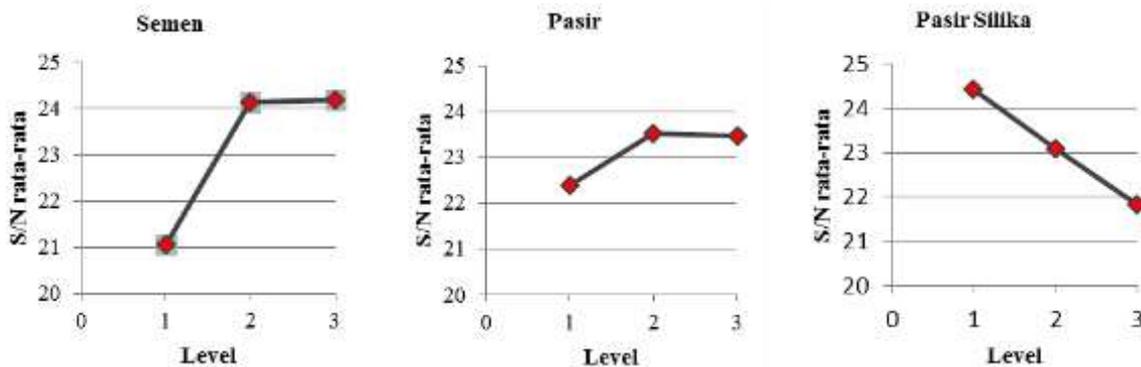
Tabel 4. Menunjukkan hasil uji analisa varian, terlihat bahwa semen memiliki F-value lebih besar dari F-tabel yaitu ($4,72 > 3,28$) yang artinya semen mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan *paving block*. Tjokrodinuljo [6] menyatakan bahwa kandungan semen memiliki pengaruh signifikan pada kuat tekan beton. Semen berfungsi sebagai pengikat antar material yang terdapat pada *paving block* tersebut. Pengikatan antar material terjadi melalui reaksi hidrolisa yang terjadi antara semen dengan air. Sementara itu, pasir dan pasir silika memiliki F-value yang lebih kecil dari F-tabel, artinya faktor tersebut tidak berpengaruh secara signifikan pada kuat tekan *paving block*. Kedua bahan tersebut dalam *paving block* bertindak sebagai agregat halus yang diikat oleh semen.

Kombinasi level dari tiap faktor yang menghasilkan kuat tekan tertinggi ditentukan dengan memilih level tiap faktor yang memiliki nilai S/N tertinggi. S/N didefinisikan sebagai perbandingan antara sinyal dan *noise* dalam suatu subjek penelitian [7] atau logaritma suatu fungsi untuk mengevaluasi kualitas suatu produk [8]. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai S/N tiap faktor seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. S/N rata-rata untuk masing-masing level pada setiap faktor

Level \ Faktor	Semen	Pasir	Pasir Silika
1	21,05	22,39	24,43
2	24,13	23,52	23,09
3	24,18	23,45	21,83

Sesuai data yang tercantum pada Tabel 5, kemudian dibuat grafik untuk memperlihatkan S/N terbesar pada masing-masing level untuk setiap faktor seperti tertera pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa kombinasi level optimum pada pembuatan paving block dengan penambahan limbah pasir silika menghasilkan kuat tekan optimum pada komposisi semen pada level 3 (A3) atau 1,1 kg, pasir pada level 2 (2,5 kg) dan pasir silika pada level 1 (2 kg).



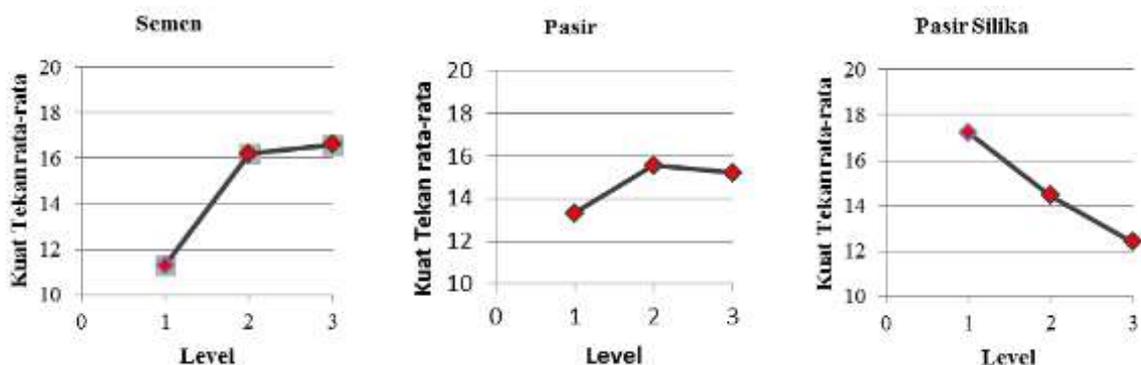
Gambar 2. Grafik S/N rata-rata tiap level

Kuat tekan optimum yang dihasilkan pada *paving block* dengan kombinasi level yang didapatkan pada perhitungan sebelumnya dapat diprediksi melalui kuat tekan rata-rata pada level setiap faktor. Hal ini berguna untuk mengetahui hasil yang akan didapatkan sebelum dilakukan pengujian secara langsung, sehingga dapat mengurangi jumlah pekerjaan dan bahan yang terpakai. Tabel 6. Menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata tiap level dan faktor, nilai tersebut digunakan untuk memprediksi kuat tekan optimum paving.

Tabel 6. Kuat Tekan rata-rata untuk masing-masing level pada setiap faktor

Level \ Faktor	Semen	Pasir	Pasir Silika
1	11,29	13,31	17,25
2	16,21	15,56	14,46
3	16,60	15,23	12,40

Berdasarkan Tabel 6 dibuat grafik untuk memperlihatkan kuat tekan rata-rata terbesar pada masing-masing level untuk setiap faktor. Seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik kuat tekan rata-rata untuk masing-masing level pada setiap faktor

Berdasarkan level optimum untuk setiap faktor bisa didapatkan prediksi kuat tekan optimum dari pasangan level dan faktor yang diuji yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kuat tekan Prediksi} &= A\bar{3} + B\bar{2} + C\bar{1} - 2(\text{kuat tekan rata-rata}) \\ &= 16,60 \text{ MPa} + 15,56 \text{ MPa} + 17,25 \text{ MPa} - 2(14,70 \text{ MPa}) \\ &= 49,41 \text{ MPa} - 29,40 \text{ MPa} \\ &= 20,01 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama S/N dapat diprediksi dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned}\text{S/N Prediksi} &= \text{S/N } A\bar{3} + \text{S/N } B\bar{2} + \text{S/N } C\bar{1} - 2(\text{S}/\bar{N}) \\ &= 24,18 + 23,52 + 24,43 - 2(23,12) \\ &= 72,13 - 46,24 \\ &= 25,89\end{aligned}$$

Kombinasi level optimum berdasarkan perhitungan dengan metode Taguchi yaitu Semen pada level 3, pasir level 2 dan pasir silika level 1. Kombinasi tersebut telah dilakukan pada run ke-8, yang berdasarkan prediksi akan didapatkan kuat tekan sebesar 20,01 MPa dan S/N 25,89. Sementara itu pada hasil percobaan pada run tersebut menghasilkan kuat tekan yang lebih besar namun dengan selisih yang tidak terlalu besar yaitu 21,56 MPa dan S/N 26,67. *Paving block* dengan kuat tekan sebesar 21,56 MPa telah memenuhi syarat dari SNI 03-0691-1996 untuk *paving block* mutu B dengan nilai minimal yaitu 17 MPa. *Paving block* dengan mutu B dapat digunakan untuk pelataran parkir.

Kesimpulan

Faktor yang berpengaruh pada pembuatan *paving block* dengan bahan pasir silika limbah *sandblasting* adalah semen, sedangkan pasir dan pasir silika tidak berpengaruh secara signifikan. Kombinasi level dengan kuat tekan tertinggi didapatkan pada komposisi semen 1,1 kg, pasir 2,5 kg dan pasir silika 2 kg dengan kuat tekan sebesar 21,56 MPa pada *paving block* berumur 28 hari.

Ucapan Terima Kasih

Penulis memberikan ucapan terimakasih kepada LPPM UI SI yang telah memberikan Hibah Riset Terapan dibawah program Hibah Riset Tahun 2017 dengan nomor kontrak 14/KP.02/11-01/05.17 tanggal 1 maret 2017.

Daftar Pustaka

- [1]. Putra, Sutikno Yusuf Eka. 2016. Pemanfaatan Limbah Sandblasting Sebagai bahan Campuran Paving Block. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil. 01(01): 81-86.
- [2]. Hughes, Robert. T. 1976. Abrasive Blasting Operations (Engineering Control and Work Practices Manual). National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Cincinnati, Ohio.
- [3]. Hidayati, Ratna. 2016. Peningkatan Kuat Tekan *Paving block* Menggunakan Campuran Tanah dan Semen dengan Alat Pematat Modifikasi, Skripsi ST., Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- [4]. Bagchi, T.P. 1993. Taguchi Method Explained: Practical Step to Robust Design. Prentice Hall of India Privative Limited. New Delhi.
- [5]. Sigilipu, S. 2013. "Pengaruh Penerapan Informasi Akuntansi Manajemen dan Sistem Pengukuran Kinerja Terhadap Kinerja Manajerial" Jurnal Emba. 01(3): 239-247.
- [6]. Tjokrodinuljo, K. 1996. Teknologi Beton. NAFIRI. Yogyakarta.
- [7]. Haq, Ahmad D, Santoso, I, Macrina Ajub A Z. 2012. Estimasi Signal to Noise Ratio (SR) Menggunakan Metode Korelasi. Traisient,1(4) : 327
- [8]. Wahjudi, D, Pramono, Y. 2001. Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi. Jurnal Teknik Mesin. 03(1): 24-2.