

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan penyusun beton yang telah dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan dan Konstruksi, Teknik Sipil UMY meliputi: pemeriksaan gradasi; kadar air; berat jenis dan penyerapan air; berat satuan; kadar lumpur; dan keausan. Adapun hasil pemeriksaannya sebagai berikut:

1. Pemeriksaan Agregat Halus

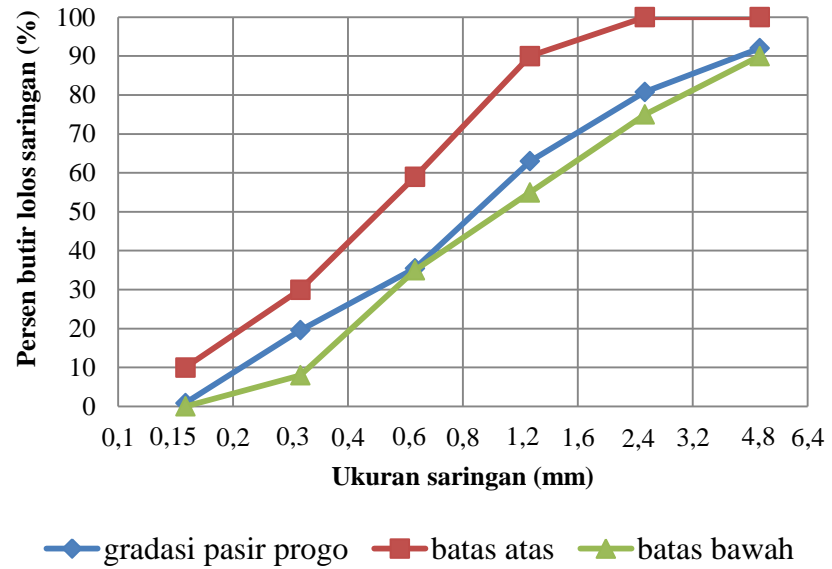
Hasil pemeriksaan agregat halus (pasir) yang berasal dari empat lokasi yang berbeda di daerah Yogyakarta yakni pasir Progo, pasir Merapi, pasir Pantai Depok, dan pasir Besi Kulon Progo terangkum pada Tabel 5.1 sedangkan untuk grafik pengujian gradasi agregat halus terdapat pada Gambar 5.1, Gambar 5.2, Gambar 5.3, dan Gambar 5.4.

Tabel 5.1 Hasil pengujian gradasi, kadar air, berat jenis dan penyerapan air, berat satuan, dan kadar lumpur

No	Pengujian bahan	Pasir progo	Pasir merapi	Pasir pantai depok	Pasir besi
	Asal pasir				
1	Gradasi	Zona 2	Zona 2	Zona 4	Zona 4
2	Modulus Halus Butir	3,08	3,06	1,73	1,65
3	Kadar air	0,30%	0,20%	0,20%	0,30%
4	Berat jenis	2,66	2,42	2,69	3,09
5	Penyerapan air	0,81%	0,4%	1,01%	1,42%
6	Berat satuan	1,61 gr/cm ³	1,59 gr/cm ³	1,68 gr/cm ³	2 gr/cm ³
7	Kadar lumpur	2,20%	9,10%	0,50%	1,30%

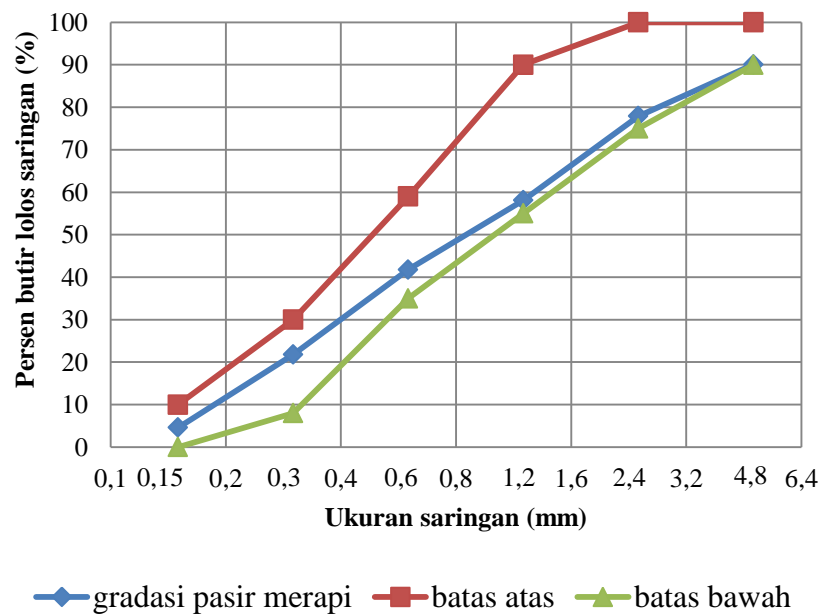
Sumber: Hasil pengujian Laboratorium Teknik Sipil UMY

a. Pasir Progo



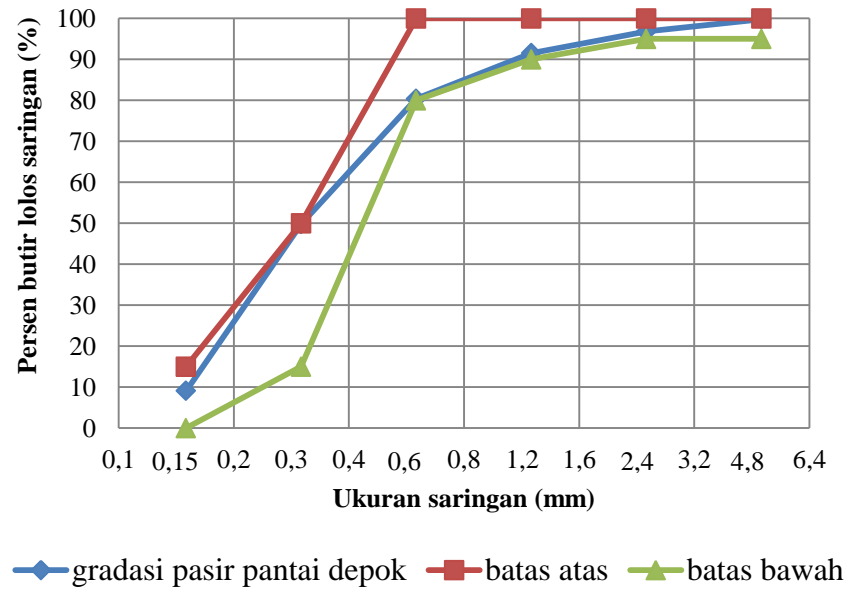
Gambar 5.1 Gradasi Pasir Progo

b. Pasir Merapi



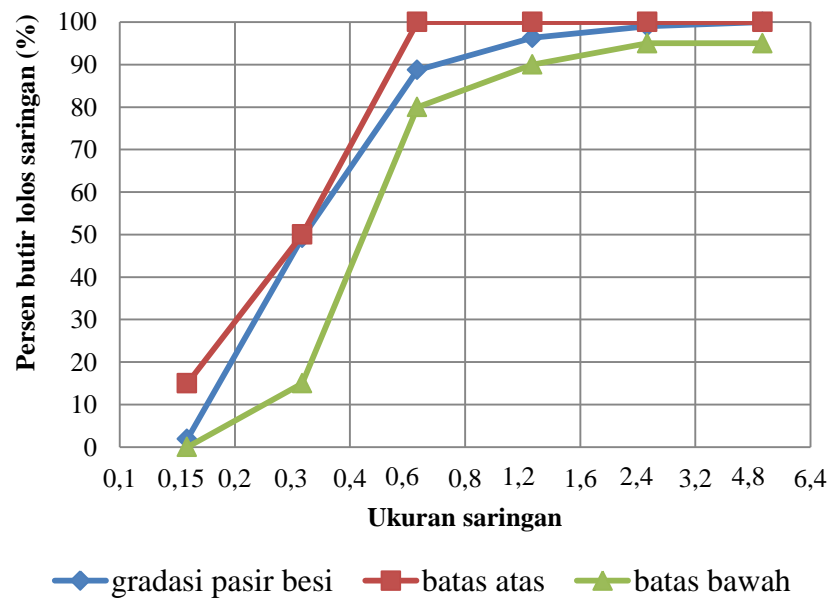
Gambar 5.2 Gradasi Pasir Merapi

c. Pasir Pantai Depok



Gambar 5.3 Gradasi Pasir Pantai Depok

d. Pasir Besi



Gambar 5.4 Gradasi Pasir Besi

2. Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada pembuatan benda uji yakni agregat kasar yang berasal dari Clereng, lolos saringan 20 mm dan tertahan pada saringan 4,75 mm sedangkan untuk pengujian kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat satuan, kadar lumpur, dan keausan agregat terdapat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil pengujian kadar air, berat jenis dan penyerapan air, berat satuan, kadar lumpur, dan keausan

No	Pengujian bahan Asal kerikil	Kerikil clereng
1	Kadar air	0,15%
2	Berat jenis	2,87
3	Penyerapan air	2,50%
4	Berat satuan	1,55 gr/cm ³
5	Kadar lumpur	1,555%
6	keausan	21,36%

Sumber : Hasil pengujian Laboratorium Teknik Sipil UMY

B. Pembahasan Pemeriksaan Bahan

1. Agregat Halus

a. Gradasi Agregat halus

Pemeriksaan gradasi agregat halus dari empat wilayah berbeda di Yogyakarta diperoleh dua data yakni daerah gradasi dan modulus halus butir. Adapun perbandingannya sebagai berikut.

- 1) Dari pemeriksaan gradasi agregat, pasir Progo termasuk dalam daerah gradasi no.2 dengan modulus halus butir sebesar 3,08. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

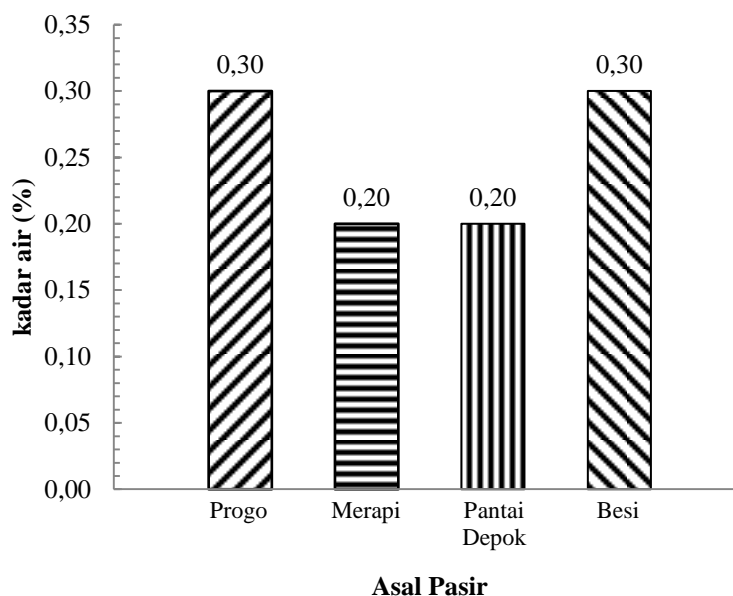
- 2) Dari pemeriksaan gradasi agregat, pasir Merapi termasuk dalam daerah gradasi no.2 dengan modulus halus butir sebesar 3,06. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.
- 3) Dari pemeriksaan gradasi agregat, pasir Pantai Depok termasuk dalam daerah gradasi no.4 dengan modulus halus butir sebesar 1,73. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.
- 4) Dari pemeriksaan gradasi agregat, pasir besi termasuk dalam daerah gradasi no.4 dengan modulus halus butir sebesar 1,65. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Hasil pengujian gradasi menunjukkan bahwa pasir Progo dan pasir Merapi berada pada daerah gradasi No.2 yakni butir-butir agregat agak kasar dengan persen lolos saringan ukuran 0,3 mm sebesar 20% dan berada pada rentang batas bawah dan batas atas (8% - 30%) sedangkan untuk pasir Pantai Depok dan pasir Besi termasuk pada daerah gradasi No.4 dimana butir-butir agregatnya halus dengan persen lolos saringan ukuran 0,3 mm sebesar 49% dan berada pada rentang batas bawah dan batas atas (15% - 50%).

Menurut Tjokrodimuljo (2010) menyatakan bahwa “Pada umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8”. Dari hasil perhitungan modulus halus butir, bahwa keempat jenis pasir yang diuji sudah memenuhi syarat dimana nilai modulus halus butir terendah sebesar 1,65 dan yang tertinggi sebesar 3,08.

b. Kadar Air

Kandungan air pada tingkat 1 sebesar 0% sedangkan untuk tingkat 3 berkisar antara 1% – 3% (Tjokrodimuljo, 2010). Hasil pengujian kadar air agregat halus (pasir) terdapat pada Gambar 5.5.



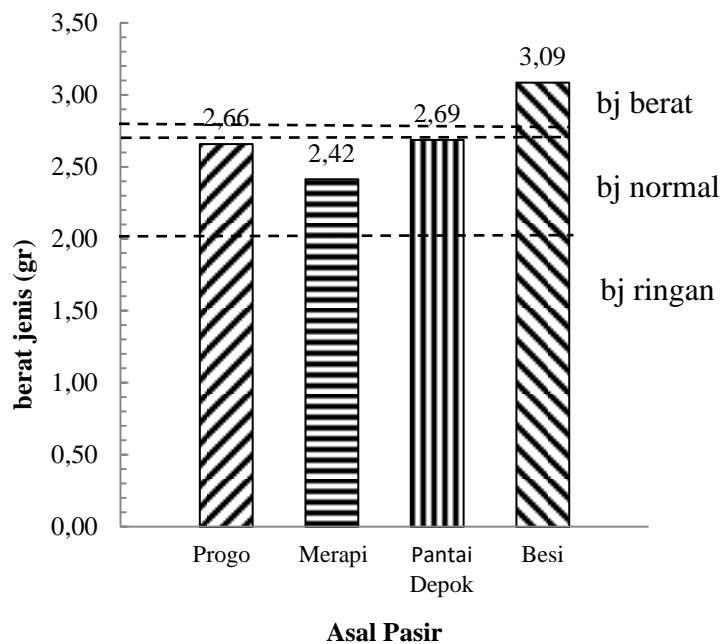
Gambar 5.5 Grafik Kadar Air

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa pasir Progo dan pasir Besi memiliki kadar air yang sama sebesar 0,30% sedangkan untuk pasir Merapi dan pasir Pantai Depok memiliki kadar air sebesar 0,20%.

Berdasarkan Gambar 5.5 dapat ditarik kesimpulan bahwa keempat jenis pasir yang diuji termasuk pada kandungan airnya di tingkat 2 (Tjokrodimuljo, 2010), yakni butir-butir agregat mengandung sedikit air (tidak penuh) di dalam porinya dan permukaan butirannya kering atau di sebut juga dengan kondisi agregat kering udara. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5, Lampiran 6, Lampiran 7, dan Lampiran 8.

Dalam tahap hitungan kebutuhan air pada adukan beton, biasanya agregat halus dianggap dalam keadaan jenuh kering muka, sehingga jika keadaan dilapangan kering udara maka adukan beton akan menyerap air, namun jika agregat halus dalam keadaan basah maka akan berpengaruh terhadap peningkatan volume air dalam adukan beton sehingga membuat adukan lebih encer dan memberi berpengaruh terhadap mutu beton.

c. Berat Jenis

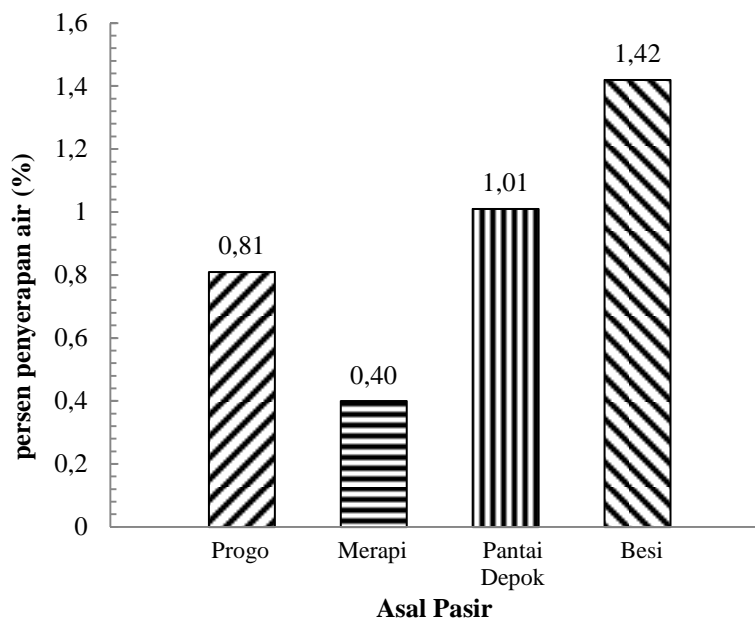


Gambar 5.6 Grafik Berat Jenis Pasir

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat disimpulkan bahwa pasir Progo, pasir Merapi, dan pasir Pantai Depok termasuk dalam kategori berat jenis normal, yakni menurut Tjokrodimuljo (2010) berat jenis agregat normal berada pada rentang 2,5 - 2,7 dan ketiga jenis pasir tersebut berada pada rentang yang telah disyaratkan sedangkan pasir Besi termasuk dalam kategori berat jenis berat (lebih dari 2,8) karena melebihi batas berat jenis normal yang telah disyaratkan.

Perbedaan yang terdapat pada pasir Besi disebabkan oleh adanya kandungan besi (Fe) pada setiap butiran pasir sehingga menyebabkan berat jenisnya lebih besar disbanding pasir-pasir yang lain, perihal ini pernah diteliti oleh Putra (2009) dengan judul “Penggunaan Pasir Besi Dari Kulon Progo Dengan Berat Jenis 4,311 Untuk Mortar Perisai Radiasi Sinar Gamma”. Hasil hitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9, Lampiran 10, Lampiran 11, dan Lampiran 12.

d. Penyerapan Air



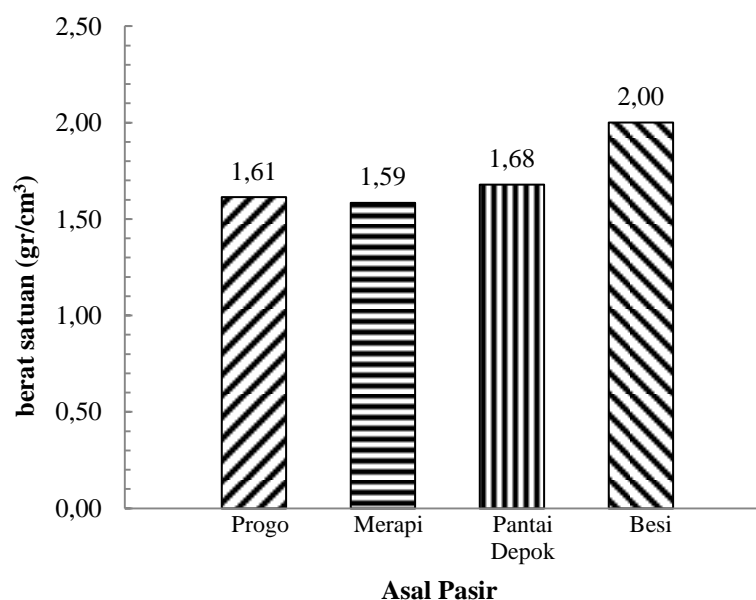
Gambar 5.7 Grafik Pnyerapan Air

Berdasarkan Gambar 5.7 menunjukkan bahwa nilai penyerapan air terdapat perbedaan dikarenakan lokasi pengambilan pasir yang berbeda. Menurut Cahyadi (2012), batas maksimal prosentase penyerapan air sebesar 3%. Hasil tertinggi pada pengujian ini terdapat pada pasir Besi dengan nilai persen penyerapan sebesar 1,42%, diikuti dengan pasir Pantai Depok sebesar 1,01%, kemudian pasir Progo sebesar 0,81%, dan yang terakhir dari pasir Merapi sebesar 0,40%. Tingginya suatu nilai penyerapan air dikarenakan penyerapan air adalah perbandingan nilai antara berat agregat kondisi jenuh kering permukaan terhadap berat agregat kondisi kering yang mana mempunyai hubungan terhadap analisis berat jenis.

Kesimpulan yang bisa diambil dari hasil pengujian penyerapan air yang terdapat pada Gambar 5.7 yaitu keempat jenis pasir yang diuji telah memenuhi syarat maksimal penyerapan air yakni 3% (Cahyadi, 2012).

e. Berat Satuan

Berat satuan adalah berat agregat dalam satuan volume. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Hal ini akan berpengaruh juga nantinya pada proses pengerjaan beton bila dalam jumlah besar, dan juga berpengaruh pada kuat tekan beton, dimana apabila agregatnya *porous* maka biasa terjadi penurunan kuat tekan pada beton. Hasil pengujian berat satuan dari keempat pasir yang dipakai terdapat pada Gambar 5.8.



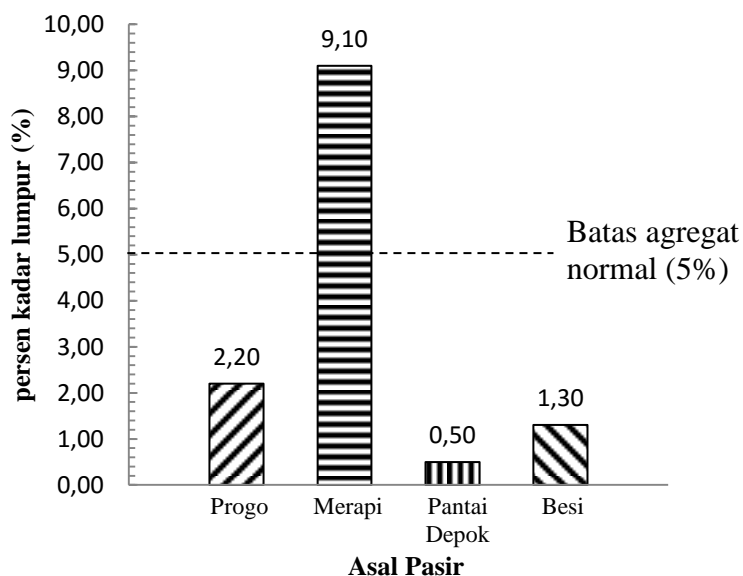
Gambar 5.8 Grafik Berat Satuan

Berdasarkan Gambar 5.8 menunjukkan bahwa pasir Besi memiliki berat satuan lebih tinggi dan melebihi berat satuan agregat normal yakni berkisar diantara 1,50 – 1,80 (Tjokrodimuljo, 2010). dibandingkan dengan pasir Progo, pasir Merapi, dan pasir Pantai Depok yang masih termasuk dalam rentang berat satuan untuk agregat normal.

Kesimpulan dari hasil pengujian berat satuan agregat halus dapat disimpulkan bahwa pasir besi memiliki nilai berat satuan di atas syarat berat satuan agregat normal yakni berkisar antara 1,5 –

1,80 (Tjokrodinuljo, 2010). Tingginya nilai berat satuan pasir Besi dikarenakan tingkat kehalusan agregat begitu halus sehingga tidak terdapat pori dalam satuan berat per volume. Hal ini juga diperkuat pada pengujian analisis saringan dimana pasir Besi berada pada daerah gradasi No.4 (halus), walaupun pasir Pantai Depok juga berada pada daerah gradasi No.4. tetapi pasir Besi lebih halus. Perbandingannya bisa dilihat pada saringan ukuran 0,6 mm, pasir besi memiliki persen lolos sebesar 88,7% sedangkan pasir Pantai Depok hanya 80,4%. Hasil pengujian selengkapnya terdapat pada Lampiran 13, Lampiran 14, Lampiran 15, dan Lampiran 16.

f. Kadar Lumpur



Gambar 5.9 Grafik Kadar Lumpur

Berdasarkan Gambar 5.9 menunjukkan bahwa pasir Merapi memiliki kadar lumpur yang tinggi yakni sebesar 9,10% dan melebihi batas kandungan lumpur normal yang telah disyaratkan yakni sebesar 5% (SK SNI-S-04-1989-F) sedangkan pasir Progo, pasir Pantai Depok, dan pasir Besi masih berada dalam batas kandungan lumpur normal.

Tingginya kadar lumpur pada pasir Merapi juga dipengaruhi oleh musim pengambilan agregat. Pengambilan sampel pasir Merapi pada penelitian ini diambil pada musim penghujan, dimana lumpur yang terdapat pada lereng merapi terbawa arus air hujan sehingga berpengaruh terhadap kandungan lumpur yang terdapat pada pasir di sekitaran tempat penambangan pasir Merapi. Perihal pengaruh musim pengambilan agregat pernah diteliti oleh Endroyo (2009) dengan judul “Kualitas Pasir Muntilan (Jawa Tengah) Ditinjau Dari Tempat Pengambilan dan Musim Pengambilan”.

Agregat halus yang melebihi batas kandungan lumpur normal sebesar 5% (SK SNI-S-04-1989-F) maka agregat halus tersebut harus melalui tahap *treatment* yakni dengan mencuci agregat tersebut dengan air bersih agar kandungan lumpur yang terkandung pada agregat halus tersebut berkurang dan masih dalam batas normal kandungan lumpur. Hasil hitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 17, Lampiran 18, Lampiran 19, dan Lampiran 20.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng dengan ukuran agregat lolos saringan 20 mm dan tertahan pada saringan berukuran 4,8 mm. Adapun pengujian-pengujian yang dilakukan berupa pengujian kadar air, berat jenis dan penyerapan air, berat satuan, kadar lumpur, dan keausan. Penjelasan mengenai pengujiannya akan dijelaskan sebagai berikut.

a. Kadar Air

Dari hasil pengujian kadar air agregat kasar diperoleh nilai kadar air sebesar 0,15% dan termasuk dalam kategori kering udara (Tjokrodinuljo, 2010) yakni butir-butir agregat mengandung sedikit air (tidak penuh) di dalam porinya dan permukaan butiran kering. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 21.

b. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Dari pemeriksaan berat jenis agregat kasar diperoleh nilai sebesar 2,87 gram, sehingga batu ini tergolong dalam agregat berat karena melebihi batasan rentang agregat normal yakni berkisar antara 2,5 - 2,7 (Tjokrodinuljo, 2010) sedangkan untuk penyerapan air diperoleh nilai sebesar 2,50% dan telah memenuhi syarat maksimum sebesar 3% (Cahyadi, 2012). Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 22.

c. Berat Satuan

Hasil pengujian berat satuan agregat kasar diperoleh nilai sebesar 1,55 gram/cm³ dan termasuk dalam berat satuan agregat normal yakni berkisar antara 1,50 – 1,80 (Tjokrodinuljo, 2010). Berat satuan ini berfungsi untuk mengindikasikan apakah agregat tersebut porous atau mampat. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Selain itu untuk agregat kasar, berat satuan digunakan untuk mengidentifikasikan jenis batuan dan kelasnya. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 23.

d. Kadar Lumpur

Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar didapat kadar lumpur sebesar 1,55%. Hasil pengujian kadar lumpur ini lebih besar dari batas yang ditetapkan yaitu sebesar 1% (SK SNI-S-04-1989-F). Kadar lumpur yang tinggi dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton dikarenakan lumpur tidak dapat menyatu dengan bahan penyusun beton. Pada umumnya apabila kadar lumpurnya lebih dari 1% maka agregat perlu melalui proses *treatment* yakni dengan melakukan pencucian pada agregat untuk menghilangkan kandungan lumpur yang menempel pada permukaan agregat. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 24.

e. Keausan

Hasil pengujian keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles* diperoleh nilai sebesar 21,36% yang dapat digunakan untuk pembuatan beton dengan mutu sampai dengan 20 MPa atau kelas mutu II (SK SNI-S-04-1989-F). Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 25.

C. Rancang Campur Beton (*Concrete Mixed Design*)

Dalam rancang campur beton (*Concrete mixed design*) ini berdasarkan SK SNI 03-2834-2002 (Tjokrodimujo, 2007). Data hasil perancangan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4. Perhitungan rancang campur beton (*Concrete mixed design*) dapat dilihat pada Lampiran 26, Lampiran 27, Lampiran 28, dan Lampiran 29.

Tabel 5.3 Kebutuhan bahan susun beton untuk 1 m³ adukan

Beton Campuran Pasir	Kebutuhan Bahan Dasar Beton				
	Berat (Kg)	Air (liter)	Semen (Kg)	Ag.Halus (Kg)	Ag.Kasar (Kg)
Pasir Progo	2470	205	372,73	701	1193
Pasir Merapi	2400	205	372,73	675	1149
Pasir Pantai Depok	2488	205	372,73	535	1376
Pasir Besi	2550	205	372,73	553	1421

Sumber: Hasil penelitian 2016

Tabel 5.4 Kebutuhan bahan susun beton untuk 3 buah silinder

Beton Campuran Pasir	Kebutuhan Bahan Dasar Beton				
	Berat (Kg)	Air (liter)	Semen (Kg)	Ag.Halus (Kg)	Ag.Kasar (Kg)
Pasir Progo	39,27	3,26	5,93	11,15	18,97
Pasir Merapi	38,16	3,26	5,93	10,73	18,27
Pasir Pantai Depok	39,35	3,26	5,93	8,51	21,88
Pasir Besi	40,54	3,26	5,93	8,79	22,59

Sumber: Hasil penelitian 2016

D. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

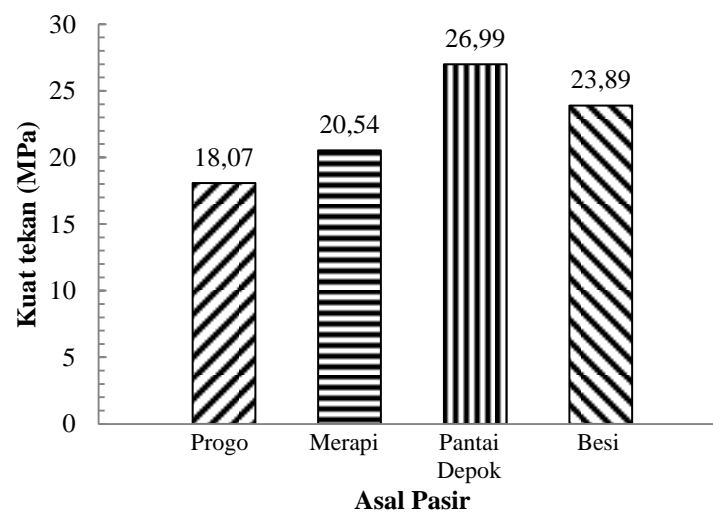
Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton normal menggunakan mesin uji tekan merk *Hung Ta* dengan benda uji berbentuk silinder sebanyak 12 buah, masing-masing 3 buah untuk satu jenis pasir dengan umur beton 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan pasir Progo, Merapi, Pantai Depok, dan Besi terdapat pada Gambar 5.10 dan hasil uji tekan di Laboratorium terdapat pada Lampiran 30, Lampiran 31, Lampiran 32, dan Lampiran 33.

$$\text{Rumus kuat tekan beton } f'c = \frac{P_{max}}{A} = \dots\dots(\text{MPa})$$

Tabel 5.5 Hasil kuat tekan beton umur 28 hari

Benda Uji	Asal Pasir			
	Progo	Merapi	Pantai depok	Besi
Benda Uji 1	10,15	16,88	25,15	21,30
Benda Uji 2	21,07	20	27,15	22,20
Benda Uji 3	22,98	24,73	28,67	28,16
Rata-rata	18,07	20,54	26,99	23,89

Sumber: Hasil penelitian 2016



Gambar 5.10 Grafik Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton yang terdapat pada Gambar 5.10 menunjukkan bahwa pasir Merapi, pasir Pantai Depok, dan pasir Besi memiliki nilai kuat tekan rata-rata yang tinggi dan melebihi kuat tekan yang direncanakan yakni sebesar 19 MPa sedangkan pasir Progo memiliki nilai kuat tekan yang rendah dan tidak sesuai dengan kuat tekan rencana.

Dari grafik yang terdapat pada Gambar 5.10 menunjukkan bahwa beton dengan bahan pasir dari lokasi yang berbeda menghasilkan kuat tekan yang berbeda. Perbedaan ini terjadi disebabkan oleh karakteristik pasir yang berbeda di setiap lokasi pengambilan mulai dari gradasi, kadar air, berat jenis, berat satuan, dan kadar lumpur yang berpengaruh besar terhadap kuat tekan beton. Adapun hubungan antara pengujian agregat terhadap kuat tekan beton akan di jelaskan sebagai berikut.

Pengujian gradasi yang telah di lakukan menunjukkan bahwa keempat jenis pasir yang diuji memiliki gradasi yang bervariasi, Jika gradasi agregat seragam (sama) maka akan terdapat pori pada beton dimana pori-pori tersebut mengurangi mutu beton. Hasil dari pengujian gradasi diperoleh nilai modulus halus butir suatu agregat dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa Pasir Progo dan pasir Merapi memiliki nilai lebih besar dibandingkan pasir Pantai Depok dan pasir Besi. Hal ini menunjukkan bahwa pasir Progo dan pasir Merapi memiliki bentuk butiran yang lebih kasar dibanding dengan pasir Pantai Depok dan pasir Besi.

Kekasaran suatu agregat juga berpengaruh terhadap berat satuan. jika agregat semakin kasar maka berat satuannya juga semakin kecil dan porositasnya meningkat dikarenakan terdapat pori-pori yang tidak terisi oleh agregat sehingga mengurangi kepadatan yang bisa menurunkan mutu suatu beton.

Berat jenis agregat berpengaruh terhadap rancang campur beton (*Concrete mixed design*) apabila berat jenis agregat halus terlalu besar maka akan berpengaruh terhadap pengurangan jumlah takaran agregat halus dalam satu rancang campur beton (*Concrete mixed design*). Akibat dari pengurangan jumlah takaran pasir pada satu rancangan campur membuat beton tersebut menjadi lebih encer dan kurang padat, hal ini berdampak terhadap kuat tekan kuat tekan.

Pengujian kadar air dan penyerapan air berpengaruh terhadap kinerja pembuatan beton dimana telah di jelaskan pada tahap hitungan kebutuhan air untuk adukan beton, biasanya agregat halus dianggap dalam keadaan jenuh kering muka, sehingga jika keadaan dilapangan kering udara maka adukan beton akan menyerap air, namun jika agregat halus dalam keadaan basah maka akan berpengaruh terhadap peningkatan volume air dalam adukan beton sehingga membuat adukan lebih encer dan memberi berpengaruh terhadap mutu beton.

Selain dari pengujian-pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus, nilai *slump* juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, jika nilai *slump* yang didapatkan sesuai dengan nilai *slump* rencana maka beton tersebut dapat dikerjakan dengan mudah. Kekentalan campuran beton sangat mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat. Artinya kelebihan air pada campuran beton dapat mengakibatkan bleeding, sedangkan bila kekurangan air pada campuran dapat mengakibatkan segregasi.

Nilai *slump* yang diperoleh pada pembuatan beton menggunakan campuran pasir Progo sebesar 16 cm, beton campura pasir Merapi sebesar 15 cm, beton campuran pasir Pantai depok sebesar 11 cm, dan beton campuran pasir Besi sebesar 13 cm. Dari keempat jenis pasir yang di gunakan menunjukkan bahwa pasir Merapi, pasir Pantai Depok, dan pasir Besi masih dalam rentang diisyaratkan yakni antara 7,5 cm – 15 cm (Tjokrodinuljo, 2010) sedangkan pasir Progo memiliki nilai *slump* melebihi batas nilai yang diisyaratkan. Namun dari keempat jenis pasir yang digunakan memiliki nilai *slump* yang tidak sesuai dengan nilai *slump* rencana yakni sebesar 12 cm maka dari itu nilai slump suatu beton mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Hasil pengujian *slump* dari keempat jenis pasir yang digunakan pada campuran beton menunjukkan bahwa semakin kecil nilai *slump* maka semakin besar pula nilai kuat tekan beton yang dihasilkan sedangkan semakin besar nilai *slump* maka semakin kecil pula nilai kuat tekan beton yang dihasilkan.