

PENGGUNAAN KELERENG SEBAGAI PENGGANTI KERIKIL PADA CAMPURAN BETON

Sriliiani¹⁾, Andry ALim Lingga²⁾, Gatot Setya Budi²⁾

lia.sriliiani2015@gmail.com

Abstract

Concrete is the most widely used building material in the world, including Indonesia. By building concrete we have dams, pipelines, drainage, foundations, piling, bridge, highway to skyscrapers. A large number of concrete in construction results the increasing need for concrete material, thus triggering rock mining on a large scale. It decreases the number of natural resources that are available for concreting. It also damages the environment. Hence, considering the new procurement for aggregate resources in the concrete manufacture is needed, for example by replacing the coarse aggregate / gravel with marbles. This research aims to make concrete by using marbles, with 20 MPa compressive strength target plan, using the Holcim cement brands with 7-10 cm slump. In the manufacture of specimens test, the researchers used the modified ACI method. The marbles used were divided into two variations: marbles with the slippery surface / plain and roughened marbles. The test committed against the concrete is compressive strength test, tensile and modulus of elasticity sides. The test shows that the compressive strength of concrete meets the target plan of 20 MPa. The results are 32.511 MPa compressive strength characteristics for marbles slippery surfaces and 27.371 MPa compressive strength characteristics for rough surface aggregate concrete. The results obtained a significant difference range caused by the same marbles gradation with $\geq 40\%$ abrasion on rough surfaced marbles and different value slump.

Keywords: Marbles, Tensile crack, Modulus of Elasticity.

1. PENDAHULUAN

Beton adalah material bangunan yang paling banyak digunakan di dunia, salah satunya di Indonesia. Dengan beton dibangun bendungan, pipa saluran, drainase, pondasi, tiang pancang, jembatan, jalan raya sampai gedung pencakar langit. Hal ini dikarenakan bahan dasar beton mudah diperoleh dan dibentuk baik ukuran maupun kekuatannya sesuai kebutuhan.

Banyaknya jumlah penggunaan beton dalam konstruksi tersebut mengakibatkan peningkatan kebutuhan material beton, sehingga memicu penambangan batuan secara besar-besaran. Hal ini menyebabkan turunnya jumlah sumber alam yang tersedia untuk keperluan pembetonan dan merusak lingkungan, sehingga perlu dipikirkan

pengadaan jenis sumber agregat baru dalam pembuatan beton, yaitu dengan mengganti unsur pengisi beton terutama agregat kasar atau halus dengan material pengganti seperti menggunakan kelereng sebagai pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton.

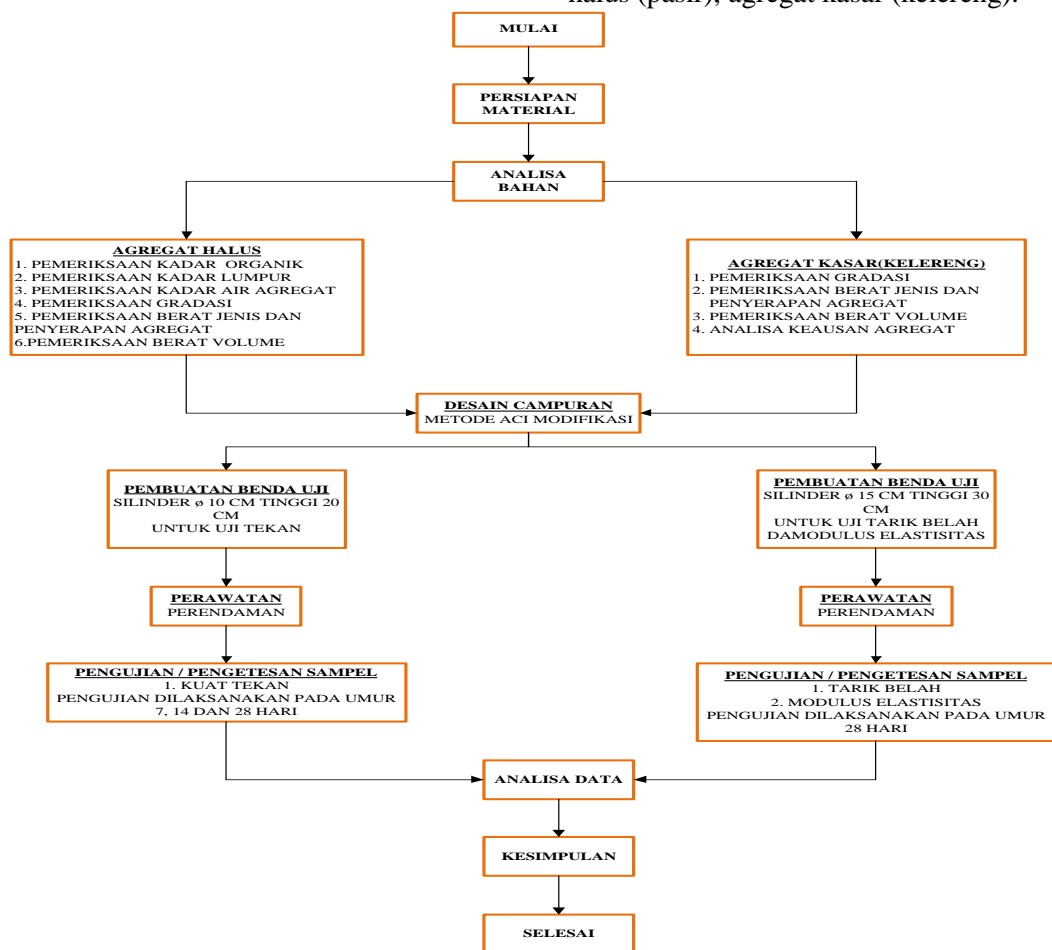
2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Menurut pedoman Beton 1989 *Draf konsensus* (SKBI.1.4.53,1989: 4-5) Beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air. Agregat kasar dapat berupa kerikil, batu pecah, sisa bahan mentah tambang, agregat ringan buatan, pasir

atau bahan sejenis lainnya. Dalam adukan beton, campuran air dan semen membentuk pasta yang disebut pasta semen. Fungsi dari pasta semen ini selain untuk mengisi pori-pori diantara butiran-butiran agregat juga berfungsi sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan sehingga butiran-butiran agregat saling terikat.

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini untuk analisa bahan digunakan metode ASTM dan dalam perhitungan rancangan campuran menggunakan metode *American Concrete Institute (ACI)* modifikasi dimana metode ini dalam perhitungan langsung menggunakan besaran hasil dari : berat volume, berat jenis, gradasi dan kadar air dari agregat. Adapun bahan-bahan yang dianalisa antara lain : agregat halus (pasir), agregat kasar (kelereng).



Gambar 1. Alur penelitian

3.1 Pengetesan Benda Uji

Setelah melewati masa perawatan atau perendaman, benda uji perlu dikeluarkan sehari sebelum pengetesan. Pada penelitian ini pengetesan benda uji akan dilaksanakan pada umur 3, 14 dan 28 hari.

3.2 Uji Kuat Tekan Beton

Analisa kekuatan beton ini merupakan kegiatan analisa data yang hanya dilakukan sebagai kontrol terhadap mutu atau karakteristik beton yang direncanakan, sehingga akan diketahui apakah perbandingan dari

material yang digunakan akan menghasilkan mutu yang sesuai dengan yang diinginkan. Dengan kata lain apakah perhitungan terhadap jumlah material pembuatan beton tersebut masih dalam batas-batas yang diijinkan atau tidak dalam mencapai karakteristik beton yang dimaksud.

Rumus untuk menentukan nilai kuat tekan benda uji :

$$f_c = \frac{P}{A}$$

$$f_c = \frac{\sum_{i=1}^n f_c'}{n}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_c' - \sum f_c' / n)^2}{n-1}}$$

$$f_c' = f_c - 1,64 S_d$$

3.3 Uji Kuat Tarik Belah Beton

Uji tarik belah dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Spesimen silinder direbahkan dan diletakan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Pengujian kuat tarik belah digunakan

untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton.

Perhitungan kuat tarik belah dari benda uji dengan rumus sebagai berikut:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$$

3.4 Uji Modulus Elastisitas

Tolak ukur yang umum dari sifat elastisitas suatu beton adalah elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang sebagai akibat dari tekanan yang diberikan (Murdock dan Brook, 1991).

Berdasarkan rekomendasi ASTM C 469-94, perhitungan modulus elastisitas yang digunakan adalah modulus elastisitas *chord*. Adapun perhitungan modulus elastisitas *chord* (E_c).

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,00005)}$$

4. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa agregat halus, kelereng dapat dilihat pada tabel 1 dan 2

Tabel 1. Hasil keseluruhan pengujian agregat halus (pasir)

jenis pengujian	hasil pengujian	Standar	kesimpulan
Kadar zat organik	Larutan NaOH 3% Kecoklat-coklatan (no.3)	Jernih atau kuning Tua \geq no.3	Memenuhi syarat
Kadar lumpur	1,05 %	Maksimum 5%	Memenuhi syarat
Kadar air	3,015%	1,5 – 3,8	Memenuhi syarat
Modulus halus butir (gradasi)	2,841	2,3-3,1	Memenuhi syarat
Berat volume	1,480	-	-
Berat jenis (kondisi permukaan jenuh) SSD	2,623	2,5-2,7	Memenuhi syarat
Absorpsi	0,928	-	-

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat kasar (kelereng)

Kelereng permukaan licin			
Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
Kadar air	0,00%	-	-
Modulus halus butir (gradasi)	3,071	5 - 8	Tidak memenuhi syarat
Berat volume	1,608	-	-
Berat jenis (kondisi permukaan jenuh SSD)	2,516	2,5 - 2,7	Memenuhi syarat
<i>Absorpsi</i>	0,007	-	-
Abrasi	25,688%	Maksimum 40 %	Memenuhi syarat
Kelereng permukaan kasar			
Kadar air	0,00%	-	-
Modulus halus butir (gradasi)	3,033	5 - 8	Tidak memenuhi syarat
Berat volume	1,606	-	-
Berat jenis (kondisi permukaan jenuh SSD)	2,493	2,5 - 2,7	Memenuhi syarat
<i>Absorpsi</i>	0,015	-	-
Abrasi	43,77%	Maksimum 40 %	Tidak memenuhi syarat

4.3 Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

Tabel 3. Jumlah pembuatan sampel dan pengujian benda uji

DAFTAR BENDA UJI							
NO	Variasi Agregat	JUMLAH BENDA UJI HARI KE					Jumlah
		Tekan			Modulus Elastisitas	Tarik Belah	
		3	14	28	28	28	
1	Kelereng Permukaan Licin	8	8	8	8	8	40
2	Kelereng Permukaan Kasar	8	8	8	8	8	40
	JUMLAH						80

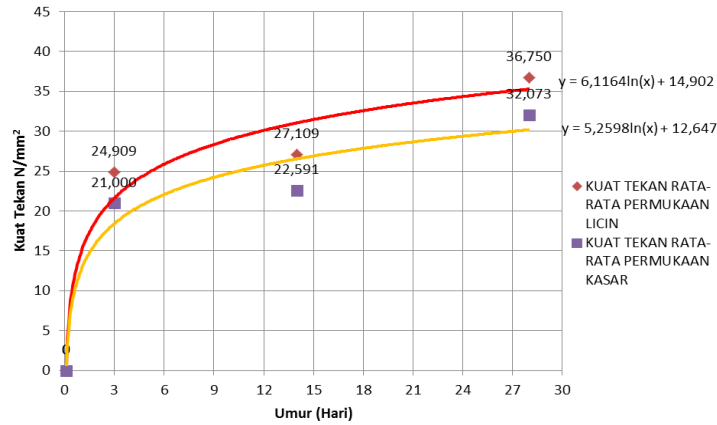
Hasil kuat tekan kelereng permukaan kasar dan kelereng permukaan licin dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. Hasil kuat tekan dan kuat tekan karakteristik kelereng permukaan licin

No Sample	Slump	Beban Max (P)		Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan MPa atau (N/mm ²) Umur Beton (Hari)			Korelasi Umur 28 H	$(f'c-f'cr)$	$(f'c-f'cr)^2$	angka korelasi	
		kN	N		Umur Beton (Hari)							
					3	14	28					
1	7.5	230	230.000	7857,14	29,273			43,188	4,364	19,041	0,678	
2	7.5	200	200.000	7857,14	25,455			37,555	0,545	0,298		
3	7.5	190	190.000	7857,14	24,182			35,677	-0,727	0,529		
4	7.5	185	185.000	7857,14	23,545			34,738	-1,364	1,860		
5	7.5	185	185.000	7857,14	23,545			34,738	-1,364	1,860		
6	7.5	165	165.000	7857,14	21,000			30,983	-3,909	15,281		
7	7.5	215	215.000	7857,14	27,364			40,371	2,455	6,025		
1	7.5	205	205.000	7857,1		26,091		35,370	-1,018	1,037	0,738	
2	7.5	230	230.000	7857,1		29,273		39,683	2,164	4,681		
3	7.5	230	230.000	7857,1		29,273		39,683	2,164	4,681		
4	7.5	210	210.000	7857,1		26,727		36,232	-0,382	0,146		
5	7.5	190	190.000	7857,1		24,18		32,782	-2,927	8,569		
1	7.5	305	305000	7857,14			38,818	38,818	2,068	4,277	1,00	
2	7.5	275	275000	7857,14			35,000	35,000	-1,750	3,063		
3	7.5	265	265000	7857,14			33,727	33,727	-3,023	9,137		
4	7.5	270	270000	7857,14			34,364	34,364	-2,386	5,695		
5	7.5	310	310000	7857,14			39,455	39,455	2,705	7,315		
6	7.5	280	280000	7857,14			35,636	35,636	-1,114	1,240		
7	7.5	320	320000	7857,14			40,727	40,727	3,977	15,819		
8	7.5	285	7857,14	7857,14			36,273	36,273	-0,477	0,228		
Jumlah						174,364	135,545	294,000	735,000		110,779	
Kuat Tekan Rata-rata						24,9091	27,109	36,750	30,625		5,539	
Standar Deviasi						2,415						
Kuat Tekan Karakteristik						26,665						

Tabel 5. Data kuat tekan dan kuat tekan karakteristik kelereng permukaan kasar

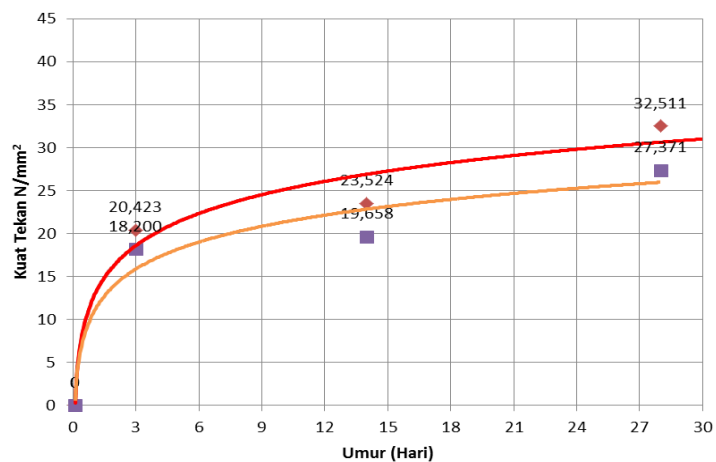
No Sample	Slump	Beban Max (P)		Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan Mpa atau (N/mm ²)			Korelasi Umur 28 H	$(f'c-f'cr)$	$(f'c-f'cr)^2$	angka korelasi	
		kN	N		Umur Beton (Hari)							
					3	14	28					
1	8.5	160	160.000	7857,14	20,364			31,101	-0,636	0,405	0,655	
2	8.5	170	170.000	7857,14	21,636			33,045	0,636	0,405		
3	8.5	175	175.000	7857,14	22,273			34,017	1,273	1,620		
4	8.5	175	175.000	7857,14	22,273			34,017	1,273	1,620		
5	8.5	170	170.000	7857,14	21,636			33,045	0,636	0,405		
6	8.5	140	140.000	7857,14	17,818			27,213	-3,182	10,124		
1	8.5	150	150.000	7857,14		19,091		27,104	-3,500	12,250	0,704	
2	8.5	185	185.000	7857,14		23,545		33,428	0,955	0,911		
3	8.5	180	180.000	7857,14		22,909		32,524	0,318	0,101		
4	8.5	190	190.000	7857,14		24,182		34,331	1,591	2,531		
5	8.5	180	180.000	7857,14		22,909		32,524	0,318	0,101		
6	8.5	180	180.000	7857,14		22,909		32,524	0,318	0,101		
1	8.5	275	275000	7857,14			35,000	35,000	2,927	8,569	1,00	
2	8.5	240	240000	7857,14			30,545	30,545	-1,527	2,333		
3	8.5	270	270000	7857,14			34,364	34,364	2,291	5,248		
4	8.5	255	255000	7857,14			32,455	32,455	0,382	0,146		
5	8.5	220	220000	7857,14			28,000	28,000	-4,073	16,587		
Jumlah							126,000	135,545	160,364	545,236	63,457	
Kuat Tekan Rata-rata							21,000	22,591	32,073	22,718	3,733	
Standar Deviasi							1,932					
Kuat Tekan Karakteristik							19,550					



Gambar 2. Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata beton terhadap umur beton kelereng permukaan licin dan beton kelereng permukaan kasar

Tabel 6. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton

Umur Beton (Hari)	Agregat Permukaan Licin Kuat tekan rata-rata(N/mm ²)	Agregat Permukaan Kasar Kuat tekan rata-rata(N/mm ²)
0	0	0
3	24,909	21,000
14	27,109	22,591
28	36,750	32,073



Gambar 3. Grafik perbandingan kuat tekan karakteristik beton dengan umur beton.

Dari grafik dan tabel diatas kuat tekan karakteristik, beton kelereng permukaan licin dengan nilai kuat tekan 32,511 MPa, lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan karakteristk beton kelereng permukaan kasar dengan nilai kuat tekan 27,371 MPa.

Tabel 7. Perbandingan kuat tekan karakteristik beton

Umur Beton (Hari)	Agregat Permukaan Licin (N/mm ²)	Agregat Permukaan Kasar (N/mm ²)
0	0	0
3	20,423	18,200
14	23,524	19,658
28	32,511	27,371

Tabel 8. Hasil pengujian

Jenis pengujian	Standar Beton normal	Beton menggunakan kelereng	Beton menggunakan kelereng	Beton menggunakan	Keterangan
		Permukaan kasar	Permukaan licin	Kerikil	
Kuat tekan	15 - 40 mpa	27,371 Ok	32,511 Ok	27,648 Ok	Memenuhi syarat
Berat satuan / isi agregat	2200 - 2500 kg/m ³	2232,644 Ok	2241,497 Ok	-	Memenuhi syarat
Modulus elastisitas $4700\sqrt{f_c}$	Mutu beton 20 mpa 21019,039	24311,913 Ok	21999,594 Ok	-	Memenuhi syarat
Kuat tarik belah		2,634	1,936	-	Memenuhi syarat
Kadar zat organik agregat kasar	No.3	Tidak ada zat organik	Tidak ada zat organik	No.3	Memenuhi syarat
Kadar air agregat kasar	2%	Tidak ada	Tidak ada	1,23%	-
Modulus halus butir (gradasi) Agregat kasar	5_8	5 Ok	5 Ok	4,987~ 5 Ok	Memenuhi syarat
Gradasi agregat kasar	Variasi	Seragam	Seragam	Variasi	Tidak memenuhi syarat
berat jenis (kondisi permukaan jenuh) agregat kasar	2,5 - 2,7	2,493 Ok	2,516 Ok	2,616 Ok	Memenuhi syarat
Absorpsi agregat	-	0,015	0,007	0,604	-
Abrasi agregat kasar	40 % bagian hancur	43,77% Hancur \geq 40 %	25,69% Ok	18,02% Ok	Permukaan licin memenuhi syarat Permukaan kasar tidak memenuhi syarat

4.3.1 Pengujian Kuat Tarik Belah

Hasil kuat tarik belah beton disajikan pada tabel 9 dan 10

Tabel 9. Hasil kuat tarik belah beton kelereng permukaan licin

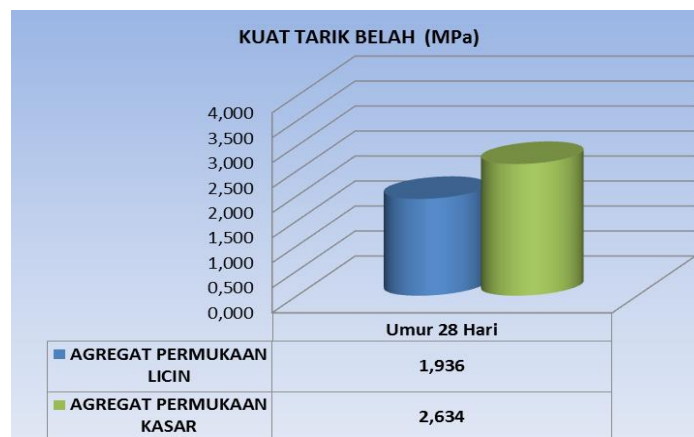
NO.	Berat	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Luas Selimut ($\pi.L.D$) (mm ²)	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik
	(Kg)	(kN)	(N)		2P/($\pi.L.D$) (N/mm ² a) atau (MPa)	Belah Rata-rata (MPa)
1	12,029	125	125000	141428,571	1,768	1,936
2	12,132	145	145000		2,051	
3	12,333	120	120000		1,697	
4	12,300	145	145000		2,051	
5	12,211	130	130000		1,838	
6	12,128	130	130000		1,838	
7	12,288	145	145000		2,051	
8	12,174	155	155000		2,192	

Tabel 10. Hasil kuat tarik belah rata-rata beton kelereng permukaan kasar

NO.	Berat (Kg)	Kuat Tekan (kN)	Kuat Tekan (N)	Luas Selimut ($\pi.L.D$) (mm ²)	Kuat Tarik Belah $2P/(\pi.L.D)$ (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
1	12,160	200	200000	141428,571	2,828	2,634
2	12,541	185	185000		2,616	
3	12,194	220	220000		3,111	
4	12,283	180	180000		2,545	
5	12,307	180	180000		2,545	
6	12,273	160	160000		2,263	
7	12,454	175	175000		2,475	
8	12,279	190	190000		2,687	

Tabel 11. Hasil uji tarik belah antara agregat kelereng permukaan licin dan agregat kelereng permukaan kasar

Umur Beton (Hari)	Agregat Permukaan Licin (N/mm ²)	Agregat Permukaan Kasar (N/mm ²)
28	1,936	2,634
Persentase	42,363	57,637



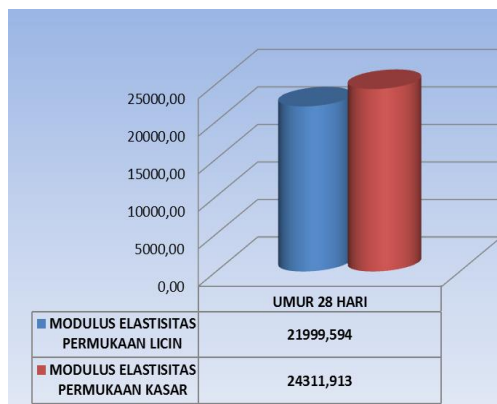
Gambar 4. Perbandingan kuat tarik belah beton Hasil pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada tabel 12 dan 13

Tabel 12. Hasil perhitungan modulus elastisitas kelereng permukaan Kasar
K1-K8 beton umur 28 hari

No.	kode benda uji	regresi	Ec perhitungan (MPa)	E validasi SNI (MPa)	E validasi SNI (MPa)
1	ME.K1	$y = 25683x + 0,2662$	25683,00	26227,272	25313,543
2	ME.K2	$y = 30724x - 0,3838$	28550,470	25745,996	24849,035
3	ME.K3	$y = 28564x - 0,2209$	27193,834	23985,605	23149,974
4	ME.K4	$y = 23550x + 0,2696$	23550,000	24881,375	24014,535
5	ME.K5	$y = 20395x + 0,1052$	20395,000	25624,265	24731,544
6	ME.K6	$y = 25934x + 0,0340$	25934,000	25006,722	24135,516
7	ME.K7	$y = 20949x + 0,7595$	20949,000	25006,722	24135,516
8	ME.K8	$y = 22240x + 0,4020$	22240,000	25006,722	24135,516
rata-rata %			24311,913 52,496	25185,585	24308,147

Tabel 13. Hasil perhitungan modulus elastisitas kelereng permukaan licin
L1-L8 beton umur 28 hari

No.	kode benda uji	Regresi	Ec perhitungan (MPa)	E validasi SNI	E validasi SNI
1	ME.L1	$y = 23092x + 0,5816$	23092,000	25006,722	24279,213
2	ME.L2	$y = 22771x + 0,1197$	22771,000	24501,484	23788,674
3	ME.L3	$y = 22727x + 0,1169$	22727,000	24115,610	23414,026
4	ME.L4	$y = 22933x + 0,3174$	22933,000	25255,552	24520,804
5	ME.L5	$y = 21989x + 0,2905$	21989,000	22226,461	21579,837
6	ME.L6	$y = 21670x - 0,0083$	21637,750	25987,748	25231,699
7	ME.L7	$y = 21131x + 0,4029$	21131,000	24881,375	24157,512
8	ME.L8	$y = 19716x + 0,4813$	19716,000	23591,295	22904,964
rata-rata %			21999,594 47,504	24445,781	23734,591



Gambar 5. Perbandingan modulus elastisitas kelereng permukaan licin dan kelereng permukaan kasar

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan terhadap kuat tekan beton, kuat tarik belah dan pengujian modulus elastisitas agregat permukaan licin dan beton kelereng permukaan kasar dengan kontrol slump 7 – 10 cm, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Dari hasil pemeriksaan dan perhitungan kuat tekan karakteristik beton umur 28 hari, beton agregat permukaan licin dengan nilai kuat tekan karakteristik 32,511 MPa dan kuat tekan karakteristik beton agregat permukaan kasar dengan nilai kuat tekan karakteristik 27,371 MPa. Pada beton agregat kelereng permukaan kasar hasil uji tekan mengalami penurunan dengan persentase sebesar 8,584 %. Penurunan terjadi karena pada kelereng permukaan kasar telah mengalami benturan dalam proses pengasaran permukaan kelereng didalam mesin molen, sehingga kekuatan menjadi menurun.
- b. Kuat tarik belah beton pada umur 28 hari, beton agregat permukaan licin sebesar 1,936 MPa dan agregat permukaan kasar sebesar 2,634 MPa. Pada beton agregat kelereng permukaan kasar hasil uji tarik belah mengalami kenaikan dengan persentase sebesar 15,274%, hal ini terjadi karena agregat permukaan kasar lebih mengikat pada pasta semen jika dibandingkan dengan kelereng permukaan licin yang mudah terlepas dari pasta.
- c. Modulus elastisitas beton pada umur 28 hari, agregat permukaan licin sebesar 21999,594 MPa dan agregat permukaan kasar sebesar 24311,913 MPa. Pada beton agregat kelereng permukaan kasar hasil uji modulus elastisitas mengalami kenaikan dengan persentase sebesar 4,993 %.
- d. Pada penelitian berat jenis (kondisi permukaan jenuh SSD) agregat kelereng permukaan kasar 2,493 t/m³ lebih rendah jika dibandingkan dengan kelereng permukaan licin sebesar 2,515 t/m³, hal ini dikarenakan kelereng permukaan licin volume telah berkurang akibat proses pengasaran.

Tabel 14. Hasil perhitungan penelitian

No	Variasi Agregat	Nama Uji	Hasil (MPa)	Slump
1	Kelereng permukaan licin	Kuat tekan	32,511	7,5 cm
		Tarik belah	1,936	10 cm
		Modulus elastisitas	21999,594	10 cm
2	Kelereng permukaan kasar	Kuat tekan	22,398	8,5 cm
		Tarik belah	2,634	9,5 cm
		Modulus elastisitas	24311,913	9,5 cm

5.2. Saran

Untuk menindak lanjuti penelitian ini, diperlukan beberapa koreksi yang harus diperhatikan agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran-saran yang dapat penulis berikan yang berhubungan dengan penggunaan

kelereng sebagai pengganti agregat kasar sebagai berikut:

- a. Sebaiknya pada saat pengecoran/pembuatan benda uji, diharapkan campuran homogen dan harus dicor secara bersamaan agar tidak terjadi perbedaan hasil pengujian yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- 2002. *Pedoman Pelaksanaan Pratikum Beton*. Pontianak: Laboratorium Bahan dan Kontruksi Fakultas Teknik Sipil UNTAN Pontianak.
- ASTM C33. 2004. “*Standard Spesificaion for Concrete Aggregates*”, Annual Books of ASTM Standards, USA.
- Djaja Mungok, Chrisna, 2003. *Buku Ajar Struktur Beton Bertulang I*, Pontianak: Fakultas Teknik Untan.
- Istianto, Muson. Mula. 2010. *Kajian Kuat Desak Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Bahan Tambah Metakaolin Dan Serat Aluminium*. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Murdock, L.J. & Brook, K. M. (alih bahasa : Stephanus Hendarko). 1999. *Bahan dan praktek beton*. Erlangga. Jakarta.
- Nawy, E.G. 2010. *Beton Bertulang*. Diterjemahkan oleh : Bambang Suryoatmono. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Nugraha, Paul., dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Surabaya. Andi.
- SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Pencampuran Beton*, 2002
- SNI 15-0302-2004, *Semen Portland Pozolan*, 2004.
- Yolanda, Windy F. 2015. *Studi Eksperimen Kuat Tekan Beton Menggunakan Semen PPC Dengan Tambahan Glenium*. Pontianak. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.