

# PENGARUH PENGGUNAAN AGREGAT TULANG SAPI TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Amir Mukhlis, Bunyamin

Program Studi Teknik Sipil Universitas Iskandarmuda

Jl. Kampus Unida No. 15, Gp. Surien, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

e-mail : amirmukhlis@hotmail.com

**Abstrak** — Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan agregat tulang sapi sebagai penggantian sebahagian agregat terhadap kuat tekan beton. Tulang sapi yang digunakan dalam persentase terhadap jumlah agregat kasar (kerikil). Selain itu, digunakan beton normal yang sesuai dengan job mix design untuk benda uji beton normal. Sebelum membuat benda uji, dilakukan perencanaan campuran (mix design) beton, bila nilai tes slump memenuhi rencana maka beton segar tersebut digunakan untuk pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan dengan mencampur bahan pengikat (semen), agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil dan tulang sapi), dan air. Benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan dan dilakukan perawatan. Tes tekan direncanakan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Benda uji dites tekan dengan menggunakan mesin tekan, selanjutnya hasil nilai beban maksimum dicatat dan dianalisis regresi. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan ( $F_c'$ ) menggunakan persamaan kuat tekan beton dengan membandingkan nilai beban ( $P$ ) terhadap luas permukaan ( $A$ ). Hasil pengujian pada masing-masing pasangan data diplot ke dalam grafik persamaan. Variabel bebas ( $x$ ) pada penelitian ini adalah persentase tulang sapi yang digunakan (%) dan variabel terikat ( $y$ ) adalah kuat tekan beton (MPa). Dengan melakukan analisis regresi, maka didapat persamaan hubungan antara persentase tulang sapi yang digunakan terhadap kuat tekan beton, yaitu  $y = -34,316x + 19,304$  dengan  $r$  square 0,8839 untuk beton umur 7 hari,  $y = -49,244x + 26,856$  dengan  $r$  square 0,8909 untuk beton umur 14 hari, dan  $y = -52,721x + 29,613$  dengan  $r$  square 0,8871 untuk beton umur 28 hari.

**Kata Kunci** : Agregat, kuat tekan, tulang sapi.

**Abstrak** — This study aims to determine the use of cow bone aggregate as an aggregate for concrete compressive strength. Cow bone is used as a percentage of the amount of coarse aggregate (gravel). In addition, normal concrete is used in accordance with the job mix design for normal concrete test specimens. Before making test specimens, concrete mix design is carried out, if the slump test value meets the plan, then the fresh concrete is used for the manufacture of test specimens. Test specimens are made by mixing binding material (cement), fine aggregate (sand), coarse aggregate (gravel and cow bones), and water. The test specimen is made using a mold and carried out maintenance. Compressive tests are planned for the concrete age of 7 days, 14 days and 28 days. Test specimens are tested using a press machine, then the results of the maximum load value are recorded and analyzed regression. To get the compressive strength value ( $F_c'$ ) using the concrete compressive strength equation by comparing the load value ( $P$ ) to the surface area ( $A$ ). The test results on each data pair are plotted into the equation graph. The independent variable ( $x$ ) in this study is the percentage of cow bone used (%) and the dependent variable ( $y$ ) is the concrete compressive strength (MPa). By doing regression analysis, is obtained an equation of the relationship between the percentage of cow bones used to the compressive strength of concrete, that is  $y = -34,316x + 19,304$  with  $r$  square 0,8839 for concrete age 7 days,  $y = -49,244x + 26,856$  with  $r$  square 0,8909 for concrete age 14 days, and  $y = -52,721x + 29,613$  with  $r$  square 0,8871 for concrete age 28 days.

**Keywords** : Aggregate, pressure strength, cow bone.

## I. PENDAHULUAN

Aceh merupakan daerah istimewa di Indonesia yang memegang teguh adat istiadat berazaskan Islam. Dengan adanya kebiasaan tersebut, masyarakat menjaga tradisi yang telah dijalankan oleh leluhurnya secara turun temurun. Salah satu tradisi itu adalah tradisi *meugang* atau

*makmeugang* pada saat menjelang hari raya idul fitri maupun idul adha. Tradisi *meugang* ini dilaksanakan dengan cara memasak daging sapi atau daging kambing untuk dimakan oleh masyarakat di rumah atau keluarga masing-masing. Dengan adanya tradisi ini, maka tingkat konsumsi daging di Aceh mencapai puncaknya

sehingga mengakibatkan harga jualnya juga mengalami kenaikan. Selain itu, akibat penggunaan daging sebagai lauk pauk menghasilkan sejumlah limbah di antaranya limbah tulang yang cukup banyak sementara itu belum ada pengelolaan limbah tulang yang baik sementara itu tulang memiliki kekuatan yang setara dengan beton sehingga material organik ini dapat digunakan sebagai agregat pada beton. Hingga saat ini, masih belum banyak diketahui bagaimana pengaruh penggunaan tulang sebagai agregat pada beton. Untuk itu, perlu dilakukan sebuah kajian mengenai pengaruh penggunaan agregat tulang. Tulang yang akan digunakan sebagai agregat pada penelitian ini adalah tulang sapi karena memiliki dimensi yang cukup besar dan diasumsikan lebih kuat karena tulang sapi menahan berat badan sendiri dengan massa yang cukup banyak. Dengan demikian, digunakanlah tulang sapi sebagai agregat untuk dilakukan kajiannya terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran penggunaan tulang sapi sebagai agregat pada beton. Agregat ini diharapkan dapat digunakan pada beton untuk diaplikasikan pada rumah tahan gempa mengingat Aceh merupakan salah satu daerah yang rentan terkena bencana gempa bumi yang mengakibatkan kegagalan bangunan. Penelitian dilaksanakan dengan membuat *mix design* beton normal dan dikombinasikan dengan variasi penggunaan tulang sapi sebanyak 10%, 20%, dan 30% dari jumlah agregat kasar. Bila tes *slump* telah memenuhi, maka beton segar tersebut dapat digunakan untuk pembuatan benda uji. Bahan beton segar dimasukkan ke dalam cetakan dan ketika sudah mengeras, cetakan dibongkar. Selanjutnya dilakukan perawatan beton sampai dengan waktu pengujian tekan. Pengujian dilaksanakan setelah beton telah berumur 7, 14, dan 28 hari. Setiap hasil uji tekan dicatat dan diplot ke dalam grafik hubungan antara variabel bebas (x) yaitu persentase tulang sapi yang digunakan terhadap variabel bebas (y) yaitu kuat tekan beton. Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan analisis regresi untuk mendapatkan persamaannya  $y = f(x)$  dan dicari nilai  $r$  untuk mendapatkan kuatnya hubungan antar variabel. Dari hasil analisis data, dapat diketahui bagaimana pengaruh penggunaan tulang sapi sebagai agregat terhadap kuat tekan beton.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### BETON

Beton merupakan material yang memiliki komposisi semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan bahan tambahan yang diperlukan bila ada. Secara umum, beton memiliki berat jenis  $2.200 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $2.500 \text{ kg/m}^3$  (Syarif, dkk., 2016). Beton menggunakan agregat alam yang diperoleh dengan proses pemecahan secara alami atau buatan, atau dalam keadaan utuh (Silas, dkk., 2012). Semen yang digunakan adalah bahan semen hidrolik yang bersifat mengeras setelah bereaksi dengan air. Agregat yang digunakan biasanya agregat yang diperoleh dari alam, baik dalam keadaan masih utuh ataupun dalam keadaan dipecah dengan sengaja.

### SEMEN

Semen adalah material pembentuk beton yang berfungsi pengikat pada agregat sehingga bahan beton menjadi massa yang padat (Riyanto, 2015). Salah satu semen yang digunakan pada pembuatan beton adalah semen portland. Berdasarkan jenisnya, semen terdiri dari semen jenis I, semen jenis II, semen jenis III, semen jenis IV, dan semen jenis V (BSN, 2004).

### AGREGAT HALUS

Agregat halus yang digunakan pada beton berupa pasir alam dengan ukuran maksimum 5 mm. Pasir dibentuk dari disintegrasi batuan secara alami atau dari pemecahan batu secara buatan (Riyanto, 2015).

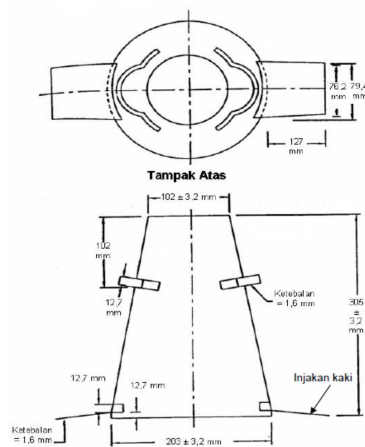
### AGREGAT KASAR

Agregat kasar yang digunakan pada beton berupa kerikil dengan ukuran butir antara 5 mm sampai dengan 40 mm. Kerikil dibentuk dari disintegrasi batuan secara alami atau melalui proses pemecahan batu dari alat stone crusher (Riyanto, 2015).

### UJI *SLUMP* BETON

Untuk mengetahui kelecakan beton, perlu dilakukan uji *slump*. Pengujian dilakukan dengan memasukkan beton segar ke dalam cetakan. Cetakan ini berbentuk kerucut yang terpotong dengan diameter bawah berukuran 20,3 cm dan diameter atas 10,2 cm. Tinggi kerucut adalah 30,5 mm (BSN, 2008). Di bagian bawah cetakan terdapat injakan kaki dan pada

bagian atasnya terdapat pegangan. Cetakan untuk uji *slump* (kerucut Abrams) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Cetakan untuk uji *slump*  
Sumber: BSN (2008)

#### PERAWATAN BETON

Perawatan pada benda uji dilakukan dalam keadaan lembab pada temperatur  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$  dengan temperatur ruang (BSN, 2011) sejak dari pencetakan hingga pengujian. Selama 48 jam pertama, lingkungan yang digunakan untuk perawatan harus bebas dari getaran (BSN, 2011).

#### KUAT TEKAN BETON

Kuat tekan pada beton adalah salah satu dari kinerja utama pada beton (Anggraini, 2008). Kuat tekan ini merupakan kemampuan beton dalam menahan gaya tekan pada tiap satuan luas. Pada saat menerima beban tekan, bagian dalam beton memiliki tegangan tarik yang kecil, namun diabaikan sehingga diasumsikan semua tegangan tekan ditahan oleh beton. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh berbagai faktor susunan campuran, keadaan temperatur dari tempat perawatannya hingga mengeras. Kuat tekan beton ( $F_c'$ ) diperoleh dari perbandingan dari beban terhadap luas (Pribadi & Sastra, 2018) atau dapat ditulis seperti pada persamaan 1 (BSN, 1990).

$$F_c' = P/A \quad (1)$$

Di mana:

- $F_c'$  = Kuat tekan beton (MPa)
- $P$  = Beban maksimum (N atau kg)
- $A$  = Luas permukaan ( $\text{mm}^2$  atau  $\text{cm}^2$ )

Untuk benda uji silinder, luas permukaan ( $A$ ) didapat dari persamaan 2.

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2 \quad (2)$$

Dengan  $D$  adalah diameter benda uji (mm)

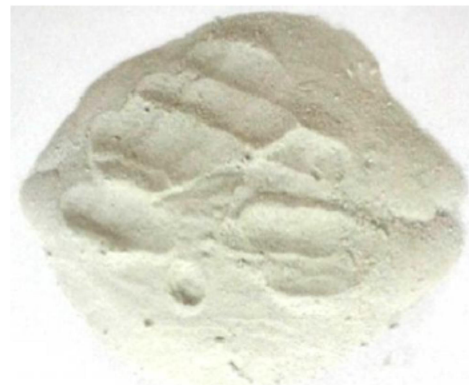
Kuat tekan beton yang ditargetkan berdasarkan deviasi standar secara selama pembuatan beton (BSN, 2003)

#### MATERIAL TULANG

Tulang adalah material yang terdapat pada hewan bertulang. Biasanya material ini merupakan sisa dari tubuh hewan dan merupakan bagian yang paling akhir bertahan. Pada umumnya, tulang dibentuk oleh kalsium dengan kadar yang tinggi. Secara fungsi, tulang berguna untuk melindungi organ internal dan menopang tubuh. Bentuk tulang untuk mendukung tubuh mempunyai bentuk rangka. Sifat tulang secara teknis memiliki kekuatan yang tinggi namun beratnya relatif lebih ringan dibandingkan dengan beton (Mukhlis, dkk., 2014).

#### HIDROKSIAPATIT

Pada tulang, terdapat mineral pembentuk yang dinamakan hidroksiapatit (Wathi, dkk., 2014). Senyawa ini merupakan salah satu senyawa dalam kategori mineral apatit, mineral anorganik utama yang membentuk tulang dan gigi. Warna mineral ini adalah putih, abu-abu, kuning dan hijau kekuningan. Di dunia medis mineral hidroksiapatit digunakan untuk implan pada gigi dan tulang (Yuliana, dkk., 2017). Bentuk senyawa hidroksiapatit dari sintesis tulang sapi (Fadhliah, dkk., 2016) dapat dilihat pada gambar 2.



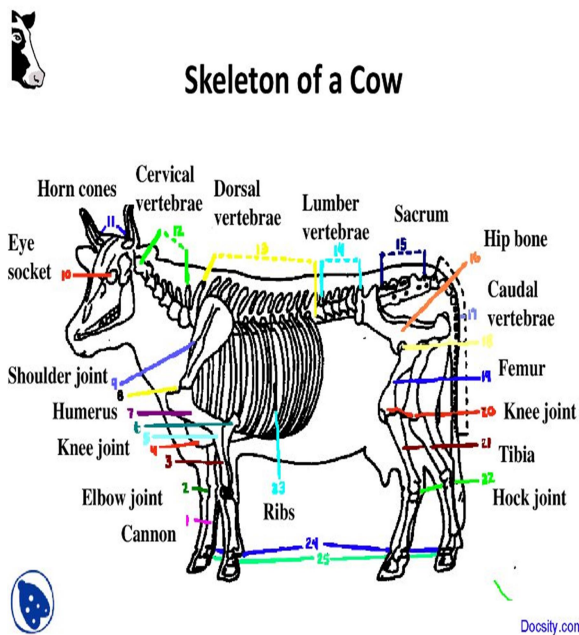
Gambar 2. Senyawa hidroksiapatit dari sintesis tulang sapi  
Sumber : Fadhliah, dkk. (2016)

**PROPERTI MEKANIK TULANG**

Secara kimiawi, tulang merupakan pembentukan mineral kalsium fosfat, kolagen dan protein elastis yang dapat menambah ketahanan terhadap retak, mineral kalsium fosfat berbentuk hidroksiapatit dengan rumus kimia  $Ca_5(PO_4)_3(OH)$ . Untuk kekuatan, tulang memiliki kuat tekan hingga 170 MPa, kuat tarik pada angka 104 sampai dengan 121 MPa, dan kuat geser berkisar pada 51,6 MPa (Mukhlis, dkk., 2014).

**PERSAMAAN DAN PERBEDAAN PROPERTI MEKANIK TULANG DENGAN BETON**

Persamaan properti mekanik antara tulang dengan beton adalah sama-sama memiliki kekuatan yang relatif cukup tinggi, baik pada kuat tekan, kuat tarik, dan kuat geser, keduanya juga sama-sama bersifat getas (Mukhlis, dkk., 2014). Untuk perbedaannya, berat sendiri beton relatif lebih besar sedangkan berat sendiri tulang relatif lebih kecil walaupun keduanya relatif sama-sama kuat. Anatomi tulang sapi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Anatomi tulang sapi  
Sumber : Anonim (20018)

**ANALISIS REGRESI**

Analisis regresi adalah suatu analisis pada statistik yang dipakai untuk memprediksi hubungan sebab-akibat antara variabel bebas dengan variabel terikat (Alwi, dkk., 2018). Persamaan regresi dibuat dengan variabel terikat

atau variabel respon dan p variabel bebas atau prediktor (Sunaryo & Setiawan, 2011). Secara matematis, bentuk persamaan regresi adalah:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \epsilon_i \tag{3}$$

Dengan,

- y = Variabel respon
- x = Prediktor
- i = 1, 2, 3, ..., n
- $\beta$  = Parameter model
- $\epsilon$  = Kesalahan yang diasumsikan identik, independen dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan varian konstanta

Untuk melakukan analisis regresi, dapat menggunakan bantuan *software* baik pada Microsoft Excel, SPSS, atau yang lainnya.

**PENELITIAN TERDAHULU**

Sebelumnya sudah ada kajian yang berhubungan dengan kajian ini. Beberapa kajian sebelumnya menggunakan tulang ikan lele pada pembuatan beton. Tulang dapat digunakan sebagai bahan tambahan dengan kekuatan yang signifikan (Setyaningsih & Djamaluddin, 2014). Pada kajian mengenai mendapatkan hasil yang sama yaitu tulang ikan lele digunakan sebagai agregat. Pada kajian tersebut, digunakan tulang sampai dengan 6% (Mukhlis, dkk., 2014).

**III. METODE PENELITIAN**

Material yang telah diperoleh dilakukan pemeriksaan bahan dan melakukan perencanaan campuran beton. Limbah tulang sapi yang digunakan adalah dari semua bagian tubuh sapi, mulai dari tulang tengkorak hingga tulang kaki. Agregat limbah tulang sapi yang sudah didapat akan dibersihkan terlebih dahulu dan dihancurkan dengan bentuk yang tidak beraturan. Ukuran agregat minimum 4,76 mm dan ukuran agregat maksimum adalah 25,00 mm. Setelah hasil *job mix design* beton diperoleh, dilakukan pembuatan benda uji.

Variasi benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah berikut ini.

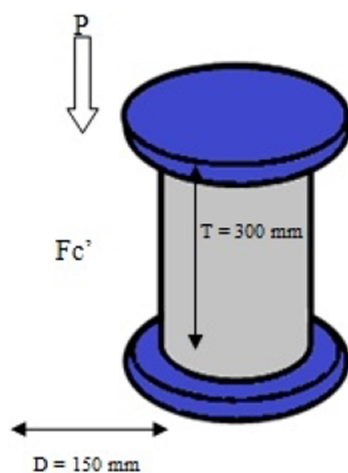
Tabel 1. Variasi benda uji

Jenis beton	Umur (hari)	Benda uji (nama)
Beton normal	7	BN1, BN2, BN3
	14	BN4, BN5, BN6
	28	BN7, BN8, BN9
Beton A% tulang sapi	7	BSA1, BSA2, BSA3
	14	BSA4, BSA5, BSA6
	28	BSA7, BSA8, BSA9
Beton B% tulang sapi	7	BSB1, BSB2, BSB3
	14	BSB4, BSB5, BSB6
	28	BSB7, BSB8, BSB9
Beton C% tulang sapi	7	BSC1, BSC2, BSC3
	14	BSC4, BSC5, BSC6
	28	BSC7, BSC8, BSC9

Setelah beton segar dibuat, maka dilaksanakan uji *slump* sebagai salah satu syarat *job mix* telah memenuhi, bila hasilnya memenuhi ( $10 \pm 2$  cm) maka beton segar digunakan untuk pembuatan benda uji.

Benda uji dibuat menggunakan cetakan (*molding*) dan permukaan dalam cetakan diolesi cairan minyak agar beton segar tidak melekat ke bidang cetakan. Setelah cetakan dibuat, maka 1 hari setelahnya, cetakan dibuka dan dimasukkan ke dalam bak penyimpanan benda uji yang berisi air (perawatan benda uji). Sesuai dengan umur beton yang direncanakan (7, 14, dan 28 hari), masing-masing benda uji dilakukan uji tekan.

Uji tekan dilaksanakan dengan menggunakan mesin uji tekan. Beban diberikan secara perlahan-lahan ke arah vertikal sampai didapatkan nilai maksimumnya. Bidang beban tekan yang diberikan secara merata pada benda uji. Sketsa pengujian tekan beton dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 3. Sketsa uji tekan beton  
Sumber: Pribadi dan Sastra (2018)

Setiap pelaksanaan uji tekan pada masing-masing benda uji, maka hasil pengujian dicatat dan dilakukan analisis regresi penggunaan agregat tulang sapi terhadap kuat tekan beton. Variabel bebasnya ( $x$ ) adalah jumlah persentase tulang sapi yang digunakan dalam satuan persen dan variabel terikatnya ( $y$ ) adalah kuat tekan beton dalam satuan MPa.

Hasil uji tekan dimasukkan ke dalam tabel perhitungan dan dilakukan analisis regresi terhadap data tersebut. Analisis regresi yang dilaksanakan akan menggunakan bantuan software, baik Microsoft Excel ataupun dengan SPSS. Hasil analisis regresi akan menghasilkan persamaan persentase penggunaan tulang sapi terhadap kuat tekan beton dengan bentuk persamaan  $y = f(x)$ . Selain itu juga, analisis regresi akan menghasilkan nilai  $r$  yang menunjukkan kuatnya hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat Pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat merupakan salah satu data pendukung pada penelitian ini. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi syarat-syarat sebagai material pembentuk beton.

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.

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

Hasil perhitungan 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).

##### Hasil Rancangan Campuran Beton

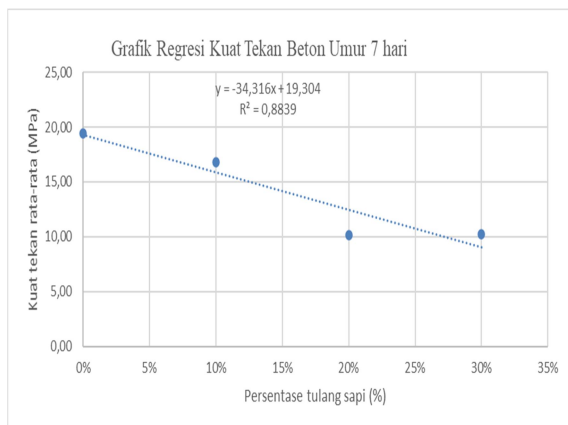
Dengan menggunakan metode ACI (American Concrete Institute) rancangan campuran beton untuk kuat tekan rencana 14,53

MPa dengan FAS 0,660 sudah sesuai dengan metode tersebut

Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton

Pengujian sifat mekanis beton pada penelitian ini memiliki 3 tahap. Tahap pertama, pengujian pada umur 7 hari, tahap kedua pada saat benda uji berumur 14 hari dan tahap ketiga pada saat benda uji berumur 28 hari dengan tujuan untuk mendapatkan perbandingan dengan hasil pengujian beton normal dengan beton yang menggunakan tulang sapi sebagai pengganti agregat kasar dengan Persentase campuran 0%, 10%, 20%, 30%.

Pengujian kuat tekan dengan menggunakan benda uji silinder berukuran 15 cm x 30 cm dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang diinginkan. Pengujian kuat tekan tahap pertama dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pengujian tekan silinder ini dilakukan dengan memberikan beban arah vertikal atau sejajar dengan tinggi silinder secara perlahan-lahan hingga benda uji mengalami kehancuran. Data yang dihasilkan dari pengujian ini adalah data beban beton. Metode pengujian kuat tekan beton dilakukan sesuai dengan Data hasil pengujian kuat tekan beton ditampilkan pada Tabel dan grafik. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 7 hari.



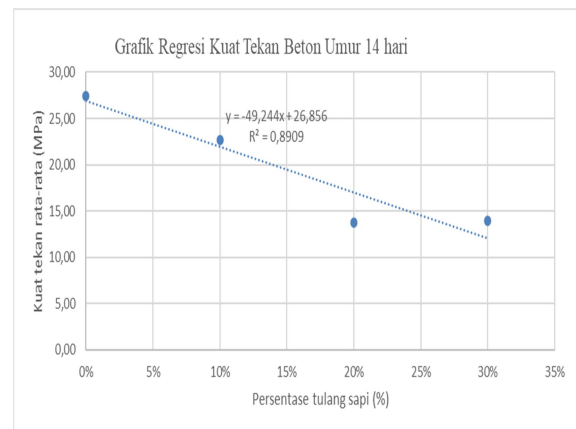
Gambar 4. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 7 hari

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 7 hari, diperoleh hasil bahwa pengaruh penggunaan agregat tulang sapi terhadap kuat tekan memberikan hasil

persamaan  $y = -34,316x + 19,304$ . Untuk r square yang diperoleh pada persamaan ini adalah 0,8839.

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 14 hari.

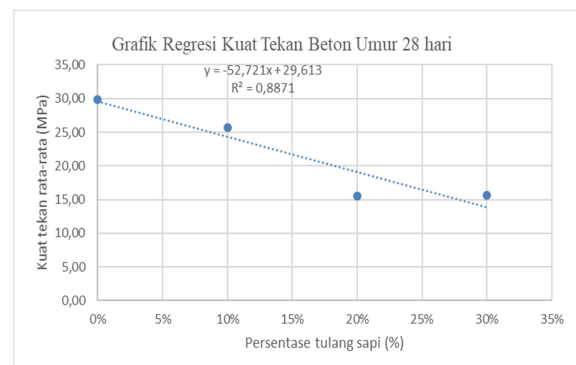
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 14 hari, diperoleh hasil bahwa pengaruh penggunaan agregat tulang sapi terhadap kuat tekan memberikan hasil persamaan  $y = -49,244x + 26,856$ . Untuk r square yang diperoleh pada persamaan ini adalah 0,8909.



Gambar 5. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 14 hari

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 28 hari.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 28 hari, diperoleh hasil bahwa pengaruh penggunaan agregat tulang sapi terhadap kuat tekan memberikan hasil persamaan  $y = -52,721x + 29,613$ . Untuk r square yang diperoleh pada persamaan ini adalah 0,8871.



Gambar 6. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 28 hari

## Pembahasan

Dari ketiga hasil dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kuat tekan beton normal secara signifikan yang diakibatkan oleh peningkatan jumlah penggunaan agregat tulang sapi. Persamaan pada pengujian kuat tekan beton umur 7 hari memberikan pengaruh kuat tekan sebesar -34,316 kali kuat tekan beton normal dan penambahan sebesar 19,034 MPa. Pada beton umur 14 hari, pengaruh perubahan kuat tekannya adalah -49,244 kali kuat tekan beton normal ditambah dengan 26,856 MPa. Pada beton umur 28 hari, pengaruh perubahan kuat tekannya adalah -52,721 kali kuat tekan beton normal ditambah dengan 29,613 MPa.

Pada beton umur 7 hari, diperoleh kuat tekan 19,429 MPa untuk persentase 0%, 16,836 MPa untuk persentase 10%, 10,136 MPa untuk persentase 20%, dan 10,224 untuk persentase 30%.

Pada beton umur 14 hari, diperoleh kuat tekan 27,426 MPa untuk persentase 0%, 22,688 MPa untuk persentase 10%, 13,778 MPa untuk persentase 20%, dan 13,978 untuk persentase 30%.

Pada beton umur 28 hari, diperoleh kuat tekan 29,896 MPa untuk persentase 0%, 22,688 MPa untuk persentase 10%, 13,778 MPa untuk persentase 20%, dan 13,978 untuk persentase 30%.

Berbeda dengan kajian sebelumnya, mengenai kuat tarik belah beton dengan agregat tulang ikan lele. Pada kajian ini dihasilkan bahwa dengan menggunakan 0,2% tulang ikan lele dapat menghasilkan peningkatan kuat tarik belah dengan persentase kenaikan sebesar 24,53%.

Dari kedua perbedaan hasil tersebut, didapat informasi bahwa dengan menggunakan agregat tulang sapi, kuat tekan beton akan mengalami penurunan dibandingkan dengan beton normal dan dibandingkan dengan menggunakan tulang ikan lele menghasilkan peningkatan kuat tarik belah beton sebanyak 24,53% pada penggunaan 0,2% dibandingkan dengan beton normal. Walaupun agregat tulang sapi masih memiliki kuat tekan yang cukup baik, namun secara umum tidak bisa meningkatkan kuat tekan beton normal.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut; Persamaan yang memiliki pengaruh perubahan kuat tekan terbesar, yaitu nilai  $r$  square tertinggi adalah pada beton umur 14 hari dengan persamaan  $y = -49,244x + 26,856$  dan  $r$  square 0,8909 yang berarti dengan penambahan agregat tulang sapi sampai dengan 30% akan mengurangi kuat tekan sebanyak 49,244 kali dan ditambah dengan 26,856 MPa. Kuat tekan terkecil pada beton umur 7 hari adalah 10,136 Mpa. Penggunaan agregat tulang sapi dapat menurunkan kuat tekan beton

## DAFTAR PUSTAKA

- Syarif, A., Setyawan, C. & Farida, I., 2016. Analisa Uji Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Batu Bata Merah. *Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut*, 14(1), pp. 46-56.
- Silas, K. Y., Ramang, R. & Cornelis, R., 2012. Substitusi Agregat Halus Beton Menggunakan Kapur Alam dan Menggunakan Pasir Laut pada Campuran Beton. *Jurnal Teknik Sipil, FST Undana*, 1(4), pp. 74-86.
- Riyanto, H., 2015. Pengaruh Penggunaan Semen Pozzolan Tipe-A terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil UBL*, 6(1), pp. 684-695.
- BSN, 2004. *Semen Portland (SNI 15-2049-2004)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- BSN, 2008. *Cara Uji Slump Beton (SNI 1972:2008)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- BSN, 2011. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium (SNI 2493:2011)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- BSN, 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder (SNI 1974:2011)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Anggraini, R., 2008. Pengaruh Penambahan Phyropilit terhadap Kuat Tekan Beton.

- Jurnal Rekayasa Sipil, 2(3), pp. 163-174.
- Pribadi, J. A. & Sastra, M., 2018. Ekosemen Sebagai Media Perekat Pengganti Semen Untuk Beton. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 2(1), pp. 44-51.
- BSN, 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 03-1974-1990)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- BSN, 2003. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-1993)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Mukhlis, A., Setiyaningsih, S. I. & Huda, H. A., 2014. Pengaruh Penggunaan Serpihan Tulang Ikan Lele terhadap Kekuatan Beton, Banda Aceh: Laporan Akhir Penelitian Dosen Unmuha Tahun 2014.
- Wathi, A. F. D., Wardani, S. & Khunur, M. M., 2014. Pengaruh Perbandingan Massa Ca:P terhadap Sintesis Hidroksiapatit Tulang Sapi dengan Metode Kering. *Kimia Student Journal*, Universitas Brawijaya, Malang, 1(2), pp. 196-202.
- Yuliana, R., Rahim, E. A. & Hardi, J., 2017. Sintesis Hidroksiapatit dari Tulang Sapi dengan Metode Basah pada Berbagai Waktu Pengadukan dan Suhu Sintering. *Jurnal Kovalen*, 3(3), pp. 201-210.
- Fadhliah, N., Irhamni & Jalil, Z., 2016. Sintesis Hidroksiapatit yang Berasal dari Tulang Sapi Aceh. *Journal of Aceh Physics Society*, 3(2), pp. 19-21.
- Mukhlis, A., 2014. *Beton Agregat Tulang Ikan Lele*. Banda Aceh: Makalah Seminar Nasional Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, 2014.
- Anonim, 2018. *Anatomy Note*. [Online], Available at: <https://www.anatomynote.com/animal-anatomy/mammals/cattle/cow-skeleton-anatomical-structure/>, [Diakses 23 Agustus 2018].
- Alwi, W., Ermawati & Husain, S., 2018. Analisis Regresi Logistik Biner untuk Memprediksi Kepuasan Pengunjung pada Rumah Sakit Umum Daerah Majene. *Jurnal MSA*, 6(1), pp. 20-26.
- Sunaryo, S. & Setiawan, 2011. Mengatasi Masalah Multikolinieritas dan Outlier dengan Pendekatan Robpca. *Jurnal Matematika, Saint dan Teknologi*, 12(1), pp. 1-10.
- Setiyaningsih, S. I. & Djamaluddin, 2014. Pengaruh Penambahan Tulang Ikan Lele sebagai Sumber Zat Aditif Organik terhadap Kuat Tekan Beton, Banda Aceh: Laporan Akhir Penelitian Dosen Pemula.