

**KARAKTERISTIK APLIKASI BERING (BETON RINGAN) ALWA
PADA KOMPONEN PANEL RISHA (RUMAH INSTAN SEDERHANA SEHAT)
Characteristic Of Lighthweigh Concrete Applications
In The Panel Component RISHA**

¹Nurul Aini Sulistyowati, ²Johnny Rakhman

^{1,2} Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum

Jl. Panyawungan, Cileunyi Wetan Kabupaten Bandung 40393

E-mail : ¹nurulaini657@yahoo.co.id, ²johnny_rakhman@yahoo.com

Diterima : 23 November 2013; Disetujui : 5 Desember 2014

Abstrak

Artificial Light Weight Aggregate (ALWA) adalah salah satu agregat buatan yang mempunyai bobot sangat ringan berkisar antara 400~1800 kg/m³. Rumah RISHA merupakan produk litbang yang komponen pracetaknya menggunakan beton normal dengan kuat tekan 25 MPa. Penelitian ini akan membuat panel RISHA menggunakan bering ALWA (beton ringan ALWA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan komponen struktur panel RISHA bering ALWA. Pembuatan bering ALWA menggunakan rancangan acak sederhana 3 perlakuan agregat. Perlakuan A : persentase agregat kasar ukuran 10 mm ~ 20 mm sebanyak 70 % dan ukuran 5 mm ~ 10 mm sebanyak 30 % serta persentase agregat halus ukuran 1 mm ~ 2 mm sebanyak 70 % dan ukuran 0 mm ~ 1 mm sebanyak 30 %, dengan kondisi agregat kering udara. Perlakuan B sama dengan perlakuan A, dengan kondisi agregatnya jenuh permukaan. Perlakuan C : persentase agregat kasar ukuran 10 mm ~ 20 mm sebanyak 50 % dan ukuran 5 mm ~ 10 mm sebanyak 50 % serta persentase agregat halus ukuran 1 mm ~ 2 mm sebanyak 50 % dan ukuran 0 mm ~ 1 mm sebanyak 50 %, dengan kondisi agregat jenuh permukaan. Rancangan campuran bering ALWA dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pembuatan komponen panel RISHA menggunakan komposisi campuran dari hasil pengujian kuat tekan yang tertinggi dan mempunyai berat yang ringan. Pengujian yang dilakukan pada rangkaian komponen adalah pengujian kuat lentur dan pengujian kekuatan struktur terhadap beban gempa. Berdasarkan hasil uji kuat lentur, rangkaian komponen RISHA bering ALWA memenuhi persyaratan untuk bangunan rumah tinggal 2 lantai. Portal komponen RISHA bering ALWA termasuk ke dalam struktur gedung daktail parsial seperti yang ditentukan dalam SNI 03 - 1726 -2002, sehingga untuk analisis gempa statis diambil nilai R (faktor reduksi gempa) = 4,45.

Kata Kunci : ALWA, beton ringan ALWA, komponen panel RISHA, uji gempa, daktail parsial

Abstract

The artificial light weight aggregate (ALWA) is one of artificial aggregate having a light weight range between 400~1800 kg/m³. The RISHA house is the research and development product in which its precast component use normal concrete with compressive strength 25 MPa. This research will be manufacture RISHA panel with bering ALWA (ALWA light weight concrete). The aim of the research to know strength of structure components RISHA panel ALWA light weight concrete. Its manufacture makes use the 3 aggregate treatments simple randomized design. Treatment A : percentage of coarse aggregate size of 10 mm ~ 20 mm By 70 % and size of 5 mm ~ 10 mm by 30 %, and percentage fine aggregate size of 1 mm ~ 2 mm by 70 % and size of 0 mm ~ 1 mm by 30 %, with conditions of air dry aggregate. The treatment B same with treatment A, with conditions of aggregate surface saturated. Treatment C : percentage of coarse aggregate size of 10 mm ~ 20 mm by 50 % and size of 5 mm ~ 10 mm by 50 % and percentage of fine aggregate size of 1 mm ~ 2 mm by 50 % and size of 0 mm ~ 1 mm by 50 %, Alt conditions of aggregate saturated surface. The ALWA light concrete mix design was conducted in compressive strength desain 25 MPa. The produced testing material is in cylendrical form in 15 cm diameter and 30 cm height for compression strenght testing in 7, 14, and 28 days old. In the RISHA panel component manufacture, it is used a mix composition from the highest compression strenght testing and possess a light weight. The conducted testing in a series of components consist of flexible strength testing and pseudo-dynamic testing. Based on result of the flexible strength test, the ALWA light concrete RISHA component is eligible for 2 stories residential building. The ALWA light concrete RISHA component portal is included into the partial ductile building structure as determined in the SNI 03-1726-2002, therefore, it is taken R value (earthquake reduction factor) for static earthquake analytical purpose 4.45.

Keywords : ALWA, ALWA lightweight concrete, RISHA panel component, earthquake testing, partial ductile

PENDAHULUAN

Pembuatan beton normal selama ini menggunakan agregat alami yang berupa pasir dan batu. Bila tidak terdapat agregat alami dapat diganti dengan agregat buatan. Salah satu agregat buatan yang terdapat di Indonesia adalah ALWA. ALWA (*artificial light weight aggregate*) dapat diproduksi di unit produksi Loka Teknologi Permukiman Cilacap dan merupakan bahan bangunan buatan yang terbuat dari *shale* yang dibakar pada suhu tinggi. ALWA mempunyai berat yang ringan berkisar antara 450 ~ 750 kg/m³ (Brosur Loka PBB L Cilacap). ALWA selama ini dimanfaatkan sebagai pengganti agregat alami dalam pembuatan beton terutama beton ringan. Untuk komponen bahan bangunan, ALWA digunakan sebagai bahan baku pembuatan *conblock* dan sudah dilakukan penerapannya pada bangunan bertingkat. Pada konstruksi bangunan rumah tinggal satu lantai, kebutuhan beton dapat dipenuhi dengan menggunakan agregat ALWA tanpa mengurangi kekuatannya.

Pusat Litbang Permukiman telah menghasilkan berbagai hasil penelitian dan pengembangan di bidang permukiman, salah satunya adalah rumah RISHA. Sabaruddin (2006) menyebutkan bahwa rumah RISHA merupakan rumah tinggal yang menerapkan teknologi konstruksi sistem pracetak kecil dengan sistem sambungan mur dan baut. Spesifikasi komponen bangunan pracetak RISHA menggunakan beton normal dengan kekuatan tekan 250 kg/cm². Baja tulangan yang digunakan untuk rangka panel berdiameter 6 mm dan 8 mm yang mempunyai tegangan leleh 2400 kg/cm². Panel struktur RISHA terdiri dari tipe 1, tipe 2 dan tipe 3 (simpul). Spesifikasi ukuran panel tipe 1 mempunyai tebal 2 cm, lebar 30 cm, tinggi 120 cm yang dikelilingi *frame* ukuran 6 cm x 10 cm, dan dilengkapi dengan lubang untuk angker pada *framenya* berdiameter sebesar 16 mm, masing-masing sisi sebanyak 2 buah dengan jarak antar as lubang 13,5 cm untuk kearah pendek yang ditempatkan pada as panel dan untuk kearah tinggi 15 cm diukur dari ujung *frame* sampai dengan as lubang. Spesifikasi tipe 2 mempunyai tebal 2 cm, lebar 20 cm, tinggi 120 cm yang dikelilingi *frame* ukuran 6 cm x 10 cm, untuk tiga sisi (satu vertikal dan dua sisi horisontal) dan satu sisi vertikal lainnya ukuran 6 cm x 6 cm, yang dilengkapi dengan lubang untuk baut dengan diameter lubang sebesar 16 mm dengan jumlah 1 buah pada *frame* horisontal yang ditempatkan pada tengah-tengah lebar, dan pada *frame* vertikal yang berukuran 6 cm x 10 cm dipasang 2 buah dengan jarak masing-masing 15 cm diukur dari ujung *frame* sampai dengan as lubang. Panel tipe 3 (simpul) mempunyai ukuran tebal 2 cm, lebar 30 cm dan

tinggi 30 cm, yang dikelilingi *frame* ukuran 6 cm x 10 cm yang dilengkapi dengan lubang untuk angker pada semua sisi *frame*-nya dengan diameter lubang sebesar 16 mm, masing-masing sisi sebanyak 2 buah dengan jarak antar as lubang 13,5 cm yang ditempatkan pada as panel (Spesifikasi Teknis Panel Struktural Tipe RISHA). Penggunaan beton normal mengakibatkan berat panel RISHA tipe 1 mencapai kurang lebih 50 kg. (Sabaruddin, 2006). Panel tersebut bila diangkut oleh satu orang pekerja agak kesulitan, sehingga dikhawatirkan akan mempengaruhi kecepatan pelaksanaan pembangunan bangunan RISHA. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan adanya terobosan teknologi untuk mengurangi berat panel RISHA namun tidak mengurangi kekuatannya.

ALWA (*Artificial Lightweight Aggregate*) atau agregat ringan buatan adalah salah satu jenis agregat buatan yang dapat digunakan untuk bahan bangunan. Raju (1983) menyatakan bahwa sifat agregat ringan yang dapat mempengaruhi rancangan campuran adukan beton (*mix design*) adalah kerapatan, gradasi, bentuk, dan penyerapan agregat. Sedangkan parameter yang mempengaruhi *mix design* beton agregat ringan struktural adalah jenis agregat, kadar semen, total faktor air semen, *workabilitas*, kekuatan, dan kerapatan relatif. Kekuatan tekan tergantung dari total faktor air semen dan jenis agregat.

ALWA yang diproduksi oleh Loka Teknologi Permukiman Cilacap Kementerian Pekerjaan Umum, menggunakan bahan baku berupa lempung sedimenter atau *shale* yang diperoleh dari wilayah Kabupaten Cilacap. Pembuatan ALWA dimulai dengan pemecahan *shale*, pengelompokkan hasil pemecahan *shale* sesuai dengan ukuran fraksi, pengeringan, kemudian dilakukan pemanasan awal dan pemanasan akhir yang terjadi didalam tungku putar dengan temperatur 500°C ~ 1200°C atau lebih. Unit produksi ALWA di Loka Teknologi Permukiman Cilacap mempunyai kapasitas produksi per hari relatif kecil sekitar 7,5 m³. Sifat fisik ALWA disajikan pada tabel berikut :

Tabel 1 Sifat Fisik

No.	Sifat	Nilai
1.	<i>Unit weight</i>	0,45 ~ 0,75 kg/L
2.	<i>Absolut dry Pacific gravity</i>	0,75 ~ 1,20
3.	<i>Water absorption (24 h)</i>	16,50 ~ 20,00 %
4.	<i>Solid volume</i>	58,00 ~ 62,00
5.	<i>Floating content</i>	3,00 ~ 91,00 %
6.	<i>Fineness modulus</i>	5,00 ~ 7,00 %
7.	<i>Crushing test 40 T.10</i>	48,00 ~ 53,00 %

ALWA mengandung unsur kimia SiO₂ (55 %), Al₂O₃ (20,40 %), Fe₂O₃ (6,80 %), MgO (2,40 %), CaO (1,80 %), Na₂O (2,00 %), dan K₂O (2 ~ 3 %). Dengan berat jenis yang ringan, ALWA

diaplikasikan pada pembuatan beton untuk panel RISHA. Penggunaan agregat ALWA diharapkan dapat mengurangi berat panel RISHA. Hal ini kemungkinan terjadi karena agregat ALWA berfungsi sebagai pengganti agregat alami baik agregat halus maupun agregat kasar. Oleh sebab itu diperlukan adanya penelitian dan pengembangan beton ringan ALWA untuk panel RISHA yang dilakukan tanpa mengurangi kekuatan betonnya, namun dapat mengurangi berat panelnya. Pengurangan berat panel diharapkan akan memudahkan dalam pengerjaan pembuatan bangunan RISHA, sehingga dapat menghemat waktu yang dibutuhkan untuk membangun bangunan RISHA tersebut. Beton ringan ini diberi nama bering ALWA (beton ringan *artificial light weight aggregate*) yang akan digunakan dalam pembuatan panel RISHA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berat panel RISHA beton ringan ALWA, mendapatkan persentase agregat ALWA dengan kuat tekan beton ringan ALWA yang memenuhi persyaratan panel RISHA dan mengetahui kekuatan komponen struktur panel RISHA yang menggunakan beton ringan ALWA.

METODE

Penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu pembuatan beton ringan ALWA dan pembuatan panel RISHA beton ringan ALWA. Metode yang digunakan adalah eksperimen pembuatan beton ringan ALWA dengan rancangan acak sederhana 3 perlakuan agregat. Perlakuan A : persentase agregat kasar ukuran 10 mm ~ 20 mm sebanyak 70 % dan ukuran 5 mm ~ 10 mm sebanyak 30 % serta persentase agregat halus ukuran 1 mm ~ 2 mm sebanyak 70 % dan ukuran 0 mm ~ 1 mm sebanyak 30 %, dengan kondisi agregat kering udara. Perlakuan B : persentase agregat kasar ukuran 10 mm ~ 20 mm sebanyak 70 % dan ukuran 5 mm ~ 10 mm sebanyak 30 % serta persentase agregat halus ukuran 1 mm ~ 2 mm sebanyak 70 % dan ukuran 0 mm ~ 1 mm sebanyak 30 %, dengan kondisi agregat jenuh permukaan (SSD). Perlakuan C : persentase agregat kasar ukuran 10 mm ~ 20 mm sebanyak 50 % dan ukuran 5 mm ~ 10 mm sebanyak 50 % serta persentase agregat halus ukuran 1 mm ~ 2 mm sebanyak 50 % dan ukuran 0 mm ~ 1 mm sebanyak 50 %, dengan kondisi agregat jenuh permukaan (SSD). Rancangan campuran beton ringan ALWA didisain dengan kuat tekan rencana 250 kg/cm² sesuai dengan beton normal panel RISHA. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton dengan ulangan sebanyak 3 kali. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin

UTM (*Universal Testing Machine*) Maruto kapasitas 100 ton. Penimbangan silinder beton dilakukan pada umur 28 hari untuk mendapatkan berat beton ringan ALWA per meter kubik. Analisis statistik kekuatan tekan beton dilakukan dengan membuat analisis ragam (Sudjana, 1985) dan dilanjutkan dengan uji perbandingan menggunakan prosedur Tukey W. untuk mengetahui adanya perbedaan antar perlakuan (Steel dan Torrie, 1993).

Sebelum melakukan pembuatan beton ringan ALWA terlebih dahulu dilakukan pengujian sifat fisik ALWA (ALWA yang belum dipecah) meliputi berat jenis, berat jenis kering permukaan jenuh, penyerapan air, berat isi padat. Pengujian sifat fisik tersebut dilakukan dengan dua kali ulangan. Analisis ayak ALWA dilakukan hanya pada agregat ALWA perlakuan A. Pengujian sifat fisis dan analisis ayak ALWA merujuk standar SNI pengujian agregat beton. Dari hasil analisis ayak dilakukan penghitungan modulus kehalusan yang merupakan jumlah persen kumulatif agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus.

Melakukan pengujian kuat tarik baja ruangan beton dengan merujuk SNI 07-0408-1989 tentang cara uji tarik logam dan dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali ulangan dengan menggunakan mesin uji sifat mekanis UTM (*Universal Testing Machine*) kapasitas 200 ton merek Tokyokoki. Prinsip pengujian dilakukan dengan penarikan batang uji secara terus-menerus menggunakan kecepatan uji 1 kgf/mm² sebelum mencapai batas ulur dan gaya yang bertambah besar sampai putus dengan tujuan untuk menentukan nilai tarik. Pengujian berat rangka baja tulangan panel RISHA dilakukan dengan menimbang rangka tersebut untuk setiap tipe panel dan ulangan sebanyak 3 kali.

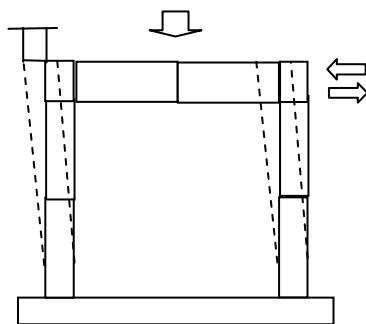
Pembuatan panel RISHA beton ringan ALWA ditentukan berdasarkan hasil uji kuat tekan beton ringan ALWA yang memenuhi persyaratan dengan kuat tekan 250 kg/cm². Panel beton ringan ALWA dibuat sebanyak 3 tipe yaitu tipe 1, tipe 2, dan tipe 3 atau tipe simpul. Pengujian berat panel beton ringan ALWA dilakukan dengan menimbang panel tersebut untuk setiap tipe panel pada umur 28 hari dan ulangan sebanyak 3 kali. Pengujian kuat lentur rangkaian komponen panel RISHA beton ringan ALWA menggunakan metode *third point loading* (metoda 1/3 bentang) untuk mendapatkan momen lentur murni dan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Analisis hasil pengujian kuat lentur dilakukan dengan menghitung faktor kuat lebih beban dan bahan (f_1) = P_{leleh}/P_d , serta faktor kuat lebih total ($over\ strength\ factor/ f\ total$) = $P_{maks.}/P_d$. Pengujian merujuk pada kaidah teori mekanika teknik. Benda uji berupa balok komponen panel RISHA beton ringan ALWA yang

terdiri dari dua buah panel tipe 1 dan dua buah panel tipe 3 dengan sambungan di tengah bentang. Pada saat pengujian benda uji diletakkan di atas dua tumpuan dan sendi dan jepit kemudian titik pembebanan diatur berdasarkan titik keseimbangan agar didapatkan pembebanan uji (P) yang seimbang, serta pemberian beban dilakukan sampai benda uji rusak (Gambar 1).



Gambar 1 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kekuatan struktur terhadap beban gempa dilakukan dengan pengujian beban lateral siklik statik dan beban tekan aksial konstan. Pada pengujian ini akan diperoleh grafik hubungan beban dan deformasi dari awal pembebanan sampai mencapai kerusakan. Pengujian dilakukan merujuk pada *“NERHP Recommended Provisions for Seismic Regulations for Precast Concrete Structures”*. Benda uji berupa portal panel RISHA beton ringan ALWA yang terdiri dari enam buah panel tipe 1, empat buah panel tipe 2 dan dua buah tipe 3. Skema pengujian beban lateral siklik statik dan tekan aksial konstan terhadap benda portal seperti Gambar 2 berikut :



Gambar 2 Pengujian Portal

Portal komponen RISHA diberi beban *axial* dan beban lateral bolak balik sesuai dengan pengujian pembebanan *seismic system* untuk mengetahui kapasitas portal yang dituangkan dalam hasil uji dan pembahasan pada Gambar 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian sifat fisis agregat ALWA disajikan pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2 Sifat Fisis Agregat ALWA

No.	Jenis Pengujian	Hasil Uji
1.	Berat jenis	1,25
2.	Berat jenis kering permukaan jenuh	1,49
3.	Penyerapan	19,08 %
4.	Berat isi padat	0,73 kg/L

Berat jenis agregat ALWA hasil pengujian lebih tinggi 0,05 dari berat jenis yang terdapat dalam literatur yang menyebutkan kisaran 0,75 ~ 1,20. Penyerapan air sebesar 19,08 % sesuai dengan literatur dalam kisaran 16,50 ~ 20,00 %. Berat isi padat juga masuk dalam kisaran 0,45 ~ 0,75 kg/L. Hasil analisis ayak untuk agregat kasar ALWA dan halus disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Modulus kehalusan agregat kasar ALWA sebesar 6,64 yang sesuai dengan persyaratan modulus kehalusan agregat kasar antara 6 ~ 8 (Tjokrodinuljo, K. 2004). Gradasi agregat kasar ALWA tersebut memenuhi kriteria gradasi agregat kasar, semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin besar ukuran butiran agregatnya. Agregat halus ALWA mempunyai modulus kehalusan sebesar 4,86 yang tidak memenuhi persyaratan modulus kehalusan agregat halus 1,5 ~ 3,8. Modulus kehalusan tersebut menggambarkan bahwa agregat halus ALWA terlalu banyak mengandung gradasi butiran yang besar. Hal ini sesuai dengan perlakuan A bahwa agregat halus ALWA yang digunakan sebanyak 70 % untuk ukuran butiran agregat 1 mm ~ 2 mm dan 30 % untuk ukuran butiran agregat 0 mm ~ 1 mm.

Tabel 3 Analisis Ayak Agregat Kasar ALWA

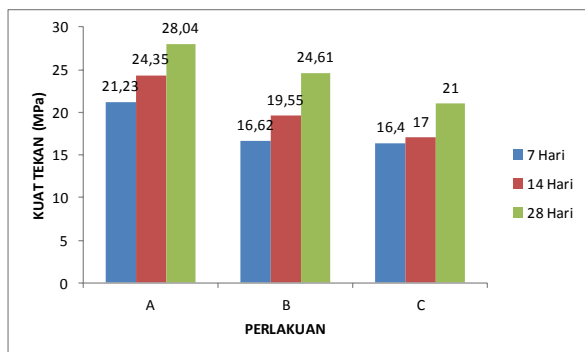
Ukuran Mata Ayakan (mm)	Berat Tertahan di Atas Ayakan (%)	Berat yang Lolos Kumulatif (%)	Berat Sisa di atas Ayakan (%)
50,8	0,00	100,00	0,00
38,1	0,00	100,00	0,00
19,1	2,04	97,96	2,04
9,52	66,14	31,83	68,17
4,76	30,74	1,09	98,91
2,39	0,00	1,09	98,91
1,19	0,00	1,09	98,91
0,6	0,00	1,09	98,91
0,3	0,00	1,09	98,91
0,15	0,00	1,09	98,91
PAN	1,09	0,00	98,91
	100		663,66

Tabel 4 Analisis Agregat Halus ALWA

Ukuran Mata Ayakan (mm)	Berat Tertahan di Atas Ayakan (%)	Berat yang Lolos Kumulatif (%)	Berat Sisa di Atas Ayakan (%)
50,8	0,00	100,00	0,00
38,1	0,00	100,00	0,00
19,1	0,00	100,00	0,00
9,52	0,00	100,00	0,00
4,76	0,00	100,00	0,00
2,39	87,93	12,07	87,93
1,19	10,80	1,27	98,73
0,6	0,86	0,42	99,58
0,3	0,13	0,28	99,72
0,15	0,10	0,18	99,82
PAN	0,18	0,00	
	100		485,77

Hasil pengujian baja tulangan beton diameter 6 mm mempunyai kuat leleh sebesar 764,10 MPa dan kuat tarik 168,11 MPa. Sementara untuk diameter 8 mm kuat lelehnya 375,19 MPa dan kuat tarik 475,72 MPa. Spesifikasi teknis panel struktur RISHA menentukan besaran tegangan leleh untuk besi beton diameter 6 mm dan 8 mm sebesar 240 MPa.

Hasil pengujian kuat tekan beton ringan ALWA pada Gambar 3 berikut :



Keterangan : Stdev A = 2,10; Stdev B = 0,63; Stdev C = 0,32

Gambar 3 Kuat Tekan Beton

Dari ketiga perlakuan tersebut terlihat bahwa perlakuan A mempunyai kuat tekan yang tertinggi sebesar 28,04 MPa (Gambar 3) dan memenuhi kuat tekan rencana. Perlakuan B dan perlakuan C tidak memenuhi kuat tekan rencana. Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap kuat tekan beton. Kemudian dilanjutkan analisis uji pembandingan ganda dengan hasil antar nilai tengah kuat tekan perlakuan A, perlakuan B, dan perlakuan C berbeda nyata. Perbedaan kuat tekan antara perlakuan A dan perlakuan B kemungkinan karena kondisi agregat ALWA. Perlakuan A, kondisi agregat ALWA dalam keadaan kering udara. Pada proses pengadukan beton, pasta semen akan masuk kedalam agregat ALWA, sehingga akan membuat ikatan antara agregat ALWA dengan pasta semen menjadi kuat

pada saat terjadi pengerasan dan pengikatan semen. Dengan demikian pasta semen terdapat di dalam dan di luar agregat ALWA. Perlakuan B, kondisi agregat ALWA dalam keadaan jenuh permukaan. Pada proses pengadukan pasta semen hanya menempel pada agregat ALWA, karena agregat ALWA pada kondisi jenuh permukaan. Kondisi ini yang membuat ikatan antara agregat ALWA dengan pasta semen kurang kuat. Perlakuan C menghasilkan kuat tekan beton ringan ALWA yang terendah. Hal ini disebabkan kondisi agregat ALWA yang jenuh permukaan mengakibatkan ikatan antara agregat ALWA dengan pasta semen kurang kuat. Selain itu persentase agregat kasar 50 % dan agregat halus 50 % mengakibatkan kurangnya kepadatan beton. Oleh karena itu untuk pembuatan panel RISHA beton ringan ALWA menggunakan perlakuan A karena perlakuan B dan perlakuan C tidak memenuhi persyaratan.

Hasil penimbangan berat silinder beton ringan ALWA pada Tabel 5. Perlakuan A mempunyai berat beton terendah 1.707,3 kg/m³, perlakuan B sebesar 1.716 kg/m³ dan perlakuan C sebesar 1.804,3 kg/m³. Berat silinder beton ringan ALWA perlakuan A dan B memenuhi persyaratan berat beton ringan dengan berat kurang dari 1.800 kg/m³ (beton normal). Sementara perlakuan C tidak memenuhi persyaratan berat beton ringan karena melebihi berat beton normal. Dengan demikian berdasarkan persyaratan kuat tekan panel RISHA dan berat beton ringan, maka untuk pembuatan panel RISHA beton ringan ALWA menggunakan perlakuan A.

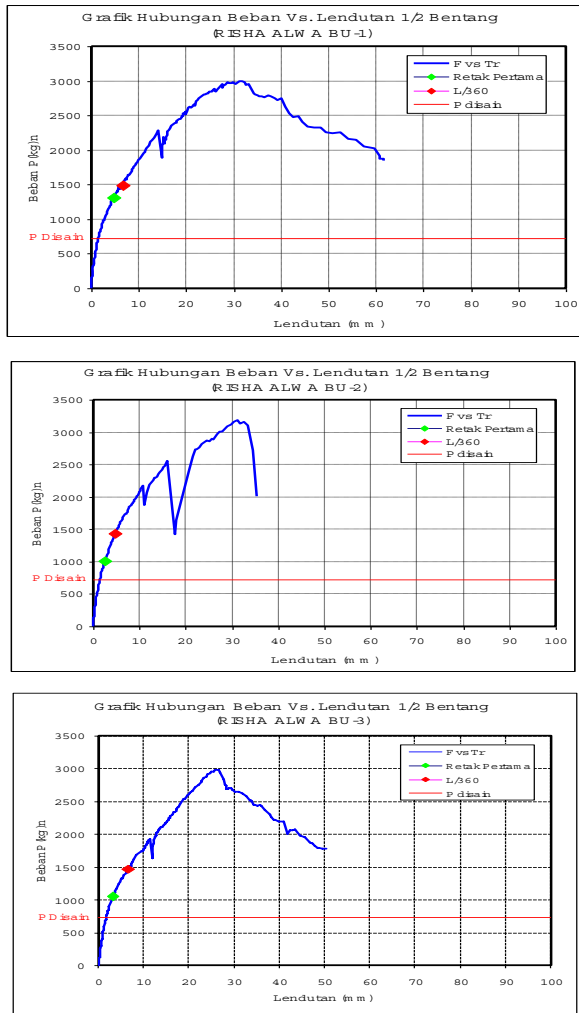
Tabel 5 Berat Beton Ringan ALWA (kg/m³)

No.	Perlakuan A	Perlakuan B	Perlakuan C
1.	1.699	1.721	1.808
2.	1.717	1.721	1.797
3.	1.706	1.706	1.808
Rata-rata	1.707,3	1.716	1.804,3

Berat rata-rata rangka baja tulangan beton panel tipe 1 sebesar 5,70 kg, tipe 2 sebesar 3,87 kg dan tipe 3 sebesar 3,62 kg.

Berat rata-rata panel RISHA beton ringan ALWA tipe1 sebesar 36,28 kg, bila dibandingkan dengan berat panel RISHA tipe1 beton normal sebesar 50 kg, maka panel RISHA beton ringan ALWA lebih ringan sebesar 72,56 %. Panel tipe1 beton ringan ALWA tersebut dapat diangkat oleh seorang tukang, sehingga diharapkan akan mempercepat waktu pemasangan rangka bangunan RISHA. Berat panel RISHA beton ringan ALWA tipe 2 sebesar 27,3 kg dan panel tipe 3 (simpul) sebesar 21,0 kg.

Pada pengujian kuat lentur panel RISHA beton ringan ALWA akan diperoleh hubungan beban dan lendutan seperti pada gambar berikut :



Gambar 4 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan

Gambar di atas memperlihatkan grafik hubungan beban terhadap lendutan pada tengah bentang

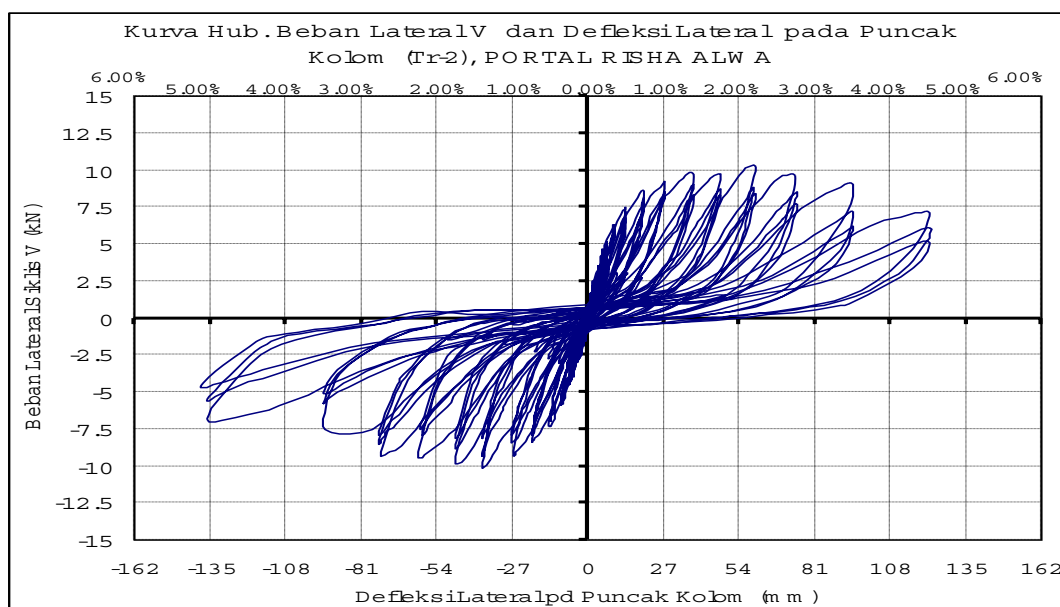
untuk benda uji 1, benda uji 2, dan benda uji 3 dengan kuat tekan 30 N/mm. Rangkuman hasil analisis kuat lentur rangkaian panel RISHA beton ringan ALWA disajikan pada tabel berikut :

Tabel 7 Rangkuman Hasil Uji Kuat Lentur

Leleh	Maksimum		f1 = Py/Pd	ftotal = Pmaks./Pd
	Py (kg)	δy (mm)		
	1.496	6,65	2.999	31,31
	1.703	6,63	3.180	31,12
	1.468	6,63	2.983	25,78
			2,02	4,10

Beban uji rencana untuk bangunan rumah tinggal dengan beban hidup 125 kg/cm², maka Pd sebesar 727,92 kg. Dari hasil pengujian kuat lentur akan diperoleh faktor kuat lebih beban dan bahan (f_1) serta faktor kuat lebih total (*over strenght factor/ f_{total}*). Berdasarkan hasil uji kuat lentur dan analisis maka panel RISHA beton ringan ALWA mempunyai ketahanan lentur yang memenuhi persyaratan untuk bangunan rumah tinggal dua lantai dengan f_{total} rata-rata diatas 4,28 menunjukkan kapasitas lentur melebihi yang diizinkan. Bila dibandingkan dengan hasil uji kuat lentur panel RISHA beton normal dengan $P_{maks.} = 3.045$ kg, $P_{izin} = 2.580$ kg, $f_1 = 3,54$ dan $f_{total} = 4,18$ (Anonim, 2004), maka panel RISHA beton ringan ALWA mempunyai kapasitas nilai kuat lebih beban dan bahan yang lebih rendah. Sedangkan nilai kuat lebih total panel RISHA beton ringan ALWA lebih tinggi.

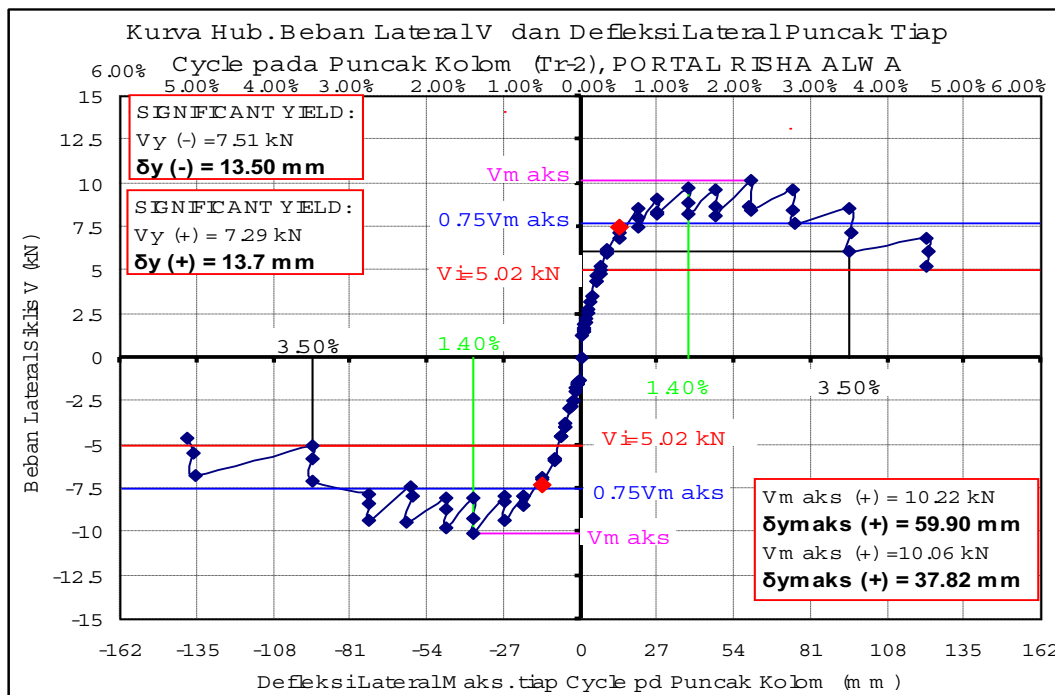
Dari hasil uji portal rangkaian panel RISHA beton ringan ALWA diperoleh pembacaan data pergeseran posisi benda uji setelah dibebani dan regangan yang terjadi. Grafik hubungan beban dan deformasi dari awal pembebanan sampai mencapai kerusakan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5 Kurva Hubungan Beban Lateral dan Pergeseran Lateral

Pada gambar di atas terlihat adanya penyempitan lebar grafik di sekitar pusat koordinat yang akan menyebabkan rendahnya disipasi energi. Kemudian dibuat kurva puncak hubungan antara beban lateral gempa yang diberikan pada benda uji

terhadap pergeseran posisi benda uji. Dari perpotongan garis linier dengan kurva ditentukan kondisi leleh dimana pergeseran lateral dan beban lateralnya dapat diketahui (Gambar 6).



Gambar 6 Kurva Hubungan Beban Lateral Puncak dengan Pergeseran Lateral

Dari data pergeseran lateral dan beban lateral diperoleh kondisi leleh $V_y (+) = 7,51$ kN, $\delta_y (+) = 13,50$ mm dan $V_y (-) = 7,29$ kN, $\delta_y (-) = 13,70$ mm. Sementara kondisi maksimum $V_m (+) = 10,22$ kN, $\delta_m (+) = 59,90$ mm dan $V_m (-) = 10,06$ kN, $\delta_y (-) = 37,82$ mm. Dari hasil pengujian sistem struktur portal dengan beban gravitasi dan beban horizontal quasi statis bolak-balik, dilanjutkan dengan perhitungan faktor daktilitas dengan μ positif = 2,80 dan μ negatif = 2,76. Hal ini menunjukkan bahwa struktur portal panel RISHA beton ringan ALWA termasuk ke dalam struktur gedung daktil parsial seperti ditentukan dalam SNI 03-1726-2002. Oleh karena itu untuk analisis gempa statis digunakan nilai R (faktor reduksi gempa) sebesar 4,45.

Hasil uji menyatakan bahwa panel RISHA beton ringan ALWA memenuhi syarat teknis yang dinyatakan oleh kapasitas hasil uji lebih besar dari beban lateral rencana terberat (zone 6) menurut SNI 03-1726-2002 mengenai standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan mempunyai kuat lebih beban dan bahan f1 sebesar 1,53 yang lebih besar dari f1 minimum sebesar 1,2.

KESIMPULAN

Berat panel beton ringan ALWA tipe1 sebesar 36,28 kg lebih ringan bila dibandingkan dengan panel RISHA beton normal 50 kg, panel tipe2 sebesar 27,30 kg dan panel tipe3 21,00 kg. Perlakuan A (persentase agregat kasar ukuran 10 mm ~ 20 mm sebanyak 70 % dan ukuran 5 mm ~ 10 mm sebanyak 30 % serta persentase agregat halus ukuran 1 mm ~ 2 mm sebanyak 70 % dan ukuran 0 mm ~ 1 mm sebanyak 30 %, pada kondisi agregat kering udara) menghasilkan kuat tekan beton yang memenuhi persyaratan panel RISHA (25 MPa) dan berat beton tersebut 1.707 kg/m³. Kuat lentur panel struktur RISHA beton ringan ALWA memenuhi persyaratan untuk bangunan rumah tinggal 2 lantai. Portal struktur RISHA beton ringan ALWA termasuk kedalam struktur gedung daktil parsial (SNI 03-1726-2002) dengan nilai faktor reduksi gempa (R) sebesar 4,45. Struktur portal RISHA beton ringan ALWA memenuhi persyaratan teknis yang dinyatakan oleh kapasitas hasil uji lebih besar dari beban lateral rencana terberat (zone 6) menurut SNI 03-1726-2002 dan mempunyai kuat lebih beban dan bahan f1 = 1,53 yang lebih besar dari f1 minimum = 1,2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Litbang Permukiman, Bapak dan Ibu Pembimbing, serta rekan-rekan Peneliti atas dukungannya hingga kami dapat menyusun dan menyelesaikan karya tulis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional. 2002. "Baja Tulangan Beton". SNI 07-2052-2002.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung". Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. "Spesifikasi Teknis Panel Struktural Tipe RISHA (Panel STR 2)". Pedoman Konstruksi dan Bangunan. Jakarta.
- Neil M. Hawkins, Ph.D and S. K. Ghosh, Ph.D. 2003. "NEHRP" Recommended Provisions for Seismic Regulations for Precast Concrete Structures". All Page
- Pusat Litbang Permukiman. 2004. "Hasil Uji Struktur Bangunan RISHA Skala Penuh terhadap Beban Lateral Gempa". Bandung.
- Pusat Litbang Permukiman. 2005. "Peningkatan Mutu Agregat Ringan Buatan untuk Beton Ringan Struktural". Laporan Akhir. Bandung.
- Pusat Litbang Permukiman. 2006. "Laporan Penerapan Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA)". Loka Teknologi Permukiman Cilacap.
- Pusat Litbang Permukiman. 2006. "Pengembangan Sistem Struktur Bangunan RISHA terhadap Beban Lateral Gempa". Laporan Hasil Uji. Bandung.
- Pusat Litbang Permukiman. 2006. "Pengembangan Teknologi RISHA untuk Memenuhi Kebutuhan Pasar Formal dan Informal". Laporan Akhir. Bandung.
- Pusat Litbang Permukiman. 2007. "Laporan Penerapan Rumah Instan Sederhana sehat (RISHA)". Loka Teknologi Permukiman Cilacap. Cilacap.
- Pusat Litbang Permukiman. "Loka Perintisan Bahan Bangunan Lokal Cilacap". Bandung.
- Raju, KN. 1983. "Design of Concrete Mixes". Halaman 73-84. Bholanath Nagar, Shahdra, Delhi. India.
- Sabaruddin, A. 2006. "Membangun RISHA". Penebar Swadaya. Jakarta.
- Steel, R.G.D dan James H. Torrie. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Halaman 225-226. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sudjana. 1985. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Halaman 43-48. Tarsito. Bandung.
- Tjokrodinuljo, K. 2004. "Teknologi Beton". Halaman 13-38. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.