

ANALISIS KAPASITAS TARIK BELAH BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT TULANG SAPI

Amir Mukhlis¹, Nazaruddin², Giovani³

Department of Mechanical Engineering, Iskandarmuda University Jln. Kampus Unida

No. 15 Surien - Banda Aceh 23234, INDONESIA Phone/Fax.: (0651) 44413,

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Iskandarmuda

e-mail: amirmukhlis@hotmail.com , nazar@unida-aceh.ac.id , gvani78@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tarik belah suatu beton dengan bahan tambah tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar dengan variasi tulang sapi sebesar 0%, 10%, 20, dan 30% dari volume agregat kasar beton tersebut. Perencanaan campuran menggunakan metode ACI 211.1-91. Benda uji yang digunakan adalah silinder sebanyak 36 benda uji, di mana masing-masing variasi kombinasi agregat sebanyak 3 buah untuk umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pada penelitian, umur pengujian dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan faktor air semen (FAS) 0,66. Ukuran maksimum agregat kasar adalah saringan 25,4 mm. Hasil penelitian pada beton normal menunjukkan bahwa semakin besar penambahan tulang sapi, maka jumlah air yang dibutuhkan akan semakin banyak. Pada umur 7 hari kuat tarik belah rata-rata beton normal adalah 1,194 MPa, Sedangkan kuat tarik belah rata-rata dengan variasi 10%, 20%, dan 30% yaitu sebesar 0,721 MPa, 0,696 MPa dan 0,440 MPa. Sedangkan pada umur 14 hari kuat tarik belah rata-rata beton normal adalah 1,571 MPa, untuk kuat tarik belah rata-rata dengan variasi 10%, 20%, dan 30% yaitu sebesar 0,883 MPa, 0,871 dan 0,904 MPa. dan untuk kuat tarik belah beton normal dengan umur 28 hari yaitu sebesar 1,851 MPa, untuk variasi tulang sapi 10%, 20%, dan 30% yaitu sebesar 1,302 MPa, 0,884 dan 0,236 MPa.

Kata kunci : Kuat tarik belah, tulang sapi, agregat.

1. PENDAHULUAN

Pada era modern saat ini, perkembangan teknologi sangat diperlukan untuk meningkatkan pembangunan di segala bidang. Berkembangnya pembangunan sangat didorong oleh perkembangan teknologi beton dan produk beton yang dihasilkan semakin inovatif. Beton dapat dikatakan sebagai bahan utama pembangunan gedung-gedung di Indonesia. Beton saat ini menjadi bahan bangunan yang sangat umum digunakan, ini dikarenakan beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang umum dipakai untuk konstruksi bangunan. Kelebihan beton dibandingkan material lain di antaranya adalah tahan terhadap korosi serta mudah dibentuk ketika beton tersebut masih segar. Sedangkan kelemahannya adalah bersifat getas, berat jenisnya besar serta kuat tariknya rendah.

Teknologi material beton masih menjadi perhatian utama oleh para peneliti untuk mengembangkannya menjadi material yang dapat memperbaiki kelemahan beton. Tulang sapi merupakan salah satu limbah organik yang sulit untuk diuraikan kembali yang akhirnya hanya menjadi limbah yang menyebabkan pencemaran, dalam tulang sapi ditemukan kandungan kalsium oksida (CaO) sekitar 79% dan memiliki tekstur yang keras sehingga dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tarik belah beton.

Dalam penelitian ini mutu beton yang direncanakan adalah K-175, diameter agregat kasar adalah 25,4 mm dengan menggunakan bahan tambah berupa tulang sapi sebagai pengganti sebagian dari agregat kasar yang dimaksudkan untuk menambah kekuatan tarik belah beton. Standar pemberian bahan tambah beton sudah diatur dalam SNI S-18-1990-03 tentang spesifikasi bahan tambah pada beton atau mortar.

Tulang sapi digunakan sebagai pengganti sebagian dari agregat kasar dengan komposisi campuran terhadap agregat kasar adalah 0%, 10%, 20%, dan 30% untuk umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Rumusan masalah yang ditinjau adalah bagaimana pengaruh perbandingan komposisi campuran tulang sapi terhadap kuat tarik belah beton dengan perbandingan CA (*coarse aggregate*) 0%, 10%, 20%, dan 30% untuk umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan besar kuat tarik belah beton dengan menggunakan tulang sapi terhadap beton normal.

Pengujian yang dilakukan berupa pengujian kuat tarik belah dari benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm sebanyak 36 benda uji. Pengujian dilakukan pada beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari setelah pengecoran.

Hasil yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk melihat seberapa besar pengaruh penggunaan tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar dalam pengujian kuat tarik belah beton, hasil akhir dari penelitian ini adalah kuat tarik belah beton yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik

2. METODE PENELITIAN

2.1. Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran semen, agregat kasar dan halus, air, dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung pada kualitas masing-masing material pembentuk. (Tjokrodimulyo, 2007). Pada saat ini, beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak digunakan terutama pada bidang konstruksi di dunia. Beton digunakan dalam pembuatan jalan, struktur bangunan, fondasi bangunan, dan jembatan.

Definisi tentang beton sebagai campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambah membentuk massa padat (SNI T-15-1991-03:1). Campuran bahan-bahan pembentuk beton haruslah ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tarik belah rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1). Ada beberapa jenis beton seperti beton mortar, beton bertulang, beton ringan dan lain sebagainya, dan juga memiliki fungsi masing-masing.

Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran. Atau dengan kata lain material yang paling penting dalam pembentukan suatu beton adalah semen. Beton dengan jumlah semen yang sedikit disebut beton kurus (*lean concrete*), sedangkan beton dengan jumlah semen yang banyak disebut beton gemuk (*rich concrete*). Beton yang baik setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi dengan mortar. Jadi kualitas mortar menentukan kualitas beton.

2.2. Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton yang perlu diketahui menurut Sugiyanto dan Sebayang (2005) dan Tjokrodimuljo (2007) antara lain:

1. Keawetan (*Durability*)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan.

2. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, yaitu sekitar 10%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

3. Berat Jenis

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil normal berat jenisnya antara 2,5-2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3-2,5. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat berkurang dari 2,0.

4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus beton sebagai berikut:

$$E_c = 4700 f'c^{0,5} ; \text{ untuk beton normal}$$

dengan:

E_c = Modulus elastisitas beton, MPa

$f'c$ = Kuat tekan beton, MPa

5. Susut (*Shrinkage*)

Merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

6. Rangkak (*Creep*)

Merupakan salah satu sifat beton di mana beton mengalami deformasi terus menerus menurut waktu di bawah beban yang dipikul.

7. Kelecatan (*Workability*)

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan *finishing*.

2.3. Agregat Tulang Sapi

Tulang sapi ini merupakan hasil dari limbah yang tidak digunakan lagi oleh masyarakat yang salah satunya di Aceh, yaitu menggunakan bahan sapi sebagai hidangan pada tradisi *meugang* atau *makmeugang*. Pada umumnya masyarakat menjadikan bahan sapi sebagai bahan baku untuk membuat makanan tersebut namun juga tulangnya dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton untuk pengujian kuat beton (Mukhlis dan Bunyamin, 2020). Di mana tulang sapi digunakan agar memiliki

pengaruh terhadap kekuatan tertentu pada pengujian kuat tarik belah seperti halnya penggunaan kayu (Mukhlis, 2020).

Penggunaan bahan pengganti menggunakan variasi yang berbeda yaitu 0% sampai 25% (interval 5%) dengan mengurangi semen sesuai variasi campuran, Komposisi tulang sapi yang terdiri dari 93% hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) dan 7% β -tricalcium phosphate ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, β -TCP) (Ooi dkk., 2007).

Komposisi kimia tulang sapi terdiri dari zat anorganik berupa Ca, P, O, H, Na dan Mg, di mana gabungan reaksi kimia unsur Ca, P, O, H merupakan senyawa apatit mineral sedangkan Na dan Mg merupakan komponen zat anorganik tambahan penyusun tulang sapi dengan suhu titik lebur tulang sapi sebesar 12.270 K (Sontang, 2000), dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa serbuk tulang sapi yang telah dibakar bersifat *amorf* dan dapat meningkatkan atau memperlambat waktu ikat.

Pada kajian Mukhlis (2020), menggunakan melakukan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan agregat tulang sapi. Pengujian beton keras pada kuat tekan menunjukkan ada penurunan rata-rata sebesar 3 MPa. Dan pada kuat lentur juga ada penurunan rata-rata sebesar 1 MPa. Sebaiknya ada kajian selanjutnya dengan menggunakan serbuk tulang sapi sebagai bahan tambah dan melakukan pengujian pada saat umur lebih dari 28 hari karena *pozzolan* memiliki sifat lambat untuk mengeras.

2.4. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton dengan benda uji berbentuk silinder adalah nilai kuat tarik belah tidak langsung dari benda uji beton yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Anonim (2002) dalam (Safwandi 2013:7).

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 9%-15% dari kekuatan tekan beton. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Dipohusodo, 2004). Benda uji akan terbelah dua apabila saat tercapainya kekuatan tarik belah.

Kuat tarik belah dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$fr = \frac{2.p}{\pi.L.D} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

fr = Kekuatan Tarik Belah (N/mm^2)
 P = Beban pada waktu belah (N)
 L = Tinggi Benda Uji Silinder (mm)
 D = Diameter Benda Uji silinder (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

Dari hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi syarat-syarat sebagai material pembentuk beton.

3.2. Hasil pemeriksaan berat volume agregat

Hasil perhitungan berat volume rata-rata yang diperoleh untuk setiap agregat dengan diameter 25,4 mm dan 4,76 mm yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat

No.	Jenis Agregat	Berat Volume	Batas Izin (Teori) Troxell (1968)
		(Kg/l)	
1	Pasir halus (<i>fine sand</i>)	1,522	> 1,4 kg/l
2	Agregat kasar (<i>coarse sand</i>)	1,565	
3	Kerikil (<i>coarse aggregate</i>)	1,707	

Berdasarkan hasil pemeriksaan pada Tabel 3.1 maka kerikil dan pasir yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat sebagai material pembentuk beton di mana berat volume agregat tersebut lebih besar dari 1,4 kg/l sebagaimana yang disarankan oleh Troxell (1968).

3.3. Hasil pemeriksaan berat jenis dan *absorpsi* agregat

Hasil perhitungan berat jenis rata-rata yang diperoleh untuk setiap agregat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan tabel 3.3.

Tabel 3.2 Hasil Pemeriksaan berat Jenis Agregat

No.	Jenis Agregat	Berat Jenis		Batas Izin (Teori) Troxell (1968)
		SG (SSD)	SG (OD)	
1	Pasir halus (<i>fine sand</i>)	2,461	2,248	2,0 – 2,7
2	Agregat kasar (<i>coarse sand</i>)	2,694	2,512	
3	Kerikil (<i>coarse aggregate</i>)	2,694	2,512	2,50 – 2,80

Hasil perhitungan pada Tabel 3.2 berat jenis agregat yang digunakan dalam penelitian ini kerikil dan pasir cukup baik untuk material pembentuk beton dan memenuhi syarat yang telah disarankan oleh Troxell (1968).

Tabel 3.3 Hasil Pemeriksaan Absorpsi Agregat.

No.	Jenis Agregat	Absorpsi	Batas Ijin (Teori)	
		(%)	Troxell (1968)	Orchard (1979)
1	Pasir halus (<i>fine sand</i>)	0,945	0 % - 2%	0,40 % - 1,90 %
2	Agregat kasar (<i>coarse sand</i>)	0,726		
3	Kerikil (<i>coarse aggregate</i>)	0,376	0,50 % - 1,00 %	

Berdasarkan hasil pemeriksaan pada Tabel 3.3 dalam penelitian ini tidak ada satu pun material yang memenuhi syarat sebagai material pembentuk beton di mana nilai

absorpsi agregat berkisar antara 0%-2% sebagaimana yang telah disarankan oleh Troxell (1968), sedangkan pasir tidak memenuhi syarat.

3.4. Hasil pemeriksaan susunan butiran agregat (*sieve analysis*)

Hasil dari analisa saringan merupakan data yang digunakan untuk melihat susunan butiran agregat yang akan digunakan dalam campuran beton. Nilai *fineness modulus* agregat halus dari analisa saringan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai *Fineness Modulus* Agregat Halus

No.	Jenis Agregat	<i>Fineness Modulus</i> (FM)
1	Pasir halus (<i>fine sand</i>)	2,83
2	Agregat kasar (<i>coarse sand</i>)	3,08
3	Kerikil (<i>coarse aggregate</i>)	6,18

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3.4 agregat halus dalam penelitian ini memenuhi syarat sebagai material pembentuk beton di mana nilai *fineness modulus* berkisar antara 2,3-3,1 sebagaimana yang telah disyaratkan atau ditentukan oleh ASTM C-33.

3.5. Hasil Rancangan Campuran Beton

Hasil yang diperoleh dari penelitian meliputi komposisi campuran beton, dengan pengujian kuat tarik belah. Dengan menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) rancangan campuran beton dengan FAS 0,660 sudah sesuai dengan metode tersebut. Untuk hasil dari komposisi campuran beton dapat dilihat pada tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 3.5. Rancangan Campuran Beton 1 m³ dengan FAS 0,660

Material	Jumlah yang dibutuhkan	Satuan
Air	193	Kg/m ³
Semen	292,64	Kg/m ³
Kerikil	1138,57	Kg/m ³
Pasir kasar	517,82	Kg/m ³
Pasir halus	237,974	Kg/m ³

3.6. Hasil Pengujian *Slump Test*

Dari hasil pengujian diperoleh nilai *slump* beton yang menggunakan Tulang sapi sebagai agregat kasar lebih rendah dibandingkan dengan beton normal. Hasil pengukuran atau pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Hasil Pengujian *Slump*

Hari	Jenis Beton	Nilai Tinggi Slump (mm)	Nilai Tinggi Slump Yang direncanakan
7	Normal	75	75 - 100 mm
	Tulang sapi 10%	80	
	Tulang sapi 20%	95	
	Tulang sapi 30%	85	
14	Normal	75	
	Tulang sapi 10%	85	
	Tulang sapi 20%	77	
	Tulang sapi 30%	75	
28	Normal	75	
	Tulang sapi 10%	75	
	Tulang sapi 20%	80	
	Tulang sapi 30%	75	

3.7. Rancangan Campuran Beton

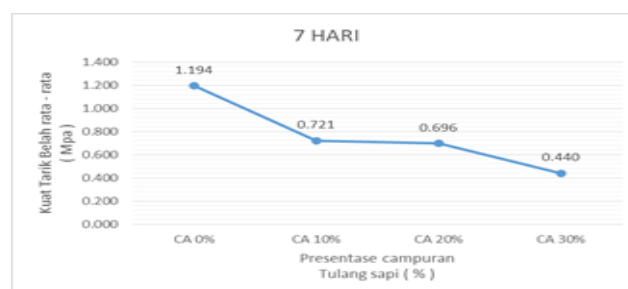
Hasil yang diperoleh dari penelitian meliputi komposisi campuran beton, dengan pengujian kuat tarik belah. Dengan menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) rancangan campuran beton dengan FAS 0,660 sudah sesuai dengan metode tersebut. Untuk hasil dari komposisi campuran beton dapat dilihat pada tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3.7. Rancangan Campuran Beton 1 m³ dengan FAS 0,660

Material	Jumlah yang dibutuhkan	Satuan
Air	193	Kg/m ³
Semen	292,64	Kg/m ³
Kerikil	1138,57	Kg/m ³
Pasir kasar	517,82	Kg/m ³
Pasir halus	237,974	Kg/m ³

3.8. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan umur 7 hari

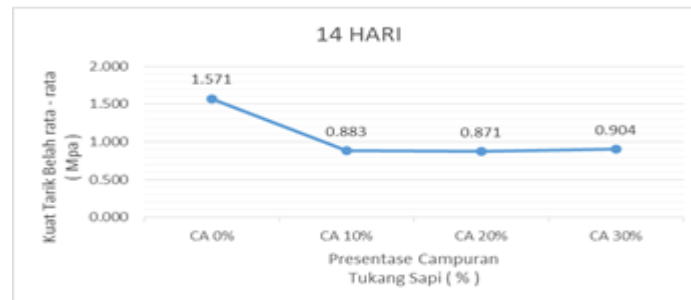
Kuat tarik belah tertinggi pada umur 7 hari dengan Tulang sapi 0% (Beton normal) yang didapatkan dari pengujian adalah sebesar 1,194 MPa lebih besar dari 10%, 20%, dan 30% dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton Umur 7 hari

3.9. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan umur 14 hari

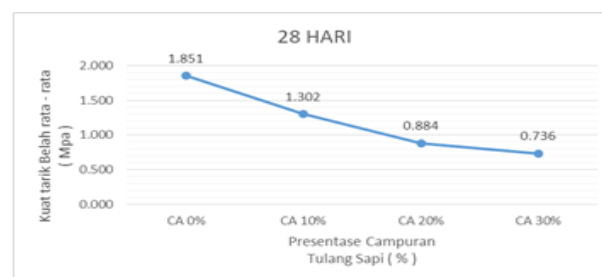
Kuat tarik belah tertinggi pada umur 14 hari dengan Tulang sapi 0% (Beton Normal) yang didapatkan dari pengujian adalah sebesar 1,571 MPa lebih besar dari 10%, 20% dan 30%. Dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton Umur 14 hari

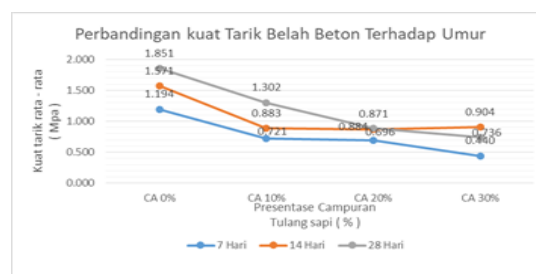
3.10. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan umur 28 hari

Kuat tarik belah tertinggi pada umur 28 hari dengan Tulang sapi 0% (Beton Normal) yang didapatkan dari pengujian adalah sebesar 1,851 MPa lebih besar dari 10% dan 20%. Dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 hari

Berdasarkan grafik pada Gambar 3.4 Kuat tarik belah terbesar terjadi pada beton normal umur 28 hari yaitu sebesar 1,851 MPa, dan kuat tarik belah terkecil terjadi pada penggunaan CA 30% Tulang sapi umur 7 hari yaitu sebesar 0,440 MPa



Gambar 3.4 Grafik perbandingan kuat tarik belah terhadap umur

3.11. Pembahasan

Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat yang dilakukan di laboratorium menunjukkan bahwa agregat yang digunakan pada penelitian ini sudah memenuhi syarat sebagai material pembentuk beton.

Dari hasil pengujian diperlihatkan kuat tarik belah rata-rata beton pada umur 7 hari substitusi 10% Tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar lebih tinggi yaitu 0,721 MPa dari pada substitusi 20% Tulang sapi sebesar 0,696 MPa dan substitusi 30% Tulang sapi sebesar 0,440 MPa. Untuk hasil yang diperoleh dari kuat tarik belah rata-rata beton umur 14 hari dengan substitusi 30% Tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar lebih tinggi yaitu 0,904 MPa dari pada substitusi 20% Tulang sapi sebesar 0,871 MPa dan substitusi 10% Tulang sapi sebesar 0,883 MPa. Dan untuk hasil yang diperoleh dari kuat tarik belah rata-rata beton umur 28 hari dengan substitusi 10% Tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar lebih tinggi yaitu 1,302 MPa dari pada substitusi 20% Tulang sapi sebesar 0,884 MPa dan substitusi 30% Tulang sapi sebesar 0,736 MPa.

Dilihat dari gambar dan grafik di atas merupakan hasil dari pengujian kuat tarik belah bahwa data yang diperoleh menghasilkan uji kuat tarik belah dengan nilai pembebanan terbesar terjadi pada variasi 0% Tulang sapi (beton normal) umur 28 hari. Data dengan pembebanan terkecil pada variasi 30% pada umur 7 hari dan variasi 20% pada umur 14 hari. Hal ini mungkin dikarenakan adanya penambahan jumlah air (*workability*) untuk mendapatkan nilai *slump* yang direncanakan sehingga kualitas dari kekuatan Tulang sapi yang ditambahkan pada campuran beton tidak efektif.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian pengaruh penggunaan tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut. Pada pengujian kuat tarik belah, Tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar mempengaruhi kuat tarik belah beton pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Nilai kuat tarik belah tertinggi diperoleh dari beton dengan variasi tulang sapi 0% pada umur 14 hari yaitu 1,57 MPa dan nilai kuat tarik belah terendah diperoleh dari beton dengan variasi tulang sapi 30% pada umur 7 hari yaitu 0,44 MPa.

Penggunaan tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar dengan persentase 10%, 20%, dan 30% mengalami penurunan kuat tarik belahnya terhadap persentase 0% (beton normal). Penggunaan tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar ternyata berpengaruh terhadap kekuatan beton.

Daftar Pusaka

- [1] Amri, S., 2005, Teknologi Beton A-Z, Yayasan John Hi-Tech Ideatama, Jakarta.
- [2] Anonim., 1991. SNI T-15-1991-03. Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- [3] Anonim, 2005, ACI Manual of Concrete Practice Part 1, American Concrete Institute, United States of America
- [4] ASTM C150, 2007, Standard Specification for Portland Cement. Penerbit ASTM International, Pennsylvania.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum, 1990, Standar SK SNI S-18-1990-03 : Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [6] Mukhlis, A., "Studi Kuat Tarik Beton dengan Menggunakan Agregat Kayu Kelas I", Jurnal Geuthee, Vol. 3, No. 3, pp. 519-526, 2020.
- [7] Mukhlis, A. dan Bunyamin, "Pengaruh Penggunaan Agregat Tulang Sapi Terhadap Kuat Tekan Beton", PORTAL Jurnal Teknik Sipil, Vol. 12, No. 1, pp. 40-47, 2020.
- [8] Dipohusodo, I., 2004, Manajemen Proyek pada Konstruksi, Kanisius, Yogyakarta.
- [9] Gujarati dan Porter. 2009. Dasar-Dasar Ekonometrika. Salemba Empat. Jakarta.
- [10] Levin, Richard I. & Rubin, David S., 1998. Statistics for Management ed. USA : Prentice-Hall.

- [11] Mc Cormac, J.C., 2004, Desain Beton Bertulang Edisi Kelima, Jilid 1, terjemahan Sumargo Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [12] Agiar, M. dan Swara, M.P., 2013. Potensi Serbuk Tulang Sapi Sebagai Pengganti Semen, Politeknik Negeri Bandung.
- [13] Mulyono, T., 2004, Teknologi Beton, Erlangga, Jakarta.
- [14] Nugraha, P., 2007, Teknologi Beton, Andi, Yogyakarta.
- [15] SNI 03-2847-2002. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung. Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- [16] Sutikno, 2003, Panduan Praktek Beton, Universitas Negeri Surabaya.
- [17] Sumekto, W. dan Rahmadiyanto, C., (2001), Teknologi Beton, Kanisius, Yogyakarta.
- [18] Tjokrodinuljo, K., 2007. Teknologi Beton, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.