

# PEMANFAATAN ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR PADA CAMPURAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZER DI TINJAU DARI KEKUATAN TARIK BELAH BETON (STUDI PENELITIAN)

HANDRIAN WIJAYA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik,<sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (Jl. Kapten Muchtar Basri No.3,  
Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara 20238)

[handrianwijaya@gmail.com](mailto:handrianwijaya@gmail.com)

## ABSTRAK

*Pada era globalisasi sekarang, pembangunan di Indonesia sudah sangat berkembang, sehingga mempengaruhi kemajuan bahan bangunan seperti beton. Limbah bonggol jagung memiliki unsur yang bermanfaat untuk peningkatan mutu beton, karena mempunyai kandungan silika yang cukup tinggi yaitu 66,38%. Sika Viscocrete 3115N adalah generasi terbaru dari superplasticizer untuk beton dan mortar yang mampu memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari penambahan abu bonggol jagung sebagai substitusi pasir dan sika viscocrete 3115N terhadap nilai kuat tarik belah beton dan slump flow. Dengan variasi penambahan abu bonggol jagung 0%, 5%, 10%, 15% dari berat pasir dan sika viscocrete 3115N sebesar 0,8% dari berat semen. Sampel pengujian beton yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15 x 30 cm<sup>3</sup> sebanyak 12 benda uji. Pengujian dilakukan dengan menguji tentang pengaruh penambahan abu bonggol jagung terhadap nilai slump flow serta menguji kuat tarik belah beton pada umur 28 hari. Nilai slump flow yang diperoleh mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase abu bonggol jagung terhadap campuran beton dengan masing-masing variasi memperoleh nilai slump flow sebesar 0% (710 mm), 5% (595 mm), 10% (575 mm), 15% (555 mm). Nilai kuat tarik belah yang diperoleh sesuai dengan variasi adalah 0% (4,60MPa), 5% (5,02 MPa), 10% (3,94 MPa), 15% (2,95 MPa). Nilai kuat tarik belah optimum diperoleh pada variasi abu bonggol jagung 5%.*

**Kata Kunci:** Abu Bonggol Jagung, Viscocrete 3115N, Slump Flow, Kuat Tarik Belah

**UTILIZATION OF CORN COMB ASH AS SAND  
SUBSTITUTION IN CONCRETE MIXTURE WITH  
SUPERPLASTICIZER ADDITIONAL IN  
REVIEW OF CONCRETE  
Split Tensile Strength  
(RESEARCH STUDY)**

**ABSTRAK**

*In the current era of globalization, development in Indonesia has been very developed, thus affecting the progress of building materials such as concrete. Corn cobs waste has elements that are useful for improving the quality of concrete, because it has a fairly high silica content of 66.38%. Sika Viscocrete 3115N is the latest generation of superplasticizer for concrete and mortar that is capable of providing substantial water reduction, excellent flowability at the same time as optimal cohesion and self-compacting properties of concrete. This study aims to study the effect of adding corn cob ash as a substitute for sand and viscocrete 3115N on the value of split tensile strength of concrete and slump flow. With the addition of corn cob ash variations of 0%, 5%, 10%, 15% by weight of sand and sika viscocrete 3115N by 0.8% by weight of cement. The concrete test sample used was a cylinder with a size of 15 x 30 cm<sup>3</sup> as many as 12 test objects. The test was carried out by testing the effect of adding corn cob ash to the slump flow value and testing the split tensile strength of the concrete at the age of 28 days. The slump flow value obtained decreased with the increase in the percentage of corncob ash to the concrete mixture with each variation obtaining a slump flow value of 0% (710 mm), 5% (595 mm), 10% (575 mm), 15% (555mm). The split tensile strength values obtained according to the variation were 0% (4.60 MPa), 5% (5.02 MPa), 10% (3.94 MPa), 15% (2.95 MPa). The optimum split tensile strength value was obtained at 5% corncob ash variation.*

**Keywords:** *Corn Cob Ash, Viscocrete 3115N, Slump Flow, Split Tensile Strength*

## PENDAHULUAN

Pada era globalisasi sekarang, pembangunan di Indonesia sudah sangat berkembang, sehingga mempengaruhi kemajuan bahan bangunan seperti beton. Dalam pelaksanaannya, perkembangan bahan bangunan beton diperlukan suatu inovasi baru agar pembangunan dapat dilaksanakan dengan baik dan cepat

Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang murah, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan yang mudah untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

Dalam hal ini perlunya menciptakan beton berkualitas dengan memanfaatkan sumber daya alam yang pemanfaatannya masih kurang maksimal. Selain itu dapat menggunakan limbah yang sudah tidak terpakai dan dapat

diolah kembali menjadi bahan tambah atau *filler* pada campuran beton. Untuk mencapai kualitas beton yang baik, beton segar harus mengisi ruang dengan cepat agar tidak ada udara didalamnya, jika beton memiliki rongga pada permukaannya maka beton tersebut akan mengalami penurunan mutu.

Salah satu limbah yang belum termanfaatkan dengan baik adalah abu bonggol jagung. Limbah bonggol jagung memiliki kandungan unsur silika yang cukup tinggi yakni 66,38%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kandungan senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terdapat pada bonggol jagung memungkinkan digunakannya sebagai material tambahan pada beton. Namun sebelum dijadikan sebagai campuran pada beton, bonggol jagung terlebih dahulu dibakar pada suhu  $650^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$  selama lebih dari 8 jam untuk mendapatkan abu bonggol jagung yang disyaratkan (Fakhrunisa, Djatmika, & Karjanto, 2018).

Dalam penelitian ini juga digunakan bahan tambah *Superplasticizer* jenis Sika *Viscocrete - 3115 N*, yaitu bahan tambah yang dapat mempermudah pengerjaan campuran beton (*workability*) untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Dengan menambahkan bahan tambah ini ke dalam adukan beton diharapkan dapat mempermudah pekerjaan pengadukan beton. Hal ini karena *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete - 3115 N*) adalah bahan campuran untuk beton yang berfungsi ganda yang apabila dicampurkan dengan dosis tertentu dapat mengurangi jumlah pemakaian air dan mempercepat waktu pengerasan, meningkatkan *workability* dan dapat mereduksi kandungan air dalam campuran beton.

Salah satu limbah yang belum dimanfaatkan dengan baik adalah abu bonggol jagung. Limbah bonggol jagung memiliki kandungan unsur silika yang cukup tinggi yakni 66,38%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kandungan senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terdapat pada bonggol jagung memungkinkan digunakannya sebagai material tambahan pada beton. Namun sebelum dijadikan sebagai campuran pada beton, bonggol jagung terlebih dahulu dibakar pada suhu  $650^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$  selama lebih dari 8 jam untuk mendapatkan abu bonggol jagung yang disyaratkan (Fakhrunisa, Djatmika, & Karjanto, 2018).

Dalam penelitian ini juga digunakan bahan tambah *Superplasticizer* jenis Sika *Viscocrete - 3115 N*, yaitu bahan tambah yang dapat mempermudah pengerjaan campuran beton (*workability*) untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Dengan menambahkan bahan tambah ini ke dalam adukan beton diharapkan dapat mempermudah pekerjaan pengadukan beton. Hal ini karena *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete - 3115 N*) adalah bahan campuran untuk beton yang berfungsi ganda yang apabila dicampurkan dengan dosis tertentu dapat mengurangi jumlah pemakaian air dan mempercepat waktu pengerasan, meningkatkan *workability* dan dapat mereduksi kandungan air dalam campuran beton.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton

Menurut (SNI 03-2834-2000, 2000) beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk

massa padat. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*).

### Abu Bonggol Jagung

Produksi jagung di Indonesia setiap tahunnya menunjukkan peningkatan. Menurut Biro Pusat Statistik (BPS) Indonesia, angka produksi jagung tahun 2004 mencapai 11,2 juta ton. Tahun 2005 meningkat menjadi 12,5 juta ton, tahun 2006 mencapai 12,13 juta ton. Tahun 2007 produksinya mencapai 14 juta ton. Disamping itu, tingkat konsumsi jagung pada tahun 2006 sekitar 3,5 juta ton, sedangkan tahun 2007 diperkirakan mencapai 4,1 juta ton (Hidayati, Masturi, & Yulianti, 2016).

Limbah bonggol jagung memiliki unsur yang bermanfaat untuk peningkatan mutu beton, karena mempunyai kandungan silika yang cukup tinggi yaitu 66,38. Kandungan senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terdapat pada bonggol jagung memungkinkan digunakannya sebagai material tambahan pada beton. Namun sebelum dijadikan sebagai campuran pada beton, bonggol jagung terlebih dahulu dibakar pada suhu  $650^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$  selama lebih dari 8 jam untuk mendapatkan abu bonggol jagung yang disyaratkan (Fakhrunisa et al., 2018).

Terbaru dari *superplasticizer* untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi dengan sifat daya alir yang tahan lama. Sika *Viscocrete-3115 N* memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam

waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya. Sika *Viscocrete-3115 N* digunakan untuk tipe-tipe beton sebagai berikut:

1. Beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi.
2. Beton yang memadat dengan sendirinya (*Self Compaction Concrete/ SCC*).
3. Beton dengan kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi (hingga 30 %).
4. Beton mutu tinggi.
5. Beton kedap air.
6. Beton pracetak

Kombinasi pengurangan air dalam jumlah besar, kemampuan mengalir yang tinggi dan kuat awal yang tinggi menghasilkan keuntungan-keuntungan yang jelas seperti tersebut dalam aplikasi diatas.

Keuntungan Sika *Viscocrete-3115 N* bekerja melalui penyerapan permukaan partikel-partikel semen yang menghasilkan suatu efek-efek separasi sterikal. Sika *Viscocrete-3115 N* tidak mengandung klorin atau bahan-bahan lain yang dapat menyebabkan karat atau bersifat korosif pada tulangan baja. Sehingga cocok digunakan untuk beton dengan tulangan atau pratekan.

Sika *Viscocrete-3115 N* memberikan beton dengan kelecekan yang panjang dan tergantung pada desain pencampuran dan kualitas material yang digunakan, partikel-partikel *self-compacting* dapat dipertahankan lebih dari 1 jam pada suhu 30° C. Pencampuran Sika *Viscocrete-3115 N* ditambahkan ke air yang sudah ditakar atau ditambahkan ke dalam *mixer* atau pengaduk. Untuk memperoleh

manfaat optimal dari pengurangan air dalam jumlah besar, disarankan pengadukan dalam kondisi basah minimal 60 detik. Penambahan air takaran yang tersisa atau untuk memperoleh konsistensi beton yang baik hanya dapat dimulai setelah 2/3 waktu pengadukan dalam kondisi basah, untuk laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya. Pengujian dapat dilakukan pada skala tertentu dengan berbagai kondisi, jenis, beban maupun ukuran benda uji (Regar, Sumajouw, & Dapas, 2014).

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Rahamudin, Manalip, & Mondoringin, 2016).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik belah berdasarkan (SNI 2491:2014, 2014), adalah:

$$\frac{P}{F_{ct}} = \frac{P}{\pi LD}$$

$$F_{ct}$$

$$=$$

$$\pi LD$$

Dimana:

$F_{ct}$  = Kekuatan Tarik Belah (MPa)

$P$  = Beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin uji (N)

$L$  = Panjang benda uji silinder (mm)  $D$  =

Diameter benda uji silinder (mm)

$\pi$  = Phi (22/7)

## METODOLOGI

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk silinder

dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 12 buah beton dengan 4 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Pengujian akan dilaksanakan pada umur 28 hari setelah perendaman beton. Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3.1: Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji

NO	KODE BENDA UJI	AG HALUS	ABU BONGGOL JAGUNG	SIKA 3115 N	JLH
1	BB0	100%	0%	0,8%	3
2	BB5	95%	5%	0,8%	3
3	BB10	90%	10%	0,8%	3
4	BB15	85%	15%	0,8%	3
Jumlah					12

Keterangan:

BB0 = Beton dengan campuran 0% abu bonggol jagung dari berat agregat halus dan campuran 0,8% *superplasticizer* dari berat semen.

BB5 = Beton dengan campuran 5% abu bonggol jagung dari berat agregat halus dan campuran 0,8% *superplasticizer* dari berat semen.

BB10 = Beton dengan campuran 10% abu bonggol jagung dari berat agregat halus dan campuran 0,8% *superplasticizer* dari berat semen.

BB15 = Beton dengan campuran 15% abu bonggol jagung dari berat agregat halus dan campuran 0,8% *superplasticizer* dari berat semen.

## HASIL

## Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan menggunakan metode ASTM C 1611, sehingga didapat hasil pengujian slump sebagai berikut.

Tabel 4.1: Hasil Pengujian Slump

Kadar Abu Bonggol Jagung	Diameter Maksimal			Syarat D Min	Waktu	
	d1	d2	d Rerata		t 500	t Max
	mm	mm	mm	mm	det	det
0%	720	700	710	500	2.2	7,6
5%	600	590	595	500	3.1	10,2
10%	580	570	575	500	4	11,5
15%	560	550	555	500	4.6	14,3

Gambar 4.1: Grafik Slump Rata – Rata Berdasarkan Gambar 4.3 hasil pengujian

yang diperoleh tentang nilai slump rata-rata menunjukkan penurunan seiring penambahan abu bonggol jagung. Penurunan *workability* dari adukan beton diakibatkan karena abu bonggol jagung cukup banyak menyerap air untuk melakukan reaksi kimia dengan kalsium hidroksida.

## Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

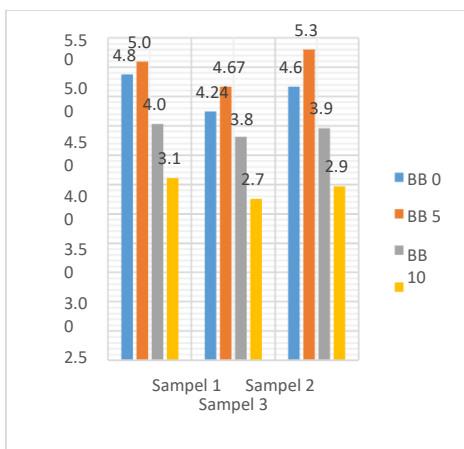
Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian ini dengan memberikan beban yang mampu diterima oleh benda uji pada sisi beton yang diletakkan mendatar pada mesin uji. Pengujian ini menggunakan metode SNI 03- 2491-2012 tentang pengujian kuat tarik belah beton.

Tabel 4.2: Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi Beton	Luas ( $\pi LD$ ) (mm <sup>2</sup> )	Beban (T)			Kuat Tarik Belah (Mpa)			Tarik Belah Rata-Rata
		1	2	3	1	2	3	
BB0	14137 1.669	34 .5	30 30	33 33	4. 88	4. 24	4. 67	4.60

BB 5	14137 1.669	36 .5	33 27	37 28	5. 03	4. 82	5. 31	5.02
BB 10	14137 1.669	28 .5	27 21	28 21	4. 11	3. 76	3. 97	3.94
BB 15	14137 1.669	22 .5	19 21	19 21	3. 11	2. 76	2. 97	2.95

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3: Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Rata – Rata

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa sampel beton dengan variasi abu bonggol jagung 5% memiliki kuat tarik belah rata-rata paling tinggi yaitu sebesar 5,02 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 8,36% dari sampel beton dengan variasi abu bonggol jagung 0% yang memiliki kuat tarik belah rata-rata sebesar 4,60 MPa. Sedangkan sampel beton dengan variasi abu bonggol jagung 15% memiliki kuat tarik belah rata-rata paling rendah yaitu sebesar 2,95 MPa dan mengalami penurunan sebesar 55,93% dari sampel beton dengan variasi abu bonggol jagung 0% yang memiliki kuat tarik belah rata-rata sebesar 4,60 MPa.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Hasil pengaruh penambahan *superplasticizer* (Sika *Viscocrete* – 3115 N) dan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap nilai *slump flow* adalah sebagai berikut.
  - a. Penambahan *superplasticizer* sebesar 0,8% dari berat semen pada campuran beton mampu meningkatkan *workability* dari adukan beton tersebut, hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump* rata-rata beton dengan abu bonggol jagung 0% sebesar 710 mm.
  - b. Penambahan abu bonggol jagung pada campuran beton memerlukan air yang cukup banyak untuk melakukan reaksi kimia, hal ini ditunjukkan dengan menurunnya pengujian nilai *slump* seiring dengan bertambahnya jumlah persentase abu bonggol jagung yang dimasukkan. Hasil *slump* rata-rata dengan abu bonggol jagung 5% sebesar 595 mm, *slump* rata-rata dengan abu bonggol jagung 10% sebesar 575 mm, dan *slump* rata-rata dengan abu bonggol jagung 15% sebesar 555 mm.
2. Hasil pengaruh penambahan *superplasticizer*

(Sika *Viscocrete* – 3115 M) dan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut.

- a. Hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin banyak persentase abu bonggol yang dimasukkan pada campuran beton, maka semakin rendah nilai kuat tarik belah yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dari nilai kuat tarik belah beton dengan abu bonggol jagung 5% dan sika 0,8% sebesar 5,02 MPa, nilai kuat tarik belah beton dengan abu bonggol jagung 10% dan sika 0,8% sebesar 3,94 MPa, nilai kuat tarik belah beton dengan abu bonggol jagung 15% dan sika 0,8% sebesar 2,95 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik belah beton tanpa menggunakan abu bonggol dan penggunaan sika 0,8% adalah sebesar 4,60 MPa.
- b. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata dari beton dengan abu bonggol jagung 5% dan sika 0,8% dari berat semen sebesar 5,02 MPa. Hal ini menunjukkan kenaikan kuat tarik belah beton sebesar 8,36% dari beton yang tidak menggunakan abu bonggol jagung.
- c. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata dari beton dengan abu bonggol jagung 10% dan sika 0,8% dari berat semen

sebesar 3,94 MPa. Hal ini menunjukkan penurunan kuat tarik belah beton sebesar 16,75% dari beton yang tidak menggunakan abu bonggol jagung.

- d. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata dari beton dengan abu bonggol jagung 15% dan sika 0,8% dari berat semen sebesar 2,95 MPa. Hal ini menunjukkan penurunan kuat tarik belah beton sebesar 55,93% dari beton yang tidak menggunakan abu bonggol jagung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Heldita, D. (2019). *PENGARUH BAHAN TAMBAH VISCOCRETE ( 3115N ) TERHADAP KUAT TEKAN BETON  $f'_{c}$  20 MPa*. 5662(November), 23–30.
- Hepiyanto, R., & Firdaus, M. A. (2019). *PENGARUH PENAMBAHAN ABU BONGGOL JAGUNG TERHADAP KUAT TEKAN BETON K - 200*. 3(2), 86–93.
- Hidayati, F. C., Masturi, & Yulianti, I. (2016). Purification of used cooking oil (Used) by using corn charcoal. *JIPF (Journal of Physics Education)*, 1(2), 67–70.
- Memon, S. A., Javed, U., & Khushnood, R. A. (2019). Eco-friendly utilization of corncob ash as partial replacement of sand in concrete. *Construction and Building Materials*, 195, 165–177.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231.
- Regar, R. G., Sumajouw, M. D. J., & Dapas, S. O. (2014). Nilai Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Ukuran Dimensi Benda Uji. *Jurnal Sipil Statik*, 2(5), 269–276.
- Simanjuntak, J. O., Saragi, T. E., & Lumbangaol, B. T. (2020). *MEMANFAATKAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG ( Penelitian Laboratorium )*. 1(1), 79–98.
- Sitorus, L. R. (2018). *Analisis Kuat Tekan Terhadap Umur Beton dengan Menggunakan Admixture Superplasticizer Viscocrete-3115 N*.
- SNI 03-1968, M. pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. (1990). *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*. 1–5.
- SNI 03-2834-2000, tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. 1–34.
- SNI 03-4141, M. pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. (1996). *Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat*. 1–6.
- SNI 03-4804, M. pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. (1998). *Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat*. 1–6.
- SNI 1969, C. uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*.
- SNI 1970, C. uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.