

PENGARUH PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI BAHAN PENGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON RINGAN

Tanhar Pasha¹⁾, Norma Puspita²⁾ Febriyandi³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indo Global Mandiri Palembang
Jl. Jendral Sudirman No. 629 KM.4, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia.
Email: norma.puspita@uigm.ac.id¹⁾ febriyandi@uigm.ac.id²⁾

ABSTRACT

Lightweight concrete has several advantages, one of which is in terms of its use which is more economical, because it can save installation costs. But lightweight concrete also has one weakness, namely its limited compressive strength value. The purpose of this study was to determine the percentage of optimum concrete compressive strength and to determine the effect of Bottom Ash as a substitute for fine aggregate and Styrofoam as a substitute for coarse aggregate on the compressive strength of concrete with the value of the design compressive strength F_c 30 Mpa. This study uses a cylindrical test object with 4 variations of the mixture, namely lightweight concrete, concrete with the addition of Bottom Ash 0%, 5%, 10% and 60% Styrofoam. Based on the test results in the laboratory, the optimum concrete compressive strength value was obtained at variations of Bottom Ash 10% and Styrofoam 60% of 16.01 MPa. In this study, the average density values obtained for variations of Bottom Ash 0%, 5%, 10% and Styrofoam 60% were 1,895 kg/m, 1,855 kg/m, 1,840 kg/m. From the results obtained, it can be concluded that the effect of adding Bottom Ash 0%, 5%, 10% and 60% Styrofoam can reduce the compressive strength of normal lightweight concrete. This happens because the bottom ash mixture has the property of being easy to agglomerate during the process of mixing the concrete ingredients into the concrete mixer so that it does not fill all the cavities in the concrete.

Keywords: *Lightweight Concrete, Bottom Ash, Compressive Strength, Styrofoam.*

ABSTRAK

Beton ringan memiliki beberapa keuntungan salah satunya yaitu dari segi penggunaannya yang lebih ekonomis, karena dapat menghemat biaya pemasangan. Tetapi beton ringan juga memiliki salah satu kelemahan yaitu nilai kuat tekannya yang terbatas, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui presentase kuat tekan beton optimum dan untuk mengetahui pengaruh Bottom Ash sebagai bahan pengganti agregat halus dan Styrofoam sebagai bahan pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton dengan nilai kuat tekan rencana F_c 30 Mpa. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan 4 variasi campuran yaitu beton ringan, beton dengan penambahan Bottom Ash 0%, 5%, 10% dan Styrofoam 60%. Berdasarkan dari hasil pengujian di laboratorium nilai kuat tekan beton optimum didapat pada variasi Bottom Ash 10% dan Styrofoam 60% sebesar 16,01 MPa. Pada penelitian ini juga nilai berat jenis rata – rata yang diperoleh untuk variasi Bottom Ash 0%, 5%, 10% dan Styrofoam 60% sebesar 1.895 kg/m³, 1.855 kg/m³, 1.840 kg/m³. Dari hasil yang didapat, maka bisa disimpulkan bahwa pengaruh dari penambahan Bottom Ash 0%, 5%, 10% Dan Styrofoam 60% dapat menurunkan nilai kuat tekan dari beton ringan normal. Hal tersebut terjadi karena bahan campur *bottom ash* yang mempunyai sifat mudah menggumpal pada saat proses pencampuran bahan-bahan beton kedalam concrete mixer sehingga tidak mengisi seluruh rongga pada beton.

Kata kunci: Beton Ringan, Bottom Ash, Kuat Tekan, Styrofoam.

1. Pendahuluan

Perkembangan dalam bidang konstruksi Indonesia terus menerus mengalami peningkatan, hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas yang semakin maju. Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen *Portland*, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air (Hanamanteo, 2014). Beton ringan pada saat ini mengalami perkembangan yang pesat. Banyak penelitian yang terus mengembangkan teknologi beton ringan namun tidak banyak berhasil untuk mendapatkan kuat tekan mendekati kuat tekan beton normal.

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*Portland cement*). Agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002). Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu kerikil (batu apung) atau

bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu, guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Sifat beton berubah karena sifat semen, agregat dan air, maupun perbandingan pencampurannya. Untuk mendapatkan beton optimum pada penggunaan yang khas, perlu dipilih bahan yang sesuai dan dicampur secara tepat (Widarto, 2012)

Beton Ringan

Menurut (SNI 03-2847-2002) kuat tekan beton minimal adalah 17,5 MPa. Sifat positif dan negatif dari beton tersebut ditentukan oleh sifat-sifat material pembentuknya, perbandingan campuran, dan cara pelaksanaan pekerjaan. Berdasarkan berat satuannya beton dapat dibedakan atas beton normal dan beton ringan. Beton ringan adalah beton yang mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m³ (SNI 03-2847-2002). Beton ringan dapat diperoleh dengan membuat beton dari agregat ringan, penambahan udara, atau penambahan material yang mempunyai berat satuan yang kecil, seperti *agent foam*. Beton dengan penambahan *agent foam* dapat disebut beton busa

Tabel 1 Pembagian penggunaan beton ringan menurut Djauharotun (2002)

No	Beton Ringan	Kerapatan	Kuat Tekan
1	Struktur	1400 – 1900 kg/m ³	> 17 Mpa
2	Struktur Ringan	800 – 1400 kg/m ³	7 – 17 Mpa
3	Non Struktur	240 – 800 kg/m ³	0,35 – 7 Mpa

Beton Ringan Struktural

Saat ini, Sumatera Selatan memiliki permasalahan yang sampai saat ini masih belum terselesaikan. Kasus yang dimaksud adalah perbaikan dan peningkatan jalan. Bagi masyarakat Sumsel, jalan merupakan prasarana yang sangat berpengaruh untuk kelangsungan hidup masyarakat terutama pada sektor pertanian, perdagangan, industri dan transportasi umum. Kebanyakan kegiatan ekonomi masyarakat Sumatera Selatan melalui akses jalan raya.

Dengan satuan berat khas 90 sampai 120 pound per kaki kubik (PCF) atau 1450 to 1920 kg/m³ dan kuat tekan dari 2.500 psi atau lebih dari 8000 psi, beton ringan struktural adalah bahan bangunan serbaguna. Karena umumnya 20% sampai 40% lebih ringan dari dak beton normal, beban mati struktur dapat dikurangi, biaya konstruksinya dapat diturunkan, dan beton dan tulangan yang dibutuhkan berkurang. Struktur beton ringan juga tahan api lebih baik dari beton normal karena memiliki konduktivitas termal yang rendah dan koefisien yang lebih rendah dari ekspansi termal

Manfaat penggunaan beton agregat ringan, dalam banyak struktur, yang umumnya biaya lebih dari beton normal. Kontraktor yang berhasil menggunakan struktur dengan beton ringan harus memahami karakteristik

(Harding, 1995) sebagai berikut: (1) Pemahaman tentang produk, terutama kualitas yang unik dari agregat ringan (2) Kemampuan untuk menjalin komunikasi yang baik, terutama dengan pemasok agregat ringan (3) Pengetahuan tentang uji lapangan dan penyesuaian yang dibutuhkan untuk mengevaluasi dan menjaga kualitas beton (4) Apresiasi atas penanganan yang tepat dari beton ringan

Bottom Ash

Bottom Ash batubara merupakan bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada *fly ash*, sehingga *Bottom Ash* akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ash hopper*) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang atau dipakai sebagai bahan tambahan pada perkerasan jalan. Sifat dari *Bottom Ash* sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh jenis batubara dan sistem pembakarannya. Beberapa sifat fisik dan kimia yang penting dari *Bottom Ash* adalah sebagai berikut: Sifat fisik *Bottom Ash* berdasarkan bentuk, warna, tampilan, ukuran, *specific gravity*, *dry unit weight* dan penyerapan dari *wet dan dry Bottom Ash*



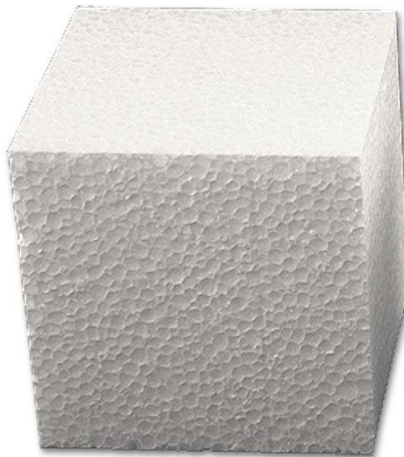
Gambar 1 *Bottom Ash*

Pemanfaatan *bottom ash* batubara dihitung minim karena kebanyakan masih sebagai bahan tambahan pada agregat buatan pada pembuatan beton dan maksimum 2,4%. Sehingga pemanfaatan tergolong masih belum maksimal. Hal ini dipertegas Dirjen Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 yang mengatakan dampak *bottom ash* tergolong berbahaya karena bila terhirup secara berkala dapat menyebabkan masalah pernapasan serius. Bila dilewati hujan, air rembesan akan mencemari lingkungan karena bersifat asam dan merusak kesuburan tanah (Vega pratiwi, 2016)

Styrofoam

Selain ringan *styrofoam* juga memiliki kemampuan meyerap air yang sangat kecil (kedap air). Penggunaan

styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan *styrofoam* dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah *styrofoam* mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian, selain akan membuat beton menjadi ringan dapat juga bekerja sebagai serat yang rapat meningkatkan kemampuan kekuatan dan khususnya daktilitas beton. Kerapatan atau berat satuan beton dengan campuran *styrofoam* dapat diatur dengan mengontrol jumlah *styrofoam* yang digunakan dalam beton untuk memperoleh beton dengan berat satuan yang lebih kecil. Namun kuat tekan beton yang diperoleh tentunya akan lebih rendah (Sudipta, 2009).



Gambar 2 *Styrofoam*

Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton atau compressive strength merupakan salah satu sifat atau karakteristik yang paling penting dari beton yang ingin dicapai pada perencanaan campuran beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat umur beton mencapai 7, 14, dan 28 hari. Pada

umur 28 hari beton mencapai kekuatan tekan rencana. Kekuatan tekan beton yang umum digunakan untuk struktur beton bertulang berkisar antara 17 Mpa sampai dengan 30 Mpa, dan untuk struktur beton prategang berkisar antara 30 Mpa sampai dengan 45 Mpa.

2. Metodologi Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan desember 2020 sampai dengan bulan maret 2021, tempat penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, Jalan Ade Irma surya Nasution no.10 km 7, Kel. Karya baru , Kec. Alang-alang lebar, Kota Palembang. Dengan benda uji beton ringan yang menggunakan bahan substitusi agregat halus berupa *bottom ash* dan substitusi agregat kasar berupa *Styrofoam*. Sedangkan waktu pengujian dilakukan setelah beton berumur 7, 14, dan 28 hari.

Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran (15 cm x 30 cm) sample benda uji yang akan dibuat sebanyak 36 buah, beton dengan variasi 0%, 5%, 10% *Bottom Ash* sebagai pengganti sebagian dari agregat halus dan 30 % *Styrofoam* sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar dengan umur beton 7, 14, 28 hari.

Metode Analisa Data

Analisa dari penelitian ini dilakukan dengan cara :

1. Analisa kuat tekan beton ringan terhadap umur beton
2. Analisa kuat tekan beton ringan terhadap variasi campuran.

Dalam analisa kuat tekan beton ringan terhadap variasi bottom ash ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh bottom ash dalam berbagai persentase.

Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan benda uji ini dilaksanakan dengan menggunakan mesin molen (*concrete mixer*) dengan kapasitas 3 buah silinder karena dengan mesin tersebut diharapkan akan menghasilkan campuran yang homogen. Bahan – bahan yang akan digunakan berupa agregat kasar, agregat halus, semen *portland*, air, dan bahan substitusi berupa *bottom ash* dan *styrofoam* ditimbang untuk kebutuhan 3 cetakan silinder. Jumlah *sample* yang akan dibuat pada penelitian ini sebanyak 12 *sample* dengan masing – masing *sample* berjumlah 3 buah benda uji, jadi total benda uji yang akan dibuat sebanyak 36 benda uji. Adapun jumlah benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2 Jumlah Benda Uji

No	Kode	Lewat
1	BRS	100
2	BBS (0% +60%)	99.72
3	BBS (5% +60%)	98.73
4	BBS (10% +60%)	92.47
	BBS (0% +60%)	70.16

3. Analisa dan Pembahasan

Metode Analisa Data

Karakteristik *bottom ash* ini telah diteliti di Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang Sumatera Selatan.

a. Karakteristik Kimia *Bottom Ash*

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kadar kimia pada *bottom ash* yang berasal dari PT. Pusri. Adapun hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Karakteristik Kimia *Bottom Ash*

Parameter/ Unsur	Hasil Bottom Ash	Metode
Silicon dioxide	52294	ASTM D - 3682
Aluminium trioxide	19139	ASTM D - 3682
Iron trioxide	8628	ASTM D - 3682
Titanium dioxide	591	ASTM D - 2795
Calsium oxide	3449	ASTM D - 3682
Magnesium oxide	347	ASTM D - 3682
Pottasium oxide	3.1	ASTM D - 3682
Sodium oxide	789	ASTM D - 3682
Phosphorus pentoxide	284	ASTM D - 2795
Sulfur trioxide	53.4	ASTM D - 3682

b. Analisa Saringan Bottom Ash

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) dengan menggunakan saringan. Pelaksanaan pengujian ini dilakukan

berdasarkan SNI 03 – 1968 – 1990.

Adapun hasil dari pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 4 Hasil pengujian analisa saringan *Bottom Ash*

No. Saringan (Mm)	Jumlah persen	
	Tertahan	Lewat
9,52	0	100
No. 4	0.28	99.72
No. 8	1.27	98.73
No. 16	7.53	92.47
No. 30	29.84	70.16
No. 50	84.65	15.35
No. 100	97.83	2.17
No. 200	99.13	0.87
PAN	100	0

Sumber : hasil pengujian, 2020

Slump

Sebelum beton segar dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder, terlebih dahulu dilakukan pengujian *slump* dengan menggunakan alat *slump*. *Slump* ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan. Pengujian ini berfungsi untuk

memperoleh tingkat kelecakan adukan beton, karena sangat mempengaruhi pada proses pengerjaan dan mempengaruhi kuat tekan beton. Cara pelaksanaan pengujian slump berdasarkan SNI 03– 1972 – 2008. Adapun hasil dari pengujian slump dapat dilihat pada **Tabel 5**

Tabel 5 Hasil pengujian slump

No	Keterangan	Nilai Slump	Satuan
1	Beton	6.3	cm

Sumber : hasil pengujian 2021

Analisa Berat Jenis Beton Ringan

Penelitian ini adalah analisa kuat tekan beton ringan variasi 0%, 5%, dan 10% *bottom ash* ditambah 60% *styrofoam*. Maka dari itu diperlukannya analisa berat

jenis beton ringan yaitu untuk mengetahui nilai berat jenisnya sudah sesuai dengan yang telah ditetapkan atau tidak. Hasil analisa berat jenis beton normal dapat dilihat pada **Tabel 6**

Tabel 6 Hasil Analisa berat jenis beton ringan

Umur	Sample	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/m³)	Rata - rata berat jenis (kg/m³)
7	1	9.590	1.809	1.804
	2	9.479	1.788	
	3	9.614	1.814	
14	1	9.522	1.796	1.804
	2	9.623	1.815	
	3	9.543	1.800	
28	1	9.634	1.817	1.828
	2	9.725	1.835	
	3	9.715	1.833	

Sumber : hasil pengujian 2021

Pada **Tabel 6** di atas berat yang di dapat pada umur 7 hari bervariasi yaitu 9.590 kg, 9.479 kg, dan 9.614 kg. Nilai berat jenis beton ringan pada umur 7 hari didapat sebesar 1.809 kg/m³, 1.789 kg/m³, dan 1.814 kg/m³. Nilai rata – rata berat jenis yang didapat pada umur beton 7 hari adalah 1.804 kg/m³. Pada umur 14 hari berat yang didapat sebesar 9.522 kg, 9.623 kg, dan 9.543 kg. Nilai berat jenis beton ringan pada umur 14 hari didapat sebesar 1.796 kg/m³, 1.815 kg/m³, dan 1.800 kg/m³. Nilai rata – rata berat jenis yang didapat pada umur beton 14 hari adalah 1.804 kg/m³. Sedangkan pada umur 28 hari berat yang didapat sebesar 9.634 kg, 9.725 kg, dan 9.715 kg. Nilai berat jenis beton ringan pada umur 28 hari didapat sebesar 1.817 kg/m³,

Rekapitulasi Kuat Tekan

Tabel 7 Rekapitulasi Kuat Tekan Terhadap Umur Beton

Jenis Campuran	Umur/Hari	Kuat tekan rata - rata(Mpa)
BRN (0%)	7	19.53
	14	24.57
	28	30.37
BBS (0 % + 60 %)	7	9.38
	14	12.96
	28	14.7
BBS (5 % + 60%)	7	9.84
	14	13.46
	28	15.67
BBS (10 % + 60%)	7	9.92
	14	14.15
	28	16.01

Sumber : hasil pengujian 2021

Dari **Tabel 7** maka dapat dilihat bahwa pada campuran *bottom ash* 0 % + *styrofoam* 60 %, *bottom ash* 5 % + *styrofoam* 60 % dan *bottom ash* 10 % + *styrofoam* 60 % sama – sama mengalami penurunan dari beton ringan pada umur 7, 14, 28. Nilai persentase penurunan beton variasi 0% *bottom ash* dan 60% *styrofoam* terhadap beton ringan adalah sebesar -0,52% pada umur 7 hari, -0,47% pada umur 14 hari, dan -0,52% pada umur 28 hari. Pada beton variasi 5% *bottom ash* dan 60% *styrofoam* juga mengalami penurunan terhadap beton normal yaitu sebesar -0,50% pada umur 7 hari, -0,45% pada umur 14 hari, dan -0,48% pada umur 28 hari. Sedangkan pada beton variasi 10% *bottom ash* dan 60% *styrofoam* juga mengalami penurunan terhadap beton normal yaitu sebesar -0,49% pada umur 7 hari, -0,42% pada umur 14 hari, dan -0,47% pada umur 28 hari. Hal ini terjadi disebabkan oleh bahan campur *bottom ash* yang mempunyai sifat mudah menggumpal pada saat proses pencampuran bahan-bahan beton kedalam *concrete mixer* sehingga tidak mengisi seluruh rongga pada beton, sedangkan dengan bahan *stryrofoam* makin besar persentase penambahannya maka beton akan semakin berkurang berat volume (berat jenis) akan semakin ringan. Dari penambahan variasi tersebut, dapat dilihat pada umur 28

1.835 kg/m³, dan 1.833 kg/m³. Nilai rata – rata berat jenis yang didapat pada umur beton 14 hari adalah 1.828 kg/m³. Nilai berat jenis beton ringan tersebut didapat karena, komposisi campuran material didalamnya memiliki agregat yang ringan yaitu berupa batu kapur dimana agregat tersebut telah sesuai dengan SNI 03-3449-2002. Jika dilihat dari hasil Analisa berat Jeni's artinya berat jenis beton ringan pada penelitian ini telah sesuai dengan ketentuan.

Dari hasil analisa diatas maka dapat disimpulkan berat jenis beton normal pada umur 7, 14, dan 28 Hari telah memenuhi syarat SNI 03 – 2847 – 2002 di mana berat jenisnya maksimum sebesar 1.900 kg/m³.

hari dimana beton dengan variasi *bottom ash* 10 % dan *styrofoam* 60 % menghasilkan nilai kuat tekan rata - rata lebih besar daripada beton dengan variasi *bottom ash* 0 %, dan 5 % ditambah *styrofoam* 60 % dalam kasus ini disebut *crossover effect*. Hal ini terjadi karena disebabkan oleh bahan campur *bottom ash* yang mempunyai sifat mudah menggumpal pada saat proses pencampuran bahan-bahan beton kedalam *concrete mixer* sehingga tidak mengisi seluruh rongga pada beton. Sehingga Dari hasil penelitian, maka dapat dilihat beton yang menghasilkan kuat tekan terbesar yaitu beton dengan variasi *bottom ash* 10 % dengan menghasilkan kuat tekan rata – rata sebesar 16,01 Mpa. Sedangkan beton yang menghasilkan nilai kuat tekan rata rata terkecil yaitu pada beton dengan variasi *bottom ash* 0 % yang memiliki nilai kuat tekan rata – rata sebesar 14,70 Mpa. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan rencana f_c 30 Mpa pada setiap variasi tidak tercapai.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan tentang Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan yang telah diuraikan sebelumnya dapat

diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Pengaruh yang dihasilkan pada *bottom ash* sebagai bahan substitusi agregat halus dan *styrofoam* sebagai bahan substitusi agregat kasar, sangat mempengaruhi nilai kuat tekan rata – rata pada beton ringan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahan substitusi *bottom ash* 10% dan *styrofoam* 60% memiliki nilai kuat tekan rata – rata tertinggi yaitu sebesar 16,01 Mpa. Sedangkan nilai kuat tekan rata – rata terendah terjadi pada bahan substitusi *bottom ash* 0% dan *styrofoam* 60% yaitu sebesar 14,70 Mpa. Akan tetapi nilai kuat tekan rata – rata pada beton variasi bahan substitusi *bottom ash* 0%, 5%, dan 10% ditambah *styrofoam* 60% tidak ada yang mencapai dari nilai kuat tekan rencana yaitu f_c 30 Mpa. Hal ini disebabkan oleh bahan campur *bottom ash* yang mempunyai sifat mudah menggumpal pada saat proses pencampuran bahan- bahan beton kedalam *concrete mixer* sehingga tidak mengisi seluruh rongga pada beton. Faktor tersebut menjadi pemicu terjadinya penurunan kuat tekan beton.
2. Kadar optimum untuk campuran *bottom ash* dan *styrofoam* yang paling efektif untuk mutu beton tertinggi adalah *bottom ash* 10% dan *Styrofoam* 60%. Campuran ini adalah campuran yang menghasilkan nilai kuat tekan rata – rata sebesar 16,01 Mpa.

Daftar Pustaka

- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Mulyono, 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Djauharotun, (2002). *Pengaruh Pemanfaatan Debu Batu Dari Unit Pemecahan Batu Pucang gading Sebagai Pengganti Pasir Pada Pembuatan Batu Cetak*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Prawito, (2010). *Analisis Perbandingan Berat Jenis Dan Kuat Tekan Antara Beton Ringan Dan Beton Normal Dengan Mutu Beton 200*. Medan: USU.
- Syaram, (2010). *Pembuatan dan Karakterisasi Beton Ringan dengan Memanfaatkan Batu Apung*. Medan: USU.
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847:2013”. Jakarta: BSN
- American Standard Testing and Materials*. (1982). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM C33. United States: ASTM.
- Standar SK SNI S-18-1990-03 : *Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sudipta (2009), *Permeabilitas Beton dengan Penambahan Styrofoam*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol 13.No.2, Juli 2009