BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan secara teliti dan hati-hati di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Hasil penelitian yang sudah diperoleh dapat dianalisis agar dapat diketahui nilai kuat tekan beton dengan agregat kasar batu apung dan penambahan variasi *silica fume* terhadap berat total semen sebanyak 7%, 14%, dan 21%.

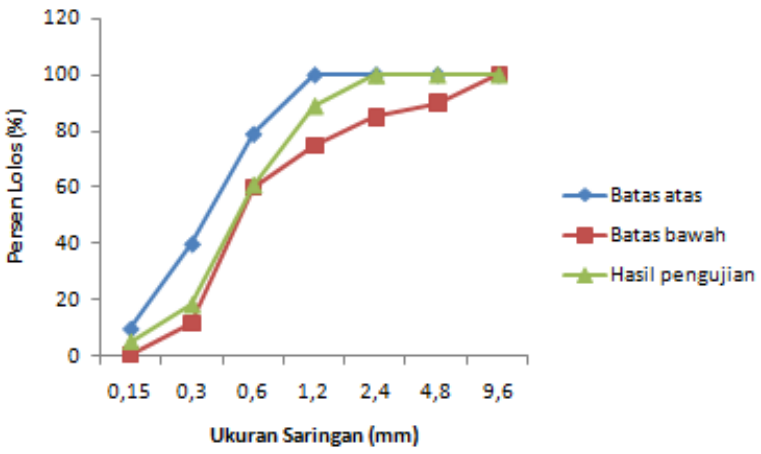
4.1. Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Adapun bahan penyusun beton yang telah dilakukan pengujian yaitu agregat halus berupa pasir progo dan agregat kasar berupa batu apung (*pumice*) dengan ukuran 9,5 mm – 19 mm. Berikut hasil dari pengujian bahan penyusun beton :

4.1.1 Agregat Halus

1. Pengujian gradasi butiran agregat halus

   Agregat halus yang dipakai yaitu pasir progo yang berasal dari sungai progo, Kabupaten Kulonprogo, DIY. Dari pengujian gradasi butiran agregat halus (pasir) didapatkan hasil pengujian termasuk dalam daerah gradasi no. 3, yaitu pasir progo tersebut memiliki ukuran butir halus seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.1, sehingga nilai modulus halus butir (MHB) didapatkan sebesar 3,26%. Modulus halus butir (MHB) adalah suatu indeks yang digunakan untuk mengetahui ukuran kehalusan dan kekasaran butir-butir agregat. Semakin besar nilai modulus halus butir (MHB) maka akan semakin besar butir agregatnya. Agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan dengan ukuran lubang 4,8 mm atau 4,75 mm atau 5,0 mm (Mulyono, 2003). Hasil dari perhitungan gradasi butir halus dapat dilihat pada Lampiran 1.



Gambar 4.1. Grafik gradasi agregat halus

2. Pengujian kadar air agregat halus

   Dari pengujian yang dilakukan nilai kadar air rata-rata agregat halus (pasir progo) yaitu sebesar 1,5%. Dengan hasil tersebut maka masih termasuk dalam batas normal, karena pada umumnya syarat kadar air untuk agregat halus sebesar 1% - 2%. Menurut Tjokrodimuljo (2010), semakin tinggi kadar airnya maka semakin besar pula daya serap agregat tersebut, sehingga akan mempengaruhi kuat tekan beton. Hasil dari perhitungan kadar air agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 2.

3. Pengujian berat satuan agregat halus

   Dari hasil pengujian berat satuan agregat halus (pasir progo) yang sudah dilakukan maka didapatkan nilai berat satuan agregat halus yaitu sebesar 1,66 gram/cm³. Pada umumnya berat satuan agregat normal memiliki nilai sebesar 1,50 – 1,80 gram/cm³ (Tjokrodimuljo, 2010). Sehingga dapat disimpulkan, berat satuan agregat halus (pasir progo) termasuk dalam berat satua agregat normal. Hasil dari perhitungan berat satuan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 3.

4. Pengujian kadar lumpur agregat halus

   Pengujian kadar lumpur rata-rata yang terkandung pada agregat halus (pasir progo) yaitu sebesar 2%. Sehingga dapat disimpulkan, agragat halus memenuhi persyaratan yang ditetapkan untuk bahan bangunan sebesar 5% sehingga agregat halus tidak perlu dicuci lagi atau dengan kata lain alami dari

quarry. Hasil dari perhitungan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 4.

5. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

   Berdasarkan hasil pengujian berat jenis curah (*bulk specific gravity*) didapatkan hasil sebesar 2,15%, untuk berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*) sebesar 2,39%, untuk berat jenis tampak (*apparent specific gravity*) sebesar 2,83% dan untuk penyerapan air agregat halus sebesar 11,11%. Hasil dari perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 5.

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, maka didapatkan hasil agregat halus berupa pasir progo, seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil pengujian agregat halus pasir progo

Jenis Pengujian	Satuan	Nilai
Modulus halus butir	-	3,26
Kadar air	%	1,5
Berat satuan	gram/cm³	1,66
Kadar lumpur	%	2
Berat jenis	-	2,39
Penyerapan air	%	11,11

4.1.2 Agregat Kasar

1. Pengujian kadar air agregat kasar

   Dari hasil pengujian ini didapatkan kadar air rata-rata agregat kasar batu apung sebesar 37,17%. Hasil tersebut termasuk dalam kondisi yang tidak normal karena hasilnya lebih bersar dari yang disyaratkan untuk agregat normal yaitu sebesar 2%. Menurut Mulyono (2004), semakin tinggi kadar air yang dihasilkan maka daya serap agregat akan semakin besar dan akan mempengarui nilai kuat tekan beton. Hasil dari perhitungan kadar air agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 6.

2. Pengujian berat satuan agregat kasar

   Pengujian berat satuan agregat ini bertujuan untuk mengetahui apakah agregat tersebut *porous* atau mampat. Menurut Mulyono (2004), apabila

agregat kasar dalam keadaan *porous* maka kuat tekan betonnya akan menurun. Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan berat satuan agregat kasar batu apung sebesar 0,34 gram/cm³. Dengan hasil terbebut maka agregat kasar termasuk dalam agregat ringan. Hasil dari perhitungan berat satuan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 7.

3. Pengujian kadar lumpur agregat kasar

   Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan nilai kadar lumpur rata-rata agregat kasar batu apung sebesar 2%. Dengan hasil tersebut maka agregat kasar batu apung tidak memenuhi standar BSN (1989-F), sebab kandungan lumpur yang ada pada agregat lebih dari 1%, sehingga agregat kasar batu apung harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakanuntukagregat campuran beton. Hasil dari perhitungan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 8.

4. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

   Menurut Tjokrodimuljo (2010), dikatakan agregat ringan jika agregat tersebut memiliki nilai berat jenis jenuh kering muka <2,00. Berdasarkan dari hasil pengujian tersebut maka didapatkan nilai berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*) sebesar 1,10 sehingga agregat yang digunakan termasuk dalam agregat ringan. Sedangkan pengujian penyerapan air pada agregat kasar sebesar 47,5%. Hubungan antara berat jenis dengan penyerapan air adalah jika daya serap air terhadap agregat semakin tinggi maka berat jenis akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya (Mulyono, 2004). Hasil dari perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 9.

5. Pengujian keausan agregat kasar

   Dari pengujian tersebut didapatkan keausan agregat kasar batu apung sebesar 49,3%. Hasil tersebut dapat digunakan dalam pembuatan beton diatas 10 Mpa. Menurut Mulyono (2004), kekerasan atau kekuatan butir-butir agegat tergantung dari bahannya dan tidak dipengaruhi oleh lekatan butir satu dengan yang lainnya. Hasil dari perhitungan keausan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 10.

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, maka didapatkan hasil agregat halus berupa pasir progo, seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil pengujian agregat kasar batu apung

Jenis Pengujian	Satuan	Nilai
Kadar air	%	37,17
Berat satuan	gram/cm³	0,34
Kadar lumpur	%	2
Berat jenis	-	1,1
Penyerapan air	%	47,5
Keausan	%	49,3

4.2. Hasil Pengujian Nilai *Slump*

Pengujian *slump* adalah suatu uji metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi atau kekakuan dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan *workability*-nya sehingga proses pengerjaannya akan lebih mudah.Pada Tabel 4.3. didapatkan nilai slump rata-rata masing-masing variasi *silica fume* 7%, 14% dan 21% secara berurutan sebesar 14,20 cm ; 14,00 cm dan 13,43 cm. Berikut datanilai slump disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Pengujian *slump* beton

No.	Variasi *Silica Fume* (%)	Nilai *Slump* (cm)	Rata-rata Nilai *Slump* (cm)
1	7%	14,30 14,10 14,20	14,20
2	14%	14,00 14,10 13,90	14,00
3	21%	13,30 13,50 13,50	13,43

4.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Ringan

Penelitian ini menggunakan agregat kasar batu apung yang berasal dari Sumbawa, NTB dengan ukuran agregat 9,5 mm – 19 mm. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui kekuatan (*durability*) dari beton ringan tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan pada beton umur 7 hari, 28 hari, dan 56 hari dengan ukuran benda uji 15 x 30 cm berbentuk silinder. Total keseluruhan dari benda uji yang dibuat yaitu 27 buah dengan masing-masing variasi.

Berdasarkan Tabel 4.4. sampai Tabel 4.6. dapat diketahui pada umur 7, 28, dan 56 hari didapatkan rata-rata nilai kuat tekan beton dengan variasi *silica fume* 7 % masing-masing sebesar 7,99 MPa, 9,62 MPa dan 11,05 MPa. Untuk variasi *silica fume* 14% didapatkan rata-rata nilai kuat tekan beton masing-masing sebesar 6,67 MPa, 8,77 MPa dan 9,91 MPa. Sedangkan untuk variasi *silica fume* 21% didapatkan rata-rata nilai kuat tekan beton masing-masing sebesar 6,21 MPa, 8,57 MPa dan 9,60 MPa.Berikut adalah hasil kuat tekan beton ringan dapat dilihat pada Tabel 4.4. sampai Tabel 4.6.

Tabel 4.4. Hasil kuat tekan beton ringan umur 7 hari

Kode	Variasi *Silica Fume* (%)	Hasil Kuat Tekan (MPa)	Hasil Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
E1-7SF.7%		8,1	
E2-7SF.7%	7%	8,21	7,99
E3-7SF.7%		7,65	
E1-7SF.14%		5,97	
E2-7SF.14%	14%	7,12	6,67
E3-7SF.14%		6,92	
E1-7SF.21%		6	
E2-7SF.21%	21%	6,79	6,21
E3-7SF.21%		5,85	

Tabel 4.5. Hasil kuat tekan beton ringan umur 28 hari

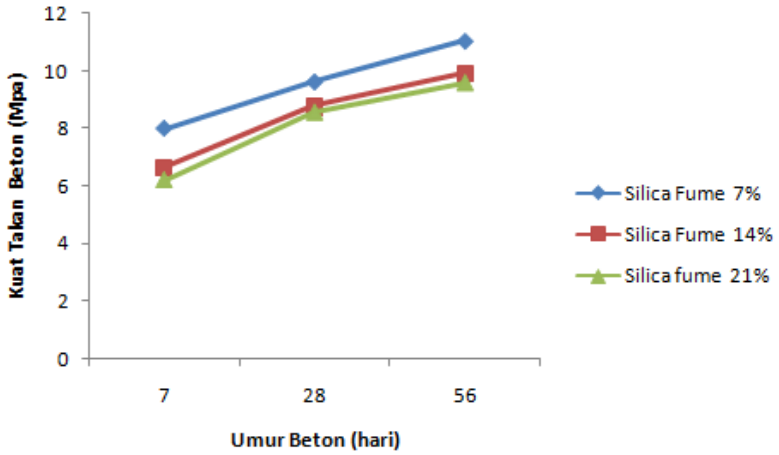
Kode	Variasi *Silica Fume* (%)	Hasil Kuat Tekan (MPa)	Hasil Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
E1-28SF.7%		9,18	
E2-28SF.7%	7%	10,23	9,62
E3-28SF.7%		9,45	
E1-28SF.14%		8,31	
E2-28SF.14%	14%	10,21	8,77
E3-28SF.14%		7,80	
E1-28SF.21%		7,17	
E2-28SF.21%	21%	9,00	8,57
E3-28SF.21%		9,55	

Tabel 4.6. Hasil kuat tekan beton ringan umur 56 hari

Kode	Variasi *Silica Fume* (%)	Hasil Kuat Tekan (MPa)	Hasil Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
E1-56SF.7%		10,70	
E2-56SF.7%	7%	10,85	11,05
E3-56SF.7%		11,61	
E1-56SF.14%		10,67	
E2-56SF.14%	14%	10,09	9,91
E3-56SF.14%		8,96	
E1-56SF.21%		10,65	
E2-56SF.21%	21%	8,94	9,60
E3-56SF.21%		9,21	

Dari hasil pengujian kuat tekan beton ringan diatas didapatkan grafik hubungan antara umur beton dengan kuat tekan beton ringan tiap variasi *silica fume* seperti Gambar 4.2. Berdasarkan Gambar 4.2. bahwa kuat tekan beton ringan mengalami kenaikan dengan seiring bertambahnya umur beton. Pada

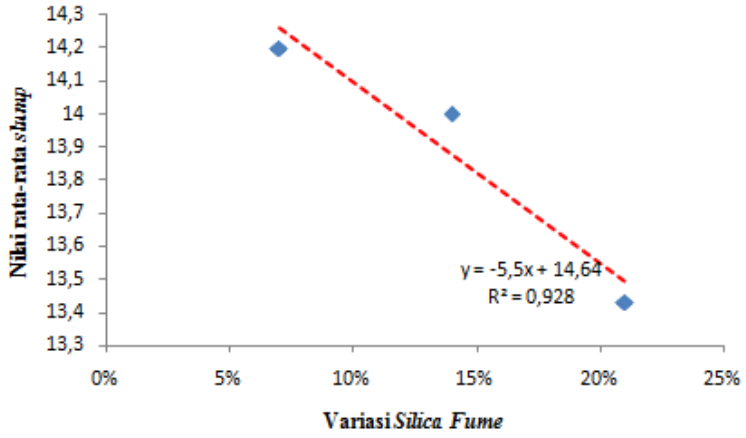
penambahan *silica fume* 7% kuat tekan beton mengalami kenaikan yang stabil dari umur 7 hari sampai 56 hari. Sedangkan pada penambahan *silica fume* sebesar 14% dan 21% laju kenaikan kuat tekan beton tidak stabil atau mengalamikenaikan sedikit dari umur 28 hari sampai 56 hari. Hal tersebut kemungkinan disebabkan dari pemadatan beton dan proses pencampuran bahan yang kurang sempurna



Gambar 4.2 Hubungan umur beton dan kuat tekan beton ringan tiap variasi

4.4. Hubungan Variasi *Silica Fume* Dengan Nilai *Slump*

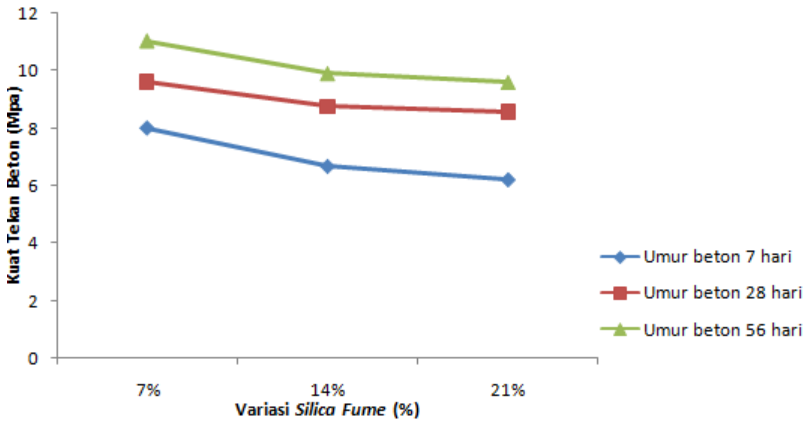
Pada dasarnya semakin banyak air yang digunakan dalam campuran beton maka nilai *slump* adonan beton akan semakin tinggi sehingga dapat memudahkan dalam pengerjaan sedangkan jika semakin rendah nilai *slump*-nya maka proses pengerjaannya akan semakin sulit. Berdasarkan Gambar 4.3. menunjukkan penurunan nilai *slump* pada variasi *silica fume* 14% dan 21% bila dibandingkan dengan nilai *slump* pada variasi *silica fume* 7%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar *silica fume* terhadap campuran beton maka kelecekan beton akan semakin berkurang karena butiran *silica fume* yang sangat halus sehingga memerlukan air yang lebih banyak untuk membasahi butiran *silica fume*.



Gambar 4.3. Hubungan nilai *slump* dengan penambahan variasi *silica fume*

4.5. Hubungan Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Variasi *Silica Fume*

Pada umumnya penambahan *silica fume* terhadap campuran beton mengalami peningkatan. Berdasarkan Gambar 4.4. kuat tekan beton ringan maksimum pada penambahan *silica fume* 7% di setiap umur beton. sedangkan untuk penambahan *silica fume* 14% dan 21% mengalami penurunan di setiap umur beton. Hal ini dipengaruhi oleh penentuan nilai FAS yang kurang tepat sehingga berpengaruh terhadap kelecekan nilai *slump*. Jika presentase penambahan *silica fume* semakin banyak maka nilai FAS harus semakin tinggi. Hal tersebut dikarenakan butiran *silica fume* yang halus membutuhkan jumlah air yang banyak.



Gambar 4.4 Hubungan kuat tekan beton dengan variasi *silica fume*