

# **PENINGKATAN MUTU AGREGAT RINGAN BUATAN UNTUK BETON RINGAN STRUKTURAL**

**Oleh : Andriati Amir Husin & Bambang Sugiharto**

Pusat Litbang Permukiman  
E-mail : bambangbob@gmail.com

## **Abstrak**

*Kegagalan yang sering terjadi pada pembuatan beton ringan buatan untuk beton ringan struktural akhir-akhir ini disebabkan pemilihan bahan baku yang tidak memenuhi persyaratan. Masalah ini apabila tidak diatasi segera akan menghambat kelancaran penyediaan bahan bangunan terutama untuk perumahan dan bangunan bertingkat. Penelitian peningkatan mutu agregat ringan dimaksudkan untuk mengembangkan agregat ringan buatan dan bertujuan untuk mendapatkan inovasi teknologi dalam pembuatan agregat ringan untuk beton ringan struktural menggunakan bahan baku lempung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lempung dengan bahan tambahan batu obsidian dan pembakaran sampai kondisi sintering dapat menghasilkan agregat ringan yang memenuhi persyaratan untuk pembuatan beton ringan struktural. Untuk campuran menggunakan 30% batu obsidian dan temperatur pembakaran 1150°C. Nilai 10% kehalusan diperoleh sebesar 9,27% dan hasil uji kuat tekan benda uji selinder beton umur 28 hari mencapai 26,03 MPa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan bahan lain dan pengaturan temperatur pembakaran dapat meningkatkan mutu agregat ringan buatan. Disarankan bahwa dalam penggunaan bahan baku sebaiknya dilakukan analisis dahulu agar dapat memenuhi persyaratan.*

**Kata kunci** : Agregat ringan buatan, beton ringan struktural

## **Abstract**

*At present the common failure of the lightweight concrete production for structural lightweight concrete is often attributed to the nonconformance raw materials. Given that this encountered problem is not soon resolved, it may cause supply management problems for especially housing and multistory building construction. The research on the quality improvement of lightweight aggregate is aimed at making artificial clay-based lightweight materials and introducing innovation technologies in the production process of the lightweight aggregate. This research demonstrate that the clay material mixed with additive obsidian and combusted at the sintered condition results in lightweight aggregate that meets the specification of structural lightweight concrete materials. A mixture of 30% obsidian and the combustion temperature at 1.150°C generates a fineness coefficient of 9.27% based on the 10% value test and 28 day strength of 26.03 MPa. This finding suggests that the use of additives and setting the temperature can improve the quality of artificial lightweight aggregate. It is recommended that the raw materials to use are subject to being analyzed for ensuring the specification conformance.*

**Key word** : Artificial lightweight aggregate, structural lightweight concrete

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Program pembangunan perumahan yang dicanangkan oleh pemerintah perlu didukung dengan ketersediaan bahan dan komponen yang layak secara teknis, ekonomis dan teknologis, sehingga dalam pelaksanaannya tidak mengalami hambatan. Dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut perlu dikembangkan suatu bahan dan komponen bangunan yang bermutu dan dapat menunjang kelancaran pelaksanaan pembangunan perumahan dan gedung.

Layak secara teknis berarti memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan standar yang berlaku. Cukup ekonomis berarti tersedia deposit yang cukup besar dan dekat lokasinya sehingga dapat mengurangi biaya transportasi dengan demikian harganya akan menjadi murah dengan teknologi yang mudah.

Beton bertulang adalah salah satu bahan yang banyak digunakan untuk struktur khususnya bangunan gedung. Namun ada suatu kendala disuatu daerah tertentu yang sama sekali tidak memiliki potensi agregat alam, walaupun ada mutunya kurang baik. Oleh karena itu masih terbuka kemungkinan untuk menggunakan agregat buatan yang menggunakan bahan baku *shale* atau lempung. Namun untuk beton ringan, bahan baku lempung yang memenuhi persyaratan sudah jarang didapatkan di Pulau Jawa begitu juga bahan baku *shale*.

Penelitian agregat ringan buatan atau ALWA (*Artificial Lightweight Aggregate*) dilakukan pada awal tahun 70-an dengan tujuan mencari kemungkinan didapatkannya bahan baku di Indonesia. Pada saat itu seluruh daerah di Pulau Jawa telah diteliti. Bahan baku dari

Cibinong lebih bagus daripada Cilacap, namun bahan baku dari daerah Cibinong sudah dimanfaatkan oleh pabrik semen. Pabrik ALWA di Inggris dikenal sebagai *Ag-lite*, di Denmark dikenal sebagai *Leca* dan di Jepang dikenal sebagai *Medalite*. Pada umumnya mereka menggunakan ALWA untuk bangunan bertingkat sampai 30 tingkat dan untuk jembatan layang di Tokyo. Agar diperoleh hasil yang baik maka temperatur pembakaran dilakukan sampai temperatur sintering.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian pembekahan dengan menggunakan bahan baku lempung dan bahan tambahan yang dapat memperkuat dan memperingan agregat yang dibuat nantinya untuk beton ringan struktural yang cocok untuk bangunan bertingkat di tanah lembek baik di Pulau Jawa maupun diluar Pulau Jawa.

### Permasalahan

- Berkembangnya produksi bahan agregat alami yang berkualitas akan menghambat pembangunan perumahan dan gedung;
- Produksi agregat ringan buatan pada akhir-akhir ini kebanyakan tidak memenuhi persyaratan untuk beton ringan struktural.
- Belum optimalnya pemanfaatan bahan baku lempung sebagai bahan agregat pengganti, terutama diluar Pulau Jawa.

### Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengembangkan agregat ringan buatan sebagai bahan pembuatan beton ringan struktural, terutama untuk bidang perumahan dan gedung bertingkat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan inovasi teknologi pembuatan agregat ringan buatan menggunakan bahan baku lempung dan bahan

tambahan guna dapat memberikan rekomendasi bagi pihak yang terkait dalam penyediaan dan penggunaan agregat ringan buatan untuk beton ringan struktural.

**Sasaran**

**Output**

- Mendapatkan bahan bangunan agregat ringan buatan yang memenuhi syarat baik kekuatan maupun keringannya untuk beton ringan struktural.
- Diperolehnya campuran dan optimal agregat ringan buatan untuk beton struktural dan batu obsidian.

**Outcome**

Tersusunnya panduan cara pembuatan agregat ringan buatan dan beton ringan struktural menggunakan bahan baku lempung yang ada.

**Manfaat**

Dapat memberikan kontribusi dalam penyediaan agregat untuk beton ringan struktural.

**Dampak**

Dapat menambah kelancaran pembangunan dibidang ke PU-an dan terbukanya kesempatan kerja.

**Lingkup Penelitian**

- Pembuatan agregat ringan buatan yang memenuhi persyaratan.
- Pembuatan benda uji selinder beton ringan yang menggunakan agregat ringan buatan yang memenuhi persyaratan.

**KAJIAN PUSTAKA**

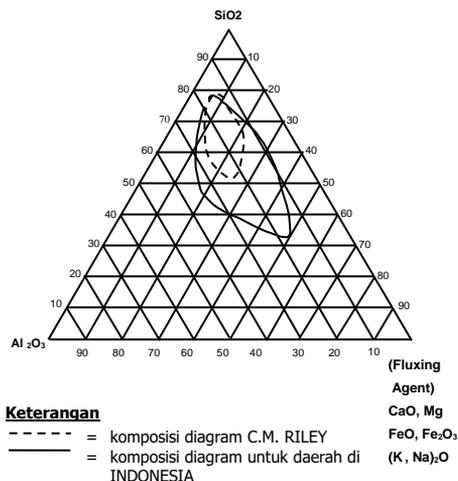
**1. Bahan Baku Lempung**

Agregat lempung bekah adalah agregat ringan buatan merupakan hasil pengolahan lempung yang dipanaskan sampai temperatur tertentu (sintering), di mana mulai terjadi keadaan "piro plastis", akan membekah atau mengembang dan setelah dingin akan

menjadi keras dan ringan, mempunyai sel-sel berbentuk seperti sarang tawon. Untuk terjadinya pembekahan menurut C.M. Riley diperlukan dua kondisi yaitu:

1. Material lempung harus mempunyai komposisi yang seimbang antara fluxes (oksida-oksida), silika dan alumina.
2. Material lempung harus mengandung beberapa zat yang dapat terurai atau bereaksi dengan zat-zat lain.

Diagram C.M. Riley menunjukkan batas daerah yang baik untuk bahan baku ALWA. Dalam batas daerah tersebut bahan lempung apabila dibakar akan menghasilkan ALWA bermutu tinggi artinya mempunyai kekuatan hancur tinggi sehingga dapat digunakan untuk tujuan struktural. Gambar diagram dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Komposisi diagram blotting Clay di Indonesia**

**a. Mekanisme Pemanasan**

Perubahan bahan lempung selama pemanasan dijelaskan secara terperinci oleh Naokiyo, Tadaki Matsunaga dan Koji Nitta sebagai berikut :

Apabila lempung dipanaskan, mula-mula air dikeluarkan pada temperatur antara 500°C - 600°C, air kristal dihilangkan

dan lempung menjadi reaktif. Proses sintering mulai pada temperatur tinggi. Apabila lempung mengandung  $K_2O$  dan atau  $Na_2O$ , peleburan terjadi sekitar temperatur 900 °C. Makin tinggi temperatur makin banyak peleburan terjadi. Kebanyakan pengembangan atau pembekahan terjadi pada temperatur 1000 °C-1250 °C dengan mengandung 3-6%  $R_2O$  ( $K_2O$  dan  $Na_2O$ ).  $Al_2O_3 > 10\%$  sebagai *fluxing agent*, tetapi apabila  $< 10\%$  menjadi zat penahan panas.

### **b. Mekanisme Pengembangan**

Pengembangan shale atau lempung mulai meleleh sebagian dengan naiknya temperatur dan gas yang ditimbulkan dari beberapa mineral tertahan oleh bahan yang telah lunak. Viskositas bahan yang lunak sampai saat tertentu dimana pengembangan dimulai sekitar  $10^8$ – $10^9$  poises dan tekanan gas didalam mencapai 5-20 atmosfer. Pada poise yang lebih rendah, butir ALWA akan melekat satu sama lain. Apabila viskositas agak tinggi selama pengembangan sejumlah gelembung terbentuk. Dalam hal lain, apabila viskositas rendah selama pengembangan, gelembung akan menjadi lebih besar. Hubungan antara senyawa kimia dengan viskositas makin tinggi pada temperatur yang sama. Pada bahan yang banyak  $Al_2O_3$  sebaiknya dibakar pada temperatur yang lebih tinggi atau ditambahkan beberapa fluxing agent.

### **c. Gas yang Dihasilkan**

Pada umumnya dikenal bahwa gas yang lepas dari pengembangan bahan karena terurainya senyawa  $Fe_2O_3$ . Secara teoritis  $Fe_2O_3$  tidak melepaskan  $O_2$  sampai 1400 °C. Tetapi bahan yang mengandung beberapa senyawa organik dapat melepaskan oksigen dari  $Fe_2O_3$  pada temperatur rendah. Biasanya

lempung mengandung sedikit  $FeS_2$  (Pirit). Senyawa ini efektif untuk membuat temperatur bahan lebih rendah dan mempunyai pengembangan lebih baik.

Gas hasil analisa yang dilepaskan dari pengembangan bahan pada temperatur tinggi, bereaksi sehingga melepaskan gas  $CO_2$ . Apabila ada gas Sulfida, gas  $SO_2$  dibentuk sampai temperatur 1000 °C. Setelah itu, apabila bahan kehabisan zat pengembang karena cuaca atau apabila bahan dipanasi perlahan-lahan akan kehilangan  $CO_2$  dan  $SO_2$  sehingga pengembangan tidak sempurna.

Senyawa-senyawa yang mengeluarkan gas adalah:  $Fe_2O_3$ ,  $CaSO_4$ ,  $FeS$ ,  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ , senyawa organik, lempung, zeolit.

### **d. Pembakaran Lempung**

Menurut penelitian di Jepang bahan baku shale/lempung menjadi lunak selama pemanasan dan mengembang pada viskositas antara  $10^8$  –  $10^9$  poises. Beberapa teori yang bersangkutan dengan pengembangan shale/lempung telah banyak dilaporkan. Terbukti bahwa makin cepat bahan dipanaskan, akan makin baik pengembangannya. Adapun cara pemanasan ada 2 macam yaitu pemanasan cepat (*rapid flash heat*) dan cara pemanasan lambat (*flow flash heat*). Untuk keperluan penelitian biasanya dilakukan pemanasan dengan cara lambat, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pengontrolan atau mencari sifat bekah. Untuk keperluan produksi secara besar-besaran digunakan cara pembakaran cepat, di mana diperlukan waktu hanya 5 – 10 menit saja dalam tungku yang sudah mempunyai temperatur yang cukup tinggi untuk pembekahan lempung. Pada pembakaran cepat didapatkan hasil yang lebih baik, antara lain permukaan

yang lebih halus, kuat dan dapat menurunkan temperatur pembekahan  $\pm 100$  °C di bawah temperatur optimum pada pembakaran lambat.

## 2. Batu Obsidian

Batu obsidian merupakan batuan vulkanik berupa gelas berwarna abu-abu gelap sampai hitam, berkilau, juga dapat menampilkan warna emas atau hijau, kuning, biru dan atau warna "purple" dan kadang-kadang berwarna putih. Kekerasan 5 – 5,5. *Spesifik Gravity* rata-rata 2,6 dan kadar air < 2% .

Batu obsidian merupakan batuan yang terbentuk dari hasil kegiatan erupsi gunung api bersusunan asam hingga basa yang pembekuannya sangat cepat sehingga akan terbentuk gelas atau kaca. Obsidian adalah batuan yang disusun secara keseluruhan dari kaca amorf dan sedikit felspar, mineral hitam dan kuarsa. Batu obsidian dapat digunakan sebagai bahan baku agregat ringan untuk beton ringan isolasi, plesteran, isolator temperatur tinggi, bahan penggosok, saringan/filter, bahan media dan campuran makanan ternak.

Bahan galian ini ditemukan di Gunung Kiamis dan sekitarnya, Kecamatan Pasirwangi, Garut dengan jumlah cadangan diperkirakan sebesar 72 juta ton. Selama beberapa puluh tahun silam, batu obsidian telah dimanfaatkan untuk pembuatan perlit dengan cara memanaskannya pada temperatur tinggi. Menurut standar Australia: AS 1465 – 1971, tentang *Dense Natural Aggregates for Concrete*, dijelaskan bahwa batu obsidian termasuk batuan yang riskan terhadap keawetan beton.

Dalam penelitian ini batu obsidian akan digunakan sebagai bahan tambahan pada pembuatan agregat ringan.

Pada saat pemanasan tinggi, batu obsidian yang telah tercampur lempung akan membentuk senyawa kompleks sehingga agregat ringan yang terbentuk akan semakin kuat.

## 3. Batubara

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang tidak terbarukan dari kelompok bahan bakar fosil, yang berasal dari sisa tumbuh-tumbuhan sehingga terbentuknya secara geologi suatu campuran kompleks dari senyawa-senyawa organik berupa bahan karbonan yang dapat terbakar dan anorganik berupa bahan mineral yang tidak dapat terbakar. Karena itu, unsur-unsur yang terbentuk dalam batubara terdiri dari : unsur-unsur utama (C,H,O,N,S, kadang-kadang Al, Si), unsur-unsur kedua (Fe, Ca, Mg, K, Na, P, Ti) dan unsur-unsur runutan berupa logam-logam berat dengan berat jenis di atas  $5\text{g/cm}^3$ . Potensi sumber daya batubara Indonesia sekarang ini yang ditaksir secara geologi sebesar 57,85 milyar ton (2006), terutama terdapat di Sumatra dan di Kalimantan.

## 4. Agregat Ringan

Dua jenis agregat yang dapat digunakan untuk beton ringan struktural adalah:

- 1) Agregat hasil proses pengembangan, pemanasan atau sinterring dan bahan terak tanur tinggi, lempung, serpih, batu sabak, abu terbangm batu obsidian atau batu perlit, tanah diatome.
- 2) Agregat alam seperti batu apung dan skoria.

Adapun persyaratan agregat ringan untuk beton ringan struktural menurut C 330-2004 adalah sebagai berikut :

- 1) Persyaratan komposisi kimia :  
Agregat ringan yang digunakan tidak mengandung bahan kimia yang merusak, yaitu :

- a) Kadar zat organis pada agregat ringan tidak boleh memperlihatkan warna yang lebih gelap dari pada warna pembanding,
  - b) Noda warna kandungan besi oksida yang menyebabkan noda ( $Fe_2O_3$ ) pada agregat tidak boleh lebih dari 1,5 mg setiap 200 gr contoh,
  - c) Hilang pijar tidak boleh lebih besar dari 5%.
- 2) Persyaratan sifat fisis dan mekanis:
- a) Gradasi agregat ringan yang diuji harus memenuhi syarat gradasi yang tercantum dalam Tabel 1,
  - c) Sifat fisis agregat ringan yang diuji harus memenuhi syarat seperti yang tercantum dalam Tabel 2.
- 3) Persyaratan beton ringan adalah sebagai berikut:
- a) Kuat tekan, kuat tarik beton ringan harus memenuhi ketentuan dalam Tabel 3.
  - b) Penyusutan akibat pengeringan tidak boleh > 0,07%

**Tabel 1.**

**Persyaratan susunan besar butir agregat ringan untuk beton ringan struktural**

Ukuran	Prosentasi yang lulus angka (% berat)								
	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,30	0,15
Agregat halus: (4,75 - 0) mm	-	-		100	85 -100	-	40-80	10-35	5-25
Agregat kasar: (25,0 - 4,75) mm	95-100	-	25-60	10-50	0-10	-	-	-	-
(19,0 - 4,75) mm	100	90-100	-	40-80	0-15	-	-	-	-
(12,5 - 4,75) mm	-	-	90-100	80-100	0-20	0-10		-	-
(9,5 - 8) mm	-	-	100		5-40	0-20	0-10	-	-
Kombinasi agregat halus dan kasar: (12,5 - 8) mm	-	100	95-100	-	50-80	-	-	5-20	2-15
(9,5 - 8) mm	-	-	100	90-100	65-90	35-65	-	10-25	5-15

**Tabel 2.**  
**Persyaratan sifat fisis agregat ringan untuk beton ringan struktural**

No	Sifat fisis	Persyaratan
1.	Berat jenis	1,0-1,8
2.	Penyerapan air setelah direndam 24 jam, maks (%)	20
3.	Berat isi gembur kering oven, maksimum (kg/m <sup>3</sup> ):	
	- agregat halus	1120
	- agregat kasar	880
	- campuran agregat kasar dan halus	1040
4.	Nilai 10 % kehalusan (%)	7,5-12,5
5.	Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat berdasarkan berat kering (%)	<2
6.	Nilai keawetan, jika direndam dalam larutan magnesium sulfat selama 16-18 jam, bagian yang larut maks (%)	12

**Tabel 3.**  
**Persyaratan kuat tekan dan kuat tarik belah rata-rata untuk beton ringan struktural**

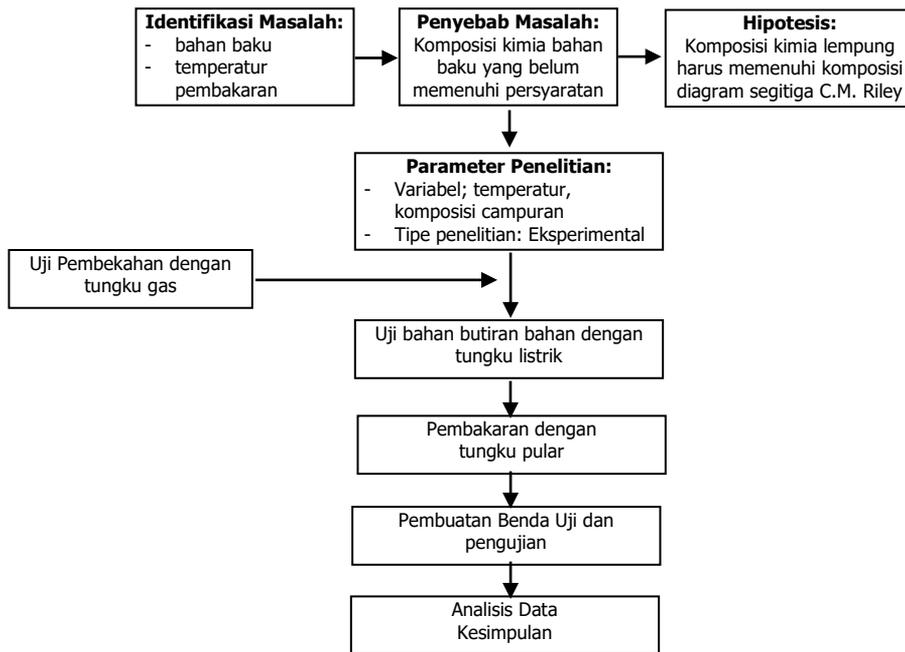
Berat isi kering udara , maks ( kg/m <sup>3</sup> )	Kuat tarik belah (tidak langsung) rata-rata 28 hari (MPa)	Kuat tekan rata-rata 28 hari, minim (MPa)
	Semua agregat ringan	
1760	2,2	28
1680	2,1	21
1600	2,0	17
	Agregat ringan dan pasir	
1840	2,3	28
1780	2,1	21
1680	2,0	17
<b>Catatan 1:</b> Nilai kuat tekan dan berat isi diambil dari rata-rata 3 buah benda uji sedangkan kuat tarik belah diambil rata-rata dari 8 benda uji.		
<b>Catatan 2:</b> Bahan-bahan yang tidak memenuhi persyaratan kuat tarik rata-rata minimum dapat digunakan bila rancangannya dimodifikasi untuk mengimbangi nilai yang lebih rendah.		

Sumber: C 330-04 dan SNI 03-6477-2000 Metode Penentuan Nilai Sepuluh Persen Kehalusan untuk Agregat

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan melakukan uji pembakaran bahan lempung dengan atau tanpa bahan tambahan melalui pemanasan lambat dalam tungku listrik sampai temperatur sintering, lalu dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanik agregat yang dihasilkan. Langkah selanjutnya pembekahan dengan pemanasan cepat dalam tungku gas terhadap bahan yang dipilih dari uji bakar untuk mengetahui kondisi

pembakaran yang baik. Kemudian dilakukan pembakaran campuran lempung hasil pemanasan yang terpilih dalam bentuk pelet dalam jumlah yang cukup untuk pembuatan benda uji. Setelah itu dibuat benda uji beton ringan berbentuk silinder dengan beberapa porsi campuran menggunakan pasir, semen, air dan agregat ringan hasil pembakaran untuk kekuatan 17,5 Mpa (persyaratan minimal untuk beton struktural). Akhirnya benda uji berbentuk silinder diuji kuat tekannya.



**Gambar 2.**  
**Alur pola pikir penelitian**

### Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah : Lempung dari Cikakak, Lumbirdan Jeruklegi; batu obsidian dari Garut; batubara; semen portland; agregat ringan buatan dan pasir alam.

Peralatan yang digunakan adalah : mesin pemecah; penggiling; saringan; tungku listrik; tungku gas; oven; mixer timbangan/takaran; pelletizer; cetakan dan alat uji kuat tekan dan lain-lain.

### Rancangan Campuran

1) Rancangan campuran untuk uji bakar adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.**

**Rancangan campuran untuk uji bakar**

No	Bahan	Lempung 1,2,3,4 (% berat)			
		I	II	III	IV
1	Lempung	100	80	70	70
2	Batubara	-	10	20	10
3	Batu Obsidian	0	10	10	20

**Catatan :** L1 dan L2 = lempung Cikakak  
L3 = lempung Lumpir  
L4 = lempung Jeruk Legi

- 2) Pemanasan dilakukan pada temperatur 1100 °C, 1150 °C dan 1200 °C untuk uji pembekahan
- 3) Pembakaran dilakukan dengan tungku putar,
- 4) Pembuatan beton ringan struktural untuk kekuatan 22,5Mpa menggunakan perhitungan rancangan campuran menurut SNI 03-3449-1994.

### Uji Laboratorium

#### 1. Analisa kimia

Analisa kimia dilakukan terhadap batu absidian, lempung dari Jeruk Legi, Cikakak dan Lumbir.

#### 2. Uji bakar

Uji bakar dilakukan dengan cara pemanasan lambat dalam tungku listrik (*muffle furnace*) terhadap ketiga jenis lempung yang sudah berbentuk butiran baik yang tanpa bahan tambahan maupun yang sudah dicampur dengan bahan

tambahan batubara dan batu obsidian dengan beberapa variasi campuran.

Pembuatan butiran berukuran  $\pm 1$  cm diameternya terdiri dari beberapa campuran sesuai dengan yang direncanakan. Agregat hasil uji pemanasan lambat masing-masing dilakukan pengamatan baik sifat permukaan, penyerapan air, berat jenis dan uji impak. Dari hasil tersebut diambil nilai yang terbaik kemudian dilakukan uji pembekahan atau pemanasan secara cepat.

### 3. Uji pembekahan

Uji pembekahan dengan pemanasan cepat (*flash heating*) untuk campuran terpilih adalah L3 dan L5. Temperatur ditentukan tiga variasi yaitu 1100 oC, 1150 oC dan 1200 oC dengan lama pemanasan selama 5 menit.

Hasil uji pembekahan secara cepat berupa agregat ringan dan keras kemudian diuji penyerapan air dan berat jenisnya. Hasil terbaik dipilih untuk pembakaran dengan tungku putar.

### Pembakaran dengan Tungku Putar

Pembakaran dengan tungku putar dilakukan terhadap contoh L3 (80%), batubara 10%, obsidian 10% dan lempung L3 (70%) dan 30 % batu obsidian (L5).

Contoh lempung berbentuk gumpalan dikeringkan diudara, selanjutnya dipecah melalui mesin pemecah. Butiran kasar hasil pemecahan maksimum 5 cm langsung dihaluskan menjadi butiran halus lewat saringan No.100 menggunakan mesin penggiling. Pembuatan pelet dilakukan setelah bahan-bahan dicampur. Mesin pelet

dilengkapi dengan penyemprot air yang keluar terus menerus selama mesin *pelletizer* berputar. Penambahan bahan campuran dilakukan sedikit demi sedikit sehingga terbentuk butiran yang makin lama makin besar. Butiran yang besarnya melebihi 1 cm dihancurkan dengan tangan. Setelah butiran terkumpul semua baru dilakukan pembakaran. Pembakaran dengan tungku putar dilakukan pada temperatur 1150 °C selama 5 menit dalam tungku.

#### 1. Uji keremukan agregat ringan (Nilai 10 % kehalusan)

Masing-masing agregat hasil pembakaran diuji keremukannya, menggunakan standar BS-812, yang menjabarkan metode untuk menentukan nilai 10 % kehalusan dari bahan agregat ringan. Nilai tersebut memberikan suatu ukuran relatif dari ketahanan suatu bahan agregat terhadap keremukan yang disebabkan oleh beban tekan yang meningkat secara berangsur-angsur. Nilai 10 % kehalusan menunjukkan angka keremukan agregat menurut persyaratan Tabel 2 adalah antara 7,5 – 12,5%.

#### 2. Uji kuat tekan beton ringan

Uji kuat tekan beton ringan dilakukan dengan membuat benda uji silinder dengan komposisi campuran yang direncanakan untuk beton ringan struktural. Tujuan pengujian kuat tekan benda uji silinder untuk mengetahui apakah beton ringan yang dibuat sudah memenuhi persyaratan. Komposisi campuran ditentukan berdasarkan standar SNI 03-3449-1994 tentang Tatacara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan.

Pada pembuatan beton ringan yang perlu diperhatikan adalah cara pencampurannya. Cara yang termudah untuk mencampurkan agregat dalam keadaan kering oven yaitu dengan terlebih dahulu mencampurkan agregat tersebut dengan setengah dari jumlah air yang dibutuhkan dan membiarkannya selama 10 menit sehingga

agregat tadi mempunyai kesempatan untuk menyerap air, kemudian sisa air dicampurkan.

Air yang mula-mula ditambahkan kepada agregat haruslah sebanyak kapasitas penyerapan agregat ringan untuk mencapai keadaan kering permukaan dan berat air ini harus dikurangi dari seluruh jumlah air yang diperlukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Kimia

Hasil analisa kimia bahan tercantum pada Tabel 5 berikut ini.

**Tabel 5.**  
**Hasil analisa kimia bahan**

Jenis bahan	Kandungan kimia (% berat)					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	HP	SO <sub>4</sub>
Lempung 1	42,36	34,58	5,60	0,93	13,26	0,49
Lempung 2	37,02	35,84	12,44	1,72	12,66	0
Lempung 3	45,73	28,56	13,70	1,39	17,01	0
Lempung 4	44,46	39,60	9,00	1,67	1,20	0
Obsidian	63,52	2,62	25,64	1,86	1,44	0

Hasil analisa kimia menunjukkan bahwa ketiga jenis lempung yang diambil apabila komposisinya diplotkan ke dalam komposisi diagram C.M. Riley tidak ada yang masuk didalam daerah yang ditentukan. Semua berada dibawah daerah yang dipersyaratkan, berarti kandungan silikanya rendah dibawah 50 %. Batu obsidian mempunyai kandungan silika dan kapur lebih tinggi.

Oleh karena itu ketiga lempung tersebut perlu penambahan silika yang diambil dari batu obsidian. Salah satu contoh perhitungan jumlah silika yang harus ditambahkan agar masuk kedaerah C.M.Riley diambil titik A dengan komposisi sebagai berikut:

**SiO<sub>2</sub> = 65 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 18 % dan CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 18 %**

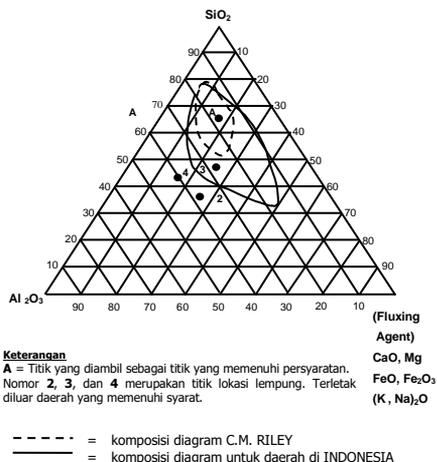
Jadi jumlah penambahan silika dari obsidian untuk masing-masing lempung adalah sebagai berikut :

Contoh perhitungan untuk lempung 2

- Kadar silika = 37,02 %
- Kekurangan silika yang harus ditambahkan adalah :  
65% - 37,02% = 27,98%
- Jadi kadar obsidian yang harus ditambahkan adalah :  
27,98  
----- X 100 % = 44,25 %  
63,52

Dengan perhitungan yang sama dengan yang di atas maka untuk lempung 3 kadar obsidian yang harus ditambahkan

sebesar 30,34% dan untuk lempung 4 kadar obsidian yang harus ditambahkan sebesar 32,12%



**Gambar 3.** Hasil analisa kimia dari ketiga lempung

## Uji Sifat Fisik Hasil Pembakaran dengan Tungku Listrik

### 1. Sifat permukaan

Permukaan butiran setelah pembakaran berubah warna menjadi krem, coklat tua, coklat kemerahan, bahan ada yang coklat tua tergantung komposisi kimianya. Sedangkan permukaan ada yang kasar, halus, bahkan ada yang retak-retak, hal ini mungkin disebabkan temperatur pembakaran untuk masing-masing berbeda saat terjadinya sintering. Dilihat dari besar butir ada yang sedikit mengembang ada yang susut, hal ini kemungkinan pengaruh banyak sedikitnya bahan tambahan batubara yang ditambahkan.

### 2. Penyerapan air dan berat jenis

Penyerapan air agregat tanpa bahan tambahan rata-rata lebih kecil, hal ini kemungkinan belum ada pembekahan walaupun ada baru sedikit. Sedangkan penyerapan air agregat yang sudah diberi bahan tambahan hasilnya lebih

besar, hal ini mungkin disebabkan karena gas yang terbentuk pada temperatur tinggi membentuk pori-pori sehingga permukaan agregat menjadi terbuka maka air dapat masuk ke dalam. Lempung L3 mempunyai penyerapan air yang paling kecil, hal ini menunjukkan bahwa agregat yang dibuat mempunyai permukaan tertutup. Cairan yang terbentuk dapat menahan gas, berarti cukup viskous.

Dari hasil uji berat jenis menunjukkan bahwa untuk setiap campuran yang sama dari ketiga jenis lempung mengalami penurunan dan kenaikan berat jenis serupa. Agregat dengan penambahan bahan tambahan mempunyai berat jenis rata-rata lebih kecil dari pada agregat yang tanpa bahan tambahan begitu juga sebaliknya untuk penyerapan air. Agregat dengan bahan tambahan batubara sebanyak 20% dan obsidian sebanyak 10% menunjukkan berat jenis yang paling kecil. Ini berarti makin ringan beratnya.

**Tabel 6.**  
**Hasil uji penyerapan air dan berat jenis**

Kode	Penyerapan air (%)	Berat jenis(g/cc)
L1	29,11	1,91
L1,1	31,97	1,73
L1,2	39,44	1,65
L1,3	32,74	1,71
L2	11,42	1,99
L2,1	29,57	1,54
L2,2	35,09	1,48
L2,3	26,74	1,50
L3	8,76	2,09
L3,1	12,04	1,72
L3,2	15,13	1,57
L3,3	19,70	1,74
L4	25,71	1,93
L4,1	35,54	1,67
L4,2	14,29	1,57
L4,3	29,48	1,74

### 3. Uji Impak

Data hasil uji impak dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 7.**  
**Data hasil uji impak**

Kode	% di atas 2,36 mm	% lewat 2,36 mm
L1	0,51	99,49
L1,1	0,77	99,23
L1,2	0,84	99,16
L1,3	1,77	98,23
L2	75,46	24,54
L2,1	80,13	19,87
L2,2	71,82	28,18
L2,3	82,73	17,27
L3	63,02	36,98
L3,1	83,89	16,11
L3,2	80,00	20,00
L3,3	72,35	27,65
L4	82,80	17,20
L4,1	59,13	40,87
L4,2	52,15	47,85
L4,3	70,71	29,29

Setelah uji impak agregat akan hancur, seberapa banyaknya yang hancur tergantung pada kekerasan agregat yang dihasilkan. Untuk itu dilakukan penyaringan dengan ayakan 2,36mm. Dari tabel diatas ternyata bahwa agregat yang diberi bahan tambahan sisa agregat diatas ayakan yang paling besar adalah L3,1 yaitu sebesar 83,89%, ini berarti agregat tersebut mempunyai kekerasan paling tinggi.

Dari hasil uji di atas dapat disimpulkan bahwa agregat hasil pembakaran lempung dengan komposisi campuran 80% lempung, 10% batubara dan 10% obsidian mempunyai sifat fisik yang paling baik. Campuran ini digunakan untuk uji pembekahan. Uji pembekahan juga dilakukan terhadap campuran 70% lempung (L3) dan 30% obsidian. Komposisi ini yang masuk dalam diagram C.M. Rilley. (L5)

### Uji Sifat Fisik Hasil Pembakaran dengan Tungku Gas

Hasil uji penyerapan air dan berat jenis dari hasil uji pembekahan adalah sebagai berikut :

**Tabel 8.**  
**Data hasil uji penyerapan air dan berat jenis**

Temperatur (°C)	Penyerapan air (%)	Berat jenis(g/cc)
1100		
L3,2	6,70	1,98
L5	20,53	1,95
1150		
L3,2	10,84	1,98
L5	20,69	1,97
1200		
L3,2	10,64	1,88
L5	19,95	1,88

Dari tabel diatas dapat dikatakan bahwa dari kedua campuran tersebut nilai berat jenis menunjukkan hasil yang sama setelah mengalami pemanasan sampai temperatur 1200°C . Penyerapan air dari agregat dapat memenuhi syarat dimana penyerpan air yang dipersyaratkan adalah 20%. Perbedaan pembacaan temperatur pada termokopel dan di dalam tungku menggunakan seger berbeda 200°C.

### Uji Sifat Fisik Hasil Pembakaran dengan Tungku Putar

Hasil pembakaran menunjukkan bahwa temperatur pembakaran sampai 1150°C sudah mulai terjadi sintering yang ditandai dengan terjadinya lengket pada butiran yang menggunakan bahan tambahan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa batu obsidian mempunyai kandungan kapur cukup tinggi yang mengakibatkan menurunnya titik leleh lempung. Untuk pembakaran lebih menguntungkan karena temperatur leleh atau sintering akan lebih rendah. Pembakaran dengan tungku putar hasilnya lebih seragam dan lebih rata.

Hasil uji sepuluh persen kehalusan, penyerapan air, bobot isi, berat jenis agregat ringan dan kuat tekan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 9.**  
**Data hasil pengujian agregat ringan**

No.	10% Kehalusan (%)	Penyerapan (%)	Bobot isi (kg/L)	Berat jenis (kg/L)
1.	10,27	24,55	1,20	1,634
2.	8,34	24,33	1,00	1,727
3.	9,21	27,23	1,10	1,538
Rata-rata	9,27	25,37	1,10	1,633

**Tabel 10.**  
**Data hasil pengujian kuat tekan beton**

No.	Kuat tekan (hari, MPa)		
	7	14	28
1.	20,76	25,23	26,24
2.	21,91	24,99	24,84
3.	20,38	25,73	27,01
Rata-rata	21,02	25,32	26,03

Dari tabel di atas dapat dikatakan bahwa nilai sepuluh persen kehalusan dapat memenuhi syarat SNI 03-6477-2000 Metode Penentuan Nilai Sepuluh Persen Kehalusan untuk Agregat dimana nilai yang disyaratkan adalah 7,5-12,5 %. Penyerapan airnya lebih besar dari yang dipersyaratkan, hal ini kemungkinan sudah terbentuk pori-pori yang terbuka dipermukaan agregat. Bobot isi dapat dikatakan memenuhi syarat karena yang dipersyaratkan adalah 1,12 g/L. Berat jenis dapat memenuhi syarat dimana berat jenis yang dipersyaratkan adalah 1,800 kg/L. Hasil uji kuat tekan memenuhi target yang dipersyaratkan untuk beton ringan struktural yaitu 22,5 MPa.

## KESIMPULAN

1. Potensi lempung di daerah Cilacap dan sekitarnya masih cukup besar,
2. Dari hasil analisa kimia, terbukti

tidak ada lempung yang masuk ke dalam daerah yang dipersyaratkan oleh diagram C.M. Riley,

3. Dari hasil pengujian dan perhitungan, untuk mendapatkan agregat ringan seperti yang dipersyaratkan obsidian yang harus ditambahkan adalah 30%
4. Pengujian nilai 10% kehalusan dari agregat yang dibuat didapat nilai sebesar 9,27%, nilai ini memenuhi persyaratan sebagai agregat untuk beton ringan,
5. Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari adalah 26,03 Mpa

## DAFTAR PUSTAKA

1. -----, 2000. SNI 03-6477-2000 *Metode Penentuan Nilai Sepuluh Persen Kehalusan untuk Agregat*, SNI 03-6477, BSN.
2. -----, 1994, *Tatacara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*, SNI 03-3449.
3. -----, 2006, *Pedoman Pengolahan Abu Batubara*, Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
4. -----, 2004, ASTM, C 330, *Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete*.
5. Andrew Short, Struct E and William Kinburg, 1963, *Lightweight Concrete*, first edition.
6. Goodman, R.E., *Engineering Geology, Rock in Engineering Construction*, Chapter IV, *Shale, Sandstones and Associated Rocks*, Department of Civil Engineering, University of California, Berkley, John Wiley & Sons, Inc.
7. Masruri, N., 1977, *Agregat Lempung Bekah untuk Beton Ringan*, Simposium Peningkatan Mutu dan Efisiensi Penggunaan Bahan

- Bangunan pada Bangunan, Teknik Sipil, ITB.
8. Masruri, N., 1994, Penelitian Kemungkinan Penggunaan Batu Obsidian untuk Agregat Beton, *Jurnal Penelitian Permukiman*, ISSN 0215-0778, Vol. X, No. 5-6, Bandung.
  9. Rilley, C.M., 1951, Relation of Chemical Properties to the Bloating of Clays, *Journal of the American Ceramic Society*, SOC, 34,(4).
  10. Suhendar, 1994/1995, *Perlit, dan Obsidian-Potensi*, Teknologi dan Kegunaan, Laporan Ekonomi Bahan Galian, No.34,Proyek Pengembangan Manajemen Sumberdaya, Puslitbang Teknologi Mineral, Bandung.
  11. Tadaki, M et.al., Artificial Lightweight Aggregate, Technical Report, Onoda Branch Research Laboratory, Onoda Cement, Co.Ltd.