

BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil

Hasil pemeriksaan bahan dan kuat desak *paving block* dapat dilihat pada uraian dalam bentuk tabel dan gambar dibawah ini

6.1.1 Pemeriksaan Agregat halus dan Kasar

a. Modulus Halus Butir

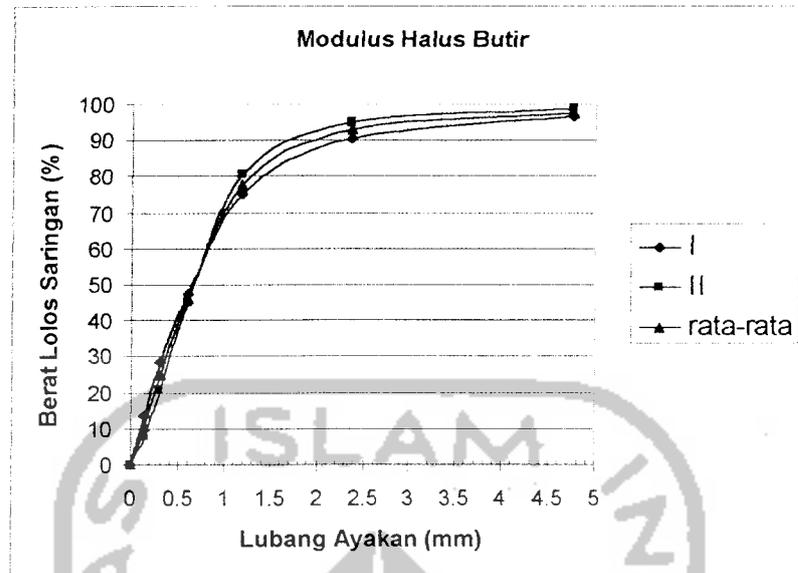
Dari pemeriksaan modulus halus butir pasir alam asal sungai Boyong yang dilakukan di laboratorium diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 6.1 Data pemeriksaan modulus halus butir pasir asal sungai Boyong

Saringan		Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal kumulatif	
No	Lubang mm	I	II	I	II	I	II
1	4,75	84,7	21,5	3,388	1,433	3,388	1,433
2	2,36	150,4	50,5	6,016	3,367	9,404	4,8
3	1,18	385,7	221,5	15,428	14,764	24,832	29,567
4	0,600	688	532	27,52	35,467	52,345	55,034
5	0,300	475,5	365	19,02	24,333	71,372	79,367
6	0,150	373,5	190	14,94	12,677	86,312	92,034
7	Pan	342,2	119,5	13,688	7,967	---	---
						247,66	252,23

Jumlah rata-rata 250,01

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{250,01}{100} \times 100 \% = 2,5$$



Gambar 6.1 Grafik gradasi pasir alam asal Sungai Boyong

b. Berat Jenis

Dari pemeriksaan agregat yang dilakukan di laboratorium diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 6.2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus

	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat jenis (BJ)		
$\frac{W}{V_2 - V_1}$	$400/160 = 2,5$	$400/165 = 2,42$
Berat jenis rata-rata	$2,5 \text{ gr/cm}^3$	

Tabel 6.3 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar

	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat jenis (BJ)		
$\frac{W}{V_2 - V_1}$	$400/150 = 2,67$	$400/160 = 2,5$
Berat jenis rata-rata	$2,59 \text{ gr/cm}^3$	

6.1.2 Pemeriksaan Abu Gergaji Kayu

Abu gergaji kayu diperoleh dari proses pembakaran gergaji kayu pada suhu 400°C , proses pembakarannya menggunakan tungku pembakar yang sudah

dilengkapi dengan termometer untuk mengetahui suhu pembakaran yang diinginkan yaitu sebesar 400°C dengan waktu selama 2 jam, proses pembakarannya dilakukan di UPT Kasongan, Bangunjiwo, Kasihan, Bantul. Kemudian abu gergaji kayu yang telah jadi diuji oleh laboran UGM di laboratorium analisa kimia dan fisika pusat Universitas Gajah Mada yang menghasilkan kandungan silika sebesar 6,217 % (hasil pengujian kandungan silika terlampir pada lampiran 4).

6.1.3 Kuat Desak

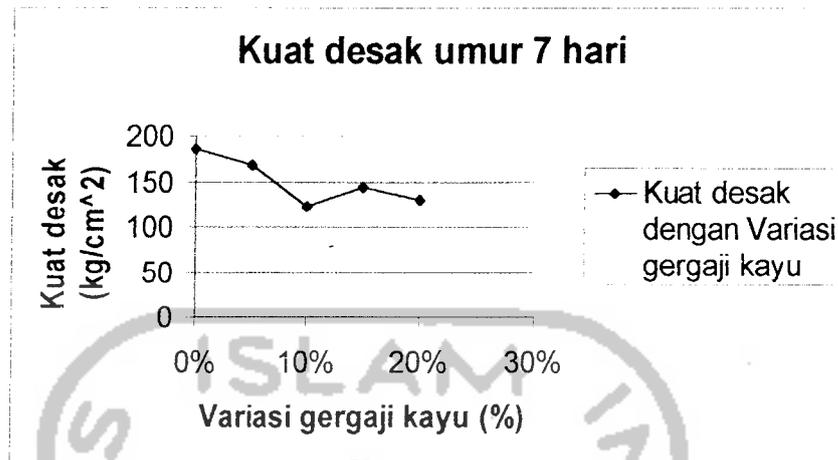
Nilai kuat desak *paving block* yang dihasilkan pada saat pengujian kemudian dihitung untuk mengetahui kuat desak rata-rata (σ_{bm}). Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 6.4 dan 6.5.

- a. Pengujian kuat desak umur 7 hari yang dilakukan di laboratorium diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 6.4 Analisis pengujian kuat desak pada umur 7 hari (kg/cm^2)

Kriteria	Hasil pengujian kuat desak pada umur 7 hari				
Variasi	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %
σ'_{b}	159.362	202.196	189.337	142.0029	133.955
	199.301	122.509	118.644	163.7694	130.976
	197.303	129.048	113.489	128.1157	124.937
	188.772	197.007	112.588	127.85560	134.730
	197.302	187.126	107.569	156.0920	127.680
	204.285	126.305	100.149	157.4212	124.564
	184.815	150.398	118.408	124.43977	128.124
	172.241	211.547	134.5291	149.4768	131.705
	161.772	179.550	134.5291	149.3280	137.020
	196.771	181.772	104.1355	136.27083	131.774
TOTAL	1861.783	1686.656	1232.816	1434.772	1305.584
σ'_{bm}	186.1783	168.6656	123.2816	143.4772	130.5584

Grafik kuat desak umur 7 hari dapat dilihat pada gambar 6.2 di bawah ini,



Gambar 6.2 Grafik kuat desak pada umur 7 hari

b. Pengujian Kuat Desak umur 28 hari

Dari pemeriksaan kuat desak pada umur 28 hari yang dilakukan di laboratorium diperoleh data sebagai berikut :

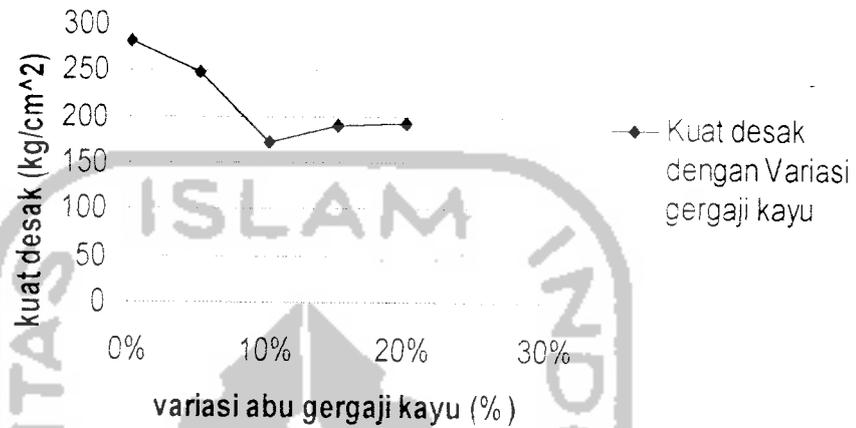
Tabel 6.5 Analisis pengujian kuat desak pada umur 28 hari (kg/cm²)

Kriteria	Hasil pengujian kuat desak pada umur 28 hari				
	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %
σ'_{b}	306.706	171.128	183.803	186.660	199.180
	273.632	278.189	170.319	185.294	179.820
	309.845	183.349	141.719	174.564	180.961
	252.846	269.326	169.238	171.727	189.337
	298.864	259.351	162.257	193.452	184.815
	269.326	283.865	143.419	186.660	194.125
	267.719	247.642	174.476	214.570	204.285
	283.297	269.326	157.291	183.895	202.297
	249.3761	278.330	269.058	189.715	194.416
	300.8438	255.198	154.690	213.715	199.104
TOTAL	2812.395	2495.707	1726.2720	1900.254	1928.963
σ'_{bm}	281.23959	249.5707	172.62720	190.0254	192.8963

Detail proses perhitungan pada tabel 6.4 dan 6.5 dapat dilihat pada lampiran 2.

Grafik kuat desak umur 28 hari dapat dilihat pada gambar 6.3 di bawah ini,

Kuat desak umur 28 hari



Gambar 6.3 Grafik kuat desak pada umur 28 hari

6.1.4 Perhitungan biaya *paving block*

Diketahui:

Semen 1 sak (40 kg) = Rp. 22.000,00

Harga semen 1 kg = $\frac{\text{Rp. 22.000,00}}{40}$

= Rp. 550,00

Pasir 1 m³ = Rp. 48.000,00

Berat pasir 1 m³ = Bj pasir x volume

= 2,5 gr/cm³ x 1.000.000 cm³

= 2.500.000 gr

= 2.500 kg.

$$\begin{aligned} \text{Harga 1 kg pasir} &= \frac{\text{Rp.48.000,00}}{2500} \\ &= \text{Rp. 19,20} \\ \text{Krikil 1 m}^3 &= \text{Rp. 80.000,00} \\ \text{Berat krikil 1 m}^3 &= \text{Bj pasir x volume} \\ &= 2,59 \text{ gr/cm}^3 \times 1.000.000 \text{ cm}^3 \\ &= 2.590.000 \text{ gr} \\ &= 2.590 \text{ kg} \\ \text{Harga 1 kg krikil} &= \frac{\text{Rp.80.000,00}}{2590} \\ &= \text{Rp. 30,88} \\ \text{Harga Abu gergaji kayu 10 kg} &= \text{Rp. 4.000,00} \\ \text{Harga Abu gergaji kayu 1 kg} &= \frac{\text{Rp.4.000,00}}{10} \\ &= \text{Rp. 400,00} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya akan di tabelkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 6.6 Biaya pembuatan *paving block*

Prosentase abu gergaji	Biaya untuk 20 buah paving block (Rp.)				
	Semen	Pasir	Krikil	Abu	Total Biaya (Rp.)
0 %	11,563 x 550 = 6360	27,7 x 19,2 = 531,9	23,9 x 30,88 = 738	0	7631
5 %	11,049 x 550 = 6077	27,7 x 19,2 = 531,9	23,9 x 30,88 = 738	0,582 x 400 = 232	7578
10 %	10,467 x 550 = 5757	27,7 x 19,2 = 531,9	23,9 x 30,88 = 738	1,163 x 400 = 465	7491
15 %	9,855 x 550 = 5437	27,7 x 19,2 = 531,9	23,9 x 30,88 = 738	1,744 x 400 = 698	7413
20 %	9,304 x 550 = 5117	27,7 x 19,2 = 531,9	23,9 x 30,88 = 738	2,326 x 400 = 930	7385

6.2 Pembahasan

Pada dasarnya *paving block* yang baik adalah *paving block* yang mempunyai kuat desak tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air, susutnya kecil, tahan aus, tahan terhadap cuaca dan juga tahan terhadap zat kimia yang akan merusak mutu *paving block*. Apabila kuat desak tinggi, maka sifat dan karakteristik lainnya cenderung baik, maka peninjauan tentang mutu *paving block* umumnya hanya ditinjau pada kuat desaknya saja. Kuat desak *paving block* sangat dipengaruhi oleh hal - hal sebagai berikut:

1. Sifat-sifat dari bahan penyusun.
2. Perbandingan dari bahan-bahan.
3. Cara pengadukan dan penuangan.
4. Cara pemadatan.
5. Perawatan selama proses pengerasan.
6. Umur *paving block*.

Dari hal-hal yang telah disebutkan diatas, pembahasan penelitian ini adalah pada komposisi bahan penyusun *paving block*, yaitu mengenai sifat-sifat dari bahan penyusun dan perbandingan dari bahan-bahannya. Karena pada cara pengadukan, penuangan dan cara pemadatan sama pada tiap sampel, sedangkan pada cara perawatan dan umur *paving block* juga dianggap sama yaitu dengan perawatan penyiraman secara periodik dan diuji pada umur *paving block* 7 hari dan 28 hari.

Hasil penelitian diatas memperlihatkan pengaruh penggantian semen dengan abu gergaji kayu terhadap perubahan kuat desak *paving block* pada proporsi tertentu pergantian sebagian semen dengan abu gergaji kayu menghasilkan kuat desak *paving block* yang lebih rendah dari pada *paving block* tanpa abu gergaji kayu. Hal ini

diakibatkan oleh komposisi variasi campuran bahan susun *paving block*, pembahasan terhadap hasil penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

6.2.1 Agregat halus dan kasar

Agregat halus merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran < 5 mm. Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam atau debu hasil dari pecahan batu yang dihasilkan alat pemecah batu. Walaupun sebagai pengisi, akan tetapi agregat menempati 70 % volume beton, oleh karena itu agregat merupakan komponen yang paling berpengaruh terhadap kekuatan dalam beton.

Agregat kasar merupakan kerikil dari desintegrasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah dengan ukuran 5 – 40 mm (Kusuma dan Vis,1993).

Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan sebagai berikut (Kardiyono,1992):

1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 – 2,7 gram/cm³, dimana agregat ini biasanya berasal dari basalt, granit, kuarsa dan sebagainya.

2. Agregat Berat

Agregat yang memiliki berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya magnetik, barit atau serbuk besi.

3. Agregat Ringan

Agregat yang memiliki berat jenis lebih kecil dari 2,0 gram/cm³, yang biasanya dibuat beton ringan.

a. Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*fineness modulus*) ialah suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus halus butir (MHB) ini didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregat.

Butir-butir agregat mempengaruhi kekuatan *paving block* karena makin besar modulus halus maka kebutuhan pasta semen akan semakin kecil. Pada umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8. Dari hasil pemeriksaan yang terlihat pada tabel 6.1 dibawah diperoleh modulus halus butir untuk agregat halus adalah 2,5. Hal ini disebabkan karena pada distribusi ukuran pasir di setiap ayakan pada saat penelitian. Jika semakin kecil ukuran ayakan, semakin banyak pasir yang tertahan pada setiap ayakannya, maka menghasilkan MHB yang kecil sehingga dapat dikatakan pasir halus. Demikian pula sebaliknya, jika semakin besar ukuran ayakan, semakin sedikit pasir yang tertahan pada setiap ayakannya, maka menghasilkan MHB yang besar. Dengan nilai MHB sebesar 2,5 maka banyak pasir yang tertahan pada ukuran ayakan pertengahan.

b. Berat jenis agregat

Berat jenis agregat ialah rasio antara masa padat dan masa air dengan volume dan suhu yang sama. Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya yaitu:

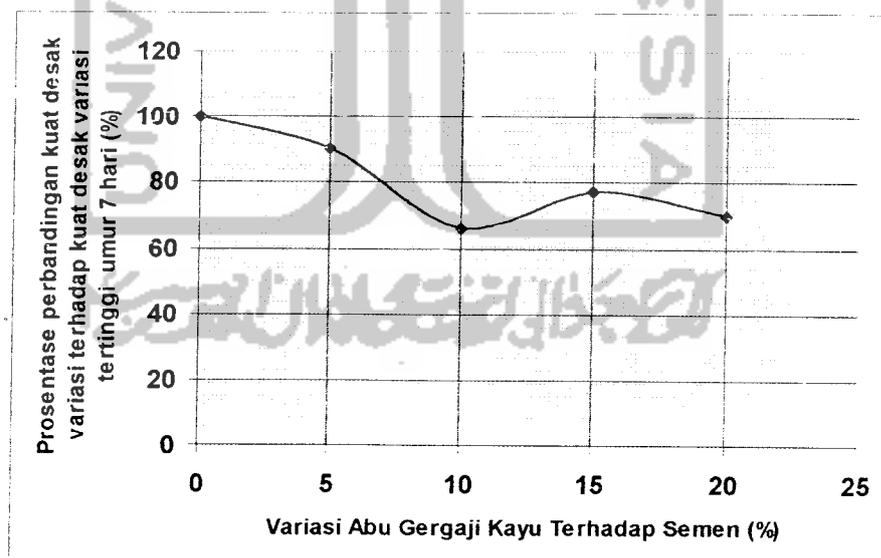
1. Agregat normal yaitu yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7.
2. Agregat berat mempunyai berat jenis lebih dari 2,7.
3. Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2,5.

Dari tabel 6.2. terlihat besarnya berat jenis agregat halus adalah 2,5 sehingga termasuk dalam agregat normal dan pada tabel 6.3 terlihat bahwa agregat kasar berat jenisnya adalah 2,59 sehingga termasuk juga dalam agregat normal.

6.2.2 Kuat Desak

a. kuat desak rata-rata *paving block* pada umur 7 hari

Pada gambar 6.4 dapat dilihat perbandingan kuat desak tiap variasi abu gergaji kayu dibagi kuat desak variasi abu gergaji tertinggi terhadap berbagai prosentase abu gergaji kayu terhadap semen pada umur 7 hari.



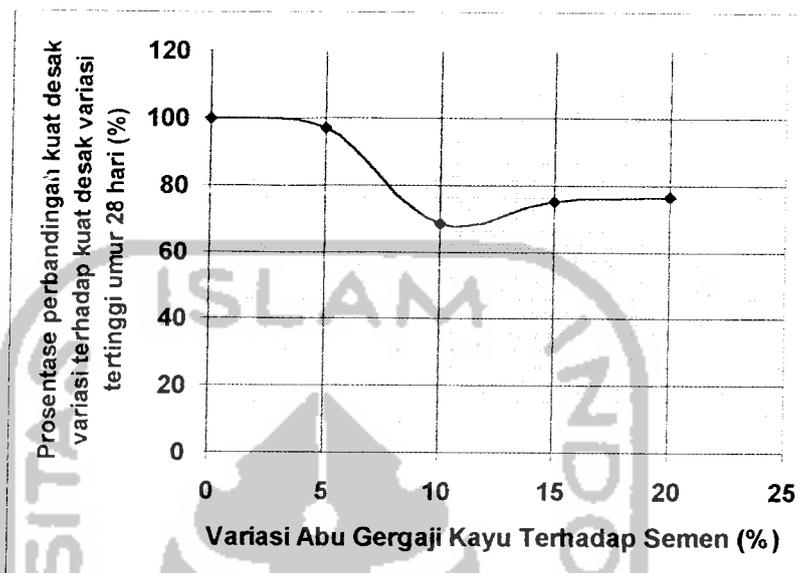
Gambar 6.4 Grafik kuat desak variasi dibagi kuat desak variasi tertinggi terhadap berbagai prosentase abu gergaji kayu dengan semen pada umur 7 hari.

Pengujian kuat desak *paving block* yang diberikan pada 5 variasi (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%) benda uji berumur 7 hari, diperoleh hasil kuat desak rata-rata tertinggi adalah pengganti semen sebesar 0% (tanpa abu gergaji kayu). Dari data yang tercantum pada tabel 6.1. dan gambar 6.2 menunjukkan bahwa nilai kuat desak rata-rata pada variasi 0% sebesar 186,178 kg/cm² adalah nilai kuat desak yang paling tinggi dibanding nilai kuat desak pada variasi 5%, 10%, 15% dan 20% yang masing-masing sebesar 168,665 kg/cm², 123,2816 kg/cm²; 143,4772 kg/cm²; dan 130,558 kg/cm². Bila dibandingkan dengan nilai kuat desak rata-rata yang terjadi pada variasi 0% adalah 100% maka kuat desak rata-rata yang terjadi pada variasi 5%, 10%, 15% dan 20% masing-masing adalah sebesar 90,59%; 66,22%; 77,06% dan 70,13%. Sehingga terjadi penurunan kuat desak *paving block* sebesar 9,41%; 33,78%; 22,94% dan 29,87%. Kecilnya penurunan pada variasi 5% menunjukkan bahwa prosentase abu gergaji kayu pada variasi tersebut sudah dapat mendekati kuat desak *paving block* tanpa abu gergaji kayu. Rendahnya nilai kuat rata-rata pada variasi 10%, 15% dan 20% disebabkan karena pada pengujian umur 7 hari ini penggunaan abu gergaji kayu sebanyak 10%, 15 % dan 20% sebagai pengganti sebagian dari semen, belum dapat bereaksi dengan kapur bebas hasil reaksi air dengan semen menjadi bahan ikat dan kurang rapat dalam mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat.

b. kuat desak rata-rata *paving block* pada umur 28 hari

Pada gambar 6.5 di bawah dapat dilihat perbandingan kuat desak tiap variasi abu gergaji kayu dibagi kuat desak variasi abu gergaji tertinggi

terhadap berbagai prosentase abu gergaji kayu terhadap semen pada umur 28 hari.



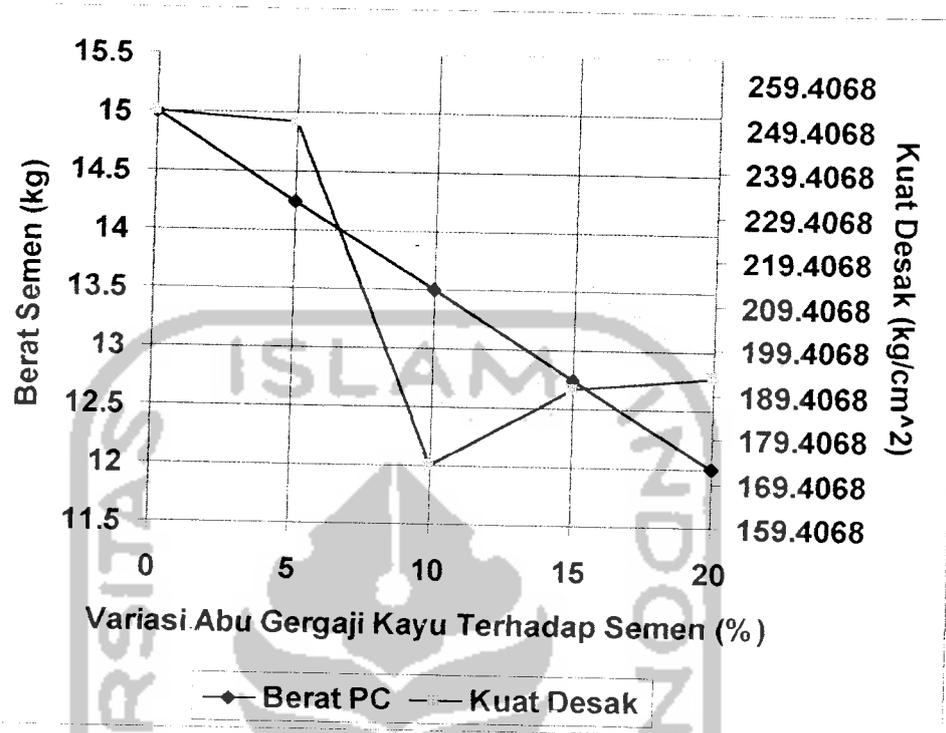
Gambar 6.5 Grafik kuat desak variasi dibagi kuat desak variasi tertinggi terhadap berbagai prosentase abu gergaji kayu dengan semen pada umur 28 hari.

Pengujian *paving block* yang diberikan pada semua benda uji (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%) pada umur 28 hari, diperoleh hasil kuat desak rata – rata tertinggi adalah pengganti semen sebesar 5% (dengan abu gergaji kayu). Sedangkan dari data yang ditunjukkan pada tabel 6.2 dan gambar 6.3 menunjukkan bahwa nilai kuat desak rata-rata pada variasi 0% sebesar $251,8498 \text{ kg/cm}^2$ adalah nilai kuat desak yang paling tinggi dibanding nilai kuat desak pada variasi 5%, 10%, 15% dan 20% yang masing-masing sebesar $249,5708 \text{ kg/cm}^2$; $172,627208 \text{ kg/cm}^2$; $190,025433 \text{ kg/cm}^2$ dan $192,896 \text{ kg/cm}^2$. Bila dibandingkan dengan nilai kuat desak rata-rata yang terjadi pada variasi 0% adalah 100% maka kuat desak rata-rata yang

terjadi pada variasi 5%, 10%, 15% dan 20% masing-masing adalah sebesar 99,10%; 68,54%; 75,45% dan 76,59%. Sehingga terjadi selisih penurunan kuat desak *paving block* dibandingkan dengan 0% sebesar 0,90%; 31,46%; 24,55% dan 23,41%. Prosentase penurunan yang tidak terlalu besar dibandingkan dengan pengujian umur 7 hari disebabkan umur 28 hari terjadi pengepresan dimana abu gergaji kayu yang telah menjadi perekat setelah bereaksi dengan kapur bebas sisa dari hidrasi semen mampu mengikat agregat dengan kuat dan sekaligus menjadi pengisi diantara rongga-rongga yang ada sehingga campuran menjadi lebih padat.

6.2.3 Perbandingan prosentase abu gergaji kayu terhadap berat semen dan terhadap kuat desak *paving block*

Dari perbandingan prosentase abu gergaji kayu terhadap berat semen dan terhadap kuat desak *paving block* dapat dilihat pada grafik berikut ini:



Gambar 6.6 Grafik perbandingan variasi abu gergaji kayu dan berat semen terhadap kuat desak.

Pada gambar 6.6 dapat dilihat bahwa kuat desak pada variasi 0 % sampai dengan 10% terjadi penurunan kuat desak 50,4 dan 76,9436 kg/cm², sedangkan mulai pada variasi 10% sampai dengan variasi 20% terjadi peningkatan kuat desak secara bertahap sebesar 17,3982 kg/cm² dan 2,8706. Kedua garis yang dihasilkan oleh grafik perbandingan variasi komposisi campuran terhadap berat semen dan grafik perbandingan variasi komposisi campuran terhadap kuat desak terjadi suatu titik potong 2 buah. Kedua garis itu bertemu titik potong pertama pada berat semen sebesar 14 kg; prosentase abu sebesar 6,7% dan kuat desak sebesar 225,627208 kg/cm², pada titik potong kedua terjadi pada berat semen

sebesar 12,68 kg; prosentase abu sebesar 15,4% dan kuat desaknya sebesar 189, 627208. Hal ini menunjukkan bahwa dengan mengurangi semen sebesar 6,7% menjadi 14 kg yang digantikan dengan abu gergaji kayu dapat menghasilkan kuat desak *paving block* sebesar 225,627208 kg/cm².

Bila dibandingkan dengan *paving block* tanpa abu gergaji kayu yang mempunyai kuat desak sebesar 251,8498 kg/cm² maka kuat desak *paving block* dengan abu gergaji kayu pengganti semen sebesar 6,7%, terjadi penurunan sebesar 26,222 kg/cm² dan penghematan semen sebanyak 1 kg. Demikian pula dengan kuat desaknya, lebih kecil dari *paving block* tanpa abu gergaji kayu sehingga dalam hal ini *paving block* dengan abu gergaji kayu kurang baik daripada *paving block* tanpa abu gergaji kayu.

6.2.4 Biaya

Dari hasil perhitungan tabel 6.6 didapat biaya pembuatan *paving block* untuk variasi 0% merupakan biaya termahal dibandingkan dengan biaya pembuatan *paving block* untuk variasi 5%, 10%, 15%, dan 20%. Dengan selisih biaya untuk setiap pembuatan dengan jumlah masing – masing variasi sebanyak 20 buah sebesar Rp.52,00; Rp.138,00; Rp. 225,00 dan Rp. 313,00. Hal ini disebabkan karena harga perkilogram untuk semen lebih mahal dibandingkan dengan harga per kilogram untuk abu gergaji kayu.