

PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH DAN KUAT TARIK LENTUR BETON RINGAN BERAGREGAT KASAR (BATU APUNG) DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN

Rio Herdianto Rahamudin

Hieryco Manalip, Mielke Mondoringin

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email:rio.rahamudin@gmail.com

ABSTRAK

Beton ringan merupakan beton yang berbobot ringan, dimana penggunaan beton ringan untuk bangunan semakin berkembang pesat. Hal ini disebabkan oleh kuat tekan beton ringan yang cukup tinggi namun mempunyai berat isi yang rendah. Unsur pokok dari beton ringan adalah agregat yang berupa agregat ringan. Pada penelitian ini digunakan batu apung dari koka teling sebagai agregat kasar pada campuran beton dan Abu Sekam Padi sebagai substitusi parsial semen yang bertujuan menaikkan kekuatan beton. Pembahasan berdasarkan data pengujian benda uji di laboratorium.

Pengujian bertujuan untuk mengetahui kadar optimum penggunaan Abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen yang berkaitan dengan kuat Tarik belah dan kuat Tarik lentur beton. Pengujian dilakukan terhadap tiga jenis variasi penambahan Abu sekam padi dan agregat normal yaitu 10%, 15%, dan 20%. Benda uji beton berbentuk silinder 100/200 mm dan balok 100x100x500 mm.

Hasil pengujian menghasilkan beton ringan dengan berat isi 1440 kg/m³, dengan kuat tekan beton maksimum sebesar 14,59 Mpa, kuat Tarik belah dan kuat Tarik lentur beton yaitu 1,61 Mpa dan 3,48 Mpa pada kadar substitusi parsial ASP sebesar 15% dari berat semen.

Kata Kunci : Beton Ringan, Batu Apung, Abu Sekam Padi, Substitusi Parsial, kuat Tarik belah, kuat Tarik Lentur

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton sebagai material konstruksi sudah dikenal dan digunakan sejak ribuan tahun yang lalu. Walaupun istilah semen Portland baru dikenal pada abad 19, namun bangunan dengan menggunakan beton sudah dikenal sejak jaman Romawi, seperti Colosseum di Roma atau Pont du Gard di Perancis. Pada abad ke 17, Perkembangan beton terus mengalami peningkatan seiring berkembangnya bahan-bahan pembentuknya, terutama semen. Pada masa sekarang ini beton merupakan material yang dibuat atas dasar perencanaan yang teliti, sehingga dapat dioptimalkan kekuatannya, yaitu dengan menggunakan bahan-bahan yang lebih dahulu melalui proses terpilih dan diketahui sifa-sifatnya.

Walaupun beton mempunyai banyak keunggulan-keunggulan disbanding dengan material konstruksi lainnya, beton juga mempunyai kelemahan-kelemahan, yaitu pada berat sendiri yang sangat besar. Pada

beton normal berat jenisnya mencapai 2200 – 2600 kg/m². Berat sendiri beton normal yang besar ini dapat berpengaruh pada tidak ekonomisnya desain struktur dan beton.

Berat sendiri dari suatu material merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan suatu konstruksi, misalnya pada perencanaan struktur pondasi. Jika plat lantai, balok, kolom, dan dinding mempunyai berat sendiri yang besar, maka dimensi pondasinya akan menjadi tidak ekonomis. Oleh karena itu penggunaan material, terutama beton yang mempunyai berat sendiri yang kecil dan mempunyai mutu tinggi, merupakan hal yang perlu dilakukan.

Penggunaan Beton Ringan dalam berbagai konstruksi modern berkembang dengan cepat karena terdapat keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan teknologi beton ringan tersebut diantaranya, berat jenis beton yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi berat sendiri elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi tampang melintang menjadi lebih kecil. Berat jenis yang lebih ringan ini berpengaruh

terhadap beban mati struktural yang lebih kecil pula dan juga dapat memberikan keuntungan dalam pengurangan ukuran pondasi yang diperlukan.

Dari sinilah datang pemikiran untuk menggunakan Pumice atau batu apung sebagai agregat kasar pengganti karena batu apung memiliki bobot yang cukup ringan, dan dengan memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan substitusi parsial semen untuk meningkatkan kekuatan pasta semen.

Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan diperiksa nilai kuat tarik belah dan kuat tarik lentur beton ringan menggunakan batu apung sebagai agregat kasar dan penambahan abu sekam padi yang bervariasi sebagai substitusi semen pada campuran beton ringan dengan berat isi maksimal 1440 kg/m^3

Tujuan Penelitian

Dengan menggunakan batu apung sebagai agregat kasar dan ASP sebagai substitusi semen dapat mengurangi berat sendiri beton dan untuk mengetahui pengaruh penambahan ASP sebagai substitusi semen terhadap kuat Tarik belah dan Tarik lentur beton

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh penggunaan batu apung sebagai agregat kasar terhadap berat beton dan pengaruh penggunaan ASP sebagai substitusi parsial semen

Batasan Masalah

1. Bahan pembentuk beton sebagai berikut:
 - a) Semen Portland
 - b) Agregat halus yang dipakai yaitu pasir dari Amurang
 - c) Agregat kasar yang dipakai yaitu batu apung dari Koka Teling
 - d) Air yang digunakan adalah air yang tersedia di Laboratorium Beton, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi
2. Bahan tambahan yang digunakan untuk substitusi semen adalah ASP lolos ayakan no.200 yang dipanaskan kembali dalam oven Lab.struktur di suhu 300°C
3. Beton yang ditinjau adalah beton ringan dengan kekuatan rencana ($f'c$) $28 \leq 20 \text{ MPa}$

4. Dalam pencampuran adukan beton digunakan ASP sebagai substitusi semen dengan variasi 0%, 10%, 15%, 20%
5. Benda uji yang digunakan adalah silinder 100/200 mm dan balok 100x100x500 mm
6. Benda uji dilakukan pengujian masing-masing pada umur beton 28 hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Ringan

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*), dimana untuk penggunaan agregat kasar batu apung (*pumice*) berat volume berkisar antara $720 - 1440 \text{ kg/m}^3$ dan kuat tekan sebesar $2 - 14 \text{ MPa}$. (L.J. Murdock, K.M. Brook, 1991. Hal.398)

Naville secara kasar membagi beton ringan berdasarkan berat jenisnya menjadi 3 kelompok.

- a) Beton ringan dengan berat jenis antara 300 kg/m^3 dan 800 kg/m^3 yang biasanya dipakai sebagai bahan isolasi.
- b) Beton ringan dengan berat jenis antara 800 kg/m^3 dan 1350 kg/m^3 yang biasanya dipakai untuk struktur ringan.
- c) Beton ringan dengan berat jenis antara 1350 kg/m^3 dan 2000 kg/m^3 yang biasanya dipakai untuk struktur sedang.

Pada dasarnya beton ringan dapat diperoleh dengan cara menimbulkan gelembung udara pada agregat buatan, pada pasta, antara butir-butir agregat. Oleh karena itu pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara-cara berikut (Naville, 1990 : 345).

1. Menggunakan agregat ringan berongga yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,6. Jenis beton ini biasa disebut (*Light weight concrete*).
2. Dengan membuat gelembung-gelembung udara, yaitu dengan memakai bahan tambahan tertentu yang menyebabkan terjadinya gelembung-gelembung udara kecil di dalam betonnya. Beton jenis ini biasa disebut dengan beton selular, beton busa (*foam*) atau beton gas.
3. Dengan cara tanpa memakai pasir sehingga banyak rongga di antara butir-butir agregat kasarnya. Beton jenis ini dikenal sebagai beton tanpa pasir (*No-fines concrete*).

Beton ringan juga dapat dibuat dengan cara-cara sebagai berikut (Murdock, 1991:39)

Beton ringan juga dapat dibuat dengan cara-cara sebagai berikut (Murdock, 1991:398). Tipe beton ringan dan karakteristiknya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Berbagai Jenis Beton Ringan dan Karakteristiknya

Tipe beton ringan	Berat jenis diudara (kg/m ³)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Pertumbuhan kering (%)	Konduktivitas Suhu (W/m ² C)
Tepung abu baker yang ditersilika (Lytag)	1360 - 1760	14 - 42	0,04 - 0,07	0,32 - 0,91
Batu tulis atas tanah liat yang dikembangkan (Alig&Leca)	1360 - 1840	14 - 42	0,04 - 0,07	0,24 - 0,93
Busa arang (Foamed slag)	1680 - 2080	10,5 - 42	0,03 - 0,07	0,24 - 0,93
Batu apung (Pumice)	720 - 1440	2 - 14	0,04 - 0,08	0,21 - 0,60
Clister (butiran yang mengeras)	1040 - 960	2 - 7	0,04 - 0,18	0,35 - 0,67
Adukan semen yang dicampur dengan udara (aerated)	400 - 960	1,4 - 4,9	0,02 - 0,03	0,10 - 0,22
Beton padat yang berisi kerikil atau batu pecah	2240 - 2480	14 - 70	0,03 - 0,05	1,40 - 1,80

Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan hasil dari sisi pembakaran sekam padi, abu sekam padi merupakan salah satu bahan yang potensial digunakan di Indonesia karena produksi yang tinggi dan penyebaran yang luas. Bila abu sekam padi dibakar pada suhu terkontrol, abu sekam yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai sifat pozzolan yang tinggi karena mengandung silica.

Proses Pembakaran Abu Sekam Padi

Inti dari upaya membuat kandungan silica sekam padi menjadi silica yang reaktif terletak pada system pembakaran sekam tersebut. Sehingga banyak penelitian yang dilakukan untuk menciptakan alat berupa tungku/tanur pembakaran yang rumit.

Namun pada prinsipnya tungku pembakaran tersebut harus dapat membakar sekam itu secara merata dengan suplay oksigen sesedikit mungkin serta menghasilkan suhu 450^o C (ASP Standard ASTM C618-72). Suhu pembakaran juga mempengaruhi berat konstan ASP,dimana berat konstan dicapai pada suhu 500^o C.

Adapun untuk menguji reaktifitas ASP dapat diuji menggunakan metode X'Ray.

Beberapa referensi system pembakaran yang pernah dibuat yaitu :

- a) P.K Mehta, menciptakan suatu system pembakaran sekam dengan menghasilkan ASP yang sangat reaktif dibawah pembakaran kontinyu pada suhu dibawah 450^o C.
- b) Loo dan Nimyongtunskul membuat tungku dari ferrosement. Tungku berkapasitas 20 kg sekam padi tersebut memerlukan waktu pembakaran 50 jam dengan suhu 400^o C. Kemudian dikembangkan lagi dengan kapasitas yang lebih besar yaitu 100 kg (10 sak) yang menghasilkan 20 kg ASP (20%).
- c) Asian Institute of Technology (AIT) membuat tungku sederhana dari drum ferrosement. Model ini merupakan redesain dari tungku yang dikembangkan

Tabel 2. Komposisi Kimia Abu Sekam Padi

Komponen	% Berat
SiO ₂	86,90 - 97,30
K ₂ O	0,58 - 2,50
Na ₂ O	0,00 - 1,75
CaO	0,20 - 1,50
MgO	0,12 - 1,96
Fe ₂ O ₃	0,00 - 0,54
P ₂ O ₅	0,20 - 2,84
SO ₃	0,10 - 1,13
Cl	0,00 - 0,42

Sumber: Houston,D.F, 1972 dalam Sihombing

Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya.

$$\gamma_c = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana: γ_c = Berat Volume Beton (kg/m³)
 W = Berat Benda Uji (kg)
 V = Volume Beton (m³)

Kekuatan Tekan Beton

Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : $f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)
 P = Beban (N)
 A = Luas penampang (mm²)

Kuat Tarik Belah Beton

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 (Ferguson, 1986:11).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik belah beton adalah:

$$fct = \frac{2P}{\pi.d.L} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :
 fct = kuat tarik belah (MPa)
 P = beban pada waktu belah (N)
 d = diameter benda uji silinder (mm)
 L = panjang benda uji silinder (mm)
 π = Phi

Kuat Tarik Lentur Beton

Sebuah balok yang diberi bebanakan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selamamengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik lentur beton adalah:

$$fr = \frac{3Pa}{bh^2} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :
 fr = Kuat Tarik lentur (MPa)
 P = Beban pada waktu lentur (kN)
 a = Jarak dari perletakan ke gaya (mm)
 b = Lebar penampang balok (mm)
 h = tinggi penampang balok (mm)

METODOLOGI PENELITIAN
Material yang Digunakan Dalam Penelitian

Material-material yang digunakan dalam studi ini adalah :

Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe-1 (merk tiga roda). Air yang digunakan dalam proses mencampur beton adalah air dari Fakultas Teknik UNSRAT.

Agregat kasar adalah batu apung yang berasal dari koka, batu apung yang digunakan untuk material diperoleh dengan memecahkan secara manual (dipotong-potong) dengan ukuran 4,75 – 19 mm, kemudian diayak dengan menggunakan saringan ¾ dan tertahan no.4.

Agregat halus adalah pasir yang berasal dari amurang. Pasir yang digunakan adalah yang lolos saringan no.4.

Sekam padi yang digunakan adalah sekam padi yang sudah dibakar dari desa pulutan, dari proses pembakaran dihasilkan abu sekam padi. Abu sekam padi yang digunakan adalah yang lolos saringan no.200 kemudian dipanaskan kembali untuk dijadikan sebagai material substitusi semen.

Benda Uji, Perawatan, dan Metode Pengujian

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder (100x200) mm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dan balok (100x100x500) mm untuk pengujian kuat tarik lentur beton.

Semua benda uji dikeluarkan dari cetakannya setelah berumur satu hari serta dirawat dengan cara direndam dalam bak air hingga waktu pengujian dilakukan saat berumur 28 hari.

Untuk uji kuat tekan dan kuat tarik belah digunakan “*Compression Testing Machine*” sedangkan untuk pengujian kuat tarik lentur pada “*Flexure Testing Machine*”.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat Volume Beton

Berat volume beton dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Berat yang digunakan adalah berat rata-rata dari setiap benda uji pada umur 28 hari dan dapat dilihat pada tabel 3, 4, dan 5.

Contoh perhitungan :

Pada benda uji silinder (1)
 Berat = 2,56 kg
 Volume B.uji = $\pi \times 0,05^2 \times 0,2 = 0,00157$ m³
 Berat Vol.Beton = $\frac{2,56}{0,00157} = 1630,573$ kg/m³

Pada benda uji balok (1)
 Berat = 8,58 kg
 Volume B.uji = $0,1 \times 0,1 \times 0,5 = 0,005$ m³
 Berat Volume Beton = $\frac{8,58}{0,005} = 1716$ kg/m³

Tabel 3. Berat Volume Beton Benda Uji Silinder Untuk Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Silinder 100/200 (mm)		Berat (kg)	Volume benda uji m ³	Berat Volume benda Uji kg/m ³	Berat volume rata-rata	Berat Kering (kg)	Berat Volume benda Uji Kering (kg/m ³)	Berat volume kering rata-rata
Substitusi ASP	nomor benda uji							
0%	1	2,56	0,00157	1630,57	1639,07	2,4	1528,66	1528,66
	2	2,57	0,00157	1636,94		2,39	1522,29	
	3	2,59	0,00157	1649,68		2,41	1535,03	
10%	1	2,56	0,00157	1630,57	1617,83	2,36	1503,18	1503,18
	2	2,53	0,00157	1624,20		2,37	1509,55	
	3	2,51	0,00157	1598,73		2,29	1458,60	
15%	1	2,48	0,00157	1579,62	1581,74	2,26	1439,49	1439,49
	2	2,51	0,00157	1598,73		2,27	1445,86	
	3	2,46	0,00157	1566,88		2,25	1431,12	
20%	1	2,42	0,00157	1541,40	1528,66	2,22	1414,01	1414,01
	2	2,37	0,00157	1509,55		2,15	1369,43	
	3	2,41	0,00157	1535,03		2,22	1414,01	

Tabel 4. Berat Volume Beton Benda Uji Silinder Untuk Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 28 Hari

Silinder 100/200 (mm)		Berat (kg)	Volume benda uji m ³	Berat Volume benda Uji kg/m ³	Berat volume rata-rata	Berat Kering (kg)	Berat Volume benda Uji Kering (kg/m ³)	Berat volume kering rata-rata
Substitusi ASP	nomor benda uji							
0%	1	2,56	0,00157	1630,57	1636,94	2,38	1515,92	1528,66
	2	2,57	0,00157	1636,94		2,41	1535,03	
	3	2,58	0,00157	1643,31		2,4	1528,66	
10%	1	2,53	0,00157	1611,46	1615,71	2,34	1480,45	1490,45
	2	2,55	0,00157	1624,20		2,36	1503,18	
	3	2,53	0,00157	1611,46		2,33	1484,08	
15%	1	2,49	0,00157	1585,99	1581,74	2,25	1433,12	1420,38
	2	2,48	0,00157	1579,62		2,23	1420,38	
	3	2,48	0,00157	1579,62		2,21	1407,64	
20%	1	2,46	0,00157	1566,88	1537,15	2,21	1407,64	1407,64
	2	2,38	0,00157	1503,18		2,18	1388,54	
	3	2,42	0,00157	1541,40		2,24	1426,75	

Tabel 5. Berat Volume Beton Benda Uji Balok Untuk Kuat Tarik Lentur Beton Pada Umur 28 Hari

Balok 100x100x500 (mm)		Berat (kg)	Volume benda uji m ³	Berat Volume benda Uji kg/m ³	Berat volume rata-rata	Berat Kering (kg)	Berat Volume benda Uji Kering (kg/m ³)	Berat volume kering rata-rata
Substitusi ASP	nomor benda uji							
0%	1	8,38	0,005	1716	1709,33	8,31	1622	1590,00
	2	8,51	0,005	1702		7,89	1578	
	3	8,35	0,005	1710		7,95	1590	
10%	1	8,41	0,005	1682	1693,33	7,73	1546	1592,00
	2	8,52	0,005	1704		8,06	1612	
	3	8,47	0,005	1694		7,96	1592	
15%	1	8,28	0,005	1652	1652,67	7,7	1540	1544,00
	2	8,24	0,005	1648		7,74	1548	
	3	8,29	0,005	1658		7,72	1544	
20%	1	7,85	0,005	1570	1578,67	7,56	1512	1514,00
	2	7,88	0,005	1576		7,57	1514	
	3	7,95	0,005	1590		7,64	1528	

Dari tabel 3, 4, dan 5 dapat diketahui semakin banyak penambahan ASP sebagai substitusi parsial semen dapat berpengaruh pada penurunan berat volume beton. Dimana pada sampel benda uji silinder ukuran 100/200 mm untuk, penambahan substitusi 10% ASP terjadi penurunan berat volume beton sebesar 1,31%, substitusi 15% ASP sebesar 3,62%, dan substitusi 20% ASP sebesar 7,22%, dibandingkan dengan benda uji yang tidak menggunakan ASP

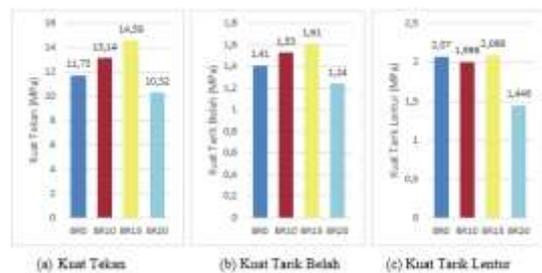
sebagai substitusi semen, Pada benda uji balok ukuran 100x100x500 mm untuk pengujian kuat tarik lentur, penambahan substitusi 10% ASP sebesar 0,94%, substitusi 15% ASP sebesar 3,30%, dan substitusi 20% ASP sebesar 8,27%, dibandingkan dengan benda uji yang tidak menggunakan ASP sebagai substitusi semen. Saat kondisi beton pada keadaan kering, berat volume rata-rata untuk benda uji silinder adalah 1430 kg/m³.

Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah dan Tarik Lentur Beton

Untuk hasil pengujian perbandingan rata-ratanya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Kuat Tekan dan Kuat Tarik belah beton agregat ringan dengan variasi ASP sebagai substitusi parsial semen

No.	Kode Benda Uji	Kadar ASP (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)	Kuat Tarik Lentur Rata-rata (MPa)
1	BR0	0	11,72	1,41	2,07
2	BR10	10	13,14	1,53	1,998
3	BR15	15	14,59	1,61	2,088
4	BR20	20	10,32	1,24	1,446



Gambar 1. Grafik Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan dengan Variasi ASP sebagai substitusi parsial semen

Dari Tabel 9 dan Gambar 1, dapat diketahui bahwa kadar optimum substitusi ASP yang dipakai adalah 15% dengan peningkatan kuat tekan sebesar 24,38%, kuat Tarik belah sebesar 14,18%, dan tarik lentur sebesar 0,87% dibandingkan dengan yang tidak menggunakan ASP. Tetapi pada penambahan ASP sebanyak 20% mengakibatkan penurunan kuat tekan sebesar 41,37%, kuat Tarik belah sebesar 22,98%, dan kuat tarik lentur sebesar 44,40% dari substitusi penambahan optimum yaitu pada 15%

penambahan ASP. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya penambahan substitusi ASP mengakibatkan penggunaan semen semakin sedikit, karena ASP materialnya sangat menyerap air, sehingga workabilitas campuran menjadi kurang baik. Penyebab lain karena batu apung juga sangat menyerap air, akibatnya menyebabkan kekuatan beton menjadi menurun.

Pada penelitian ini diambil kekuatan tarik lentur beton sebagai kekuatan desain tarik beton, karena pada pengujian kuat tarik lentur menghasilkan kekuatan tarik lebih besar dari hasil kuat tarik belah, dan juga kekuatan tarik lentur dipilih karena kondisi tarik lentur hampir menyerupai pada keadaan struktur yang sebenarnya.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Berat volume yang direncanakan penulis adalah $720-1440 \text{ kg/m}^3$ dan berat itu tercapai jika benda uji dalam keadaan berat kering, penelitian ini berat rata-rata beton benda uji adalah 1430 kg/m^3
2. Kadar optimum ASP sebagai substitusi parsial semen adalah 15% dari berat semen dengan kuat tekan dan kuat Tarik belah sebesar 14,59 MPa dan 1,614 MPa.
3. Untuk penambahan ASP sebagai substitusi

parsial semen yg melewati kadar optimum pada beton beragregat ringan batu apung akan membuat kekuatan beton menurun dan menjadi semakin ringan karena jumlah semen yang digunakan berkurang dan penambahan air bertambah.

4. Penggunaan Batu apung sebagai Agregat kasar dapat enurunkan berat volume beton menjadi ringan, tapi agregat ini sangat berpori yang mengakibatkan banyak menyerap air, yang menyebabkan masalah pada workabilitas.

Saran

1. Untuk mengatasi masalah lemahnya ikatan antara agregat dan pasta beton maka dapat menambah *fly ash* pada campuran beton.
2. Perlu memperbaiki lubang pori pada batu apung dengan melakukan cara *cement pasta coating*.
3. Untuk mengatasi masalah workabilitas dan konsistensi jumlah air bisa dilakukan dengan menambah additive sikament Ln dan Plastisemen Vz.
4. Perlu memperhatikan perlakuan pembakaran sekam padi menjadi ASP di suhu yang lebih tinggi lagi, yaitu diatas 500°C
5. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan mencoba secara lebih teliti persentase jumlah penambahan ASP sebagai substitusi parsial semen dari 10% - 15%.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C618-72. *Standard Spesification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzoland for Use as a Mineral Admixture in Concrete.*
- Haryadi. 2006. *Teknologi Pengolahan Beras*
- Houston, D.F, 1972 dalam Sihombing. *Pemanfaatan Sekam Padi di Bidang Industri.* Universitas Negeri Medan. Hal : 6-7
- Karya Tulis, UNIMED. *Pemanfaatan Pumice Sebagai Split Pada Pembuatan Beton Ringan*
<http://digilib.unimed.ac.id/public/UNIMED-Undergraduate-22546-5.%20BAB%20II.pdf>
- L.J. Murdock, K.M. Brook, 1991. *Bahan dan Praktek Beton.* Erlangga. Hal 398
- Manurung S. O. dan MIsmunadji, 1988. *Morfologi dan Fisiologi Padi.* Balai Penelitian Tanaman Bogor. Hal: 63-70

- Mulyono, Sri. 2001. *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Mutu Beton*. Tugas Akhir Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
- SNI 03-3449-2002. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*. Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Subakti, A. 1994. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Laboratorium Jurusan Teknik Sipil ITS, Surabaya.
- Tjokrodimulyo Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit. Yogyakarta
- Verra Deivy Rengkeng, 2013. "*Pemeriksaan Kuat Tarik Belah & Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Ape Dari Kepulauan Talaud*". Skripsi Fakultas Teknik UNSRAT, Manado.
- Wang dan Salmon, 1990. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta. Erlangga. Edisi ke 4 Jilid. Hal : 11