

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Bahan Penyusun

Pemeriksaan bahan penyusun beton dilakukan di laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan telah mendapatkan hasil sebagai berikut ini.

1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir Merapi)

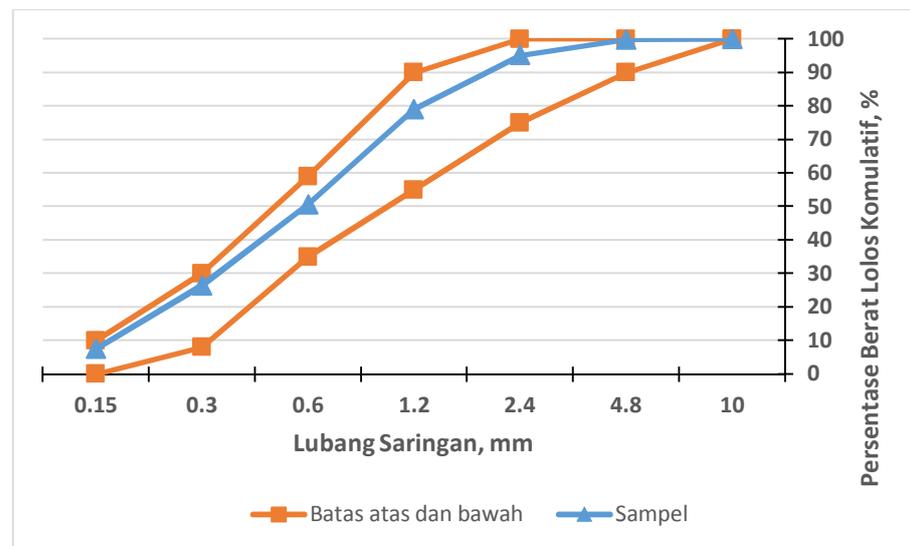
a. Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan pada agregat halus pasir Merapi didapatkan nilai kadar lumpur rerata dari tiga benda uji adalah sebesar 4,97 %. Hasil ini menunjukkan nilai yang lebih kecil dari persyaratan kadar lumpur untuk agregat halus menurut SK SNI-S-04-1989-F yaitu harus kurang dari lima persen ($< 5\%$) sehingga pasir Merapi yang dipakai pada penelitian ini boleh digunakan. Pada penelitian sebelumnya Saputra (2016) melakukan pemeriksaan kadar lumpur dan mendapatkan nilai sebesar 4,176%. Haryanto (2014) mendapatkan nilai kadar lumpur 5,6% sehingga pasir perlu dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Pada penelitian sekarang pasir Merapi yang akan digunakan terlebih dahulu dicuci dengan air untuk mengurangi kadar lumpur yang terkandung meskipun kadar yang terkandung pada pasir Merapi masih dalam batas yang diperbolehkan. Hal ini dilakukan agar beton yang dihasilkan nantinya dapat menunjukkan hasil yang lebih baik. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

b. Gradasi agregat halus

Hasil analisis ketiga benda uji yang digunakan, semua benda uji menunjukkan bahwa agregat halus yang akan dipakai dalam penelitian ini termasuk ke dalam daerah gradasi nomor 2 yang merupakan pasir agak kasar menurut SK SNI T-15-1990-03. Selain itu hasil analisis Modulus Halus Butir (MHB) didapatkan nilai rerata sebesar 3,454. Grafik hasil pemeriksaan agregat halus pasir Merapi

dapat dilihat pada Gambar 5.1 yang merupakan hasil analisis dari benda uji I.



Gambar 5.1 Hubungan ukuran saringan dan persen berat lolos kumulatif agregat halus (benda uji I)

Penelitian sebelumnya, Pamungkas (2016) melakukan pemeriksaan gradasi menggunakan pasir Merapi dan mendapatkan hasil yaitu pasir Merapi termasuk ke dalam daerah gradasi nomor 2 dengan nilai modulus halus butir sebesar 2,493. Berdasarkan hasil pemeriksaan pada penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa pasir Merapi yang digunakan pada penelitian sekarang lebih kasar karena memiliki nilai MHB yang lebih besar. Menurut Tjokrodinuljo (2010) makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar ukuran butir-butir agregatnya, pada umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8. Hasil analisis selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

c. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Hasil rerata dari analisis tiga benda uji yang digunakan didapatkan nilai berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*) sebesar 2,47 dengan nilai penyerapan air sebesar 9,39%. Menurut Tjokrodinuljo (2010) berdasarkan berat jenisnya, agregat dibagi menjadi tiga jenis yaitu agregat normal, agregat berat dan agregat ringan. Agregat normal yaitu agregat yang berat jenisnya 2,5 – 2,7,

agregat berat yaitu agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 dan agregat ringan yaitu agregat yang berat jenisnya kurang dari 2,0. Dari pernyataan yang dikemukakan diatas, pasir yang digunakan dalam penelitian sekarang berada diantara batas agregat normal dan agregat ringan. Pada penelitian sebelumnya Pemungkas (2016) melakukan pengujian yang sama dan mendapatkan nilai berat jenis sebesar 2,66 dengan nilai penyerapan air sebesar 11,11%. Jika dibandingkan dengan penelitian sekarang terdapat selisih nilai berat jenis dan penyerapan airnya. Untuk berat jenis terdapat selisih nilai sebesar 0,19 dan untuk penyerapan air terdapat selisih nilai sebesar 1,72. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

d. Berat Satuan Agregat Halus

Berat satuan pasir Merapi pada penelitian sekarang sebesar 1,50 gram/cm³. Nilai tersebut didapatkan dari hasil rerata tiga benda uji. Pengujian berat satuan ini bertujuan untuk mengetahui apakah agregat yang akan dipakai *porous* atau mampat. Kedua kondisi ini nantinya akan sangat berpengaruh pada proses pengerjaan beton dalam skala besar dan juga berpengaruh pada kuat tekannya. Apabila agregat yang digunakan *porous*, maka dimungkinkan terjadi penurunan kekuatan tekan beton. Menurut Tjokrodinuljo (2010) berat satuan normal berkisar diantara 1,50 – 1,80. Dari hasil pemeriksaan sekarang, pasir Merapi yang digunakan pada penelitian ini termasuk ke dalam agregat normal. Pada penelitian sebelumnya Saputra (2016) melakukan pengujian yang sama dan mendapatkan nilai berat satuan untuk pasir Merapi sebesar 1,565 gram/cm³ dan terdapat selisih nilai berat satuan sebesar 0,065 gram/cm³ jika dibandingkan dengan hasil pengujian di penelitian ini. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

e. Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air menggunakan tiga benda uji didapatkan nilai rerata kadar air sebesar 2,98%. Kadar air yang didapatkan pada pengujian ini termasuk ke dalam kondisi kering udara karena butir-butir agregat mengandung sedikit air (tidak penuh) di dalam porinya

dan permukaan butirnya kering (Tjokrodimuljo, 2010). Pada penelitian sebelumnya Pamungkas (2016) melakukan pengujian kadar air dan mendapatkan nilai 2,66%. Dari hasil yang didapatkan pada penelitian sekarang terdapat selisih sebesar 0,32% jika dibandingkan dengan hasil pengujian sebelumnya. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 5.1 Hasil pengujian agregat halus

| No | Jenis Pengujian Agregat | Satuan | Hasil |
|----|-------------------------|----------------------|----------|
| 1 | Kadar lumpur | % | 4,97 |
| 2 | Gradasi butiran | - | Daerah 2 |
| 3 | Modulus halus butir | - | 3,454 |
| 4 | Berat jenis | - | 2,47 |
| 5 | Penyerapan air | % | 9,39 |
| 6 | Berat satuan | gram/cm ³ | 1,50 |
| 7 | Kadar air | % | 2,98 |

2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil Clereng)

a. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur agregat kasar berupa kerikil Clereng didapatkan nilai rerata dari tiga benda uji sebesar 1,76%. Berdasarkan SK SNI-S-04-1989-F agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, sehingga dapat diketahui bahwa kerikil Clereng yang akan digunakan masih dalam kondisi kotor atau belum sesuai dengan kriteria yang disyaratkan karena nilai kadar lumpurnya lebih dari 1%. Untuk itu dilakukan pencucian terlebih dahulu untuk mengurangi atau menghilangkan kadar lumpur yang terkandung dengan menggunakan air. Pada penelitian sebelumnya Ikhsan (2016) melakukan pengujian kadar lumpur dan mendapatkan hasil 1,75%. Terdapat selisih nilai kadar lumpur sebesar 0,01% antara penelitian sebelumnya dan sekarang. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

b. Keausan Agregat Kasar

Uji keausan dilakukan menggunakan mesin *Los Angeles* menggunakan tiga benda uji. Hasil rerata pengujian keausan didapatkan nilai sebesar 33,67%. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan agregat kasar kerikil Clereng termasuk ke dalam agregat kelas II (Tjokrodimuljo, 2007). Pada penelitian sebelumnya Sudharmono (2011) melakukan pengujian keausan agregat kasar dan mendapatkan nilai keausan sebesar 38,56%. Terdapat selisih sebesar 4,89% dari hasil pengujian sebelumnya dan sekarang. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

c. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berat jenis kerikil Clereng pada keadaan jenuh kering muka didapatkan nilai rerata dari tiga benda uji adalah 2,59 dengan nilai penyerapan air agregat kasar sebesar 1,66%. Menurut Tjokrodimuljo (2010) berdasarkan berat jenisnya, agregat dibagi menjadi tiga jenis yaitu agregat normal, agregat berat dan agregat ringan. Agregat normal yaitu agregat yang berat jenisnya 2,5 – 2,7, agregat berat yaitu agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 dan agregat ringan yaitu agregat yang berat jenisnya kurang dari 2,0. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan agregat kasar termasuk ke dalam agregat normal. Pada penelitian sebelumnya Syafitra (2014) melakukan pengujian yang sama dan mendapatkan nilai berat jenis kerikil Clereng sebesar 2,57 dengan nilai penyerapan air sebesar 0,02%. Jika dibandingkan antara penelitian sekarang dan sebelumnya terdapat selisih nilai yang kecil pada nilai berat jenis yaitu 0,02 sedangkan untuk nilai penyerapan terdapat selisih nilai sebesar 1,64%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8.

d. Berat Satuan Agregat Kasar

Berat satuan agregat kasar kerikil Clereng hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan nilai sebesar 1,61 gram/cm³. Nilai berat satuan bertujuan untuk mengetahui apakah agregat yang akan dipakai *porous* atau mampat. Semakin besar nilai berat satuan maka semakin

mampat kondisi agregat tersebut dan semakin mampat agregat maka beton yang akan dihasilkan akan lebih padat dan kekuatannya pun meningkat. Menurut Tjokrodinuljo (2010) berat satuan normal berkisar diantara 1,50 – 1,80. Berdasarkan pernyataan diatas kerikil Clereng yang dipakai pada penelitian ini termasuk ke dalam agregat normal. Pada penelitian sebelumnya ikhsan (2016) melakukan pengujian berat satuan mendapatkan nilai 1,55 gram/cm³ dan termasuk ke dalam agregat normal. Terdapat selisih nilai berat satuan sebesar 0,06 gram/cm³ antara pengujian sekarang dan pengujian sebelumnya. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

e. Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air yang telah dilakukan didapatkan nilai kadar air untuk kerikil Clereng pada penelitian ini adalah 0,96% dan termasuk ke dalam kondisi kering udara karena butir-butir agregat mengandung sedikit air (tidak penuh) di dalam porinya dan permukaan butirnya kering (Tjokrodinuljo, 2010). Pada penelitian sebelumnya Ikhsan (2016) melakukan pengujian yang sama dengan kerikil Clereng dan mendapatkan nilai kadar air sebesar 0,549%. Selisih nilai kadar air pada penelitian sekarang dan sebelumnya adalah sebesar 0,411% dan keduanya termasuk ke dalam kondisi kering udara. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 10.

Tabel 5.2 Hasil pengujian agregat kasar

| No | Jenis Pengujian Agregat | Satuan | Hasil |
|----|-------------------------|----------------------|-------|
| 1 | Kadar lumpur | % | 1,76 |
| 2 | Keausan agregat | % | 33,67 |
| 3 | Berat jenis | gram/cm ³ | 2,59 |
| 4 | Penyerapan air | % | 1,66 |
| 5 | Berat satuan | - | 1,61 |
| 6 | Kadar air | % | 0,96 |

B. Hasil *Mix Design* Berdasarkan SNI 03-2834-2000

Perencanaan campuran beton pada penelitian ini dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000 tentang “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal” setelah terlebih dahulu dilakukan pengujian-pengujian pada agregat yang akan digunakan. Dari hasil perencanaan didapatkan empat variasi campuran beton yang menjadi tinjauan utama pada penelitian ini dengan kode campuran A, B, C dan D. Campuran benda uji A,B,C dan D merupakan campuran antara semen tipe I merek Gresik, kerikil Celereng, pasir Merapi, air pencampur serta bahan tambah berupa *silica fume* merek SikaFume dan *superplasticizer* merek Sikament NN. Bahan tambah digunakan pada campuran beton B, C dan D sedangkan campuran A tidak menggunakan bahan tambah sama sekali. Adapun hasil *mix design* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Komposisi material penyusun beton untuk 1 m³

| Kode | Semen (kg) | Pasir Merapi (kg) | Kerikil Clereng (kg) | Air (liter) | Kadar Bahan Tambah | |
|------|---------------|-------------------------|----------------------------|----------------|------------------------|------------------|
| | | | | | Sikament NN (liter) | SikaFume (kg) |
| A | 557,07 | 602,15 | 945,79 | 205 | 0 | 0 |
| B | 540,35 | 602,15 | 945,79 | 205 | 4,64 | 16,71 |
| C | 523,64 | 602,15 | 945,79 | 205 | 4,64 | 33,42 |
| D | 501,36 | 602,15 | 945,79 | 205 | 4,64 | 55,71 |

Hasil awal *mix design* komposisi berat material yang didapatkan adalah komposisi berat material untuk pekerjaan satu meter kubik (1 m³) beton, sehingga perlu dilakukan penyesuaian pada berat material yang akan digunakan untuk satu silinder beton berukuran Ø15 x 30 cm dengan perbandingan berat yang sama dengan *mix design* awal. Hasil komposisi material untuk satu kali adukan atau tiga silinder beton dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan hasil perencanaan campuran beton selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 11.

Tabel 5.4 Komposisi material penyusun beton untuk satu adukan beton atau tiga buah silinder beton

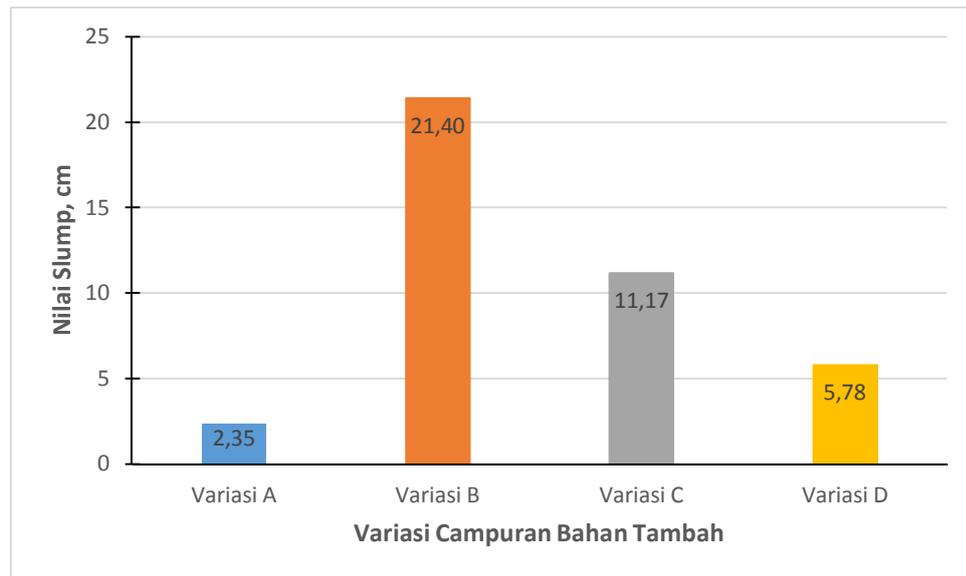
| Kode | Semen (gram) | Pasir Merapi (gram) | Kerikil Clereng (gram) | Air (ml) | Kadar Bahan Tambah | |
|------|-----------------|---------------------------|------------------------------|-------------|---------------------|--------------------|
| | | | | | Sikament NN (ml) | SikaFume (gram) |
| A | 8860 | 9577 | 15042 | 3260 | 0 | 0 |
| B | 8594 | 9577 | 15042 | 3260 | 74 | 266 |
| C | 8328 | 9577 | 15042 | 3260 | 74 | 532 |
| D | 7974 | 9577 | 15042 | 3260 | 74 | 886 |

C. Hasil Pengujian Nilai *Slump*

Percobaan ini dilakukan dengan alat berbentuk kerucut terpancung, yang diameter atasnya 10 cm dan diameter bawahnya 20 cm dan tinggi 30 cm, dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat diameter 16 mm sepanjang minimal 60 cm (Mulyono, 2004). Pengujian nilai *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan atau *workability* dari adukan beton yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai *slump* maka adukan beton akan semakin mudah untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan. Dari hasil pengujian nilai *slump* pada empat variasi campuran beton, dapat diketahui bahwa penggunaan bahan tambah pada beton dapat mempengaruhi *workability*. Hasil pengujian disajikan dalam Tabel 5.5 dan Gambar 5.2.

Tabel 5.5 Nilai *slump* pada variasi campuran bahan tambah beton

| Kode | Variasi Bahan Tambah | | Nilai <i>Slump</i> (cm) |
|------|----------------------|-------------|-------------------------|
| | SikaFume | Sikament NN | |
| A | 0% | 0% | 2,35 |
| B | 3% | 1% | 21,40 |
| C | 6% | 1% | 11,17 |
| D | 10% | 1% | 5,78 |



Gambar 5.2 Hubungan nilai *slump* dengan variasi campuran bahan tambah

Hasil analisis nilai *slump* pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.2 dapat menunjukkan bahwa dengan menggunakan *superplasticizer* (Sikamnet NN) sebesar 1 % untuk variasi B, C dan D dapat meningkatkan *workability* dari adukan beton jika dibandingkan dengan variasi A yang tidak menggunakan bahan tambah apapun. Namun berbanding terbalik dengan penggunaan *silica fume* (SikaFume), semakin tinggi kadar *silica fume* yang digunakan maka nilai *workability* adukan beton akan semakin menurun. Nilai *slump* yang kurang optimum dapat mempengaruhi hasil akhir dari beton karena adukan beton dengan nilai *slump* yang kecil cenderung lebih sulit ketika dilakukan penuangan dan pemadatan yang akan berpengaruh pada kepadatan beton yang dihasilkan. Jika beton yang dihasilkan kurang padat maka kualitas beton yang dihasilkan akan menurun begitu juga pada kuat tekannya.

D. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 3 hari, 7 hari dan 28 hari menggunakan mesin uji tekan untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton silinder Ø15 x 30 cm hingga kemudian beton tersebut hancur ketika menerima beban tersebut. Sebelum dilakukan uji tekan terlebih dahulu diukur dimensi dari beton silinder yang akan diuji untuk mencari luas permukaannya. Beban maksimum yang telah didapatkan dari hasil pengujian kemudian digunakan untuk menghitung nilai

kuat tekan beton. Sebagai contoh perhitungan kuat tekan digunakan data dari benda uji DV-28-B1 yaitu beton variasi B pada umur 28 hari. Perhitungan kuat tekan adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 68000 \text{ kg} \\
 A &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 15,2^2 \\
 &= 181,46 \text{ cm}^2 \\
 f_c' &= P_{\max} / A \\
 &= 68000 \text{ kg} / 181,46 \text{ cm}^2 \\
 &= 374,74 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 374,74 \times 9,81/100 \\
 &= 36,76 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Hasil analisis nilai kuat tekan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 untuk umur 3 hari, Tabel 5.7 untuk umur 7 hari dan Tabel 5.8 untuk umur 28 hari. Dari Tabel 5.6 sampai 5.8 dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan beton adalah kuat tekan rerata (f_c' rerata) dari hasil pengujian dan analisis kuat tekan tiga buah benda uji.

Tabel 5.6 Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 3 hari

| No | Kode | P_{\max} (kg) | f_c' (MPa) | f_c' rerata 3 hari (MPa) |
|----|---------|--------------------|-----------------|-------------------------------|
| 1 | DV-3-A1 | 41020 | 22,36 | 20,38 |
| | DV-3-A2 | 32530 | 17,59 | |
| | DV-3-A3 | 40110 | 21,29 | |
| 2 | DV-3-B1 | 44930 | 24,55 | 26,24 |
| | DV-3-B2 | 53710 | 29,15 | |
| | DV-3-B3 | 46270 | 25,01 | |
| 3 | DV-3-C1 | 53910 | 29,26 | 26,21 |
| | DV-3-C2 | 41920 | 22,74 | |
| | DV-3-C3 | 47680 | 26,65 | |
| 4 | DV-3-D1 | 38630 | 21,85 | 20,72 |
| | DV-3-D2 | 35450 | 18,99 | |
| | DV-3-D3 | 39160 | 21,31 | |

Tabel 5.7 Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari

| No | Kode | P_{max} (kg) | f_c' (MPa) | f_c' rerata 7 hari (MPa) |
|----|---------|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| 1 | DV-7-A1 | 60580 | 32,11 | 25,68 |
| | DV-7-A2 | 38540 | 20,46 | |
| | DV-7-A3 | 45830 | 24,47 | |
| 2 | DV-7-B1 | 57710 | 31,20 | 29,55 |
| | DV-7-B2 | 54550 | 29,26 | |
| | DV-7-B3 | 52550 | 28,19 | |
| 3 | DV-7-C1 | 67380 | 36,24 | 35,59 |
| | DV-7-C2 | 70270 | 37,45 | |
| | DV-7-C3 | 60250 | 33,09 | |
| 4 | DV-7-D1 | 54950 | 29,55 | 30,00 |
| | DV-7-D2 | 50460 | 27,10 | |
| | DV-7-D3 | 60350 | 33,35 | |

Tabel 5.8 Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari

| No | Kode | P_{max} (kg) | f_c' (MPa) | f_c' rerata 28 hari (MPa) |
|----|----------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 1 | DV-28-A1 | 66120 | 36,56 | 38,84 |
| | DV-28-A2 | 69380 | 37,31 | |
| | DV-28-A3 | 80350 | 42,65 | |
| 2 | DV-28-B1 | 68000 | 36,76 | 35,06 |
| | DV-28-B2 | 62090 | 33,26 | |
| | DV-28-B3 | 62510 | 35,17 | |
| 3 | DV-28-C1 | 78160 | 42,14 | 39,94 |
| | DV-28-C2 | 79180 | 42,25 | |
| | DV-28-C3 | 65690 | 35,42 | |
| 4 | DV-28-D1 | 59550 | 31,94 | 37,28 |
| | DV-28-D2 | 73940 | 40,24 | |
| | DV-28-D3 | 73840 | 39,66 | |

Dari hasil analisis kuat tekan rerata pada Tabel 5.6 sampai Tabel 5.8 kemudian dilakukan analisis selanjutnya yaitu membandingkan nilai kuat tekan rerata pada variasi B, C, D (variasi campuran beton dengan bahan tambah) dengan variasi A (variasi campuran beton tanpa bahan tambah) sebagai acuannya. Hasil analisis pada tahap ini adalah berupa persentase peningkatan atau penurunan nilai kuat tekan variasi B,C dan D terhadap kuat tekan variasi A ditinjau dari selisih nilai kuat tekannya. Jika persentase selisih kuat tekan bernilai positif (+) maka terjadi peningkatan kuat tekan, sedangkan kuat tekan yang bernilai negatif (-) menunjukkan terjadinya penurunan kuat tekan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.9.

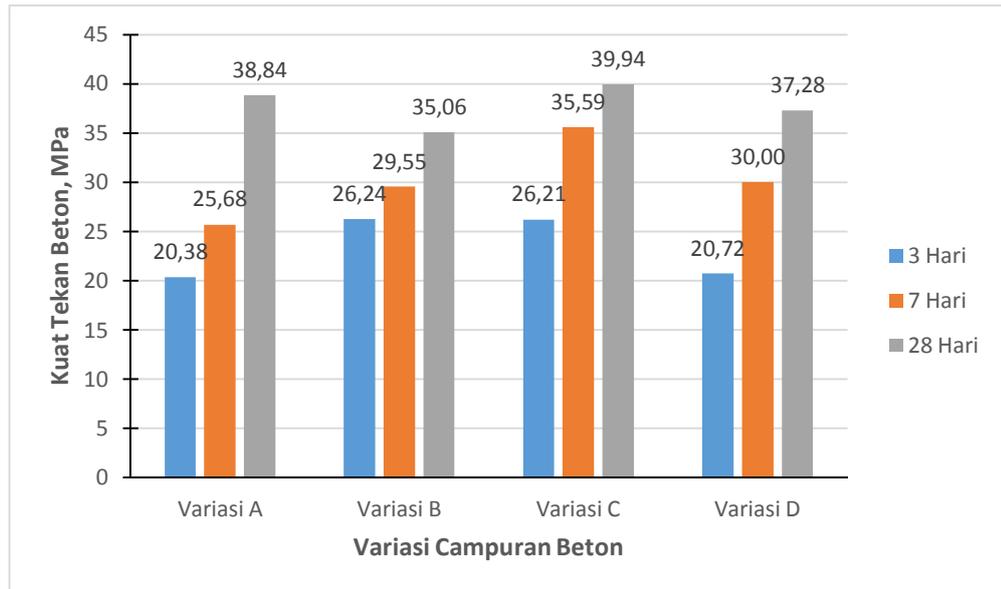
Tabel 5.9 Pengaruh penggunaan bahan tambah terhadap kuat tekan beton

| Umur beton | Variasi bahan tambah | | | Kuat tekan beton dengan bahan tambah, MPa | Kuat tekan beton tanpa bahan tambah, MPa | Selisih kuat tekan | |
|------------|----------------------|-----------|-------------|---|--|--------------------|-------|
| | Kode | Sika Fume | Sikament NN | | | MPa | % |
| 3 Hari | B | 3% | 1% | 26,24 | 20,38 | 5,86 | 28,75 |
| | C | 6% | 1% | 26,21 | | 5,83 | 28,61 |
| | D | 10% | 1% | 20,72 | | 0,34 | 1,67 |
| 7 Hari | B | 3% | 1% | 29,55 | 25,68 | 3,87 | 15,07 |
| | C | 6% | 1% | 35,59 | | 9,91 | 38,59 |
| | D | 10% | 1% | 30,00 | | 4,32 | 16,82 |
| 28 Hari | B | 3% | 1% | 35,06 | 38,84 | -3,78 | -9,73 |
| | C | 6% | 1% | 39,94 | | 1,1 | 2,83 |
| | D | 10% | 1% | 37,28 | | -1,56 | -4,02 |

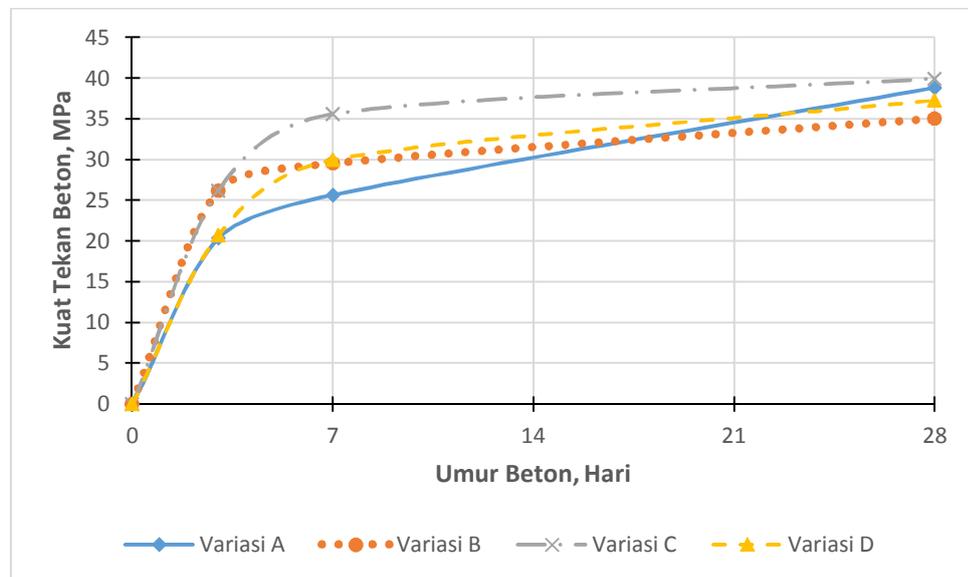
Berdasarkan nilai kuat tekan rerata beton dengan dan tanpa bahan tambah pada Tabel 5.9 dibuatlah grafik yang menggambarkan hubungan pengaruh penggunaan variasi campuran beton dengan kadar SikaFume 3%, 6%, 10% dan Sikament NN 1% untuk variasi B, C, D dan variasi A tanpa bahan tambah serta

umur beton pada 3 hari, 7 hari dan 28 hari terhadap kuat tekannya. Grafik hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.3.

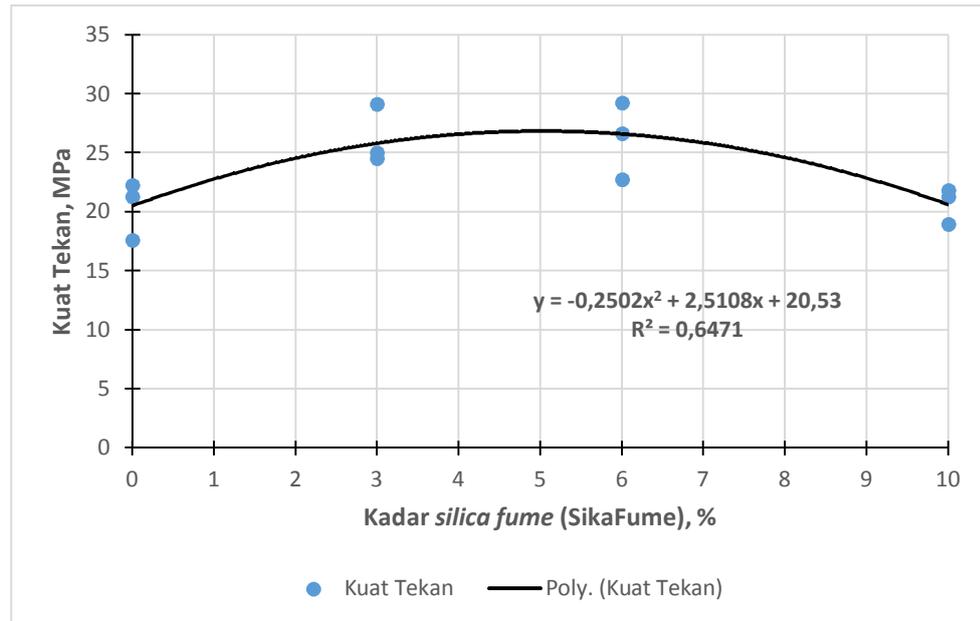
Berdasarkan Tabel 5.9 dan Gambar 5.3 didapatkan nilai kuat tekan untuk beton normal tanpa bahan tambah (variasi A) pada umur 3, 7 dan 28 hari yaitu sebesar 20,38 MPa, 25,68 MPa dan 38,84 MPa yang digunakan sebagai acuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan tambah SikaFume dan Sikament NN terhadap peningkatan kekuatan beton. Pada variasi campuran B dengan kadar SikaFume 3% dan Sikament NN 1% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 26,24 MPa (umur 3 hari), 29,55 MPa (umur 7 hari) dan 35,06 MPa (umur 28 hari). Pada variasi B ini terdapat peningkatan kuat tekan pada umur 3 hari dan 7 hari yaitu sebesar 28,75% dan 15,07%, sedangkan kuat tekan pada umur 28 hari terjadi penurunan kuat tekan sebesar 9,73%. Variasi C dengan kadar SikaFume 6% dan Sikament NN 1% didapatkan nilai kuat tekan 26,21 MPa (umur 3 hari), 35,59 MPa (umur 7 hari) dan 39,94 MPa (umur 28 hari). Berdasarkan nilai kuat tekan yang didapatkan pada variasi C, peningkatan kuat tekan terjadi di semua umur beton yaitu sebesar 28,61% pada umur 3 hari, 38,59% pada umur 7 hari dan 2,83% pada umur 28 hari. Variasi D dengan kadar SikaFume 10% dan Sikament NN 1% mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 20,72 MPa (umur 3 hari), 30,00 MPa (umur 7 hari) dan 37,28 MPa (umur 28 hari). Pada variasi D terjadi peningkatan yang tidak terlalu signifikan pada saat beton berumur 3 hari yaitu sebesar 1,67%, namun pada umur beton 7 hari terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 16,82%. Sedangkan pada umur 28 hari terjadi penurunan kuat tekan sebesar 4,02%. Perkembangan nilai kuat tekan terhadap umur beton dapat dilihat pada Gambar 5.4. Dari Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa pada perkembangan kuat tekan awal beton pada umur 3 dan 7 hari untuk variasi B,C dan D berada di atas kuat tekan beton variasi A, namun pada kuat tekan akhir beton di umur 28 hari hanya variasi C yang menunjukkan nilai kuat tekan di atas variasi A. Semua variasi yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan kuat tekan awal beton (umur 3 hari) lebih dari 20 MPa sehingga ketika diaplikasikan di lapangan, beton dengan variasi ini sudah dapat digunakan pada umur 3 hari.



Gambar 5.3 Hasil pengujian kuat tekan untuk semua variasi campuran pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari



Gambar 5.4 Perkembangan nilai kuat tekan beton dari umur awal hingga akhir (28 hari)



Gambar 5.5 Hasil regresi *polynomial* dari nilai kuat tekan awal beton (umur 3 hari)

Untuk mengetahui kadar optimum SikaFume dilakukan analisis regresi dari nilai kuat tekan beton pada umur 3 hari. Hasil analisis regresi dapat dilihat pada Gambar 5.5 yaitu berupa grafik *polynomial* dan persamaan kuadrat dari grafik tersebut. Persamaan kuadrat yang didapatkan adalah sebagai berikut ini.

$$y = -0,2502x^2 + 2,5108x + 20,53 \dots\dots\dots(5.1)$$

dengan :

y = Nilai kuat tekan beton, MPa

x = Kadar *silica fume* (SikaFume), %

Dari Gambar 5.5 kuat tekan beton semakin meningkat pada penggunaan SikaFume 0% hingga 5%, namun pada penggunaan SikaFume >5% menunjukkan hasil kuat tekan yang semakin menurun. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa kuat tekan tertinggi dapat tercapai pada penggunaan SikaFume sebesar 5% dengan nilai kuat tekan tertinggi berdasarkan persamaan (5.1) yaitu sebesar 26,83 MPa, dan dapat ditarik kesimpulan bahwa kadar SikaFume optimum yang dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tekan awal beton adalah 5% dengan penambahan Sikament NN 1%.