E-ISSN 2720-9199
P-ISSN 2541-0148

JURNAL TEKNIK SIPIL
MACCA

Pemanfaatan Penggunaan Batu Zeolit sebagai Agregat Kasar Terhadap Sifat Mekanik Beton

Hanafi Ashad[1], Arifuddin Karim[2], Muhammad Syarif BP[3], Muhammad Yusril Tawainella[4], Hasrianto[5]

[1,2,3,4,5)] Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231
[1)]hanafi.ashad@umi.ac.id; [2)]arifuddin.karim@umi.ac.id; [3)]muhammad.syarif@umi.ac.id;
[4)]yusril.tawainella@gmail.com; [5)]asrhyast@gmail.com

ABSTRAK

Dalam pencampuran beton normal terdapat bahan pembentuk beton antara lain agregat kasar, agregat halus, semen dan air. Agregat merupakan komponen utama yang mempunyai peran penting dalam mendukung kekuatan dan ketahanan terhadap beton karena menempati 60-70 persen dari total volume beton. Pengujian kali ini memakai batu zeolit sebagai agregat kasar yang bertujuan untuk memanfaatkan batu zeolit terhadap sifat mekanik beton. Penelitian kali ini dilakukan pengujian dari pemeriksaan material kemudian dilakukan pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah dan kuat lentur beton pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan mutu rencana (f'c) = 25 Mpa. Dari pengujian batu zeolit sebagai agregat kasar diperoleh kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari sebesar 12,46 Mpa, 14 hari sebesar 17,35 Mpa serta 28 hari sebesar 23,40 Mpa. Batu zeolit terhadap kuat tarik belah diperoleh nilai rata-rata berdasarkan umur adalah 1,51 Mpa untuk umur 7 hari, 1,86 untuk umur 14 hari dan 2,24 Mpa untuk umur 28 hari. Batu zeolit terhadap pengujian kuat lentur beton diperoleh nilai rata-rata berdasarkan umur yaitu 3,51 Mpa untuk umur 7 hari, 3,84 Mpa untuk umur 14 hari dan 4,17 Mpa untuk umur 28 hari.

Kata Kunci: Beton Normal, Zeolit, Kuat Tekan

ABSTRACT

In normal concrete mixing there are concrete-forming ingredients including coarse aggregate, fine aggregate, cement and water. Aggregate is the main component that has an important role in supporting the strength and resistance of concrete because it occupies 60-70 percent of the total volume of concrete. This test uses zeolite stone as a coarse aggregate which aims to utilize zeolite stone on the mechanical properties of concrete. In this study, testing was carried out by examining the material and then testing the compressive strength of concrete, splitting tensile strength and flexural strength of concrete at the age of 7 days, 14 days and 28 days with a design quality (f'c) = 25 MPa. From the testing of zeolite stone as coarse aggregate, the average compressive strength at the age of 7 days was 12.46 Mpa, 14 days was 17.35 Mpa and 28 days was 23.40 Mpa. Zeolite stone to tensile strength of split obtained the average value based on age is 1.51 MPa for 7 days old, 1.86 for 14 days old and 2.24 MPa for 28 days old. Zeolite stone to the flexural strength test of concrete obtained an average value based on age, namely 3.51 Mpa for 7 days of age, 3.84 Mpa for 14 days of age and 4.17 Mpa for 28 days of age.

Keywords: Normal Concrete, Zeolite, Compressive Strength

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara yang seiring perkembangan zaman melakukan berbagai pembangunan infrastruktur seperti tempat tinggal dan fasilitas umum. Kebutuhan akan beton semakin besar karena sering digunakan dalam membuat bangunan-bangunan sipil. Hampir setiap bangunan menggunakan beton.

Dalam pembuatan beton, agregat merupakan suatu komponen utama yang mempunyai peran penting dalam mendukung kekuatan dan ketahanan terhadap beton. Agregat menempati 60-70 % dari total volume agregat yang sangan berpengaruh terhadap kualitas beton. Agregat kasar yang banyak digunakan adalah kerikil alam dan hasil pecah dari batu kali.

Semakin banyak pembangunan maka semakin banyak pula agregat yang dipakai maka lama-kelamaan agregat akan mengalami kelangkaan atau mempengaruhi harga dari agregat. Oleh karena itu penulis membuat suatu inovasi dengan menggunakan batu zeolit sebagai pengganti agregat. Terutama pada Provinsi Sulawesi Selatan yang diketahui memiliki banyak endapan zeolit.

Dari uraian di atas penelitian ini dimaksudkan untuk memanfaatkan batu zeolit karena kurang pemanfaatannya sebagai bahan agregat kasar dalam campuran beton terhadap sifat mekanik beton diantaranya kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton dengan mutu rencana (f'c) = 25 Mpa.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil kuat tekan beton yang menggunnakan batu zeolit sebagai agregat kasar serta perbandingannya dengan hasil kuat tekan beton yang menggunakan agregat batu kali?
2. Bagaimana hasil kuat tarik belah beton yang menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton?
3. Bagaimana hasil kuat lentur beton yang menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan hasil kuat tekan beton yang menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar serta perbandingannya dengan hasil kuat tekan beton yang menggunakan batu kali.
2. Mendapatkan hasil kuat tarik belah beton yang menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton,
3. Mendapatkan hasil kuat lentur beton yang menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian secara sekperimen dilaksanakan di Laboratorium untuk pengujian material, pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah dan kuat lentur beton dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia. Waktu penelitian dari pemeriksaan bahan campuran beton sampai didapat hasil pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah dan kuat lentur beton dilaksanakan selama kurang lebih 40 hari

2.2 Spesifikasi Bahan Dasar

1. Semen
   Portland Composite Cement (PCC) memenuhi SNI 15-7064-2014 dan spesifikasinya adalah untuk bahan pengikat dan direkomendasikan untuk penggunaan keperluan konstruksi umum seperti pekerjaan beton, jalan, pasangan bata, bahan bangunan dan pembuatan elemen bangunan khusus beton pracetak, beton pratekan dan bata beton *(paving block).*
2. Air
   Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air diperlukan pada

pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila digunakan dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihassilkan. Jika beton yang memiliki air terlalu banyak akan mengakibatkan pori-pori pada beton akan tertutup oleh pasta semen yang terlalu cari. Sedangkan jika air terlalu sedikit pada pembuatan beton akan membuat beton menjadi rapuh karena daya lekat antara agregat dengan semen, sehingga kekuatan beton tersebut akan mengalami penurunan. *ACI 522R-10* menyatakan faktor air semen yang paling baik digunakan dalam pembuatan beton yaitu antara 0,26 – 0,45 %.

3. Agregat
   Agregat adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu. Agregat terdiri dari agregat kasar dan halus. Agregat kasar yang mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No. 4) sampai 40 mm (1½ in) (SNI 1970-2008). Adapun pemeriksaan agregat antara lain; pemeriksaan analisa saringan dengan menggunakan standar SNI ASTM C-136:2012; pemeriksaan berat isi dengan menggunakan standar SNI 1973-2008; pemeriksaan berat jenis dan penyerapan dengan menggunakan standar SNI 1969;2008; pemeriksaan kadar lumpur dengan menggunnakan standar SNI 03-4142-1996 dan pemeriksaan keausan (abrasi) menggunakan standar SNI 2417:2008.

2.3 Perencanaan Campuran (Mix Design)

Perancangan campuran beton merupakan suatu hal yang dapat membedakan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Karena itu, sifat dan karakteristik masing-masing bahan tersebut akan menyebabkan produksi beton yang dihasilkan cukup bervariasi. Perancangan campuran beton bertujuan untuk menentukan proporsi bahan baku beton yaitu semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang memenuhi kriteria workabilitas, kekuatan, durabilitas dan penyelesaian akhir yang sesuai dengan spesifikasi. Pada tahap ini, dilakukan pembuatan *mix design* yang berdasarkan SNI 7565-2012.

2.4 Langkah-langkah Pengujian

2.4.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan tinggi silinder 30 cm dan diameter 15 cm. Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton (SNI 02-1974-2011) yaitu:

1. Silinder beton diangkat dari rendaman, kemudian dibiarkan hingga kering permukaan.
2. Menimbang sampel beton dan catat berat sampel beton tersebut.
3. Pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat *Compressing Testing Machine.*
4. Meletakan benda uji ke dalam alat penguji, lalu menghidupkan mesin dan mesin akan menekan benda uji secara perlahan sampai benda uji hancur.
5. Catat hasil kuat tekan beton untuk tiap sampel yang diuji.

2.4.2 Pengujian Kuat Tarik Belah beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan tinggi silinder 30 cm dan diameter 15 cm. langkah-langkah

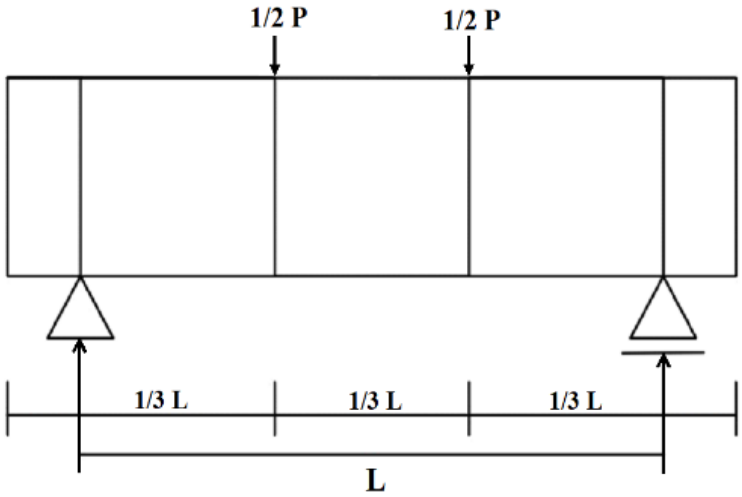
pengujian kuat tarik belah beton (SNI 03-2491-2002) yaitu:

1. Silinder beton diangkat dari perendaman, kemudian dibiarkan hingga kering permukaan.
2. Menimbang sampel beton dan catat berat sampel pada beton.
3. Meletakan benda uji diatas alas mesin uji dengan berpedoman pada garis tengah pada ujung.
4. Pembebanan diberikan secara berangsur-angsur dengan pembebanan konstan yang berkisar antara 0,7 hingga 1,4 Mpa/menit sampai benda uji hancur.
5. Catat hasil untuk tiap sampel benda uji.

2.4.3 Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton menggunakan balok dengan panjang 600mm, tinggi 150 mm dan lebar 150 mm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua titik pembebanan (SNI 4431-2011). Langkah-langkah pengujian kuat lentur yaitu:

1. Siapkan alat dan benda uji yang digunakan.
2. Tetapkan titik-titik pembebanan dan perletakan serta ukur dimensi balok seperti gambar 1



Gambar 1 Letak pembebanan benda uji

3. Letakan benda uji pada tumpuan sesuai dengan titik yang ditentukan.
4. Jalankan mesin untuk memberikan beban pada benda uji hingga benda uji tidak mampu lagi menahan beban (terjadi kepatahan).
5. Catat beban maksimum (P) yang menggakibatkan benda uji patah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

3.1.1 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian kali ini agregat kasar yang dipakai adalah batu zeolit jenis heulandit dan mordenit dengan pecahan batu kali. Penelitian ini dilakukan pemeriksaan karakteristik dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil pemeriksaan agregat kasar

Karakteristik pemeriksaan agregat kasar	Nilai		Spesifikasi
	Batu zeolit	Batu kali	
Modulus kehalusan	7,25	6,52	6,0-7,1
Kadar air	0,3 %	1,06 %	≤ 2%
Berat volume padat	1,47 kg/ltr	1,33 Kg/ltr	1,2-1,75 kg/ltr
Berat volume gembur	1,26 kg/ltr	1,25 Kg/ltr	1,2-1,75 kg/ltr

Karakteristik pemeriksaan agregat kasar	Nilai		Spesifikasi
	Batu zeolit	Batu kali	
Specific gravity	2,89	2,62	2,4-2,9
Absorpsi	3,82 %	1,23 %	≤ 3 %
Kadar lumpur	0,2 %	0,9 %	≤ 1 %
Keausan	21.91 %	18,46 %	≤ 40 %

3.1.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 2 Hasil pemeriksaan agregat halus

Karakteristik pemeriksaan agregat halus	Nilai	Spesifikasi
Modulus kehalusan	2,70	2,3-3,1
Kadar air	3,5 %	≤ 5%
Berat volume padat	1,6 kg/ltr	1,2-1,75 kg/ltr
Berat volume gembur	1,5 kg/ltr	1,2-1,75 kg/ltr
Specific gravity	2,34	2,4-2,9
Absorpsi	2,47 %	≤ 3 %
Kadar lumpur	4,13%	≤ 5 %
Kadar organik	Nomor 2	Standar warna

3.1.3 Pemeriksaan Semen

Tabel 3 Hasil pemeriksaan semen portland

Karakteristik pemeriksaan semen	Nilai	Spesifikasi
Berat jenis semen	3,153	3,05-3,25
Kehalusan semen # NO.100	100%	≥90%
Kehalusan semen # NO.200	92,9%	≥90%
Berat volume (padat)	1,33 kg/ltr	1,1-1,4 kg/ltr
Berat volume (gembur)	1,15 kg/ltr	1,1-1,4 kg/ltr
Konsistensi normal	24,3%	22% - 30%
Waktu ikat awal	45 mnt	Penetrasi 25±1
Waktu ikat akhir	150 mnt	Penetrasi 0 mm

3.2 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Beton

3.2.1 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari menggunakan silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan batu zeolit dan pecahan batu kali sebagai penganti agregat kasar. Pengujian ini dilakukan pada 3 benda uji silinder setiap umur hari yang ditentukan. Hasil uji kuat tekan rata-rata sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil pengujian kuat tekan beton (batu zeolit)

Umur (hari)	Sampel	Nilai slump (mm)	Bacaan gaya (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata (Mpa)
7	1	81	235	12,46	**12,46**
	2	81	220	12,74	
	3	81	215	12,17	
14	1	87	355	17,55	**17,36**
	2	87	360	16,70	

Umur (hari)	Sampel	Nilai slump (mm)	Bacaan gaya (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata (Mpa)
	3	87	375	17,83	
28	1	86	395	22,93	**23,40**
	2	86	400	23,50	
	3	86	405	23,78	

Tabel 5 Hasil pengujian kuat tekan beton (batu kali)

Umur (hari)	Sampel	Nilai slump (mm)	Bacaan gaya (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata (Mpa)
7	1	89	300	19,99	**16,89**
	2	89	290	16,42	
	3	89	305	17,27	
14	1	87	405	22,93	**22,55**
	2	87	400	22,65	
	3	87	390	22,08	
28	1	86	445	25,19	**25,86**
	2	86	465	26,33	
	3	86	460	26,04	

Gambar 2 Grafik hasil perbandingan kuat tekan rata-rata

Dari gambar 2 menunujukan perbandingan kuat tekan beton rata-rata batu zeolit dengan batu kali sebagai agregat kasar. Berdasarkan gambar, nilai kuat tekan rata-rata yang diperoleh pada umur 28 hari sebesar 23,40 Mpa untuk batu zeolit. Sedangkan untuk pecahan batu kali didapat hasil sebesar 25,86 Mpa dari mutu yang direncanakan yaitu f'c = 25 Mpa. Dilihat dari gambar dapat disimpulkan bahwa pembuatan beton dengan menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar tidak sampai pada mutu beton yang direncanakan.

3.2.2 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah dilakukan berdasarkan umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari

menggunakan silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan batu zeolit sebagai agregat kasar untuk pembuatan beton. Pengujian kuat tarik belah mengacu pada SNI 2491-2014. Adapun hasil kuat tarik belah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6 Hasil pengujian kuat tarik belah beton

Umur (hari)	Sampel	Nilai slump (mm)	Bacaan gaya (KN)	Kuat tarik belah (Mpa)	Kuat tarik belah rata-rata (Mpa)
7	1	87	105	1.49	**1.51**
	2	87	95	1.34	
	3	87	120	1.70	
14	1	92	125	1.77	**1.86**
	2	92	130	1.84	
	3	92	140	2.98	
28	1	89	150	2.12	**2.24**
	2	89	165	2.34	
	3	89	160	2.26	

Gambar 3 Grafik hasil rata-rata kuat tarik belah

Pada gambar menunjukan hasil kuat tarik belah rata-rata beton dengan menggunakan zeolit sebagai agregat kasar. Nilai kuat tarik belah rata-rata yang diperoleh sebesar 1,51 untuk umur 7 hari, 2,24 untuk umur 14 hari dan 2,24 untuk umur 28 hari. Dilihat pada tabel dapat dikatakan bahwa kuat tarik belah maksimum berada pada umur 28 hari masuk spesifikasi dengan nilai sebesar 2,24 atau 9 % dari kuat tekan mutu rencana dengan spesikasinya yaitu 8% - 15% dari kuat tekan.

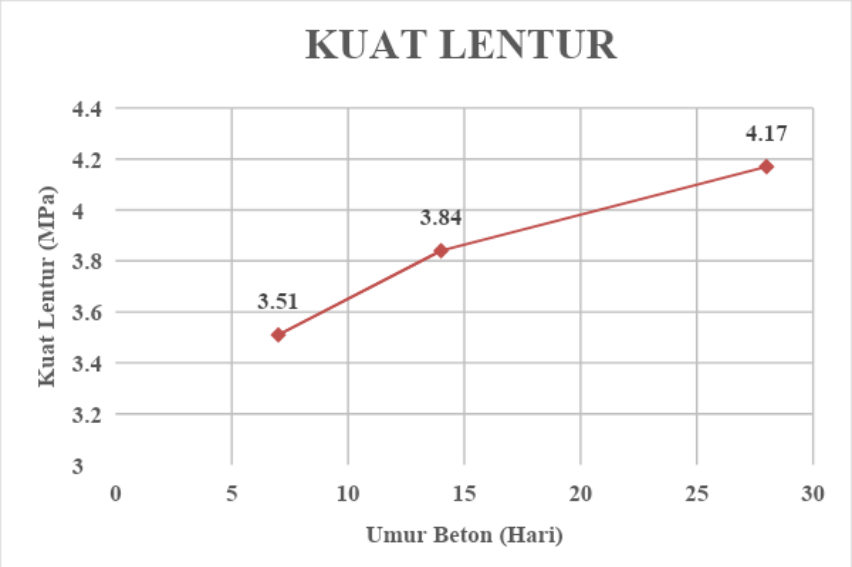
3.2.3 Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton menggunakan balok dengan panjang 60 cm, tinggi 15 cm dan lebar 15 cm yang diberi beban dan mengalami deformasi, oleh sebab itu timbul momen-momen

lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Adapun hasil kuat lentur beton rata-rata pada pengujian kali ini dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Hasil pengujian kuat lentur beton

Umur (hari)	Sampel	Bacaan gaya (N)	Kuat lentur (Mpa)	Kuat lentur rata-rata (Mpa)
7	1	25000	3,56	3,51
	2	24000	3,41	
	3	25000	3,56	
14	1	27000	3,84	3,84
	2	28000	3,98	
	3	26000	3,70	
28	1	29000	4,12	4,17
	2	29000	4,12	
	3	30000	4,27	



Gambar 4 Grafik hasil rata-rata kuat lentur beton

Pada tabel menunjukan hasil kuat lentur beton rata-rata dengan menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar. Berdasarkan tabel diperoleh nilai kuat lentur rata-rata berdasarkan umur 7 hari sebesar 3,52 Mpa, umur 14 hari sebesar 3,84 Mpa dan umur 28 hari sebesar 4,17 Mpa. Jika kuat lentur hasil konversi dari kuat tekan pada penelitian kali ini didapat hasil 3,39 dengan nilai korelasi 0,7.

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa hasil pengujian, maka hasil dari penelitan ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil kuat tekan rata-rata beton dengan menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar dapat dikatakan beton normal. Karena beton menurut kuat tekannya dapat dikatakan beton normal, jika kuat tekannya berada pada 15-30 Mpa. Tetapi pada pengujian kali ini hasil

rata-rata kuat tekannya tidak sampai pada mutu yang direncanakan yaitu f'c = 25 Mpa. Nilai kuat tekan yang didapat pada umur 28 hari sebesar 23,40 Mpa.

2. Nilai kuat tarik belah rata-rata dengan menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar pada beton dengan berdasarkan umur beton 28 hari diperoleh hasil sebesar 2,24. Jika nilai kuat tarik belah beton dipersenkan diperoleh nilai 8,96 %. Jadi, dengan nilai persen tersebut dapat dikatakan memenuhi spesifikasi yang dimana spesifikasinya berkisar antara 85 – 15% dari kuat tekan rencana.
3. Nilai kuat lentu beton rata-rata dengan menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar. Pengujian kali ini diperoleh hasil sebesar 4,17 Mpa pada umur 28 hari. Jika dibandingkan dengan kuat lentur hasil konversi dari kuat tekan pada penelitian kali ini didapat hasil 3,39 Mpa dengan nilai korelasi 0,7.

4.2. Saran

Beberapa saran yang didapat dari hasil penelitian sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi dalam penambahan batu zeolit sebagai bahan pembuatan beton dan juga mutu rencana yang tidak terlalu besar agar dapat hasil yang diinginkan.
2. Sebelum pengujian agar peneliti dapat memperhatikan permukaan dari benda uji, jika permukaan benda uji tidak rata maka disarankan untuk kaping benda uji tersebut karena dengan permukaan yang tidak rata dapat mempengaruhi hasil dari kuat tekan.
3. Dalam penelitian selanjutnya perlu dibutuhkan ketelitian dalam penelitian di laboratorium khususnya dalam *Job Mix Formula* agar sesuai hasil yang diinginkan.

Daftar Pustaka

Akimkhan. (2012). *Struktural and Ion-Exchange Properties of Natural Zeolite.* Licensee InTech Open Science, 2012.

ASTM. (2015). *Manual of Agregat and Concrete Testing.* American Society for Testing and Materials. Pennsylvania.

ASTM C.150-1985, 1985. *Standard Spesification for Portland Cement.* Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia, 1985.

Breck, D. W. (1974). *Zeolite Moleculer Sieve: Structure, Chemistry and Use.* New York: John Wiley and Sons Inc.

BSN. (2002). *SNI 03-6821-2002. Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen.* Jakarta: Badan Standar Internasional.

BSN. (2011). *SNI 1974:2011Cara Uji Kuat Tekan Dengan Benda Uji Silinder.* Jakarta: Badan Standar Nasional.

BSN. (2014). *SNI 2491:2014 Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder.* Jakarta: Badan Standar Nasional.

BSN. (2011). *SNI 4431:2011 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan.* Jakarta: Badan Standar Nasional.

BSN. (2012). *SNI 7656:2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa.* Jakarta: Badan Standar Nasional.

Djarwanto Pangetsu Subagyo. (1993). *Statistik Induktif.* Yogyakarta: Bhakti Profesindo (BPFE Yogyakarta).

Georgiev. (2009). *Eolites-Structure, Clasification, Currend Trends In Zeolite Synthesis Review.* Stara Agora, Bulgaria: International Science Condifidence.

Kusdarto. (2008). *Potensi Zeolit di Indonesia.* Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi.

Nugraha, P. dan Antoni. (2004). *Teknologi Beton. Yogyakarta:* C.V. Andi Offset.

Tjokrodimuljo. (2007). *Teknologi Beton.* Yogyakarta: Biro Penerbit.