

**PENGARUH BAHAN TAMBAHAN LIMBAH BOTOL KACA PADA KUAT TEKAN
PAVING BLOCK**

***THE EFFECT OF ADDITIONAL MATERIALS FROM GLASS BOTTLE WASTE ON THE
COMPRESSIVE STRENGTH OF PAVING BLOCK***

Lilis Indriani^{*1}

¹Dosen, Program Studi Teknologi Sipil, Politeknik Sampit
Korespondensi: indrianylilis@yahoo.com

ABSTRAK

Selama ini sudah banyak bahan-bahan buangan industri seperti pasir onyx, serat bubut besi yang belum dimanfaatkan dengan optimal sudah dijadikan bahan penelitian sebagai bahan tambah pada pembuatan bahan bangunan dan mendapatkan hasil yang cukup bagus. Salah satu limbah industri yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah limbah kaca. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca terhadap kuat tekan *paving block* dan regresi polinomial hubungan anatar variasi serbuk kaca dan kuat tekan *paving block*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah melakukan penelitian di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palangkaraya dengan variasi penambahan serbuk kaca 0%, 2%, 4% dan 6%. Secara keseluruhan kuat tekan *paving block* mengalami fluktuasi dengan penambahan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian volume. Kuat tekan beton dengan variasi 0% adalah 33,14 kg/cm², variasi 2% adalah 22,65 kg/cm², variasi 4% adalah 22,92 kg/cm² dan variasi 6% adalah 26,38 kg/cm². Kuat tekan *paving block* mengalami kenaikan pada penambahan serbuk kaca sebanyak 6% dengan rasio kenaikan 0,79 dari kondisi 0%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kaca pada variasi 6% hanya menurunkan kuat tekan 21% dari variasi 0%. Persamaan regresi polinomial hubungan antara penambahan serbuk kaca dengan kuat tekan *paving block* adalah $Y = 32,760953 - 623,05279 \cdot X + 8717,332985 X^2$.

Kata Kunci: Kuat tekan, *paving block*, serbuk kaca

ABSTRACT

So far, there have been many industrial waste materials such as onyx sand, iron lathe fibers that have not been utilized optimally. One of the industrial waste that has not been used optimally is glass waste This study aims to determine the effect of the addition of glass powder on the compressive strength of paving blocks and polynomial regression relationships between variations in glass powder and compressive strength of paving blocks. The method used in this study was to conduct research in the Laboratory of the Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Palangkaraya with variations in the addition of glass powder 0%, 2%, 4% and 6%. Overall the compressive strength of paving blocks fluctuates with the addition of glass powder instead of partial volume. Concrete compressive strength with a variation of 0% is 33.14 kg / cm², variation of 2% is 22.65 kg / cm², variation of 4% is 22.92 kg / cm² and variation of 6% is 26.38 kg / cm². Where the compressive strength of paving increases with the addition of glass powder by 6% with an increase ratio of

0.79 from the condition of 0%. This shows that the addition of glass powder at a variation of 6% only reduces the compressive strength of 21% from a variation of 0%. Polynomial regression equation relationship between the addition of glass powder with compressive strength of paving blocks is $Y = 32.760953 - 623.05279 \cdot X + 8717,332985 X^2$

Keywords: *Compressive strength, glass powder, paving block*

PENDAHULUAN

Paving block merupakan salah satu dari beberapa bahan bangunan yang digunakan untuk material penutup lapisan permukaan tanah karena memiliki beberapa kelebihan yaitu mudah dalam pemasangan, hemat dalam penggunaan, dan harganya murah. *Paving block* dibuat dari campuran semen portland, air dan pasir dengan atau tanpa tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut.

Selama ini sudah banyak bahan-bahan buangan industry seperti pasir onyx, serat bubut besi yang belum dimanfaatkan dengan optimal sudah dijadikan bahan penelitian sebagai bahan tambah pada pembuatan bahan bangunan dan mendapatkan hasil yang cukup bagus. Salah satu limbah industry yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah limbah kaca. Limbah kaca yang berasal dari botol kaca bekas dari kuala pembuang ini merupakan buangan atau sisa produksi dari botol kecap, botol sirup, botol saos, dan lain lain. Karena pemanfaatannya selama ini kurang maksimal oleh masyarakat setempat, maka dilakukan penelitian tentang limbah kaca ini sebagai bahan campuran pengganti agregat halus pada *paving block* dengan komposisi dan persentase yang bervariasi. Harapannya limbah kaca tersebut mampu menambah kuat tekan terhadap *paving block* serta menghemat pemakaian material penyusunannya tanpa mempengaruhi atau mengurangi kekuatan aslinya.

Dengan dasar pemikiran di atas, maka dilakukan penelitian "Pengaruh Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air dan Ketahanan Aus *Paving block*" dengan tujuan meningkatkan kuat tekan paving dan memperbaiki penyerapan airnya. Selain itu juga untuk merupakan salah satu upaya untuk membuat inovasi produksi bahan bangunan dengan memanfaatkan limbah yang ada dan membuat bahan bangunan dengan harga yang relative murah tanpa mengurangi mutunya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian pasir dengan limbah kaca yang berupa pasir kaca terhadap sifat fisik *paving block* yang meliputi penyerapan air dan ketahanan

aus, juga pengaruh penggantian pasir dengan pasir kaca terhadap sifat mekanika *paving block* yang meliputi kuat tekan *paving block* dan untuk mengetahui komposisi penggantian pasir sungai dengan limbah kaca pada *paving block* yang menghasilkan kekuatan yang paling optimal.

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan meneliti mengenai seberapa besar kekuatan paving jika pada proses pencampuran menggunakan pasir dari botol kaca bekas dengan pengaruh terhadap kuat tekan beton dengan lamanya curing 28 hari. Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca dapat meningkatkan atau mempengaruhi kuat tekan *paving block*.
2. Untuk mengetahui persamaan regresi polynomial hubungan antara penambahan serbuk kaca dengan kuat tekan *paving block*.

TINJAUAN PUSTAKA

Paving Block

Paving block (bata beton) merupakan bahan bangunan yang digunakan sebagai perkerasan permukaan jalan, baik jalan untuk keperluan pelataran, parkir kendaraan, jalan raya, atau pun untuk keperluan dekoratif taman. *Paving block* dibuat dari campuran bahan pengikat hidrolis atau sejenisnya dengan agregat halus dan dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya, dicetak sedemikian rupa (Nadhiroh, 1992). *Paving block* adalah batu cetak berbentuk tertentu yang dipakai sebagai penutup halaman tanpa memakai adukan dalam pemasangannya. Pengikatan terjadi karena masing-masing batu cetak saling mengunci satu sama lainnya. Batu cetak halaman dibuat dengan mencetak campuran semen portland dan pasir dengan atau tanpa aditif. (Balai Penelitian Bahan Bangunan 1984:10, dalam Arianto 2005). Menurut Andriati (1996:55), persyaratan ketebalan *paving block* pada umumnya adalah sebagai berikut :

1. 6 cm, digunakan untuk beban lalu lintas ringan dengan frekuensi terbatas, misalnya : sepeda motor, pejalan kaki.
2. 8 cm, digunakan untuk beban lalu lintas

sedang atau berat dan padat frekuensinya, misalnya : mobil, pick up, truk, bus

3. 10 cm, digunakan untuk beban lalu lintas super berat, misalnya : tronton, loader. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran.

Limbah Kaca Bekas Botol

Kaca merupakan bahan transparan yang diproduksi oleh suatu campuran bahan yang mencair seperti; silica (SiO_2), soda abu dan CaCO_3 pada suhu yang tinggi diikuti dengan pendinginan selama pemadatan tanpa terjadi kristalisasi. Limbah kaca adalah pecahan dari kaca yang berasal dari sisa hasil pembuatan kaca dari pabrik yang sebagian besar didaur ulang menjadi barang jadi dan sebagian lagi tidak dimanfaatkan atau dibuang.

Jenis kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah soda lime glass/kaca soda gamping yaitu merupakan 95% dari semua kaca yang dihasilkan. Kaca ini digunakan untuk membuat segala macam bejana, kaca.

Lembaran, jendela mobil dan barang pecah belah. Komposisi kaca soda lime adalah sebagai berikut: SiO_2 75%, Na_2O 15%, CaO 10%. Limbah kaca soda lime ini diperoleh dari hasil daur ulang kaca, dan pecahannya ada yang berupa kerikil, dan ada juga yang berupa pasir. Pasir kaca adalah kaca yang telah dihancurkan dan dapat melalui lubang ayakan 0-1,18 mm yang cukup keras dan bersih.

Adapun ciri-ciri dari pasir kaca adalah:

- a. Berwarna putih kecoklatan.
- b. Mempunyai permukaan yang tajam dan keras, sehingga memberikan ikatan yang kuat pada pasta semen.
- c. Tidak mengandung bahan organis, sehingga proses pengerasan semen tidak terhambat, karena bahan organik dapat menghambat pengerasan semen.

Pasir kaca memiliki bentuk yang sama seperti pasir sungai tetapi dalam pasir kaca berwarna putih kecoklatan dan terdapat butiran-butiran tajam dengan diameter 0,5mm dan 4,5mm.

Komposisi kimia limbah kaca diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Komposisi Limbah Kaca

No	Unsur Kimia	Kandungan
1	$\text{SiO}_2(\%)$	70,22
2	$\text{CaO}(\%)$	11,13
3	$\text{Al}_2\text{O}_3(\%)$	1,64
4	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\%)$	0,52
5	$\text{Na}_2\text{O}(\%)$	15,29
6	Lol(%)	0,80
Jumlah		100

(Sumber: SNI03-0691-1996)

METODE

Regresi Polynomial

Analisis regresi merupakan salah satu alat dalam pengambilan keputusan yang banyak digunakan dalam pembangunan model matematis, karena model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor, mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respons, dan berguna untuk memprediksi pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel respons (Iriawan dan Astuti, 2006).

Metode regresi polynomial digunakan untuk menentukan fungsi polynomial yang paling sesuai dengan kumpulan titik data (X_n, Y_n) yang diketahui. Regresi polynomial merupakan model regresi linier yang dibentuk dengan menjumlahkan pengaruh masing-masing variabel prediktor (X) yang dipangkatkan meningkat sampai orde ke- m . Secara umum, model regresi polynomial ditulis dalam bentuk:

$$Y = a_0 + a_1 + a_2 x^2 \dots + a_m x^m + e \quad (1)$$

Dimana;

X = variable prediktor

e = faktor pengganggu yang tidak dapat dijelaskan oleh model regresi.

Jumlah kuadrat sisa (Sr)

$$Sr = \sum_{i=1}^n \left\{ Y_i - (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_1^2 \dots + a_m x_1^m + e) \right\}^2 \quad (2)$$

Persamaan umum aljabar linear simultan regresi polinom adalah:

$$n a_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_1^2 = \sum Y_1$$

$$a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1^3 = \sum x_1 \cdot Y_1$$

$$a_0 \sum x_1^2 + a_1 \sum x_1^3 + a_2 \sum x_1^4 = \sum x_1^2 \cdot Y_1$$

Dalam persamaan matriks:

$$\begin{bmatrix} m & \sum x_1 & \sum x_1^2 \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1^3 \\ \sum x_1^2 & \sum x_1^3 & \sum x_1^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_1 \\ \sum x_1 \cdot Y_1 \\ \sum x_1^2 \cdot Y_1 \end{bmatrix}$$

Dari persamaan tersebut terdapat 3 variabel yang tidak diketahui nilainya, a_0 , a_1 , a_2 . Untuk memecahkannya digunakan metode numerik yang mana salah satu caranya adalah menggunakan eliminasi gauss.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk material penyusun *paving block* pada sampel menggunakan hasil pemeriksaan sebelumnya.

Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Dalam penelitian ini, rencana campuran untuk *paving block* normal menggunakan perancangan paving SNI-T-15-1990-03. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, serta air.

Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini, rencana adukan (*Mix Design*) didasarkan pada SNI-T-15-1990-3. Jumlah benda uji keseluruhan dibuat sebanyak 40 buah benda uji seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi benda uji

Variasi Penambahan	Umur 28 Hari
SW 0%	10 Buah
SW 2%	10 Buah
SW 4%	10 Buah
SW 6%	10 buah

Sumber: Perencanaan (2019)

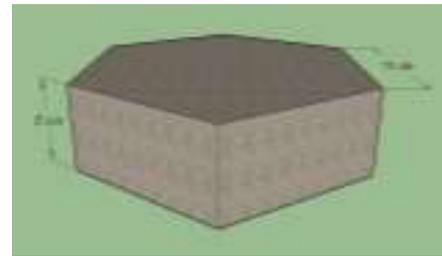
Pembuatan benda uji yang akan dijadikan bahan penelitian harus melalui prosedur pembuatan. Setiap langkah pembuatan benda uji harus dicatat dan difoto sebagai dokumentasi dan bahan evaluasi ketepatan pelaksanaannya.

Langkah-langkah pembuatan benda uji antara lain:

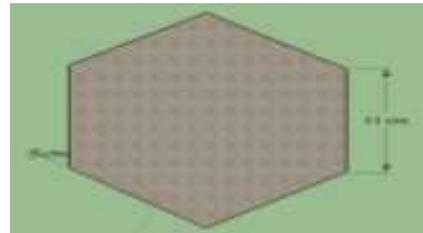
1. Masukkan pasir, semen dan bahan *pasir botol kaca bekas* aduk sampai rata
2. Masukkan air secukupnya terus aduk kembali sampai rata
3. Setelah semua bahan tercampur siapkan

4. alat pencetakan
4. Adukan yang siap dipakai ditempatkan kedalam cetakan
5. *Paving block* mentah yang sudah jadi tersebut dikeluarkan dari cetakan dengan cara menempatkan potongan papan diatas seluruh permukaan alat cetak.
6. Berikutnya alat cetak dibalik dengan hati-hati.

Proses berikutnya adalah mengeringkan *Paving Block* mentah dengan cara diangin anginkan atau di jemur di bawah terik matahari sehingga didapat *Paving block* yang sudah jadi.



Gambar 1. Tampak Depan



Gambar 2. Tampak Atas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian *Paving Block*

Hasil pengamatan benda uji di rekapitulasi seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Tekan *Paving Block* Variasi 0%

No	Sampel	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	SW0%1	770	41.62695
2	SW0%2	690	37.30208
3	SW0%3	660	35.68025
4	SW0%4	620	33.51781
5	SW0%5	690	37.30208
6	SW0%6	650	35.13964
7	SW0%7	520	28.11171

No	Sampel	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
8	SW0%8	490	26.48988
9	SW0%9	490	26.48988
10	SW0%10	550	29.73354

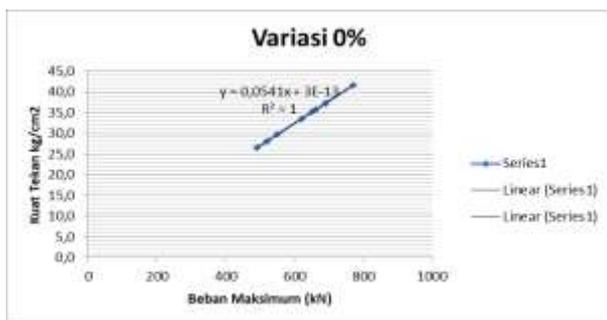
Sumber: Hasil Pengujian (2019)

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium untuk paving blok dengan variasi 0% kuat tekan rata-rata adalah 33,14 kg/cm². Dari data pada Tabel 3 nilai kuat tekan tertinggi adalah 41, 62 kg/cm² dan yang terendah adalah 26, 48 kg/cm². Grafik hubungan antara berat *paving block* dan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 0%

Sedangkan regresi linier hubungan antara beban maksimum dengan kuat tekan *paving block* pada variasi 0% adalah seperti Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Regresi Linier Hubungan Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 0% dengan Beban Maksimum

Dengan menggunakan excel diperoleh nilai regresi linier grafik pada Gambar 4.2 yaitu $y = 0,054 x + 7E+11$ dengan nilai $R^2 = 1,000$ atau beban maksimum pada *paving block* sangat berpengaruh terhadap kuat tekan *paving block*.

Selanjutnya dari data kuat tekan setiap sampel akan dibuat rekapitulasi kuat tekan rata-rata untuk setiap variasi campuran *paving*

block dengan serbuk kaca seperti pada Tabel 4. Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Uji Tekan *Paving Block*

No	Sampel	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	SW0%	613.00	33.14
2	SW2%	419.00	22.65
3	SW4%	424.00	22.92
4	SW6%	488.00	26.38

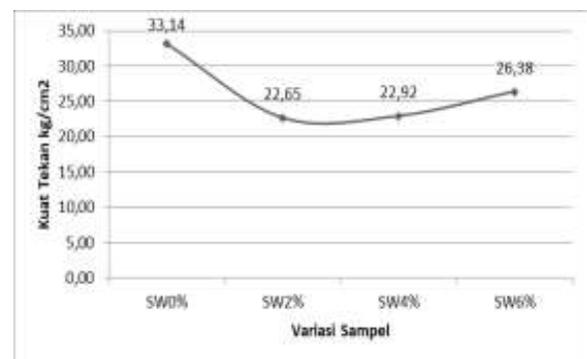
Sumber: Hasil Pengujian (2019)

Keterangan:

SW = Sampel Siti Wahidah

1 = Nomor Urut Sampel

0% = Variasi Sampel



Gambar 5. Grafik Hubungan Kuat Tekan Rata-rata Variasi *Paving Block*

Dari Gambar 5 dapat diambil kesimpulan tentang pengaruh variasi serbuk kaca terhadap kuat tekan *paving block* yaitu pada kondisi normal kuat tekan sampel mencapai nilai maksimum sebesar 33,14 kg/cm² selanjutnya mengalami penurunan pada sampel 2% dan mulai mengalami kenaikan pada variasi 4% sampai 6% sebesar 26,36 kg/cm².

Pola Retak Benda Uji *Paving Block*

Pola retak benda uji *paving block* sangat tergantung dengan mutunya. Secara keseluruhan untuk pola ada.lah berbentuk pola retak sudut.

1. Sampel Variasi 0%

Sampel dengan variasi 0% dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Sampel Variasi 0% Sebelum Uji Kuat Tekan

Pola retak pada paving block variasi 0% seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Sampel Variasi 0% Setelah Uji Kuat Tekan

Keretakan secara keseluruhan berada pada sudut-sudut sampel hal ini disebabkan karena dimensi sampel berbentuk segienam.

2. Sampel Variasi 2%

Sampel dengan variasi 2% dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Sampel Variasi 2% Sebelum Uji Kuat Tekan

Pola retak pada paving block pada variasi

2% seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Sampel Variasi 2% Setelah Uji Kuat Tekan

Keretakan terjadi pada 2 sudut sampel hal ini disebabkan karena kuat tekan sampel menurun.

3. Sampel Variasi 4%

Sampel dengan variasi 4% dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Sampel Variasi 4% Sebelum Uji Kuat Tekan

Pola retak pada paving block pada variasi 4% seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Sampel Variasi 4% Setelah Uji Kuat Tekan

Keretakan terjadi pada 4 sudut sampel hal ini disebabkan karena kuat tekan sampel mulai meningkat.

4. Sampel Variasi 6%

Sampel dengan variasi 0% dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Sampel Variasi 4% Sebelum Uji Kuat Tekan

Pola retak pada paving block pada variasi 0% seperti pada Gambar 13



Gambar 13. Sampel Variasi 4% Setelah Uji Kuat Tekan

Keretakan terjadi pada 5 sudut sampel hal ini disebabkan karena kuat tekan sampel mulai meningkat.

Regresi Polynomial hubungan Antara Viariasi Serbuk Kaca dengan Kuat Tekan Paving Block

Perhitungan regresi polynomial pangkat dua pada benda uji 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5. Operasi perhitungan regresi polynomial pangkat dua umur 28 hari untuk hubungan variasi bubuk kaca dan Kuat Tekan Beton.

Tabel 5. Operasi Perhitungan Polynomial Pangkat Dua Umur 28 hari Hubungan Variasi Serbuk Kaca dan Kuat Tekan Paving Block

No	Angka	variabel	X ² (Y)	X ³	X ⁴	X ⁵	X ⁶	X ⁷
1	FB 0%	0,000	33,14	0	0	0	0,0000	0
2	FB 2%	0,010	32,83	0,0004	0,000004	0,00000004	0,4130	0,00000001
3	FB 4%	0,040	32,82	0,0016	0,000064	0,0000256	0,1704	0,00000064
4	FB 6%	0,090	32,38	0,0081	0,000729	0,00006561	1,9825	0,00000081
5		0,120	32,36436	0,00288	0,0003456	0,0000417888	2,9828	0,00000144

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Diperoleh persamaan aljabar linear simultannya sebagai berikut:

$$4 a_0 + 0,12 a_1 + 0,0056 a_2 = 105,094 \dots (1)$$

$$0,12 a_0 + 0,0056 a_1 + 0,000288 a_2 = 2,9528 \dots (2)$$

$$0,0056 a_0 + 0,000288 a_1 + 0,00001568 a_2 = 0,1407 \dots (3)$$

Maka ada 3 persamaan dengan 3 variabel yang tidak diketahui nilainya, yaitu a₀, a₁, a₂, persamaan tersebut dinyatakan dalam persamaan matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} n & \sum Xi & \sum Xi^2 \\ \sum Xi & \sum Xi^2 & \sum Xi^3 \\ \sum Xi^2 & \sum Xi^3 & \sum Xi^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Yi \\ \sum Xi \cdot Yi \\ \sum Xi^2 \cdot Yi \end{bmatrix}$$

Untuk memecahkan masalah tersebut digunakan metode matriks yang mana salah satu caranya adalah dengan menggunakan Eliminasi Gauss Seadell yaitu dengan menggunakan persamaan dari yang terbesar ke persamaan yang kecil.

Iterasi 1
Persamaan 1 (a₀ = 0, a₂ = 0)

$$4 a_0 + 0,12 a_1 + 0,0056 a_2 = 106,094$$

$$4 a_0 = 106,094 - 0,12 a_1 - 0,0056 a_2$$

$$a_0 = \frac{106,094 - 0,12 a_1 - 0,0056 a_2}{4}$$

$$= 26,2736$$

Persamaan 2

$$\begin{aligned}
 0,12 a_0 + 0,0056 a_1 + 0,000288 a_2 &= 2,9528 \\
 0,0056 a_1 &= \\
 2,9528 - 0,12 a_0 - 0,000288 a_2 & \\
 a_1 &= \\
 \frac{2,9528 - 0,12 a_0 - 0,000288 a_2}{0,0056} &= \\
 \frac{2,9528 - 0,12 \cdot (26,2736) - 0,000288 \cdot 0}{0,0056} &= -1,66688
 \end{aligned}$$

Persamaan 3

$$\begin{aligned}
 0,0056 a_0 + 0,000288 a_1 + 0,00001568 a_2 &= 0, \\
 0,00001568 a_2 &= 0,1407 - 0,0056 a_0 - 0,000288 a_1 \\
 a_2 &= \\
 \frac{0,1407 - 0,0056 a_0 - 0,000288 a_1}{0,00001568} &= \\
 \frac{0,1407 - 0,0056 \cdot (26,2736) - 0,000288 \cdot (-1,66688)}{0,00001568} &= -22,2094
 \end{aligned}$$

Setelah melakukan percobaan dengan cara yang sama, maka didapat setelah interasi ke 1891 Maka nilainya adalah:

$$\begin{aligned}
 a_0 &= 32,760953 \\
 a_1 &= -623,0527916 \\
 a_2 &= 8717,332985
 \end{aligned}$$

Maka persamaan regresi polinomialnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Y &= a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 \\
 Y &= 32,760953 - 623,05279 \cdot X + 8717,332985 X^2
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan regresi polinomial umur 28 hari didapat persamaan kuat tekan $Y = 32,760953 - 623,05279 \cdot X + 8717,332985 X^2$ dari persamaan tersebut dapat dihitung kuat tekan beton pada sampel SW 0%, SW2%, SW4% dan SW6%.

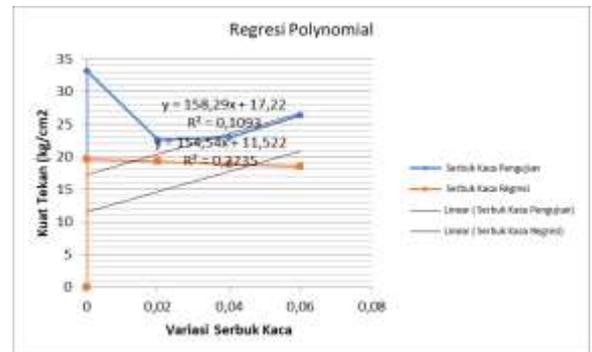
Dari data hasil perhitungan regresi polinomial umur 28 hari dengan menggunakan persamaan yang sudah didapat diatas, dapat dilihat pada Tabel 6 Hasil Perhitungan Regresi Polinomial Kuat Tekan Pavig Block umur 28 hari.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Regresi Polynomial Kuat Tekan Paving Block Umur 28 hari Terhadap Variasi Serbuk Kaca

No.	Variasi Abu Serat Nipah (X)	σ (fitting)
		$Y = 19,5850 - 18,0375 \cdot X - 4,1219 X^2$
1	0	32,7610
2	0.2	23,7868
3	0.4	21,7966
4	0.6	26,7602

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

Dari data hasil perhitungan regresi polinomial, seperti terlihat pada Tabel 6 dapat dibuat grafik perbandingan hasil perhitungan kuat tekan dengan variasi benda uji umur 28 hari seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Hubungan antara Kuat Tekan dan Variasi Serbuk Kaca dengan Regresi Polynomial

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan terhadap *paving block* dengan menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian volume, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara keseluruhan kuat tekan *paving block* mengalami fluktuasi dengan penambahan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian volume. Kuat tekan beton dengan variasi 0% adalah 33,14 kg/cm², variasi 2% adalah 22,65 kg/cm², variasi 4% adalah 22,92 kg/cm² dan variasi 6% adalah 26,38 kg/cm². Dimana kuat tekan paving mengalami kenaikan pada penambahan serbuk kaca sebanyak 6% dengan rasio kenaikan 0,79 dari kondisi 0%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kaca pada variasi 6% hanya menurunkan kuat tekan 21% dari variasi 0%.
2. Persamaan regresi polinomial hubungan antara penambahan serbuk kaca dengan kuat tekan *paving block* adalah $Y = 32,760953$

$$-623,05279 \cdot X + 8717,332985 X^2 .$$

DAFTAR PUSTAKA

- Andre, 2012, *Studi Sifat Mekanik Paving block Terbuat dari Campuran Limbah Adukan Beton dan Serbuk Kerang*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Depok.
- Chu-Kia Wang dan Salmon, Charles G. 1994. *Disain Beton Bertulang*. Jilid I. Edisi Keempat. Terjemahan Binsar Hariandja. Jakarta: Erlangga.
- Dede Indah Permana, 2014, *Pengaruh Penambahan Tumbukan Kulit Kerang Jenis Anadara Granosa Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton K-225*. Jurnal Bentang Vol. 2 No. 2 Juli 2014.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Departemen P.U., 1989, *SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding*, Balitbang, Jakarta.
- Departemen P.U., 2004, *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*, Balitbang, Jakarta.
- Erwin Wijaya Kusuma, 2012, *Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving block*. Program Studi Teknik Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Univeritas Pembangunan Nasional "Veteran". Jatim Surabaya.
- Karwur, Handy Yohanes., Dkk, 2013, *Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen*. Jurnal Sipil Statik Vol. 1, 276-281.
- Kasiati, Endang, 2011, *Pembuatan Paving Blok dengan Menggunakan Semen Portland dan Semen Pozzolan dengan Bahan Tambahan Serbuk Kaca dan Abu Batu*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2011.
- Latief, Abdul, 2010, *Kuat Tarik Langsung, Kuat Tarik Lentur, Susut Dan Density Mortar Campuran Semen, Abu Sekam Padi, Dan Precious Slag Ball Dengan Persentase 30%; 30%; 40%*, Skripsi Program Studi Teknik Sipil Depok. Depok: UI.
- Mulyono, Tri, 2004, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Setiawan, Budi, 2006, *Pengaruh Penggunaan Agregat Kaca pada Beton Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Shrinkage*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Siti Nihayyah, 2018, *Variasi Limbah Cangkang Kerang Terhadap Kuat Tekan Paving block*. Politeknik Negeri Balikpapan Jurusan Teknik Sipil Balikpapan. Balikpapan
- Utomo, Hendratmo Muji, 2010, *Analisis Kuat Tekan Batako dengan Limbah Karbit Sebagai Bahan Tambah*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta: UNY.
- Wibowo, Levin, 2013, *Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca dan Water Reducing High Range Admixtures terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas pada Beton*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta: UAJY.