

# KAJIAN KUAT TEKAN BETON UMUR 90 HARI MENGGUNAKAN SEMEN PORTLAND DAN SEMEN PORTLAND POZOLAND

Oleh: F. Eddy Poerwodihardjo

## *Abstraksi*

*Bahan beton yang terdiri dari semen Portland, pasir, kerikil/batu pecah dan air banyak digunakan pada bidang konstruksi bangunan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sifat-sifat pasir sungai Serayu dan batu pecah sungai Logawa, juga untuk mengetahui perbandingan campuran yang tepat dalam pembuatan beton normal yang memiliki kuat tekan cukup tinggi.*

*Penelitian ini menggunakan semen Portland jenis I merk Gresik 50 kg/zak dan semen Portland Pozoland merk Gresik 40 kg/zak, pasir sungai Serayu, batu pecah sungai Logawa dengan ukuran maksimal 40 mm, dengan Fas 0,45, 0,50, 0,55, 0,60 dan nilai slump antara 5 – 15 cm.*

*Dari hasil pemeriksaan sifat-sifat pasir sungai Serayu diperoleh berat jenis 2,4937 gr/m<sup>3</sup>, kandungan lumpur 2,182%, daya serap air 5,5798%, modulus halus butir 3,224, menurut SK SNI T-15-1990-03 pasir masuk daerah II (pasir agak kasar) dan dapat dipakai sebagai bahan susun beton. Dari hasil pemeriksaan sifat-sifat batu pecah asal sungai Logawa diperoleh berat jenis 2,61198 gr/m<sup>3</sup>, daya serap air 3,5184%, modulus halus butir 7,176, ketahanan aus 25,8%, menurut SII 0052-80 batu pecah tersebut dapat untuk pembuatan beton dengan kuat tekan di atas 20 MPa. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi faktor air semen, maka kuat tekan beton semakin rendah. Beton umur 28 hari dengan semen Portland I (normal) memiliki kuat tekan yang lebih tinggi daripada kuat tekan beton dengan semen Portland Pozoland. Hasil uji kuat tekan beton antara 26,79 MPa – 49,54 MPa. Namun setelah umur 90 hari kuat tekan beton semen Portland pozoland melampaui kuat tekan beton semen Portland I antara 28,10 MPa – 49,90 MPa*

Kata Kunci: Sifat Agregat, Kuat Tekan 90 hari, Semen Pozoland

## I. PENDAHULUAN

Pemakaian beton yang terdiri dari semen Portland, pasir, kerikil/batu pecah, dan air sudah banyak digunakan pada dunia konstruksi. Dengan adanya otonomi daerah dewasa ini, pemanfaatan bahan bangunan lokal terus digali dan dikembangkan untuk pembangunan daerah setempat. Kabupaten Banyumas mempunyai potensi alam sungai Serayu yang menghasilkan pasir alam dan sungai Logawa yang menghasilkan batu alam. Kedua bahan tersebut sudah banyak dimanfaatkan penduduk sekitarnya untuk pembangunan rumah/gedung pada umumnya, dan untuk pembuatan beton pada khususnya, namun belum dilakukan kajian yang memadai sehingga kuat tekan beton yang dihasilkan masih di bawah 20 MPa, padahal syarat dari Departemen Pekerjaan Umum Kabupaten Banyumas kuat tekan beton untuk struktur minimal 20 MPa ( Mutu beton  $\geq$  K 225 ).

Penelitian dimaksudkan untuk mengetahui sifat-sifat pasir alam sungai Serayu yang secara umum berbutir agak halus dan batu pecah sungai Logawa, juga untuk mengetahui kuat tekan beton setelah umur 90 hari, dengan menggunakan semen Portland dan semen Portland

Pozoland, sehingga dapat dipakai sebagai acuan dalam pembuatan beton di daerah Purwokerto, Banyumas.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Bahan Beton

Penelitian ini menggunakan semen Portland Jenis I (Normal) merk Gresik (50 kg/zak) dan semen Portland Pozoland merk Gresik (40 kg/zak), pasir sungai Serayu dari desa Mertinggi, Kaliori, Banyumas diambil pada bulan April 2008, batu pecah mesin (*stone crusher*) asal sungai Logawa desa Pangebatan, Karanglewas, Purwokerto dengan butir maksimal 40 mm, air bersih dari Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto

### B. Alat

Alat-alat yang digunakan adalah ayakan, mesin getar ayakan, timbangan, gelas ukur, kerucut konic, jangka sorong, oven, piknometer, mesin aduk beton, cetok dan talam, kerucut Abrams, cetakan kubus 15x15x15 cm<sup>3</sup> dan silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm, pemadat, bak air.

### C. Pelaksanaan Penelitian

1. **Tahap persiapan** ini disiapkan bahan pasir, batu pecah, semen dan air. Juga disiapkan alat untuk pengujian bahan, pembuatan dan pengujian benda uji.
2. **Pemeriksaan bahan** pasir terdiri dari kandungan lumpur dan zat organis, berat jenis, daya serap air, gradasi dan berat satuan. Pemeriksaan batu pecah terdiri dari berat jenis, berat satuan, daya serap air, dan keausan. Pemeriksaan semen dengan pengamatan visual. Air tidak perlu diperiksa karena diambil dari saluran air bersih kampus Universitas Wijayakusuma.
3. **Perancangan agregat campuran** dilakukan untuk menentukan gradasi agregat campuran sehingga didapat perbandingan berat antara pasir dan batu pecah yang memenuhi syarat SK SNI T-15-1990-03.
4. **Perancangan adukan beton** dengan cara campuran di laboratorium yang merupakan kombinasi antara cara Road Note No. 4 dan cara coba-coba (Tjokrodinuljo, 1989) yang berdasarkan: fas 0,45; 0,5; 0,55; 0,60, nilai slump 5 – 7 cm, 9 – 11 cm, 13 – 15 cm. Jumlah 24 adukan yang terdiri dari 8 benda uji kubus. Variasi campuran dan jumlah benda uji pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Variasi Campuran Beton dengan Semen Portland I

Nilai Slump \ f.a.s	0,45	0,50	0,55	0,6	Jumlah Benda Uji
5 – 7 cm	8 bh	8 bh	8 bh	8 bh	32 bh
9 – 11 cm	8 bh	8 bh	8 bh	8 bh	32 bh
13 – 15 cm	8 bh	8 bh	8 bh	8 bh	32 bh
					96 bh

Tabel 2.2. Variasi Campuran Beton dengan Semen Portland Pozoland

Nilai Slump \ f.a.s	0,45	0,50	0,55	0,6	Jumlah Benda Uji
5 – 7 cm	8 bh	8 bh	8 bh	8 bh	32 bh
9 – 11 cm	8 bh	8 bh	8 bh	8 bh	32 bh
13 – 15 cm	8 bh	8 bh	8 bh	8 bh	32 bh
					96 bh

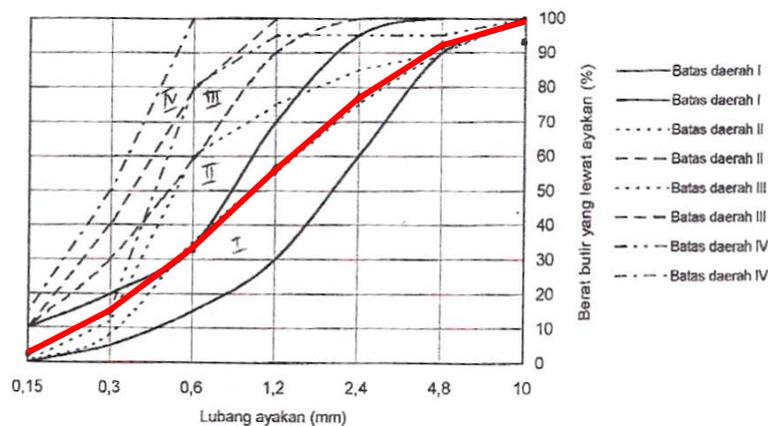
5. **Pengadukan beton** dilakukan dengan mesin pengaduk beton. Setelah campuran kelihatan homogen dan nilai slump sesuai dengan rencana, pengadukan dihentikan, dan dibuat / dicetak benda uji beton.

6. **Pengujian kuat tekan beton** dilakukan saat beton berumur 28 hari dan setelah umur 90 hari, dengan mesin uji tekan beton.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

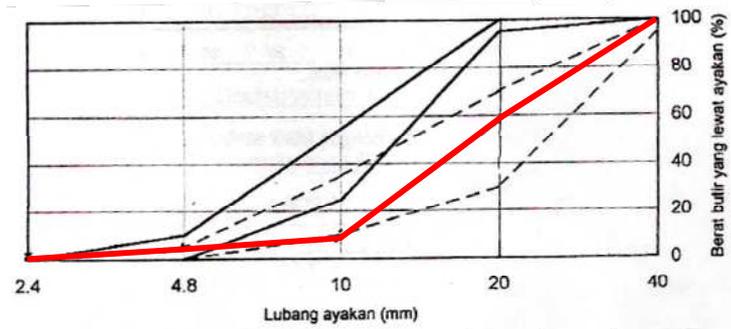
#### A. Sifat-sifat Agregat

1. **Agregat halus (pasir)** didapatkan berat jenis 2,4937, kandungan Lumpur dalam pasir sebesar 2,182%, daya serap air pasir 5,798%, berat satuan pasir 1,55 gram/cm<sup>3</sup>, gradasi pasir menghasilkan modulus halus butir (mhb) pasir sebesar 3,224. Menurut SK SNI T-15-1990-03 pasir masuk dalam daerah II atau termasuk jenis pasir agak kasar.



Gambar 3.1. Gradasi Pasir yang Dipakai pada Batas-batas Daerah II

2. **Agregat kasar (batu pecah)** didapatkan berat jenis batu pecah 2,61198, daya serap air 3,5184%, berat satuan 1,45 gram/cm<sup>3</sup>, ketahanan aus dengan mesin Los Angeles sebesar 25,8%. Batu pecah ini dapat digunakan sebagai bahan susun beton kelas III (kuat tekan beton >20 MPa), gradasi batu pecah menghasilkan modulus kehalusan sebesar 7,176



Gambar 3.2. Gradasi Batu Pecah dengan Butir Maksimum 40 mm

3. **Gradasi agregat campuran** yang dipakai terletak diantara kurva 2 dan kurva 3 untuk agregat campuran dengan butiran maksimum 40 mm menurut SK SNI T-15-1990-03. Nilai modulus halus butiran (mhb) campuran tersebut sebesar 5,6 dan perbandingan berat antara pasir dan batu pecah adalah 40% : 60%.

Dari hasil pemeriksaan gradasi pasir diketahui modulus halus pasir = 3,224

Dari hasil pemeriksaan gradasi kerikil diketahui modulus halus kerikil = 7,176

Bila diinginkan modulus halus butir campurannya 5,6 maka dapat dihitung :

$$W = \frac{7,176 - 5,60}{5,60 - 3,224} = 66,33$$

Berat pasir terhadap kerikil sebesar 66,33% atau dapat dikatakan perbandingan antara berat pasir dan kerikil sebesar 66,3 : 100 atau 39,87 : 60,13

Dibulatkan menjadi 40% berat pasir : 60% berat kerikil

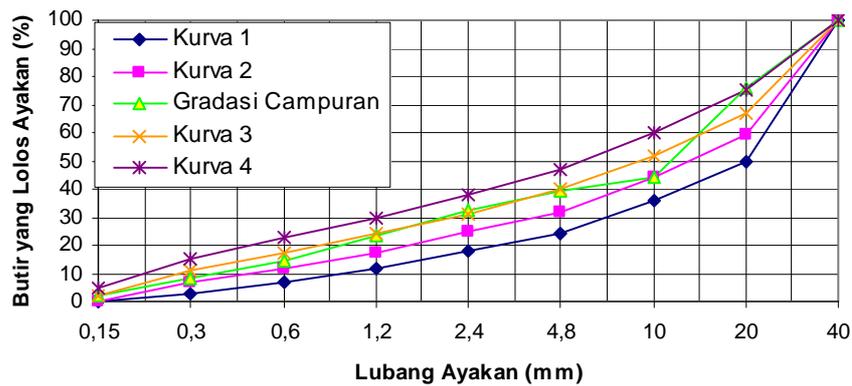
Selanjutnya dilakukan hitungan perbandingan campuran sebagai berikut :

Tabel 3.1. Gradasi Campuran Pasir dan Kerikil

Ayakan (mm)	Persen Butir yang Lewat		(2) x 40%	(3) x 60%	(4) + (5)
	Pasir (%)	Kerikil (%)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
40	100	100	40	60	100
20	100	59,221	40	35,533	75,533
10	100	7,446	40	4,468	44,168

4,8	92,45	3,322	36,98	1,993	38,973
2,4	77,59	2,472	31,036	1,483	32,519
1,2	55,7	2,472	22,28	1,483	23,763
0,6	32,64	2,472	13,056	1,483	14,539
0,3	17,62	2,472	7,048	1,483	8,531
0,15	1,63	2,472	0,652	1,483	2,135

dan gambar gradasi campurannya dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Gradasi Agregat Campuran dengan Butir Maksimum 40 mm

## B. Nilai Slump Adukan Beton

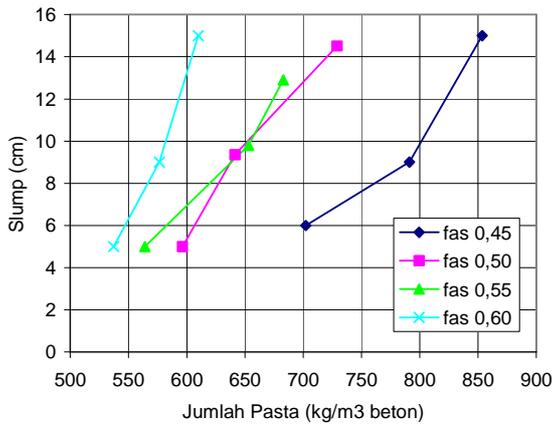
Nilai slump dengan batas 5-7 cm mewakili kondisi adukan beton yang kental, 9-11 cm adukan beton pada daerah peralihan kental ke cair, dan 13-15 cm adukan beton yang cair.

Tabel 3.2. Nilai Slump, fas dan Jumlah Pasta untuk Semen Portland I

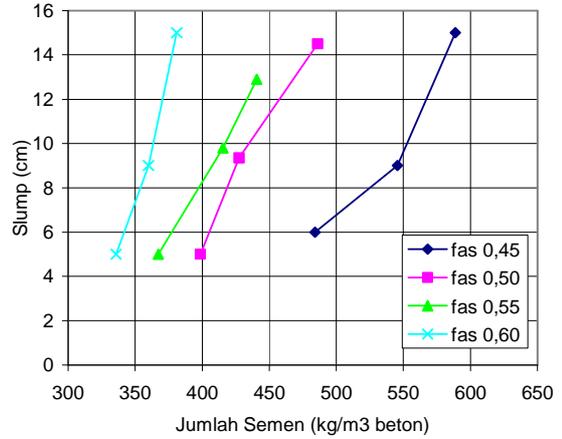
Fas	Slump (cm)	Jumlah pasta (kg)
0,45	6	702,18
	9	791,18
	15	853,67
0,50	5	596,4
	9,35	641,45
	14,5	729,12
0,55	5	564,15
	9,8	652,94
	12,9	682,8
0,60	5	537,12
	9	576,44
	15	609,79

Tabel 3.3. Nilai Slump, fas dan Jumlah Pasta untuk Semen Portland Pozoland

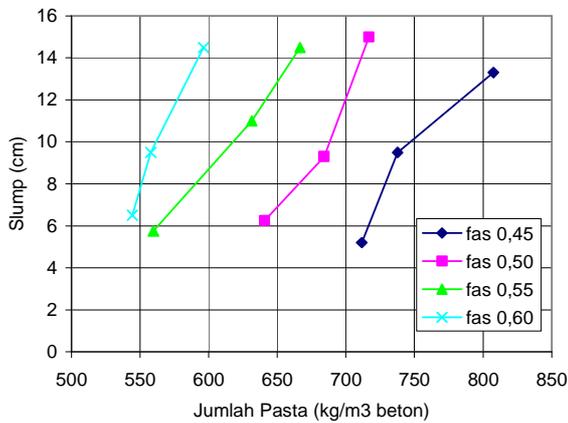
fas	Slump (cm)	Jumlah pasta (kg)
0,45	5,2	711,56
	9,5	737,76
	13,3	807,47
0,50	6,25	640,79
	9,3	684,12
	15	716,73
0,55	5,75	559,71
	11	631,53
	14,5	666,74
0,60	6,5	544,27
	9,5	557,87
	14,5	596,32



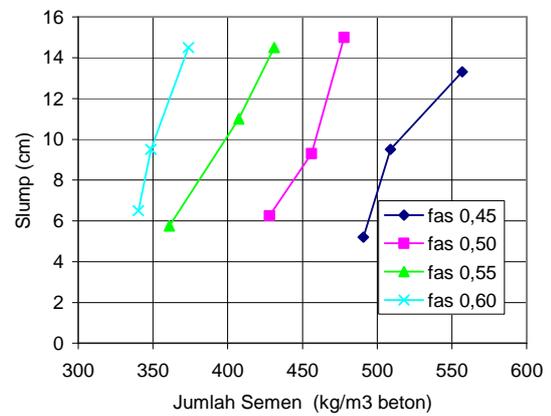
Gambar 3.4.a. Hubungan Jumlah Pasta, fas dan Nilai Slump untuk Semen Portland I



Gambar 3.4.b. Hubungan Jumlah Semen, fas dan Nilai Slump untuk Semen Portland I

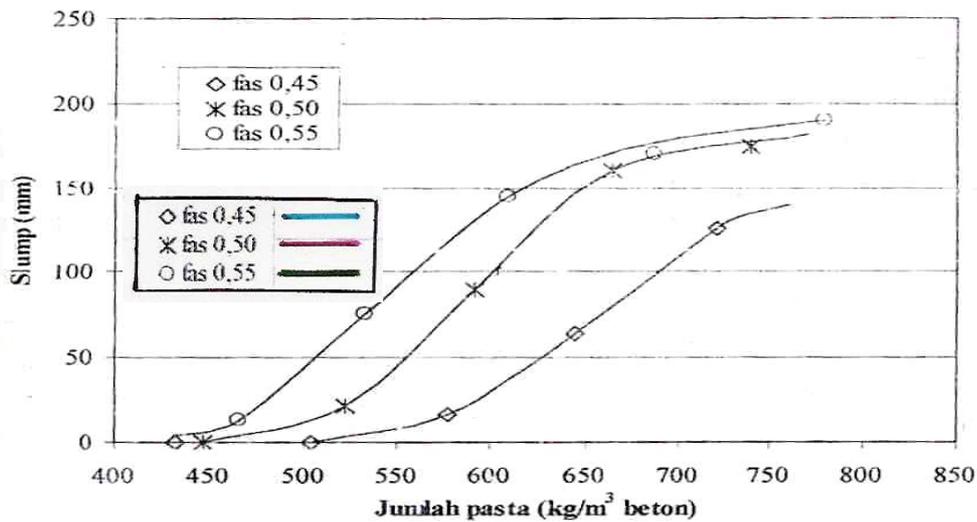


Gambar 3.4.c. Hubungan Jumlah Pasta, fas dan Nilai Slump untuk Semen Portland Pozoland



Gambar 3.4.d. Hubungan Jumlah Semen, fas dan Nilai Slump untuk Semen Portland Pozoland

Pada fas yang sama, makin banyak jumlah pasta semen/jumlah semen maka makin tinggi pula nilai slumpnya, karena makin banyak pasta semen/jumlah semen yang digunakan semakin tebal lapisan pasta pada permukaan butir agregat, sehingga gesekan antar permukaan butir agregat berkurang dan nilai slump makin tinggi. Sedangkan pada jumlah pasta semen/jumlah semen yang tetap, makin tinggi fas makin tinggi pula nilai slumpnya, karena makin tinggi fas, berarti bertambahnya air dan berkurangnya semen, mengakibatkan pasta yang menyelimuti butiran agregat menjadi semakin encer sehingga kohesi pasta rendah yang berakibat naiknya kinerja pasta sebagai pelumas sehingga penggelinciran antar butir agregat semakin mudah terjadi dan naiknya slump adukan beton (Ambrose dalam Tjokrodinuljo, 1998).



Gambar 3.5. Hubungan antara Jumlah Pasta, fas dan Nilai Slump Dibandingkan dengan Sri Budi Wahyono, 2000

Untuk memperoleh nilai slump yang sama, pada penelitian ini diperlukan jumlah pasta semen yang lebih banyak, karena sifat pasir sungai Serayu yang memiliki berat jenis lebih ringan dan daya serap air yang lebih besar dibandingkan dengan pasir Merapi. Pada pelaksanaan pembuatan benda uji adukan beton sangat kenyal dan agak lengket.

### C. Pemakaian Bahan Tiap 1 m<sup>3</sup> Beton

Pemakaian bahan sebenarnya tiap 1 m<sup>3</sup> beton pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.4. Kebutuhan Bahan Susun Beton Tiap 1 m<sup>3</sup> Beton dengan Semen Portland I

f.a.s	Slump (cm)	Berat Pasir (Kg)	Berat Batu Pecah (Kg)	Berat Semen (Kg)	Berat Air (Kg)	Bj Beton (Kg/m <sup>3</sup> )
0,45	6	624,11	936,17	484,25	217,93	2262,5
	9	610,76	892,56	545,64	245,54	2294,5
	15	580,53	870,79	588,74	264,93	2305
0,50	5	676,03	1015,55	398,7	197,7	2288
	9,35	658,56	987,98	427,63	213,82	2288
	14,5	624,55	936,82	486,18	242,94	7290,5
0,55	5	686,54	1029,81	367,15	197	2280,5
	9,8	677,04	982,76	415,54	237,4	2312,5
	12,9	655,07	981,13	440,63	242,17	2319
0,60	5	704,98	1052,89	335,7	201,42	2295
	9	692,82	1022,73	359,9	216,54	2292
	15	665,5	999,71	381,12	228,67	2275

Tabel 3.5. Kebutuhan Bahan Susun Beton  
Tiap 1m<sup>3</sup> Beton dengan Semen Portland Pozoland

f.a.s	Slump (cm)	Berat Pasir (Kg)	Berat Batu Pecah (Kg)	Berat Semen (Kg)	Berat Air (Kg)	Bj Beton (Kg/m <sup>3</sup> )
0,45	5,2	651,58	977,37	490,76	220,8	2340,5
	9,5	619,5	932,06	508,83	228,93	2286,5
	13,3	605,42	908,12	556,87	250,6	2321
0,50	6,25	679,45	1020,69	427,9	212,89	2342
	9,3	665,63	974,75	456,08	228,04	2324,5
	15	631,3	946,96	477,82	238,91	2295
0,55	5,75	692,11	1038,17	361,1	198,61	2290
	11	663,84	995,62	407,44	224,09	2291
	14,5	640,88	959,88	431,08	235,66	2267,5
0,60	6,5	714,35	1066,88	340,17	204,1	2325,5
	9,5	688,24	1033,88	348,67	209,2	2280
	14,5	685,41	1023,66	373,79	222,53	2302,5

#### D. Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton pada Tabel 3.7, dan Tabel 3.8 dimana kuat tekan tertinggi untuk kedua jenis semen dicapai pada fas yang terkecil.

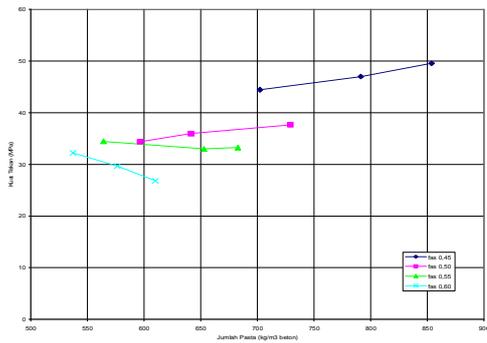
Tabel 3.7. Hasil Uji Kuat Tekan Beton untuk Semen Portland I

Kode	f.a.s	Slump (cm)	Berat semen (Kg)	Berat air (Kg)	Kuat tekan 28 hari (MPa)	Kuat tekan 90 hari (MPa)
SPL	0,45	6	484,25	217,93	44,42	45,24
		9	545,64	245,54	46,97	47,25
		15	588,74	264,93	49,54	49,77
	0,50	5	398,7	197,7	34,35	35,12
		9,35	427,63	213,82	35,95	36,55
		14,5	486,18	242,94	37,64	37,22
	0,55	5	367,15	197	34,45	34,95
		9,8	415,54	237,4	32,97	33,75
		12,9	440,63	242,17	33,25	34,05
	0,60	5	335,7	201,42	32,20	33,50
		9	359,9	216,54	29,64	30,75
		15	381,12	228,67	26,79	28,10

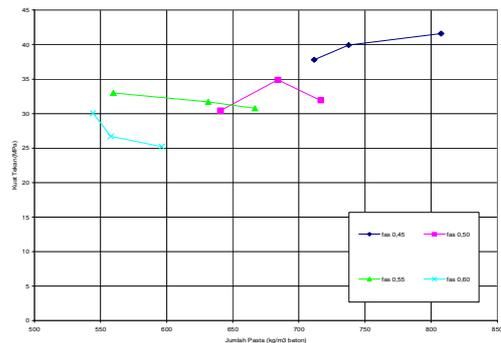
Tabel 3.8. Hasil Uji Kuat Tekan Beton untuk Semen Portland Pozoland

Kode	f.a.s	Slump (cm)	Berat semen (Kg)	Berat air (Kg)	Kuat tekan 28 hari (MPa)	Kuat tekan 90 hari (MPa)
PPC	0,45	5,2	490,760	220,800	37,82	45,10
		9,5	508,830	228,930	39,93	47,29
		13,3	556,870	250,600	41,61	49,90
	0,50	6,25	427,900	212,890	30,43	35,32
		9,3	456,080	228,040	34,88	36,85
		15	477,820	238,910	30,91	38,50
	0,55	5,75	361,100	198,610	32,98	34,65
		11	407,440	224,090	31,70	34,00
		14,5	431,080	235,660	30,77	34,10
	0,60	6,5	340,170	204,100	30,06	33,22
		9,5	348,670	209,200	26,71	30,10
		14,5	373,790	222,530	25,21	28,10

Hubungan antara kuat tekan beton, fas dan jumlah pasta, dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7.



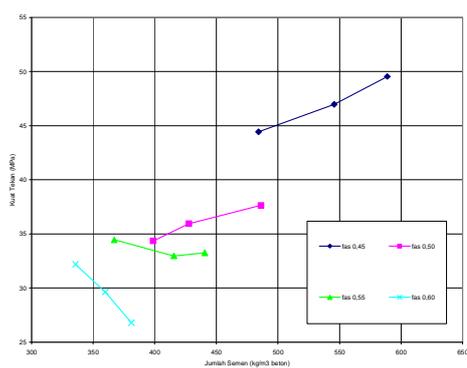
Gambar 3.6. Hubungan Jumlah Pasta, fas dan Kuat Tekan untuk Semen Portland I



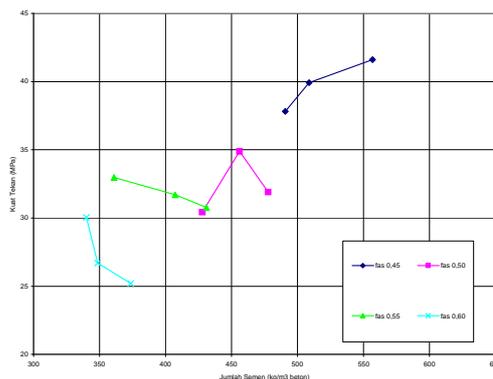
Gambar 3.7. Hubungan Jumlah Pasta, fas dan Kuat Tekan untuk Semen Portland Pozoland

Pada fas yang sama, kuat tekan beton bertambah tinggi seiring dengan kenaikan jumlah pasta, sampai suatu jumlah pasta optimum mencapai kuat tekan maksimum. Pada jumlah pasta sedikit, kuat tekan beton rendah karena pasta semen tidak cukup mengisi rongga antar butir agregat dan tidak dapat merekatkan butir agregat tersebut. Pada jumlah pasta yang berlebihan, kuat tekan beton turun karena jumlah pasta yang terlalu banyak mengakibatkan banyak pori dalam beton, juga kuat tekan pasta lebih rendah daripada agregatnya.

Pada jumlah pasta yang tetap, semakin tinggi fas maka kuat tekan beton semakin rendah karena fas tinggi berarti bertambahnya air dan berkurangnya semen mengakibatkan jarak butir semen jauh, daya rekat antar butir agregat lemah, kuat tekan beton rendah. Hubungan antara kuat tekan beton, fas dan jumlah semen pada Gambar 3.8.a dan Gambar 3.8.b.

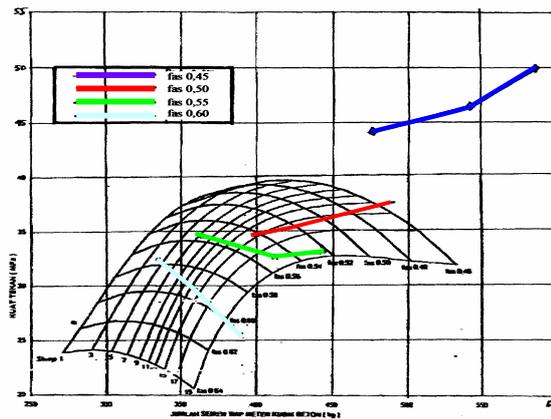


Gambar 3.8.a. Hubungan antara Kuat Tekan Beton, fas dan Jumlah Semen Untuk Semen Portland I



Gambar 3.8.b. Hubungan antara Kuat Tekan Beton, fas dan Jumlah Semen untuk Semen Portland Pozoland

Penambahan jumlah semen tidak selalu meningkatkan kuat tekan beton. Pada fas 0,45 dan 0,50 beton dengan semen Portland I berpola semakin banyak jumlah semen, kuat tekan beton semakin tinggi, tetapi pada fas 0,55 dan 0,60 semakin banyak jumlah semen, kuat tekannya justru semakin rendah. Beton dengan semen Portland Pozoland hanya pada fas 0,45 saja yang menunjukkan peningkatan kuat tekan terhadap penambahan jumlah semen, sedangkan pada fas 0,50; 0,55 dan 0,60 kuat tekan menjadi lebih rendah.



Gambar 3.9. Hubungan antara Jumlah Semen, Nilai Slump dan Kuat Tekan Dibandingkan dengan Yolanda, 2003

Peningkatan mutu beton dengan semen Portland Jenis I setelah umur 90 hari relatif kecil atau sama dengan mutu beton pada umur 28 hari. Sedangkan mutu beton yang menggunakan semen Portland Pozoland hasil uji umur 90 hari terlihat kenaikan kuat tekan beton yang cukup tinggi dibandingkan dengan beton umur 28 hari. Untuk memperoleh kuat tekan beton mutu diatas K 225, pada penelitian ini diperlukan jumlah semen yang lebih banyak karena sifat agregat batu pecah sungai Logawa yang memiliki daya serap air lebih besar dan ketahanan aus yang lebih kecil dari pada batu pecah asal Clereng. Disebabkan pula oleh sifat pasir Sungai Serayu yang memiliki berat jenis lebih ringan dan daya serap air yang lebih besar dibandingkan dengan pasir Merapi.

## BAB IV

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

1. Pasir alam dari sungai Serayu dan batu pecah dari sungai Logawa di daerah Purwokerto, Banyumas layak dipakai untuk pembuatan beton normal kuat tekan 20 MPa – 25 MPa

dengan pengawasan mutu bahan yang baik dan pelaksanaan di lapangan yang di kontrol secara ketat.

2. Semakin besar nilai fas semakin rendah kuat tekan betonnya.
3. Pada umur 28 hari, beton dengan semen Portland I memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dari pada kuat tekan beton dengan semen Portland Pozoland, sehingga untuk struktur bangunan/gedung atau jembatan yang tidak terendam air, penggunaan semen Portland I lebih tepat karena cepat mencapai kuat tekan yang disyaratkan.
4. Setelah umur 90 hari kuat tekan beton dengan menggunakan semen Portland Pozoland mengalami peningkatan cukup tinggi mendekati kuat tekan beton umur 28 hari semen Portland, bahkan pada fas 0,45 dan 0,5 dapat melampaui kuat tekan beton semen Portland umur 90 hari.
5. Penggunaan semen Portland Pozoland lebih tepat untuk bangunan air seperti bendung, dam, talang air dan struktur beton yang terendam air. Karena kuat tekan beton bertambah tinggi seiring bertambahnya umur beton setelah 28 hari.
6. Semakin besar nilai slump pada fas yang sama mengakibatkan bertambahnya jumlah semen dan air, tetapi tidak banyak berpengaruh pada kenaikan kuat tekan beton. Nilai slump hanya berpengaruh besar terhadap tingkat kemudahan pengerjaan beton di lapangan.

### **B.Saran**

1. Untuk mendapatkan kuat tekan beton yang baik harus memperhatikan persyaratan-persyaratan yang telah ditetapkan oleh SK SNI dan ketelitian dalam perancangan dan pengadukan beton.
2. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan butir maksimum agregat yang lebih kecil dan gradasi agregat campuran yang lebih baik serta penambahan plastisizer agar beton memiliki kuat tekan tinggi diatas 30 MPa.
3. Pengujian pasir sungai Serayu lebih mendalam tentang zat-zat mineral pembentuk pasir secara kimia maupun senyawa organik.
4. Untuk konstruksi bangunan terendam air lebih baik menggunakan semen Portland Pozoland, sedangkan untuk konstruksi gedung/jembatan yang tidak berhubungan dengan air lebih tepat menggunakan semen Portland.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1990, *Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air*, (SK SNI S-36-1990-03), DPU Yayasan LPMB, Bandung.
- Anonim, 1990, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, (SK SNI T-15-1990-03), DPU Yayasan LPMB, Bandung.
- Gambhir, M.L. 1986, *Concrete Technology*, Tata Mc. Graw Hill Publishing Company limited, New Delhi.
- Neville, A.M. and Brooks, J.J., 1987, *Concrete Technology* John Willey & Sons, New York.
- Nurngajiyana, 2000, *Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kekedapan dan Kuat Tekan Beton dengan Semen Portland Normal dan Semen Portland Pozolan*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nur, J., 2004, *Kajian Kuat Tekan dan Kekedapan Air pada Beton dengan Semen Portland Pozolan dan Semen Portland Normal*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1998, *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekentalan Adukan Beton*, Media Teknik No.1/XX/1998, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 2004, *Teknologi Beton*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wahyono, S.B., 2000, *Pengaruh Faktor Air Semen dan Jumlah Pasta terhadap Keleccakan Adukan dan Kuat Tekan Beton dengan Agregat Kasar Batu Pecah asal Clereng ukuran Maksimum 40mm*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yolanda, A., 2003, *Pengaruh Jumlah Semen dan Faktor Air Semen Terhadap Nilai Slump dan Kuat Tekan Pada Beton dengan Agregat Batu Pecah*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.