

PERILAKU MEKANIK BETON RINGAN AGREGAT *STYROFOAM* DENGAN VARIASI PENAMBAHAN *FLY ASH*

Dedi Budi Setiawan ^{1*)}, Rifqi Aulia Abdillah ¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, 50275

*E-mail: dedi.budi.setiawan@polines.ac.id

ABSTRAK

Menurut SKSNI Beton 2002 beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan yang mempunyai berat jenis tidak lebih dari 1900kg/m^3 . Penggunaan material lain yang memiliki berat jenis ringan dalam campuran beton akan mengurangi berat beton secara keseluruhan sehingga mengurangi dimensi struktur yang akhirnya didapat struktur yang lebih ekonomis. Styrofoam yang memiliki nama lain polystyrene, begitu banyak digunakan oleh manusia dalam kehidupannya sehari-hari. Fly ash memiliki sifat pozzolan dan dapat bereaksi dengan kapur pada suhu ruang dengan media air dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat. Perpaduan Styrofoam untuk mendapatkan beton ringan dan penambahan fly ash untuk meningkatkan ikatan beton / kuat tekan beton diharapkan mampu memberikan peningkatan mutu beton ringan yang berarti. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu membuat adukan beton ringan yang terdiri dari Semen PCC, agregat halus, agregat kasar, air, dan Styrofoam dengan perbandingan variasi yang berbeda-beda yakni 10% dan 30% terhadap volume beton serta penambahan fly ash dengan variasi 5%, 10% dan 15% terhadap volume semen. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat memberi informasi mengenai perilaku mekanik beton ringan dengan tambahan Styrofoam dan fly ash. Dari hasil percobaan kuat tekan beton kandungan Styrofoam 10% dan 30% dengan variasi fly ash 15% mengalami peningkatan rata-rata sebesar 3,3%. Untuk kuat lentur beton kandungan Styrofoam 10% dan 30% dengan variasi fly ash 15% meningkat rata-rata sebesar 7%. Beton dengan kandungan Styrofoam 30% mempunyai berat per isi sebesar $1845,45\text{ kg/m}^3$. Artinya beton tersebut bisa dikategorikan sebagai beton ringan karena berat jenisnya kurang dari 1900 kg/m^3 seperti yang dipersyaratkan SKSNI.

Kata kunci: Styrofoam, Fly ash, Beton Ringan.

PENDAHULUAN

Penggunaan beton ringan semakin banyak pada masa kini. Di Eropa dan Amerika Serikat, beton ringan telah lama dan banyak digunakan. Menurut Andrew Short dan William Kinniburgh (1978), sejarah penggunaan beton ringan kemungkinan berasal dari Belanda dan pertama kali diperkenalkan di Inggris pada tahun 1923. Di Liverpool, Manchester, dan London, 50 rumah telah dibangun menggunakan beton ringan. Pada tahun 1974, sekitar 25% rumah yang dibangun di Scotland menggunakan beton ringan. Sejak tahun 1945, penggunaan beton ringan telah umum diterima, tidak hanya di Inggris,

tetapi juga di Jerman, Belanda, Perancis, Belgia, dan Rusia.



Gambar 1. Rumah flat yang dibangun di Coventry dengan menggunakan beton ringan

(Andrew Short and William Kinniburgh 1978)

Beton ringan dapat diaplikasikan dalam berbagai struktur, seperti dinding

dalam dan luar pada bangunan setingkat dan bertingkat, dinding pemisah di dalam rumah, penggabungan dinding geser (*shear wall*) dengan struktur portal, serta pelat beton pada tingkat bawah bangunan.

Meskipun beton ringan memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton biasa, faktor kekuatan tinggi tidak menjadi hal yang penting dalam sebagian besar penggunaannya. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan kelebihan berat ringan yang dimiliki oleh beton ringan, sehingga dapat memungkinkan penggunaannya dalam struktur bangunan bertingkat tinggi.

Dalam perencanaan struktur yang menggunakan beton, berat sendiri beton merupakan komponen utama dari pembebanan. Berat sendiri beton yang tinggi akan membuat struktur menjadi tidak ekonomis dan meningkatkan biaya pembangunan secara tidak langsung. Hal ini menjadi tantangan bagi perencana bangunan dalam merancang struktur di atas tanah yang lemah, karena berat sendiri material beton seperti lantai, dinding, balok, dan kolom sangat tinggi, terutama jika struktur tersebut bertingkattinggi. Terlebih lagi, jika menggunakan beton konvensional, harus mempertimbangkan beban mati dan beban hidup yang lain.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dalam industri konstruksi diperkenalkan penggunaan beton ringan dalam pembangunan struktur. Penggunaan beton ringan memiliki berbagai kelebihan. Selain memiliki berat sendiri yang rendah, juga dapat mengurangi beban mati pada struktur karena beton yang lebih ringan.

Menurut Andrew Short and William Kinniburgh (1978) beton ringan berdasarkan material jenis

pembentuknya dibagi tiga jenis yaitu beton yang menggunakan agregat ringan, beton berudara dan beton ringan tanpa pasir.

Dalam penelitian ini, lebih menitik beratkan pada beton ringan dengan material jenis pembentukan beton berudara. Untuk mendapatkan beton berudara kita gunakan *Styrofoam* dan untuk menambah kuat tekannya kita gunakan dengan penambahan *fly ash*. Harapannya dengan penggunaan *Styrofoam* beton menjadi lebih ringan sehingga struktur berat sendirinya akan ringan sehingga dimensi struktur akan lebih hemat. Beton ringan yang terbentuk rongganya akan ditutup *Styrofoam* beda dengan beton ringan seperti Hebbel yang berongga - rongga sehingga akan lebih kedap. Penurunan kekuatan beton ringan ini kita tingkatkan dengan penggunaan *fly ash*, sehingga didapat beton ringan tapi mempunyai kekuatan yang lebih baik dari beton ringan yang telah ada.

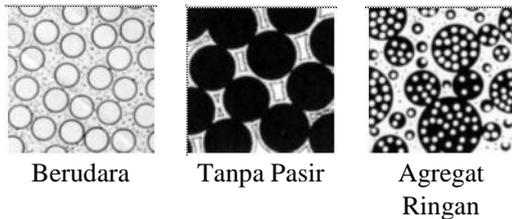
Berdasarkan hal tersebut di atas, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental terhadap Perilaku Mekanik Beton Ringan Agregat *Styrofoam* dengan Variasi Penambahan *Fly ash* untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh *Styrofoam* dalam campuran beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Ringan

Beton ringan adalah jenis beton yang memiliki berat jenis lebih rendah daripada beton biasa. Menurut Andrew Short dan William Kinniburgh (1978), beton ringan didefinisikan sebagai beton dengan berat jenis tidak lebih dari 1600 kg/m³. Umumnya, berat jenis beton biasa berkisar antara 2200 hingga 2600 kg/m³ (M.S. Shetty, 1986). Oleh karena itu, beton ringan memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan beton

biasa. Menurut Standar Konstruksi SNI Beton 2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dengan berat jenis tidak lebih dari 1900 kg/m³.



Gambar 2. Tiga jenis beton ringan

Salah satu ciri penting mengapa beton ringan diselidiki dan dikaji adalah kelebihanannya yang memiliki sifat ringan tetapi berpotensi memiliki kekuatan yang sama atau bahkan lebih tinggi daripada beton biasa. Menurut *British Standard Institution* (1983), beton ringan dapat diklasifikasikan berdasarkan tujuan penggunaannya dalam struktur, baik sebagai beton ringan struktural maupun beton untuk dinding tanpa beban.

Beton ringan umumnya mengandung kandungan udara yang tinggi yang terdapat dalam celah atau rongga antara agregat. Pembuatan beton ringan didasarkan pada keberadaan rongga udara ini. Andrew Short dan William Kinniburgh (1978) menjelaskan bahwa ada tiga jenis beton ringan, yaitu beton tanpa pasir, beton dengan agregat ringan dan berudara, seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Beton Berudara

Beton ringan terbentuk melalui adanya rongga – rongga udara di dalamnya. Jenis beton ini juga dikenal sebagai beton berudara, beton bersel, beton berbuisa, atau beton gas.

Menurut Andrew Short dan William Kinniburgh (1978), terdapat dua metode untuk menciptakan pengudaraan dalam beton. Metode pertama menggunakan beton gas yang dihasilkan melalui reaksi kimia yang mengeluarkan

gas di dalam beton. Saat beton mulai mengeras, beton tersebut akan mengandung banyak gelembung gas. Serbuk halus alumunium biasanya digunakan untuk menghasilkan gelembung gas. Reaksi kimia antara serbuk aktif dengan kalsium hidroksida atau alkali akan membebaskan gas hidrogen. Selain itu, gelembung gas juga dapat dihasilkan dengan menggunakan hidrogen peroksida untuk menghasilkan gas oksigen.

Metode kedua adalah beton berbuisa, yang dibuat dengan menambahkan bahan pembuisan seperti protein terhidrolisis atau sabun damar ke dalam campuran beton. Bahan – bahan ini akan menciptakan dan menstabilkan gelembung udara selama proses pencampuran.

Beton Tanpa Pasir

Untuk menghasilkan beton tanpa pasir, campuran beton hanya terdiri dari semen, air, dan agregat kasar. Hal ini dilakukan agar banyak celah atau rongga dapat terbentuk (Andrew Short dan William Kinniburgh, 1978).

Dalam beton tanpa pasir, penggunaan semen dalam campuran lebih sedikit karena tidak ada permukaan agregat halus yang perlu dilapisi oleh adukan semen.

Karena tidak menggunakan agregat halus dalam pembuatan beton ringan, batu pecah perlu memiliki variasi ukuran. Hal ini akan menghasilkan kepadatan yang baik dan kekuatan tekan yang tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan batu pecah dengan ukuran seragam (PBBI, 1971).

Beton Agregat Ringan

Dalam pembuatan beton, penggunaan agregat ringan digunakan sebagai pengganti agregat biasa yang memiliki berat jenis yang lebih tinggi.

Menurut PEDC - Bandung (1987), berat jenis agregat ringan berkisar antara 350 - 850 kg/m³ untuk agregat kasar dan antara 750 - 1100 kg/m³ untuk agregat halus. Secara umum, beton yang dihasilkan dapat dikenali melalui penggunaan agregat ringan.

Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton Ringan

Nilai Faktor Air - Semen

Nilai faktor air - semen merupakan faktor utama dalam menghasilkan kekuatan tekan beton. Penggunaan faktor air - semen yang berbeda akan menghasilkan kekuatan yang berbeda. Hubungan antara kekuatan dan faktor air - semen telah lama diketahuisejak zaman pemerintahan Mesir kuno atau Romawi. Penelitian ini telah dilakukan oleh seorang peneliti Perancis bernama Feret pada sekitar tahun 1896, dan kemudian dilanjutkan oleh peneliti Amerika yaitu Duff A. Abrams pada tahun 1919 (Gilkey, Herbert J 1961).

Nilai faktor air - semen maksimum menurut PBBI 1971 berkisar antara 0,52 hingga 0,6, dan nilai slump test berkisar antara 2,5 cm hingga 12,5 cm. Harapannya, dengan nilai tersebut, mutu beton yang diinginkan terpenuhi, tidak terjadi pemisahan dari adukan, dan beton dapat dikerjakan dengan baik. Penggunaan nilai faktor air - semen yang rendah akan menyebabkan adukan beton tidak melekat dengan sempurna pada semen. Selain itu, campuran beton akan terlalu kering, yang akan menghasilkan *slump* yang tidak memadai dari segi campuran agregat, dan kekuatan rencana yang diharapkan tidak dapat dicapai. Jika nilai faktor air - semen melebihi tahap optimum, akan menyebabkan pemisahan adukan semen dengan agregat.

Meskipun sulit untuk meramalkan nilai faktor air - semen yang optimum,

ditambah dengan sifat menyerap batu pecah itu sendiri, sebagai panduan, kandungan air dalam campuran beton dapat diambil sebesar 180 kg per meter kubik beton, menurut D.F. Orchard (1979). Oleh karena itu, nilai faktor air - semen bergantung pada kandungan semen yang diperlukan untuk melapisi batu pecah dengan baik. Umumnya, nilai faktor air - semen yang digunakan berada antara 0,38 hingga 0,52.

Dalam penelitian ini, kami menggunakan faktor air - semen dengan nilai yang sama, yaitu 0,5, untuk menghasilkan kekuatan yang sama.

Nilai Faktor Agregat - Semen

Dalam penelitian ini, factor agregat terhadap semen adalah 3:1. Hal ini berarti menggunakan jumlah agregat yang tiga kali lebih banyak daripada jumlah semen. Nilai faktor agregat - semen yang berbeda akan mengakibatkan kekuatan beton yang berbeda juga. Perbedaan ini disebabkan oleh jumlah semen yang digunakan. Penggunaan jumlah semen yang lebih besar dalam campuran beton akan meningkatkan kekuatan beton. Seperti yang diketahui, fungsi semen adalah untuk mengikat agregat agar menjadi padat dan keras.

Agregat Kasar

Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh penggunaan agregat kasar. Kekuatan tekan suatu beton yang diperoleh tergantung kepada jenis agregat kasar yang digunakan. Ini disebabkan sifat - sifat agregat seperti bentuk dan tekstur permukaan agregat memainkan peranan penting dalam penentuan kekuatan beton.

Bahan Pengikat Tambahan (*Fly ash*)

Kebutuhan bahan bangunan makin meningkat seiring dengan meningkatnya laju pembangunan fisik. Perlu

diusahakan adanya bahan bangunan pengikat alternatif yang diperuntukan pada bangunan struktural dan non struktural. Salah satu bahan pengikat alternatif adalah *fly ash*. *Fly ash* memiliki sifat pozzolan dan dapat bereaksi dengan kapur pada suhu ruang dengan media air dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat.



Gambar 3. *Fly ash*

I Wayan Suamita (2011) mengemukakan pengaruh *fly ash* terhadap kuat tekan beton. Penentuan komposisi campuran berdasarkan SK SNI T-15-1990-03. Penelitian ini memvariasikan bahan tambah abu terbang antara 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% sebagai bahan tambah. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa beton dengan penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah dalam campuran beton mengalami peningkatan kuat tekan antara 5,088%, 9,473%, 12,103%, 14,034% hingga 15,437% dari beton normal.

Semakin besar kadar abu terbang pada adukan beton, maka kelecakan beton semakin bertambah. Penggunaan abu terbang ternyata dapat membuat adukan menjadi kohesif dan tidak terjadi segregasi pada adukan beton. Penggunaan abu terbang pada adukan beton memperlambat waktu pengikatan awal dan pengikatan akhir beton. Kuat tekan beton alir abu terbang pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari masih lebih rendah dibandingkan dengan kuat tekan

beton tanpa abu terbang dengan umur yang sama. Kuat tekan optimum beton abu terbang sebesar 48,607 MPa pada umur 56 hari, dengan kadar abu terbang 9% sebagai bahan pengganti sejumlah semen (Surya Sebayang, 2002).

Mardiono (2008) dari penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton yang tertinggi terdapat pada campuran beton penggantian semen dengan *fly ash* 10% (B10), yaitu sebesar 41,57 MPa dan kuat tekan beton yang terendah terdapat pada campuran beton dengan *fly ash* 40% (B40), yaitu sebesar 33,91 MPa. Pengaruh *fly ash* dalam beton mutu membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *fly ash*, sehingga dapat memperkecil pori - pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari *fly ash*. Selain itu penggunaan *fly ash* dengan takaran tertentu terbukti dapat meningkatkan kekuatan beton.

Kekuatan Beton

Sifat-sifat utama beton yang berhubungan dengan kepentingan praktisnya adalah mengenai kekuatan, karakteristik, tegangan - regangan, penyusutan dan deformasi, respon terhadap suhu, daya serap air, dan ketahanannya. Diantara sifat - sifat beton yang paling mendapat perhatian adalah kekuatan beton, karena hal tersebut yang merupakan gambaran umum mengenai kualitas beton. Faktor - faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dari material penyusunnya ditentukan oleh faktor air semen, porositas dan faktor - faktor intrinsik lainnya seperti kekuatan agregat, kekuatan pasta semen, kekuatan ikatan / lekatan antara semen dengan agregat.

Kuat Tekan

Kuat Tekan merupakan suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan

benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu. Dapat ditulis dengan persamaan (SNI 1974-2011):

$$f'c = \frac{P}{A} \quad \dots\dots(1)$$

Dimana:

- $f'c$ = Kuat Tekan Beton (N/mm²)
- P = Beban Maksimum (N)
- A = Luas Penampang yang Menerima Beban (mm²)

Kuat tekan menjadi parameter untuk menentukan mutu dan kualitas beton yang ditentukan oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air. Pembuatan beton akan berhasil jika dalam pencapaian kuat tekan beton telah sesuai dengan yang telah direncanakan dalam *mix design*.

Kuat Lentur

Pada setiap penampang terdapat gaya - gaya dalam yang dapat diuraikan menjadi komponen - komponen yang saling tegak lurus dan menyinggung terhadap penampang tersebut. Komponen - komponen yang tegak lurus terhadap penampang tersebut merupakan tegangan – tegangan lentur (tarik pada salah satu sisi di daerah sumbu netral dan tekan pada sisi penampang lainnya). Fungsi dari komponen ini adalah untuk memikul momen lentur pada penampang. Kuat lentur beton (*modulus of rupture*) dapat dihitung dengan persamaan 2 jika keruntuhan terjadi di bagian tengah bentang. (ASTM-C 78-02)

$$fr = \frac{P.L}{bd^2} \quad \dots\dots(2)$$

Persamaan 3 digunakan jika keruntuhan terjadi pada bagian tarik diluar tengah bentang.

$$fr = \frac{3P.a}{bd^2} \quad \dots\dots(3)$$

Dimana :

- fr = Kuat Lentur Beton (N/mm²)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Panjang Bentang (mm)
- b = Lebar Spesimen (mm)
- d = Tinggi Spesimen (mm)
- a = Jarak Rata-Rata dari Garis Keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen (mm).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

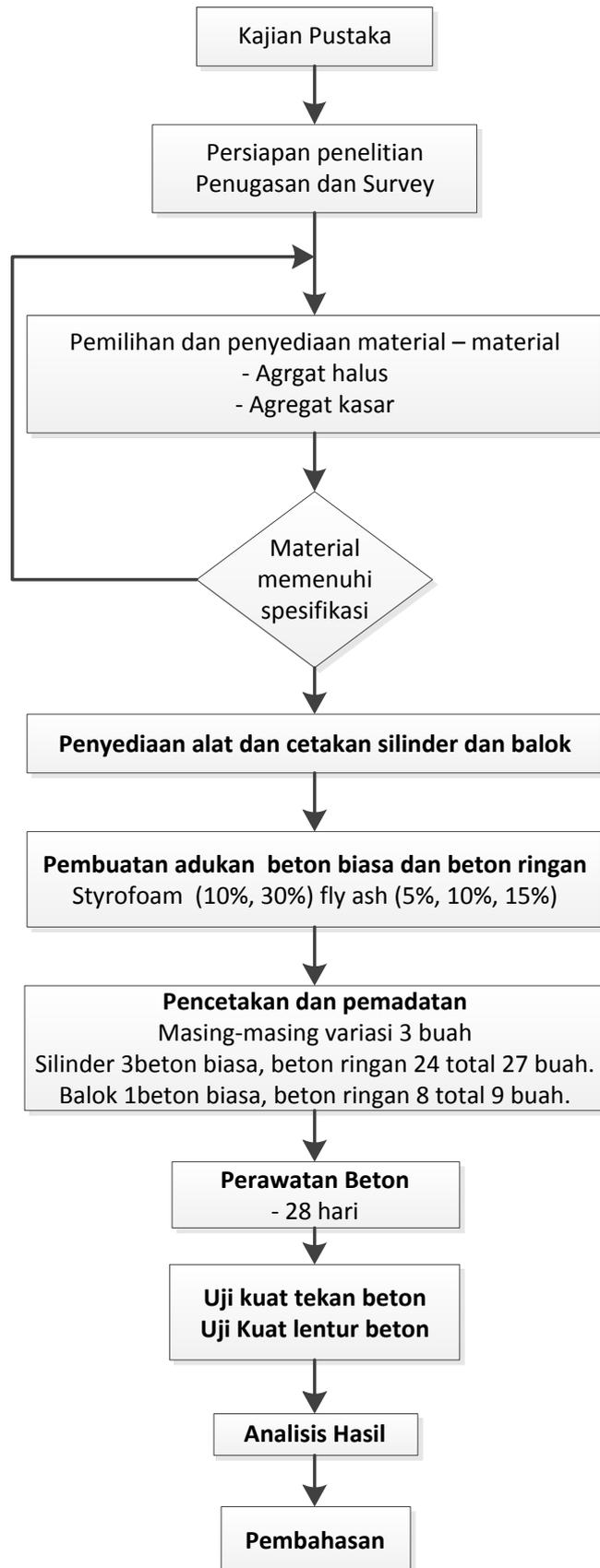
Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi semen *portland*, agregat, air, *Styrofoam*, dan abu *fly ash*. *Styrofoam* dan *fly ash* merupakan bahan limbah yang bisa dimanfaatkan untuk mengurangi pencemaran.

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *mixer* listrik, ayakan, cetakan balok dan silinder, mesin uji tekan dan uji lentur.

Metode

Membuat adukan beton biasa dan beton ringan dengan bahan campuran *Styrofoam* dengan volume bervariasi yaitu 10% dan 30%. Kemudian ditambahkan *fly ash* dengan volume bervariasi yaitu 5%, 10% dan 15%. Setiap variasi dibuat 3 buah adukan beton, kemudian dilakukan pemeriksaan perilaku mekanik beton yang mencakup kuat tekan dan kuat lenturnya.

Untuk diagram alur penelitian dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengujian yang dilakukan terhadap campuran beton ringan meliputi

pengujian kuat tekan dan pengujian kuat lentur.

Tabel 1.
Kuat Tekan

No	Kode	CAMPURAN BETON	BERAT	BERAT PER VOL	GAYA TEKAN	KUAT TEKAN
			KG	KG/M3	KN	KG/CM2
1	A1	Beton Normal	4.4	2800	96	122.18
2	A2	Beton Normal	4.4	2800	97	123.45
3	A3	Beton Normal	4.3	2736.364	97	123.45
4	B1	Beton Styrofoam 10%	4	2545.455	69	87.82
5	B2	Beton Styrofoam 10%	3.9	2481.818	70	89.09
6	B3	Beton Styrofoam 10%	4	2545.455	69	87.82
7	C1	Beton Styrofoam 30%	3.1	1972.727	51	64.91
8	C2	Beton Styrofoam 30%	3.1	1972.727	51	64.91
9	C3	Beton Styrofoam 30%	3.2	2036.364	52	66.18
10	D1	Beton Styrofoam 10% + fly ash 5%	3.9	2481.818	69	87.82
11	D2	Beton Styrofoam 10% + fly ash 5%	3.9	2481.818	70	89.09
12	D3	Beton Styrofoam 10% + fly ash 5%	3.9	2481.818	69	87.82
13	E1	Beton Styrofoam 10% + fly ash 10%	3.8	2418.182	70	89.09
14	E2	Beton Styrofoam 10% + fly ash 10%	3.9	2481.818	71	90.36
15	E3	Beton Styrofoam 10% + fly ash 10%	3.8	2418.182	72	91.64
16	F1	Beton Styrofoam 10% + fly ash 15%	3.7	2354.545	72	91.64
17	F2	Beton Styrofoam 10% + fly ash 15%	3.6	2290.909	72	91.64
18	F3	Beton Styrofoam 10% + fly ash 15%	3.7	2354.545	71	90.36
19	G1	Beton Styrofoam 30% + fly ash 5%	3.2	2036.364	52	66.18
20	G2	Beton Styrofoam 30% + fly ash 5%	3.1	1972.727	51	64.91
21	G3	Beton Styrofoam 30% + fly ash 5%	3.1	1972.727	51	64.91
22	H1	Beton Styrofoam 30% + fly ash 10%	3	1909.091	52	66.18
23	H2	Beton Styrofoam 30% + fly ash 10%	3.1	1972.727	52	66.18
24	H3	Beton Styrofoam 30% + fly ash 10%	3	1909.091	51	64.91
25	I1	Beton Styrofoam 30% + fly ash 15%	2.9	1845.455	53	67.45
26	I2	Beton Styrofoam 30% + fly ash 15%	2.9	1845.455	53	67.45
27	I3	Beton Styrofoam 30% + fly ash 15%	3	1909.091	53	67.45

Pengujian kuat lentur disyaratkan dalam SII 0016-72-SNI. 0233-89-A. Pengujian lentur menggunakan mesin uji lentur dengan jarak 30 cm. Benda uji adalah prisma pembebanan pada 1/3

bentang untuk mendapatkan uji lentur murni tanpa gaya geser. Tegangan lentur yang didapat ternyata lebih tinggi daripada tegangan lentur secara langsung dan beban lentur setiap 10 cm. Pisau

penumpu dan pelentur bergaris tengah 30 mm dibebani pada benda uji dengan penambahan kecepatan kurang lebih 1 kg/detik sampai benda uji patah.

Hasil uji lentur dengan variasi Balok normal (BL1), Balok *Styrofoam* 10% (BL2), Balok *Styrofoam* 30% (BL3), Beton *Styrofoam* 10% + *fly ash*

5% (BL4), Beton *Styrofoam* 10% + *fly ash* 10% (BL5), Beton *Styrofoam* 10% + *fly ash* 15% (BL6), Beton *Styrofoam* 30% + *fly ash* 5% (BL7), Beton *Styrofoam* 30% + *fly ash* 10% (BL8), dan Beton *Styrofoam* 30% + *fly ash* 15% (BL9) seperti pada tabel 2.

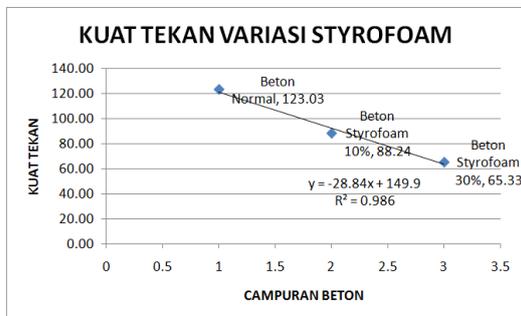
Tabel 2.

Kuat lentur Balok dengan berbagai variasi

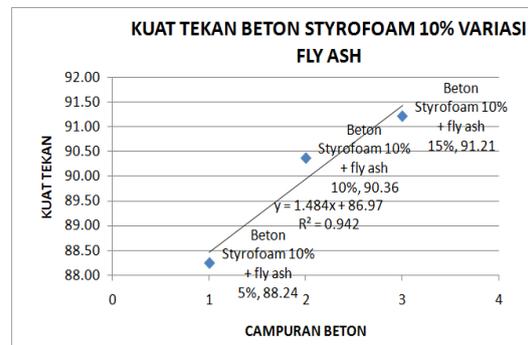
No	Umur (Hari)	Kode Sampel	Berat benda uji (kg)	Ukuran benda uji			P max (KN)	Kuat Lentur (MPa)
				b (mm)	h (mm)	l (mm)		
1	28	BL1	11.2	100	100	300	16.3	4.89
2	28	BL2	10.4	100	100	300	9.8	2.94
3	28	BL3	9.7	100	100	300	8.4	2.52
4	28	BL4	9.4	100	100	300	10	3
5	28	BL5	9.2	100	100	300	10.3	3.09
6	28	BL6	8.9	100	100	300	10.6	3.18
7	28	BL7	8.6	100	100	300	8.6	2.58
8	28	BL8	8.4	100	100	300	9	2.7
9	28	BL9	8.1	100	100	300	9.3	2.79

Pembahasan

Pada gambar 5 kuat tekan variasi *Styrofoam* beton normal mempunyai kuat tekan terbesar sebesar 123,03 kg/cm². Penambahan *Styrofoam* memberikan pengaruh pada kuat tekan yang semakin mengecil. Kuat tekan dengan campuran *Styrofoam* 30% memberikan nilai terkecil yaitu 65,33 kg/cm².

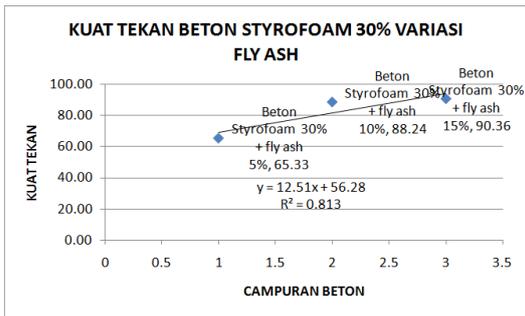


Gambar 5. Kuat Tekan Variasi *Styrofoam*



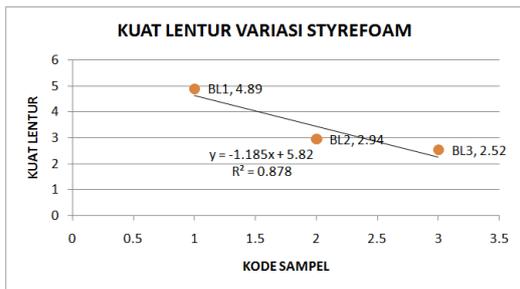
Gambar 6. Kuat Tekan Beton *Styrofoam* 10% Variasi *Fly ash*

Pada gambar 6 kuat tekan beton *Styrofoam* 10% dengan variasi *fly ash* memberikan dampak meningkatkan nilai kuat tekan dari 5%, 10% dan 15%. Kuat tekan terbesar pada beton dengan variasi *fly ash* 15% yaitu sebesar 91,21 kg/cm². Mengalami peningkatan sebesar 3,3%.



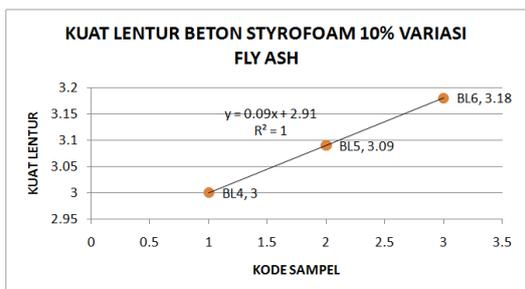
Gambar 7. Kuat Tekan Beton Styrofoam 30% Variasi Fly ash

Pada gambar 7. kuat tekan beton Styrofoam 30% dengan variasi fly ash memberikan dampak meningkatkan nilai kuat tekan dari 5%, 10% dan 15%. Kuat tekan terbesar pada beton dengan variasi fly ash 15% yaitu sebesar 90,361 kg/cm². Mengalami peningkatan sebesar 3,2%.



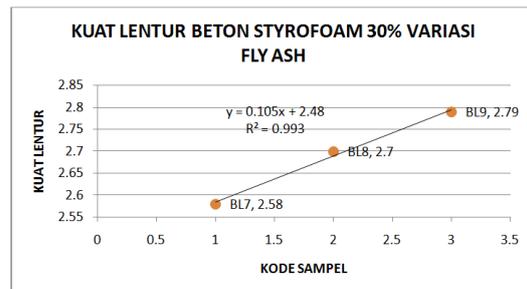
Gambar 8. Kuat Lentur Variasi Styrofoam

Pada Gambar 8. menunjukkan grafik hubungan kuat lentur dengan beton variasi Styrofoam. Terlihat semakin banyak prosentase Styrofoam memberikan dampak menurunnya kuat lentur pada balok. Kuat lentur dari 4,89 MPa turun hingga 2,52 MPa.



Gambar 9. Kuat Lentur Beton Styrofoam 10% Variasi Fly ash

Pada Gambar 9. menunjukkan grafik hubungan kuat lentur dengan beton Styrofoam 10% dengan variasi fly ash. Terlihat penambahan fly ash memberikan dampak pada peningkatan kuat lentur balok. Yang semula 3 MPa menjadi 3,18 MPa meningkat sebesar 6%.



Gambar 10. Kuat Lentur Beton Styrofoam 30% Variasi Fly ash

Pada Gambar 10. menunjukkan grafik hubungan kuat lentur dengan beton Styrofoam 30% dengan variasi fly ash. Terlihat penambahan fly ash memberikan dampak pada peningkatan kuat lentur balok. Yang semula 2,58 MPa menjadi 2,79 MPa meningkat sebesar 8,1%.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan pembahasan terhadap hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Dari hasil percobaan kuat tekan beton kandungan Styrofoam 10% dengan variasi fly ash 15% yaitu sebesar 91,21 kg/cm². Mengalami peningkatan sebesar 3,3%. Dari hasil percobaan kuat tekan beton kandungan Styrofoam 30% dengan variasi fly ash 15% yaitu sebesar 0,361 kg/cm². Mengalami peningkatan sebesar 3,2%. Dari hasil percobaan kuat lentur beton kandungan Styrofoam 10% dengan variasi fly ash 15% yaitu sebesar 3,18 MPa meningkat sebesar 6%. Dari hasil percobaan kuat lentur beton kandungan Styrofoam 30% dengan variasi fly ash

15% yaitu sebesar 2,79 MPa meningkat sebesar 8,1%. Beton dengan kandungan *Styrofoam* 30% mempunyai berat per isi sebesar 1845,45 kg/m³. Artinya beton tersebut bisa dikategorikan sebagai beton ringan karena berat jenisnya kurang dari 1900 kg/m³ seperti yang dipersyaratkan SKSNI.

DAFTAR PUSTAKA

- British Standard Institution . 1983. *British Standard Code Practice For Method Testing Concrete*. London: (BS 1881).
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural SNI 03-2461-2002*. Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum. 2008. *Cara Uji Berat Isi Beton Ringan Struktural SNI 3402-2008*. Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum. 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder SNI 1974-2011*. Badan Standarisasi Nasional
- Gilkey, Herbert J .1961. *Water-Cement Ratio Verses Strength – Another Look*. Journal of The American Concrete Institute.
- Mardiono. 2008. *Teknik Sipil*. Depok: Universitas Gunadarma.
- Orchard, D.F. 1979. *Concrete Technology – Properties and Materials*. London: Applied Science Publishers Ltd.
- PEDC Bandung. 1987. *Teknologi Bahan 3*. Bandung: PEDC.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI). 1971. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Departemen Pekerjaan Umum
- Sebayang, Surya. 2010. Pengaruh Kadar Abu Terbang Sebagai Pengganti Sejumlah Semen Pada Beton Alir Mutu Tinggi. *Jurnal Rekayasa* 1/14: 39-46.
- Shetty, M.S. 1986. *Concrete Technology – Theory and Practice*. Ram Nagar New Delhi: S.Chand & Company Ltd.
- Short, Andrew and Kinniburgh, William. 1978. *Lightweight Concrete*. London: Applied Science Publishers Ltd.
- Suamita, I Wayan. 2011. *Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Fly Ash dari PLTU Mpanau Tavaeli*. *Jurnal SMARTek* 1/9: 1-10.