

STUDI ANALISIS LIMBAH TERAK BESI SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS PADA PEMBUATAN PAVING BLOCK

Tetty Anggraeni^{1,*}, Wijaya Septrianto¹, Supriyo¹, Leily Fatmawati¹, Junaidi¹

¹Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang Semarang 50275 Telepon (024) 76480569

^{*}Email: tettyaa@gmail.com wijaya.sepriyanto@gmail.com

Abstract

PT Inti General Yaja Steel Semarang is a company engaged in the metal industry, from the production activities produced waste iron slag in large quantities. On the other hand the availability of materials in the manufacture of paving blocks that are natural resources will over and can not be updated, this problem will be sought alternative replacement. The purpose of this study is the utilization of iron slag waste as a substitute of some fine aggregates in the manufacture of paving blocks, to find out the maximum compressive strength and the most efficient production cost among the mixture 1Pc : 6Ps (standard); 1Pc : 5Ps : 1Tb; 1Pc : 4Ps : 2Tb; 1Pc : 3Ps : 3Tb; 1Pc : 2Ps : 4Tb; 1Pc : 1Ps : 5Tb. Paving blocks made with size (21 x 10.5 x 6) cm. Based on the average 28-day estimate, standard paving blocks have a compressive strength of 204.09 kg/cm², the maximum compressive strength is in the mixture of 1 PC: 3 PS: 3 TB of 335.28 kg/cm², an increase of 64.28% of the standard paving block. While the minimum compressive strength is in the mixture of 1 PC: 1 PS: 5 TB of 195.89 kg/cm², decreased 4.02% compared to standard paving blocks. When reviewed based on production costs, the standard paving block has a production cost of Rp 1.004,29. A mixture of 1 PC: 3 PS: 3 TB has a production cost of Rp 974,29 decreased 2.99% when compared to standard paving blocks. The most cost efficient production mix is 1 PC: 1 PS: 5 TB of Rp 894,69. Reduced by 10.91% of standard paving blocks.

Kata kunci : *compressive strength, paving block, iron slag*

PENDAHULUAN

PT. Inti General Yaja Steel Semarang adalah perusahaan yang bergerak dibidang industri logam khususnya memproduksi baja tulangan beton (polos dan sirip) dan baja profil siku. Dari kegiatan produksi tersebut menimbulkan permasalahan yaitu banyaknya limbah dalam bentuk terak besi (*steel slag*), *mill scale*, oli dan pelumas bekas. Limbah tersebut dibuatkan tempat penampungan yang berlokasi di belakang pabrik dan

dibiarkan begitu saja. Limbah dalam jumlah yang sangat banyak dan belum dimanfaatkan secara maksimal tersebut dapat menyebabkan tercemarnya lingkungan sekitar.

Kelebihan dari terak baja ini mengandung 40% silika yang dapat memberikan daya ikat yang kuat antara semen dengan agregat. Dari paparan tersebut maka dimungkinkan terak berpotensi dijadikan bahan tambah material bangunan seperti beton, batako, dan *paving block*. Akan tetapi,

berat jenis terak yang begitu besar maka terak akan lebih tepat jika digunakan sebagai bahan tambah pada material bangunan komponen strukur bawah (Wibisono dkk, 2016).

Di sisi lain seiring dengan meningkatnya pembangunan di Indonesia, maka secara tidak langsung permintaan akan kebutuhan *paving block* menjadi semakin meningkat pula. Hal ini mempengaruhi ketersediaan material yang merupakan sumber daya alam yang lama kelamaan akan habis dan tidak dapat diperbaharui, permasalahan inilah yang akan dicarikan alternatif penggantinya.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah terak besi sebagai pengganti sebagian agregat halus pada pembuatan *paving block* dan untuk mendapatkan nilai kuat tekan maksimum serta biaya produksi yang paling efisien diantara perbandingan campuran yang telah direncanakan, sehingga diharapkan *paving block* yang dibuat dengan campuran terak besi dapat memiliki nilai lebih dan dapat mengurangi jumlah limbah yang ada.

Menurut Borole dkk (2016), pada umur 28 hari beton yang mengandung 25% *slag* besi memiliki nilai kuat tekan sebesar 59,68 N/mm², nilai kuat tekan beton tersebut mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton tanpa *slag* besi yang memiliki kuat tekan sebesar 56,85 N/mm². Tetapi terjadi penurunan nilai kuat tekan pada beton dengan kandungan *slag* besi 50% yang memiliki kuat tekan sebesar 54,02 N/mm². Dari hasil pengujian kuat

tekan dan kuat tarik pada beton umur 7 dan 28 hari, persentase penggantian *slag* besi yang optimum adalah 25% dan menurun secara drastis pada presentase penggantian *slag* besi yang lebih tinggi. Melihat hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa *slag* besi dapat digunakan sebagai bahan pengganti dalam pembuatan beton. Persamaan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah menggunakan terak besi sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus. Sedangkan perbedaannya adalah substitusi terak besi pada beton dengan persentase 0%, 25% dan 50%.

Menurut Khrisna dan Venkata (2014), penggantian *slag* besi pada beton dengan persentase 25% memiliki kuat tekan maksimum sebesar 90 N/mm² pada umur 28 hari, namun lebih dari 25% mengalami penurunan nilai kuat tekan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *slag* besi sebagai agregat dalam pembuatan beton tidak memiliki efek negatif pada sifat pengerasan beton dalam jangka pendek sehingga *slag* besi dapat digunakan sebagai agregat dalam pembuatan beton. Persamaan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah menggunakan terak besi sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus. Sedangkan perbedaannya adalah penggunaan terak besi pada pembuatan beton.

Proses pengolahan data setelah dilakukan pengujian kuat tekan dan didapatkan beban maksimum adalah menghitung besarnya kuat tekan pada setiap benda uji berdasarkan SNI 03-1974-1990 seperti di bawah ini.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

(1)

Jika dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan terdahulu, perbedaan pada penelitian ini adalah adanya perhitungan perbandingan biaya produksi *paving block* standar dengan *paving block* dengan limbah terak besi sebagai pengganti sebagian agregat halus pada setiap campuran yang dibuat.

Terak Besi (Slag)

Menurut Antoni (2007), *slag* merupakan bahan sisa dari pengecoran besi (*piq iron*), dimana prosesnya memakai dapur (*furnance*) yang bahan bakarnya dari udara yang ditiupkan (*blast*). Menurut Syarif (2010) kandungan silika rata-rata pada terak besi adalah sebesar 41,54%. Hal inilah yang menjadi salah satu kelebihan terak besi, karena dengan kandungan silika yang tinggi maka dapat memberikan daya ikat yang kuat antara semen dengan agregat. Menurut Achmadi (2009) bahwa limbah padat (*slag*) termasuk dalam limbah B3.

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Menurut Permen LH No. 2 Tahun 2008, limbah bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat dengan limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau

merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Limbah B3 yang komponennya konsisten dengan kriteria pemanfaatan adalah limbah-limbah yang telah teridentifikasi sifat, karakteristik dan komponennya relatif sama untuk setiap sumber seperti abu terbang sisa pembakaran batu bara, abu dasar sisa pembakaran batu bara, debu EAF (*electrical arc furnace ash*) sisa peleburan besi dan baja, slag sisa peleburan besi dan baja dan slag sisa peleburan tembaga (Permen LH No.2 Tahun 2008).

Paving Block

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis lainnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut (SNI 03-0691-1996).

Menurut Sebayang dkk (2011), Bahan perkerasan *paving block* mempunyai beberapa keunggulan yaitu:

1. Pelaksanaannya mudah sehingga memberikan kesempatan kerja yang luas kepada masyarakat.
2. Pemeliharaannya mudah.
3. Bila ada kerusakan, perbaikannya tidak memerlukan bahan tambahan yang banyak karena *paving block* merupakan bahan yang dapat dipakai kembali meskipun telah mengalami pembongkaran.

4. Tahan terhadap beban statis, dinamik dan kejut yang tinggi.
5. Cukup fleksibel untuk mengatasi perbedaan penurunan (*differential settlement*)
6. Mempunyai durabilitas yang baik

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Dimana terdapat variabel-variabel yang sudah ditentukan sebelumnya dengan cara studi literatur. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan *paving block* yang dibuat dengan mengganti sebagian pasir dengan limbah terak besi. Sebelum beda uji dibuat, perlu adanya persiapan bahan. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Semen portland tipe I merk Semen Gresik
2. Agregat Halus
 - a) Limbah terak besi yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm).
 - b) Pasir Muntilan yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm).
3. Air sumur artesis.

Benda uji yang dibuat pada penelitian ini adalah *paving block* dengan ukuran 21 cm x 10,5 cm x 6 cm. Komposisi bahan yang digunakan adalah dengan menggunakan perbandingan agregat. Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 3 buah untuk masing-masing perbandingan campuran pada setiap umur pengujian *paving block*, sehingga keseluruhan adalah sebanyak 72 buah seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Campuran dan Jumlah Benda Uji

Perbandingan Campuran	Uji Kuat Tekan			
	Usia 7 Hari	Usia 14 Hari	Usia 21 Hari	Usia 28 Hari
1 PC : 6 PS	3	3	3	3
1 PC : 5 PS : 1 TB	3	3	3	3
1 PC : 4 PS : 2 TB	3	3	3	3
1 PC : 3 PS : 3 TB	3	3	3	3
1 PC : 2 PS : 4 TB	3	3	3	3
1 PC : 1 PS : 5 TB	3	3	3	3

Pengujian kuat tekan pada *paving block* dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang berdasarkan SNI 03-1974-1990 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Pengujian dilakukan setelah benda uji mencapai umur seperti pada Tabel 1.

Benda uji ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur keceatannya kemudian akan didapatkan data beban maksimum pada setiap benda uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Terak Besi

Sebelum membuat benda uji, pengujian perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari terak besi dengan metode pengujian yang sama dengan pasir. Hasil pengujian terak besi tercantum pada Tabel 2. Terak besi milik PT Inti General Yaja Steel Semarang tidak memiliki kandungan kadar organik dan memiliki kandungan lumpur yang relatif rendah sehingga terak besi dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block*.

Modulus kehalusan butir (*Fine modulus*) diperoleh sebesar 4,3. Sehingga dapat dikatakan bahwa terak besi memiliki butiran yang cenderung kasar.

Berat jenis terak besi lebih besar jika dibandingkan dengan pasir. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa terak besi sebagai bahan tambah dalam pembuatan *paving block* memiliki kekuatan yang lebih besar jika menggunakan campuran yang sesuai.

Tabel 2. Hasil Pengujian Terak Besi

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Uji	Spesifikasi		Satuan
				Min	Maks	
1.	Kadar Organik	SNI 03-2816-1992	Tidak ada	Tidak ada	boleh	
2.	Kadar butir halus lewat Saringan no. 200	SNI 03-4142-1996	1,05			%
3.	Terak Besi Analisa ayak:	SNI 03-1968-1990	4,3			FM
4.	Kadar air	SNI03-1971-1990	1,25			%
5.	Berat jenis:	SNI03-1971-1990	3,24			

Kuat Tekan *Paving Block*

Dari pengujian tekan pada *paving block* yang telah dilakukan, didapatkan data hasil uji yaitu beban maksimal. Keseluruhan data hasil uji untuk setiap benda uji tersebut digunakan untuk menghitung kuat tekan *paving block*.

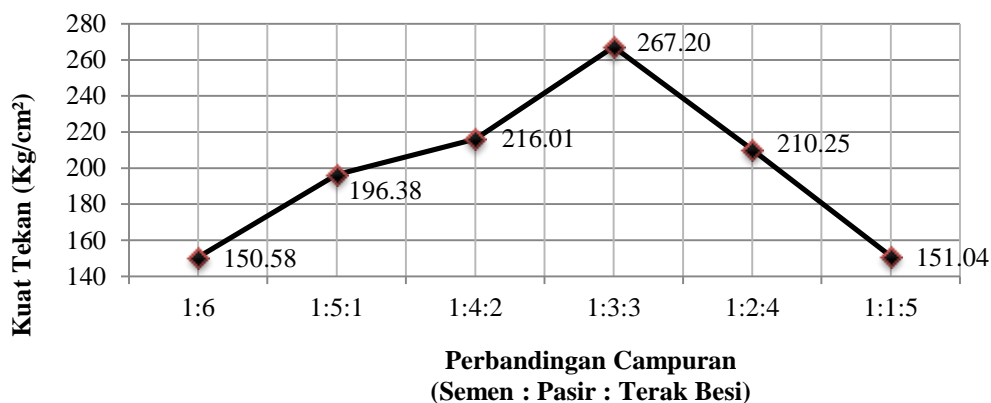
Setelah mendapatkan nilai kuat tekan pada masing-masing perbandingan campuran selanjutnya dibuat grafik untuk membandingkan nilai kuat tekan pada masing-masing perbandingan campuran seperti pada Gambar 1 sampai Gambar 5 di bawah. Berdasarkan Gambar 1, diperoleh nilai

kuat tekan *paving block* standar (1Pc : 6 Ps) sebesar 150,58 kg/cm² dan *paving block* dengan campuran 1Pc : 3Ps : 3Tb menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar 267,20 kg/cm². Untuk kuat tekan terendah diantara *paving block* yang menggunakan limbah terak besi sebagai pengganti sebagian agregat halus terdapat pada campuran 1Pc : 1Ps : 5Tb yaitu sebesar 151,04 kg/cm². Berdasarkan Gambar 2, diperoleh nilai kuat tekan *paving block* standar (1Pc : 6 Ps) sebesar 167,71 kg/cm² dan *paving block* dengan campuran 1Pc : 3Ps : 3Tb

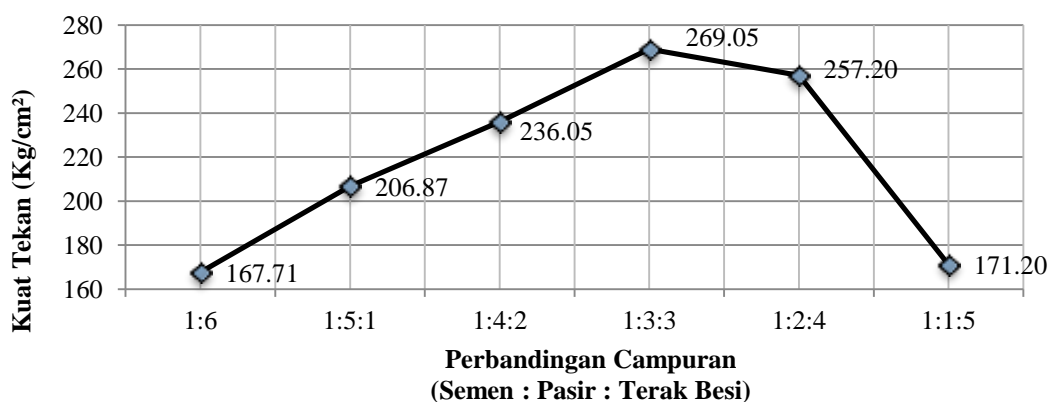
menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar $269,05 \text{ kg/cm}^2$. Untuk kuat tekan terendah diantara *paving block* yang menggunakan limbah terak besi sebagai pengganti sebagian agregat halus terdapat pada campuran 1Pc : 1Ps : 5Tb yaitu sebesar $171,20 \text{ kg/cm}^2$.

Berdasarkan Gambar 3, diperoleh nilai kuat tekan *paving block* standar (1Pc : 6 Ps) sebesar $187,55 \text{ kg/cm}^2$ dan *paving block* dengan campuran 1Pc : 3Ps : 3Tb menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar $309,61 \text{ kg/cm}^2$. Untuk kuat tekan terendah diantara *paving block* yang menggunakan limbah terak besi

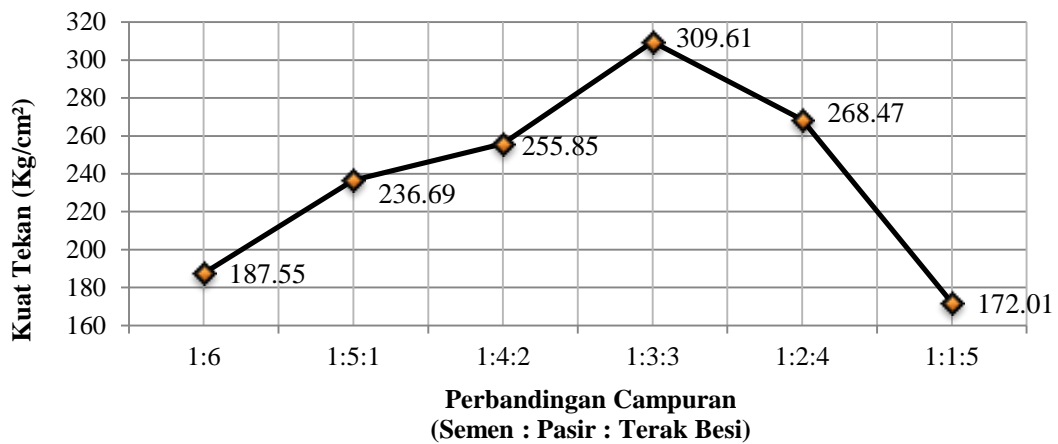
sebagai pengganti sebagian agregat halus terdapat pada campuran 1Pc : 1Ps : 5Tb yaitu sebesar $172,01 \text{ kg/cm}^2$. Berdasarkan Gambar 4 diperoleh nilai kuat tekan *paving block* standar (1Pc : 6 Ps) sebesar $196,69 \text{ kg/cm}^2$ dan *paving block* dengan campuran 1Pc : 3Ps : 3Tb menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar $298,39 \text{ kg/cm}^2$. Untuk kuat tekan terendah diantara *paving block* yang menggunakan limbah terak besi sebagai pengganti sebagian agregat halus terdapat pada campuran 1Pc : 1Ps : 5Tb yaitu sebesar $175,57 \text{ kg/cm}^2$.



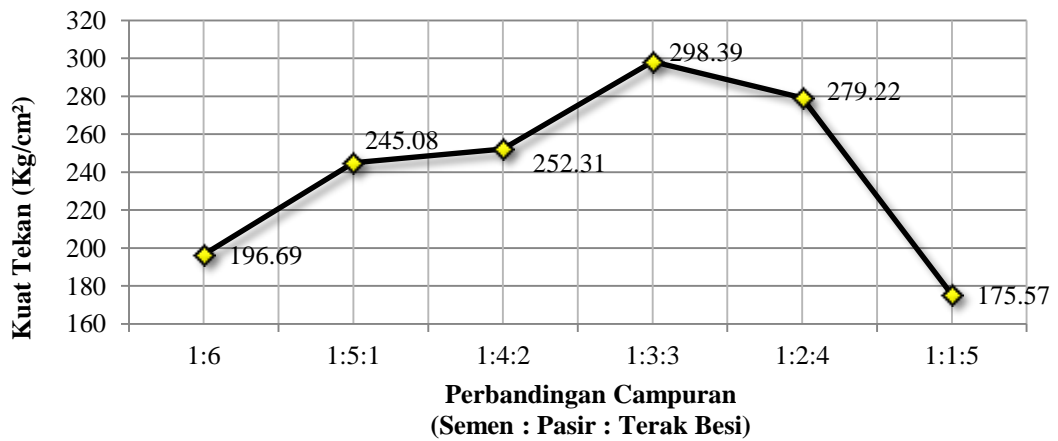
Gambar 1. Grafik Kuat Tekan Paving Block Umur 7 Hari



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Paving Block Umur 14 Hari



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Paving Block Umur 21 Hari

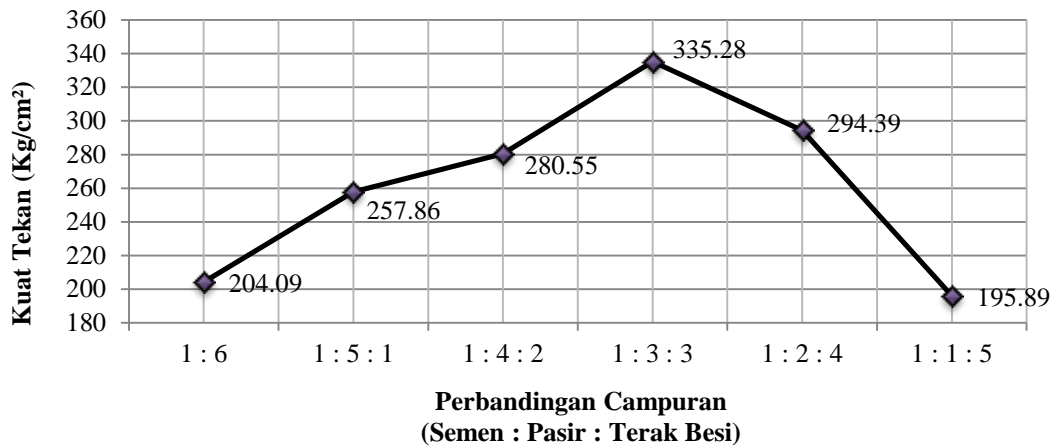


Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Paving Block Umur 28 Hari

Estimasi Kuat Tekan Rata-Rata Paving Block Umur 28 Hari

Setelah melakukan pengujian kuat tekan pada *paving block* dengan umur 7, 14, 21, dan 28 hari kemudian nilai kuat tekan *paving block* masing-masing campuran pada umur tersebut diestimasi menjadi 28 hari. Setelah dihitung estimasi 28 hari selanjutnya dirata-rata dengan hasil seperti Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 diperoleh

nilai kuat tekan *paving block* standar (1Pc : 6 Ps) sebesar 204,09 kg/cm² yang masuk ke dalam mutu B dan *paving block* dengan campuran 1Pc : 3Ps : 3Tb menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar 335,28 kg/cm² yang masuk ke dalam mutu B. Untuk kuat tekan terendah terdapat pada campuran 1Pc : 1Ps : 5Tb yaitu sebesar 195,89 kg/cm² yang masuk ke dalam mutu B.



Gambar 5. Estimasi Kuat Tekan Rata-Rata *Paving Block* Umur 28 Hari

Perbandingan Biaya Produksi

Setelah menghitung biaya produksi setiap perbandingan campuran, selanjutnya biaya produksi pada tiap perbandingan campuran tersebut dibandingkan dalam satu tabel seperti pada pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 di atas, *paving block* standar (1 Pc : 6

Ps) memiliki biaya produksi tertinggi sebesar Rp 1.004,29. Campuran 1 Pc : 1 Ps : 5 Tb memiliki biaya produksi paling rendah yaitu sebesar Rp 894,69. Namun perhitungan biaya produksi ini belum termasuk peralatan yang digunakan seperti mixer dan mesin cetak *paving block*.

Tabel 3. Perbandingan Biaya Produksi

No	Perbandingan Campuran (Pc : Ps : Tb)	Biaya Produksi Per Buah
1	1 : 6	Rp 1.004,29
2	1 : 5 : 1	Rp 983,52
3	1 : 4 : 2	Rp 960,45
4	1 : 3 : 3	Rp 974,29
5	1 : 2 : 4	Rp 981,21
6	1 : 1 : 5	Rp 894,69
Biaya Produksi Terendah		Rp 894,69
Biaya Produksi Tertinggi		Rp 1.004,29

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, penggantian sebagian agregat halus dengan terak besi berpengaruh terhadap kuat tekan *paving block*. Namun hubungan kuat tekan dengan perbandingan campuran

tidak linear. Penggantian sebagian agregat halus dengan terak besi juga berpengaruh terhadap biaya produksi *paving block*. *Paving block* dengan penggunaan limbah terak besi sebagai pengganti sebagian agregat halus memiliki biaya produksi yang lebih

rendah dibandingkan dengan *paving block* standar. Namun penurunan biaya produksi tidak linear dikarenakan perbedaan berat pada setiap perbandingan campuran dan perbedaan komposisi bahan pada tiap perbandingan campuran. Sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah terak besi ini dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus karena *paving block* dengan penggunaan limbah terak besi sebagai pengganti sebagian agregat halus mengalami kenaikan kuat tekan dan memiliki biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan *paving block* standar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang dan di CV Anugrah Guna Cipta. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada institusi tersebut. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pemilik limbah terak besi, kepada Marchus Budi Utomo, Drs., M.T. selaku Ketua laboratorium bahan teknik sipil, M. Bagus Satriawan, A.Md. selaku asisten ketua laboratorium bahan teknik sipil, dan Ibu Risma selaku pemilik CV Anugrah Guna Cipta serta semua pihak atas segala bantuan dan arahnya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Achmadi, Ali., 2009, *Kajian Beton Mutu Tinggi Menggunakan Slag*

Sebagai Agregat Halus dan Agregat Kasar dengan Aplikasi Superplasticizer dan Silicafume. Tesis, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang

Borole, et al., 2016, *Replacement of Fine Aggregate by Steel Slag*, International Journal of Innovative Research in Science and Engineering, Vol 2, Issue 03, India

Paul Nugraha, Antoni., 2007, *Teknologi Beton*, Andi, Surabaya
Prasanna, Khrisna., dan Kiranmayi, Venkata., 2014, *Steel Slag as a Substitute for Fine Aggregate in High Strength Concrete*, International Journal of Engineering Research and Technology, Vol 3, Issue 10, India

Republik Indonesia, 1997, *Undang-Undang No.23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, Pasal 1*, Sekretaris Negara, Jakarta

Republik Indonesia, 2008, *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta

Sebayang, Syukur., Diana, I Wayan., dan Purba, Alexander., 2011, *Perbandingan Mutu Paving Block Produksi Manual Dengan Produksi Masinal*, Vol. 15, Nomor 2, Bandar Lampung

SNI-03-0691-1996, *Persyaratan Mutu Bata Beton (Paving Block)*,

- Badan Standarisasi Nasional,
Jakarta
- Syarif, Nirwan., 2010, *Karakterisasi Sifat Kimia Fisika Terak Pengolahan Bijih Besi Sebagai Pencampur Mortar atau Bahan Keramik*, Jurnal Teknologi Pengolahan Limbah, Vol 13, Nomor 2, Sumatera Selatan
- Wibisono, Rudy., Rahmawati, Anis., dan Saputro, Ida Nugroho., 2016, *Pengaruh Penggunaan Terak dan Fly Ash Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Paving Block Sebagai Suplemen Bahan Ajar Materi Mata Kuliah Teknologi Beton PTB FKIP UNS*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta