

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Material

Pengujian material semen, agregat kasar (batu pecah), dan agregat halus (pasir dan limbah keramik) dilakukan di laboratorium Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dan laboratorium PT Varia Usaha Beton. Material yang digunakan dalam pengujian dan pembuatan benda uji yaitu semen *portland type* I produksi PT Semen Gresik, batu pecah berasal dari Pasuruan, pasir berasal dari Lumajang, dan limbah keramik yang diambil dari PT Keramik Diamond Industries. Hasil pengujian material terdapat pada Tabel 4.1 dan data perhitungan secara lengkap terdapat pada lampiran.

Tabel 4.1 Hasil Uji Material

Uji Material	Standar Pengujian	Standar Hasil Uji	Hasil Uji	Persyaratan
1. Semen				
- Uji konsistensi normal	ASTM C 187-98	22% - 32%	29,6%	Ok
- Waktu mengikat dan mengeras semen	ASTM C 191-01			
a. Waktu mengikat (Menit)		Min. 45	77	Ok
b. Waktu Mengeras (Menit)		Maks. 480	150	Ok
- Berat jenis semen	ASTM C 188-02	3,00 – 3,20 kg/cm ³	3,12 kg/cm ³	Ok
- Berat volume semen	ASTM C 188-89	-	1,05 kg/lt	Ok
2. Batu Pecah				
- Analisa gradasi batu pecah	ASTM C 136-93			
a. Zona		Zona 1 - 3	Zona 1	Ok
b. Modulus kehalusan		6 – 8	6,98	Ok
- Kadar air batu pecah	ASTM C 556-71	<3%	1,01%	Ok
- Berat Jenis batu pecah	ASTM C 127-88	<3,5 kg/cm ³	2,70 kg/cm ³	Ok
- Berat volume batu pecah	ASTM C 29-78	1,6 – 1,9 kg/lt	1,9 kg/lt	
- Resapan batu pecah	ASTM C 128-93	<5%	1,32%	Ok
- Kadar lumpur batu pecah	ASTM C 117-76	<1%	0,2%	Ok
- Keausan batu pecah	ASTM C 131-89	<50%	18,60%	Ok
3. Pasir				
- Analisa gradasi pasir	ASTM C 136-93			
a. Zona		Zona 1 – 4	Zona 2	Ok

b. Modulus kehalusan		2,3 – 3,1	2,36	Ok
- Kadar air pasir	ASTM C 556-71	<5%	3,10%	Ok
- Berat jenis pasir	ASTM C 128-93	1,6 – 3,2 kg/cm ³	2,63 kg/cm ³	Ok
- Berat volume pasir	ASTM C 29-78	1,0 – 1,8 kg/lt	1,5 kg/lt	Ok
- Uji air resapan pasir	ASTM C 128-93	<5%	2,04%	Ok
- Kadar organik pasir	ASTM C 40-92	-	Kuning Muda	Ok
- Kebersihan pasir terhadap lumpur cara basah	ASTM C 117-76	<5%	1,67%	Ok
- Kebersihan pasir terhadap lumpur cara kering	ASTM C 117-76	<5%	1,60%	Ok
4. Limbah keramik				
- Analisa gradasi limbah keramik	ASTM C 136-93			
a. Zona		Zona 1 – 4	Zona 2	Ok
b. Modulus kehalusan		2,3 – 3,1	3,05	Ok
- Kadar air limbah keramik	ASTM C 556-71	<5%	0,5%	Ok
- Berat jenis limbah keramik	ASTM C 128-93	1,6 – 3,2 kg/cm ³	2,69 kg/cm ³	Ok
- Berat volume limbah keramik	ASTM C 29-78	1,0 – 1,8 kg/lt	1,3 kg/lt	Ok
- Uji air resapan limbah keramik	ASTM C 128-93	<5%	1,01%	Ok

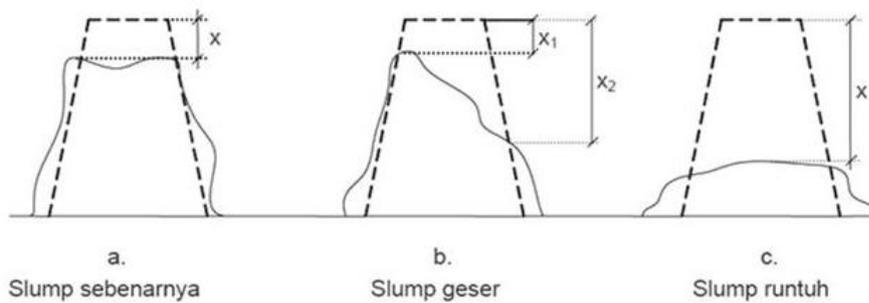
4.2 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* digunakan untuk mengukur tingkat konsistensi (kekentalan) campuran beton. Semakin tinggi nilai *slump*, maka pengerjaannya akan semakin mudah karena kandungan air dalam campuran beton menjadi lebih besar, namun *slump* masih berada dalam batas yang telah direncanakan.

Pengujian *slump* dilakukan pada beton segar yang dituangkan ke dalam kerucut *Abrams* 1/3 bagian dan dirojok sebanyak 25 kali, kemudian tuang kembali 2/3 bagian dan dirojok kembali sebanyak 25 kali, ulangi perlakuan yang sama hingga kerucut penuh. Selanjutnya angkat kerucut secara perlahan hingga beton segar mengalami penurunan ketinggian. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur selisih ketinggian kerucut *Abrams* menggunakan meteran atau penggaris, seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian *Slump*



Gambar 4.2 Tipe Pengujian *Slump*

Dapat dilihat pada Gambar 4.2 untuk hasil pengujian *slump* yang dilakukan dalam pembuatan beton segar masuk kedalam tipe *slump* sebenarnya yaitu seperti pengerojokan dilakukan dengan benar, campuran beton tingkat konsistensi (kekentalannya) baik dan penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Slump*

Benda Uji Limbah Keramik	Slump Rencana (mm)	Hasil Slump (mm)	Keterangan
0%	60 – 180	120	Ok
4%	60 – 180	120	Ok
8%	60 – 180	120	Ok
12%	60 – 180	120	Ok

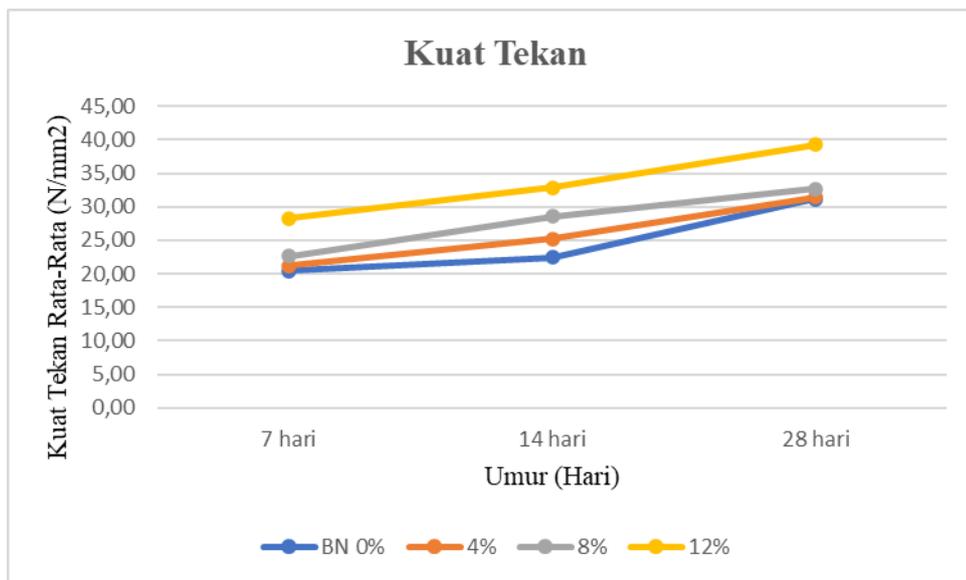
Pengujian *slump* yang dilakukan dalam pembuatan beton segar, dapat dilihat pada Tabel 4.2 bahwa tingkat konsistensi (kekentalan) campuran beton telah memenuhi syarat dari *slump* rencana.

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton dengan limbah keramik sebagai agregat halus, dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.2. Untuk data pengujian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 4.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Rata-Rata

Benda Uji Limbah Keramik	Kuat Tekan (MPa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0%	20,43	22,47	31,13
4%	21,22	25,20	31,44
8%	22,64	28,60	32,67
12%	28,28	32,89	39,32



Gambar 4.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Diketahui pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan nilai kuat tekan beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus, bahwa pada beton berumur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan tekan jika dibandingkan dengan beton berumur 7 hari dan 14 hari.

Dari hasil pengujian kuat tekan pada beton dapat dilihat perkembangan nilai kuat tekan dari beberapa variasi prosentase limbah keramik, pada prosentase 0% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu sekitar 52,37%. Pada prosentase 4% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu sekitar 48,16%. Pada prosentase 8% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu

sekitar 44,30%. Pada prosentase 12% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu sekitar 38,31%.

Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, beton normal 0% mempunyai kuat tekan yaitu sebesar 31,13 MPa. Benda uji silinder beton yang diberi tambahan campuran limbah keramik dengan prosentase 12% mempunyai nilai kuat tekan tertinggi dibandingkan prosentase lainnya yaitu sebesar 39,32 MPa dan mengalami peningkatan sekitar 26,31% dari beton normal. Beton prosentase 4% limbah keramik mempunyai nilai kuat tekan paling rendah yaitu sebesar 31,44 MPa dan lebih rendah sekitar 25,06% dari beton prosentase 12% limbah keramik.

Limbah keramik sebagai agregat halus pada campuran beton yang dapat dijadikan sebagai alternatif berdasarkan nilai kuat tekan paling optimum yaitu pada prosentase 12% limbah keramik, dibandingkan dengan variasi prosentase 0%, 4%, dan 8%. Pada beton prosentase 12% limbah keramik mengalami peningkatan kekuatan tekan dikarenakan limbah keramik sebagai agregat halus dapat mengisi lebih banyak pori yang ada pada beton, semakin kecil pori yang ada maka akan semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan. Dengan adanya kandungan silika oksida (SiO_2) dan alumina oksida (Al_2O_3) yang terdapat pada limbah keramik lebih tinggi dibandingkan dengan pasir alami, hal ini meningkatkan kekuatan dan ketahanan pada beton, serta dapat mengurangi terjadinya retakan.

4.4 Tipe Retakan Pada Pengujian Kuat Tekan Beton

Berikut merupakan retakan silinder yang terjadi pada pengujian kuat tekan beton hasil penelitian ini. Pola retakan yang terjadi sudah sesuai dengan ASTM C39 – 05 atau seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.4.1, antara lain yaitu:

4.4.1 Pola Retak Kerucut (*Cone*)

Mayoritas benda uji pada penelitian ini menghasilkan tipe pola retakan kerucut dimana retakan muncul dengan membentuk garis kerucut. Tipe retak ini sangat umum terjadi pada pengujian kuat tekan dan adanya retakan ini karena pembebanan pada benda uji yang tersebar secara merata. Tipe pola retak kerucut (*cone*) yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Pola Retak Kerucut

4.4.2 Pola Retak Kerucut dan Pecah (*Cone and Split*)

Pada benda uji dengan tipe pola retak kerucut dan pecah ini muncul karena campuran dari agregat kasarnya tidak homogen selama pembuatan benda uji, sehingga pembebanan tidak tersebar secara merata. Tipe pola retak kerucut dan pecah yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton Pola Retak Kerucut dan Pecah

4.4.3 Pola Retak *Columnar*

Sebagian benda uji pada penelitian menghasilkan tipe pola retak *columnar* dimana retakan muncul dengan membentuk garis lurus vertikal (*columnar*) disepanjang penampang benda uji. Pola retak ini juga dapat terjadi akibat pembebanan yang tidak tersebar secara merata. Tipe pola retak *columnar* yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton Pola Retak *Columnar*

4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian rata-rata kuat tarik belah beton dengan limbah keramik sebagai agregat halus, dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan data pengujian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel 4.4 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Rata-Rata

Variasi % Limbah Keramik	Kuat Tarik Belah Rata- rata (MPa)
	28 Hari
0%	2,68
4%	2,49
8%	2,58
12%	2,68

Diketahui pada Tabel 4.4 menunjukkan nilai kuat tarik belah beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus yang berumur 28 hari, terdapat beton normal 0%

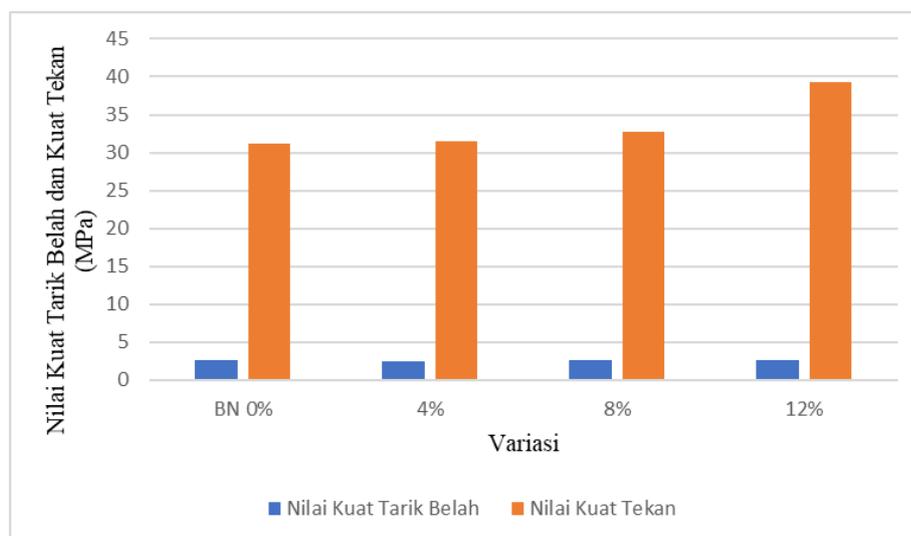
mempunyai kuat tarik belah yaitu sebesar 2,68 MPa. Beton dengan campuran limbah keramik prosentase 12% mempunyai kekuatan tarik belah yang sama dengan beton normal 0% dan mempunyai nilai yang paling optimum dibandingkan prosentase 4% dan 8%. Beton prosentase 4% limbah keramik mempunyai nilai kuat tarik belah paling rendah yaitu sebesar 2,49 MPa dan lebih rendah sekitar 7,24% dari beton normal 0%.

4.6 Perbandingan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Nilai kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus dengan nilai kuat tekannya (Giano, Steenie, dkk., 2018). Kekuatan tarik merupakan suatu sifat penting yang dapat mempengaruhi ukuran retak di dalam struktur, tetapi karena kecilnya kuat tarik yang dihasilkan pada beton, hal inilah yang menjadi kelemahan terbesar pada beton. Berbeda dengan kuat tekan yang merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton karena beton memiliki kemampuan untuk menahan beban tekan. Seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.6 mengenai perbandingan hasil perhitungan rasio nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Variasi	Nilai Kuat Tarik Belah (MPa)	Nilai Kuat Tekan (MPa)	Rasio (%)
BN 0%	2,68	31,13	8,61
4%	2,49	31,44	7,91
8%	2,58	32,67	7,90
12%	2,68	39,32	6,80



Gambar 4.7 Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 28 Hari

Diketahui pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.7 bahwa nilai kuat tarik belah tidak berbanding lurus dengan nilai kuat tekannya dan dapat dianalisa bahwa nilai rasio kuat tarik belah terhadap kuat tekan, yang paling tinggi terdapat pada beton normal 0% yaitu sebesar 8,61% jika dibandingkan dengan beton prosentase limbah keramik lainnya. Beton dengan campuran limbah keramik yang memperoleh nilai rasio maksimum terdapat pada prosentase 4% limbah keramik yaitu sebesar 7,91% dan nilai rasio paling rendah terdapat pada prosentase 12% limbah keramik yaitu sebesar 6,80%. Hal ini membuktikan bahwa nilai rasio yang dihasilkan pada beton campuran limbah keramik akan menurun apabila prosentase limbah keramik bertambah tinggi. Penyebab nilai rasio menurun karena nilai kuat tarik belah yang dihasilkan terlalu rendah jika dibandingkan dengan nilai kuat tekannya.