

BAB IV.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Agregat

4.1.1. Agregat Halus

a. Kadar lumpur

Berdasarkan pengujian didapatkan nilai kadar lumpur pasir yaitu 2%. Menurut BSN (1998) hasil telah memenuhi persyaratan kandungan lumpur yang diijinkan yaitu <5%. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 5.

b. Kadar air

1. Kadar air pasir

Berdasarkan pengujian didapatkan nilai kadar air dari benda uji 1, 2 dan 3 berturut-turut yaitu 2,15 %, 1,94% dan 1,83 %. Didapatkan nilai kadar air rata-rata sebesar 1,97 %. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 2.

2. Kadar air limbah abu batu

Berdasarkan pengujian didapatkan nilai kadar air dari benda uji 1, 2 dan 3 berturut-turut 4,17 %, 3,1 % dan 3,1 %. Nilai kadar air rata-rata sebesar 3,46 %.

c. Berat jenis dan penyerapan air

Berdasarkan pengujian didapatkan nilai berat jenis rata-rata yaitu 2,60 dan penyerapan air sebesar 4,83%. Menurut Tjokrodinuljo (1996) berdasarkan berat jenisnya, agregat dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Agregat normal memiliki berat jenis antara 2,5-2,7.
2. Agregat berat memiliki berat jenis lebih dari 2,8.
3. Agregat ringan memiliki berat jenis kurang dari 2,0.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa berat jenis pasir Kali Progo termasuk dalam agregat normal dengan berat jenis antara 2,5-2,7. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 3.

d. Pengujian analisis gradasi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap pasir Kali Progo, didapatkan nilai modulus halus butir benda uji 1, 2 dan 3 berturut-turut yaitu 2,25%, 2,25% dan 2,36%. Nilai modulus halus butir rata-rata sebesar 2,72%. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 1.

4.1.2. Agregat Kasar (Kerikil)

a. Kadar lumpur

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai kadar lumpur benda uji 1, 2 dan 3 berturut-turut yaitu 4,87%, 5,45% dan 4,42%. Nilai kadar lumpur rata-rata agregat kasar (kerikil) Clereng yaitu 4,91%. BSN (1998) menyatakan hasil yang diperoleh belum memenuhi persyaratan untuk kandungan lumpur yang diperbolehkan pada agregat kasar (kerikil) yaitu sebesar <1%. Hal tersebut menandakan kerikil Clereng perlu dicuci dan dibersihkan terlebih dahulu sebelum digunakan dalam campuran beton. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

b. Kadar air

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai kadar air rata-rata agregat kasar (kerikil) yang berasal dari Clereng sebesar 3,71%. Kadar air rata-rata diperoleh dari tiga benda uji yang digunakan untuk pengujian. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 8.

c. Berat jenis dan penyerapan air

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai rata-rata berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*) kerikil Clereng yaitu 2,58 dengan penyerapan air sebesar 2,82%. Data selengkapnya pengujian berat jenis dan penyerapan air disajikan pada Lampiran 6.

d. Berat satuan

Berat satuan kerikil yang didapatkan dari hasil pengujian yaitu 1,54 gr/cm³. Berat satuan agregat kasar ini digunakan untuk menentukan jenis dan kelas batuan. Data selengkapnya mengenai pengujian berat satuan disajikan pada Lampiran 4.

e. Uji keausan

BSN (1990) menyatakan nilai maksimal abrasi agregat kasar untuk bangunan yaitu sebesar 40%. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan didapatkan hasil uji keausan sebesar 32,87%. Sehingga nilai abrasi agregat kasar (kerikil) Clereng sudah memenuhi standar. Data selengkapnya pengujian keausan disajikan pada Lampiran 10.

4.2. Hasil Uji *Slump*

Hasil uji *slump* dilakukan pada setiap variasi dan adukan beton. Setiap variasi beton dilakukan 2 kali pengadukan dan setiap adukan dihasilkan 3 benda uji. Perbedaan hasil uji *slump* dapat terjadi karena perbedaan kondisi, kadar air agregat dan pengaruh iklim maupun cuaca ketika pengadukan dan pengujian yang berdampak pada kecepatan waktu set beton. Hasil uji *slump* dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar uji *slump* disajikan pada Lampiran 12.

Tabel 4.1 Hasil uji *slump*

Kode beton	Adukan 1 (cm)	Adukan 2 (cm)
LAB 0%	9,5	8
LAB 10%	6,5	6
LAB 15%	6,5	6,5
LAB 20%	6	4,5

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai *slump* seperti pada Tabel 4.1 telah memenuhi syarat nilai *slump* yang telah direncanakan pada *mix design* yang terlampir pada Lampiran 14 yaitu pada rentang 2,5cm sampai 10cm. Beton normal (LAB 0%) memiliki *workability* atau tingkat kelecakan paling tinggi. Beton dengan *workability* paling rendah dihasilkan oleh LAB 20% atau beton HVFA dengan substitusi limbah abu batu sebesar 20%. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan limbah abu batu yang digunakan menyerap terlalu banyak air dari beton, sehingga *workability* beton sulit dipertahankan. Selain itu, cara pemadatan adukan beton yang dilakukan dengan manual (penusukan menggunakan tongkat baja/ batang penusuk baja) memerlukan jumlah air yang lebih banyak untuk menjaga tingkat *workability*. Dapat disimpulkan penggunaan limbah abu batu pada pembuatan beton HVFA dapat mengurangi *workability* beton.

4.3. Hasil Uji Kuat Tekan

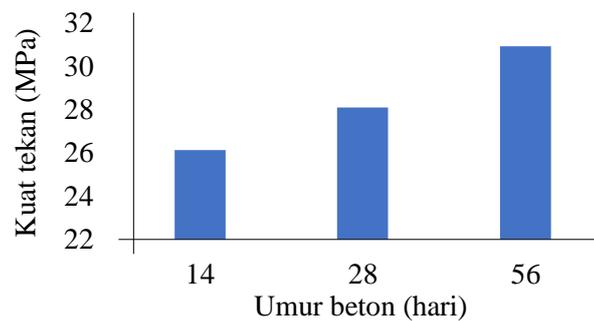
Uji kuat tekan dilakukan pada umur beton 14, 28 dan 56 hari dengan masing-masing 2 benda uji pada setiap benda uji. Total benda uji sebanyak 24 benda uji berbentuk silinder berukuran 15 × 30 cm. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 11 dan 13.

Rata-rata kuat tekan beton LAB 0% (beton normal) pada umur 14 hari sebesar 26,13 MPa, pada umur 28 hari yaitu 28,09 MPa dan pada umur 56 hari yaitu 30,92 MPa. Data tersebut menunjukkan beton LAB 0% masih mengalami

peningkatan kuat tekan beton setelah 28 hari. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 28 hari sebesar 7,5% dan 10,07% pada umur 56 hari. Hasil uji kuat tekan beton LAB 0% disajikan pada Tabel 4.2 dan grafik hasil uji kuat tekan beton LAB 0% disajikan pada Gambar 4.1.

Tabel 4.2 Hasil uji kuat tekan beton LAB 0%

Kode	Umur (hari)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata (Mpa)	Peningkatan kuat tekan (MPa)	Peningkatan kuat tekan (%)
LAB 0% A	14	26,13	26,14	-	-
LAB 0% B		26,14			
LAB 0% A	28	29,58	28,1	1,96	7,5
LAB 0% B		26,62			
LAB 0% A	56	30,92	30,93	2,83	10,07
LAB 0% B		30,93			

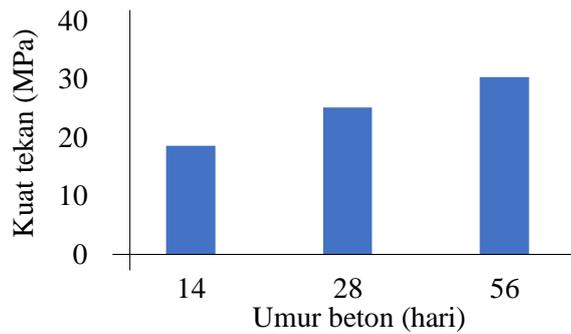


Gambar 4.1 Grafik hasil uji kuat tekan LAB 0%

Hasil uji kuat tekan rata-rata beton LAB 10% pada umur 14, 28 dan 56 hari berturut-turut yaitu sebesar 18,63 MPa, 25,18 MPa dan 30,38 MPa disajikan pada Tabel 4.3. Dari 2 benda uji LAB 10% umur 28 hari, LAB 10% A memiliki kuat tekan yang rendah yaitu sebesar 23,74 MPa. Beton LAB 10% umur 56 hari menghasilkan kuat tekan paling tinggi dibandingkan variasi beton lainnya. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 28 hari sebesar 35% dan 20,64% umur 56 hari. Grafik hasil uji kuat tekan beton LAB 10% disajikan pada Gambar 4.2.

Tabel 4.3 Hasil uji kuat tekan beton LAB 10%

Kode	Umur (hari)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat Tekan rata-rata (Mpa)	Peningkatan kuat tekan (MPa)	Peningkatan kuat tekan (%)
LAB 10% A	14	18,6	18,64	-	-
LAB 10% B		18,67			
LAB 10% A	28	23,75	25,19	6,55	35,14
LAB 10% B		26,62			
LAB 10% A	56	30,17	30,39	5,2	20,64
LAB 10% B		30,61			

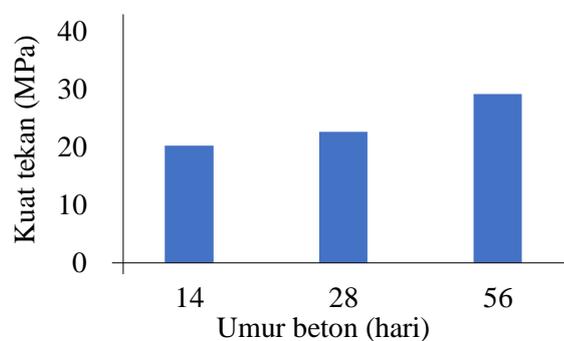


Gambar 4.2 Grafik hasil uji kuat tekan beton LAB 10%

Hasil uji kuat tekan rata-rata beton LAB 15% pada umur beton 14, 28 dan 56 hari berturut-turut sebesar 20,17 MPa, 22,55 MPa dan 29,06 MPa disajikan pada tabel 4.4. Beton LAB 15% B umur 56 hari memiliki kuat tekan lebih rendah sebesar 27,41 MPa dibandingkan LAB 15% A pada umur yang sama dengan kuat tekan 30,72 MPa. Peningkatan kuat tekan beton LAB 15% pada umur 28 hari sebesar 2,38% dan pada umur 56 hari sebesar 6,52%. Grafik hasil uji kuat tekan beton LAB 15% disajikan pada gambar 4.3.

Tabel 4.4 Hasil uji kuat tekan beton LAB 15%

Kode	Umur (hari)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat Tekan rata-rata (Mpa)	Peningkatan kuat tekan (MPa)	Peningkatan kuat tekan (%)
LAB 15% A	14	19,4	20,18	-	-
LAB 15% B		20,96			
LAB 15% A	28	22,01	22,56	2,38	11,79
LAB 15% B		23,1			
LAB 15% A	56	30,73	29,08	6,52	28,9
LAB 15% B		27,42			



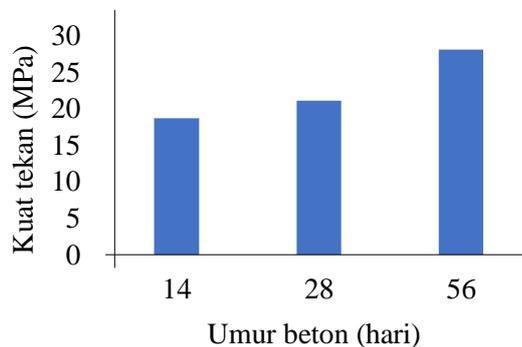
Gambar 4.3 Grafik hasil uji kuat tekan beton LAB 15%

Nilai kuat tekan rata-rata beton LAB 20% pada umur 14, 28 dan 56 hari berturut-turut yaitu 18,72 MPa, 21,12 MPa dan 28,16 MPa. Beton LAB 20%

mengalami peningkatan kuat tekan beton yang signifikan pada umur 56 hari. Peningkatan kuat tekan LAB 20% pada umur 28 hari sebesar 12,81% dan 33,32% pada umur 56 hari. Tabel hasil uji kuat tekan beton LAB 20% disajikan pada Tabel 4.5 dan grafik hasil uji kuat tekan beton LAB 20% disajikan pada Gambar 4.4.

Tabel 4.5 Hasil uji kuat tekan beton LAB 20%

Kode	Umur (hari)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat Tekan rata-rata (Mpa)	Peningkatan kuat tekan (MPa)	Peningkatan kuat tekan (%)
LAB 20% A	14	17,86	18,73		
LAB 20% B		19,6			
LAB 20% A	28	21,5	21,13	2,4	12,81
LAB 20% B		20,75			
LAB 20% A	56	28,07	28,17	7,04	33,32
LAB 20% B		28,27			

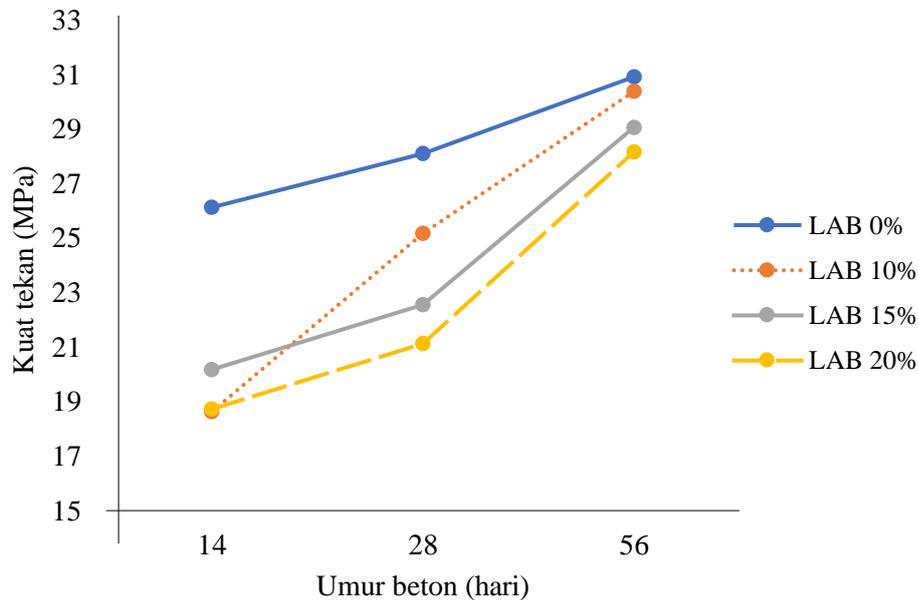


Gambar 4.4 Grafik hasil uji kuat tekan beton LAB 20%

Ketika umur 14 hari, beton LAB 15% memiliki kuat tekan paling tinggi di antara variasi lainnya. Namun, pada umur beton selanjutnya beton LAB 10% selalu menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi di antara variasi lainnya.

Beberapa beton tidak menghasilkan kuat tekan maksimal dan bahkan memiliki perbedaan kuat tekan yang cukup besar, hal tersebut dapat terjadi salah satunya karena cara memasukkan beton segar secara manual ke dalam cetakan sehingga menyebabkan perbedaan proporsi komposisi agregat yang ditandai oleh perbedaan berat dari masing-masing beton. Selain itu, proses pemadatan (penusukan/ penumbukan) yang kurang sempurna dan kurang merata dapat menyebabkan segregasi, sehingga penyebaran agregat kurang merata. *Bleeding* juga dapat menjadi sebab dari kuat tekan beton kurang maksimal, namun beton penelitian ini hanya mengeluarkan sangat sedikit air, bahkan tidak sama sekali.

Hasil pengujian menunjukkan beton HVFA dengan variasi campuran limbah abu batu *stone crusher* memiliki kuat tekan lebih rendah dibandingkan beton LAB 0% (beton normal). Namun, perkembangan beton variasi lebih signifikan terutama setelah umur 28 hari atau pada umur tekan 56 hari. Beton LAB 10% juga memiliki kuat tekan yang hampir sama dengan beton LAB 0% pada umur 56 hari. Adapun grafik perbandingan hasil uji kuat tekan beton disajikan pada Gambar 4. 5.



Gambar 4. 5 Grafik perbandingan hasil kuat tekan beton

Belum ditemukan penelitian beton HVFA (dengan substitusi *fly ash* terhadap semen sebesar 40%) dan menggunakan substitusi limbah abu batu, sehingga digunakan perbandingan penelitian terdahulu mengenai beton dengan campuran limbah abu batu saja. Hasil uji tekan beton yang didapatkan sesuai dengan penelitian Patel dkk. (2013) yaitu kuat tekan beton tertinggi pada umur beton 28 hari dihasilkan oleh proporsi substitusi limbah abu batu terhadap agregat halus sebesar 10%.

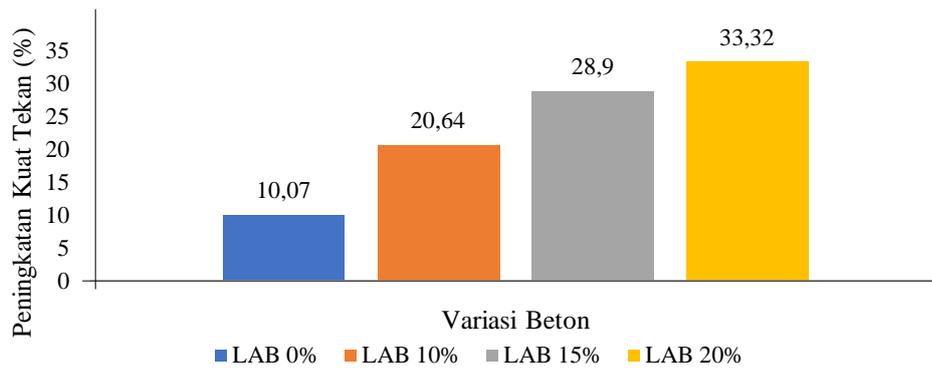
4.4. Hasil Peningkatan Kuat Tekan berdasarkan Umur Beton

Persentase peningkatan kuat tekan beton tertinggi pada umur 56 hari dihasilkan oleh LAB 20% yaitu 33,32% atau sebesar 7,04 MPa dan peningkatan kuat tekan beton terendah dihasilkan oleh LAB 0% (beton normal) yaitu sebesar 10,07% atau 2,83 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak campuran substitusi limbah abu batu pada beton berbanding lurus dengan

peningkatan kuat tekan beton. Adapun tabel peningkatan kuat tekan pada umur 56 hari disajikan pada Tabel 4.6 dan grafik persentase peningkatan kuat tekan beton pada umur 56 hari dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Tabel 4.6 Peningkatan kuat tekan beton pada umur 56 hari

Kode	Peningkatan kuat tekan (MPa)	Peningkatan kuat tekan (%)
LAB 0%	2,83	10,07
LAB 10%	5,2	20,64
LAB 15%	6,52	28,9
LAB 20%	7,04	33,32



Gambar 4.6 Grafik persentase peningkatan kuat tekan beton pada umur 56 hari