

## PENELITIAN PENGARUH LARUTAN GARAM SULFAT TERHADAP KUALITAS BETON RINGAN

**Andriati Amir Husin**

Pusat Litbang Permukiman

Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan-Kab. Bandung 40393

Email: andriatiamir@yahoo.com

Diterima: 13 Januari 2010; Disetujui: 24 Juli 2010

### **ABSTRAK**

*Beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1.850 kg/m<sup>3</sup>. Dalam percobaan ini agregat yang digunakan berasal dari limbah industri yang berupa fly ash dan bottom ash serta limbah katalis dari proses Residium Catalytic Cracking (RCC). Komposisi campuran yang digunakan adalah satu bagian berat semen berbanding dua bagian berat agregat. Agregat yang digunakan merupakan agregat gabungan yaitu: 75 % fly ash dan 25 % pasir, 75 % pasir dan 25 % limbah katalis RCC dan 100 % bottom ash. Dari hasil percobaan ternyata fly ash, bottom ash dan limbah katalis RCC dapat berfungsi ganda yaitu dapat sebagai bahan pozolan buatan dan sebagai agregat ringan. Untuk komposisi campuran 1 bagian semen: 2 bagian agregat (75 % fly ash, 25 % pasir) dengan penambahan foam agent sebesar 0,8 %, dapat digunakan untuk paparan lingkungan sulfat berat dan sangat berat.*

**Kata Kunci:** Beton ringan, agregat ringan, garam sulfat, limbah industri, limbah katalis

### **ABSTRACT**

*Lightweight concrete is concrete that use lightweight aggregate or mixture coarse aggregate and sand as light fine aggregate with unit weight of concrete maximum 1,850 kg/m<sup>3</sup>. The research employs aggregate of industry waste products, namely fly ash, bottom ash and RCC catalytic waste with the mix design in a ratio of 1:2 of cement to aggregate by weight. The aggregate used are 75 % fly ash and 25 % sand, 75 % sand and 25 % RCC catalytic waste and 100 % bottom ash. The experimental results demonstrates that fly ash, bottom ash and RCC have double functions - that are as artificial pozzoland material and as lightweight aggregate. The composition of 1 part of cement: 2 parts of aggregate (75 % fly ash, 25 % sand) with addition foam agent 0,8 %, satisfies the specified requirements for both heavy sulphate and very heavy sulphate areas.*

**Keyword:** Lightweight concrete, lightweight aggregate, sulphate salt, industry waste, catalytic waste

### **PENDAHULUAN**

Pembangunan nasional dewasa ini menganut paradigma baru selain bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat juga ditujukan untuk meningkatkan kualitas lingkungan. Pembangunan jangka panjang Indonesia di masa mendatang masih akan difokuskan pada sektor industri dan pertanian. Kegiatan pembangunan selain menghasilkan berbagai produk dan jasa, juga akan menghasilkan limbah yang diantaranya adalah limbah dari kegiatan industri, antara lain *bottom ash*, *fly ash* dan limbah katalis dari proses *Residium Catalytic Cracking* (RCC). Proses pemanfaatan limbah dapat dilakukan dengan cara perolehan kembali (*recovery*), pemanfaatan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*). Pemanfaatan ini akan mengurangi limbah yang dihasilkan, baik dari segi kuantitas maupun kualitas dan juga akan mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam.

Pada saat ini pabrik tekstil telah menggunakan batubara sebagai bahan bakar, dimana menurut perkiraan untuk setiap harinya dapat menghasilkan limbah yang berupa *bottom ash* ± 5-10 ton. Industri PLTU Suralaya per tahun dapat menghasilkan *fly ash* sebanyak 288.000 ton dan *bottom ash* sebanyak 547.500 ton sedangkan PLTU Paiton dapat menghasilkan limbah yang berupa *fly ash* sekitar 72.157 ton dan *bottom ash* sebanyak 18.039 ton per tahun. Sedangkan UP VI Pertamina Balongan Indramayu setiap harinya dapat menghasilkan limbah kira-kira 10 ton RCC (Amir, 2008). Sejak tahun 1996 Pusat Litbang Permukiman telah mengadakan penelitian mengenai pemanfaatan limbah batubara untuk komponen bangunan antara lain bata beton berlubang, bata beton pejal, genteng beton, *paving block* dan beton normal.

Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan limbah industri dan limbah katalis untuk beton ringan yang tahan terhadap sulfat.

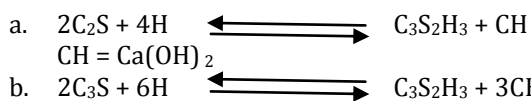
## TINJAUAN PUSTAKA

### Serangan Sulfat dan Akibat yang Ditimbulkan pada Beton

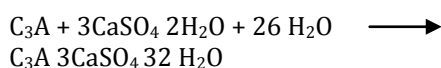
Garam-garam sulfat yang umum terdapat secara alami dalam tanah merupakan garam-garam sulfat yang merugikan karena merupakan kontaminasi sulfat akibat adanya reaksi kimia yang ditimbulkan dengan semen atau beton. Garam-garam tersebut adalah Natrium sulfat dan Magnesium sulfat, yang banyak ditanah alkalis. Garam-garam tersebut mempunyai dampak yang lebih merugikan daripada kerugian yang ditimbulkan oleh gips (Kalsium sulfat), karena garam-garam tersebut tidak hanya lebih mudah larut, tetapi juga menghasilkan konsentrasi sulfat yang lebih besar dalam air tanah dan bereaksi dengan mineral semen, sehingga menyebabkan kerusakan total pada pasta semen (Masruri, 1993).

Pengrusakan akibat senyawa sulfat pada semen dapat dituangkan mekanismenya sebagai berikut:

Pada pengerasan semen portland akan terbentuk



Jadi bila semen mengeras, tiap molekul dikalsium silikat akan membebaskan 0,5 mol kapur dan tiap mol trikalsium silikat akan melepaskan 1,5 mol kapur. Jadi bila semen portland yang dipakai tinggi kadar  $\text{C}_3$  nya, kapur yang akan dibebaskan selama semen mengeras akan lebih besar, dibanding dengan semen yang kadar  $\text{C}_2$  nya tinggi. Terjadinya pembebasan kapur selama semen mengeras, maka pada pasta semen terbentuk saluran kapiler, dimana  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  akan mengalir keluar (bila ia dapat mengalir) atau pada saluran itu terisi kapur. Bila pasta terendam dalam larutan yang mengandung  $\text{SO}_4^{2-}$  maka kapur tadi akan bersenyawa membentuk gips.  $\text{CaSO}_4$ , terbentuknya Kalsium sulfat ini bila kemudian suasananya kering, gips akan membentuk kristalnya yang seperti jarum dan mengembang, mendesak sisi sekitarnya sehingga terjadi pengrusakan pada sisi sekitar itu dan dapat terlihat pasta atau adukan betonnya merapuh. Bila setelah terbentuk gips suasananya basah (lembab) maka gips akan bereaksi dengan  $\text{C}_3\text{A}$  yang ada dalam semen (beton) membentuk garam *calcium trisulfat (ettringite)*.



*Ettringite* dikenal dengan nama *cement bacillus* (kuman semen) akibat terbentuknya garam ini,

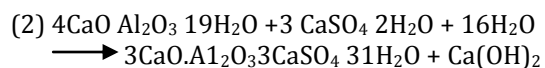
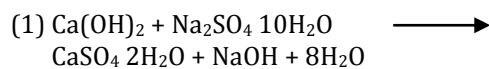
maka beton akan merapuh karena kristal *ettringite* membesar.

Serangan sulfat dijumpai oleh pembebasan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , maka untuk mengurangi terjadinya pengrusakan sulfat, dilakukan pencampuran semen portland biasa dengan bahan yang dapat mengikat kapur (*fly ash* atau tras) dan atau menggunakan semen yang berkadar  $\text{C}_3$  rendah (tipe II atau tipe V) (Anonim, 1989).

Dalam penelitian ini, dicoba untuk menggunakan *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* seperti dimaksud di atas.

### Pengaruh Larutan Sulfat pada Semen

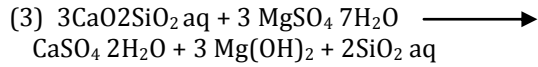
Garam-garam sulfat dengan berbagai bases dapat menyerang semen yang telah mengeras sangat umum. Natrium, Kalium, Ammonium dan beberapa garam sulfat lainnya bereaksi dengan Kalsium hidroksida dalam semen yang mengeras membentuk Kalsium sulfat dan dengan Kalsium aluminat hidrat membentuk garam Kalsium sulfoaluminat yang tidak larut lebih banyak. Reaksi Natrium sulfat dapat dituliskan sebagai berikut:



Terjadinya reaksi (1) tergantung pada kondisi. Dalam air yang mengalir, dengan *supply* garam Natrium sulfat dan keluarnya Natrium hidroksida yang konstan, reaksi tersebut tidak pernah selesai atau sempurna. Natrium hidroksida mengumpul sampai akan dicapai suatu keseimbangan, tergantung pada konsentrasi Natrium sulfat.

Kemudian dengan 5 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  hanya kira-kira sepertiga dari Sulfur trioksida yang ditimbulk sebagai Kalsium sulfat apabila keseimbangan tercapai dan dengan larutan 2 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  hanya kira-kira seperlimanya. Dengan Kalsium sulfat hanya reaksi (2) dapat terjadi. Alkali sulfat tidak menyerang Kalsium silikat hidrat. Untuk beberapa tingkat reaksi cukup besar, karena lebih tidak larut daripada Kalsium sulfat dan akan dihasilkan Alkali silikat. Kalsium hidroksida dihasilkan dalam proses pengerasan tri dan di kalsium silikat bereaksi menurut persamaan (3). Kristal dari gypsum segera terbentuk dari tri kalsium silikat, tetapi dengan di kalsium silikat reaksi berlangsung lebih lambat, cocok dengan kecepatan yang sangat lambat pada senyawa splits dari Kalsium hidroksida dalam air. Magnesium sulfat mempunyai keseimbangan yang tercapai lebih jauh daripada sulfat lainnya dan menguraikan Kalsium silikat hidrat berlebih bila bereaksi dengan Aluminat dan Kalsium hidrat. Apabila tri atau

dikalsium silikat berada dalam larutan Magnesium sulfat, pembentukan kristal gypsum terjadi sangat cepat. Kalsium silikat hidrat bereaksi umumnya sebagai berikut:



Alasannya kenapa peristiwa ini berlangsung sempurna, sedang dengan Natrium sulfat tidak terjadi. Hal itu didapatkan dalam kelarutan yang rendah dari Magnesium hidroksida dan menghasilkan pH rendah dalam larutan yang jenuh dan hanya larut pada tingkat kira-kira 0,01g/L. Larutan jenuhnya mempunyai pH kira-kira 10,5. Ini lebih rendah daripada pH yang dibutuhkan untuk menstabilkan Kalsium silikat hidrat (Masruri, 1993).

#### Bahan Baku

Abu batubara terdiri dari partikel-partikel abu yang berukuran lebih besar dan jatuh ke dasar tungku sebagai abu dasar (*bottom ash*) sekitar 20 % dan partikel-partikel abu yang berukuran lebih kecil diangkut ke atas oleh gas pembakaran (*flue gas*) dan dikumpulkan dengan *Electrostatic Precipitator* (ESP) atau *bag houses* sebagai abu terbang (*fly ash*) sekitar 80 %. Karakteristik kualitas abu batubara ditentukan oleh sifat kimia dan sifat fisiknya sehingga karakteristik abu batubara tergantung pada tipe batubara, kadar abu dalam batubara, proses penggilingan, tipe tungku dan efisiensi proses pembakaran batubara (Anonim, 2006).

#### 1. Abu Dasar (*bottom ash*)

Adalah butiran yang berwarna coklat kekuning-kuningan atau keabu-abuan gelap sampai hitam, berpori, kebanyakan berukuran sama dengan pasir atau partikel-partikel abu dasar yang jauh lebih kasar dari pada abu terbang dengan kisaran ukuran butir dari pasir halus sampai kerikil. Karakteristik abu dasar tergantung pada tipe tungku *boiler* yang digunakan untuk membakar batubara, variasi batubara, sistem pengangkutan (kering atau basah), apakah abu dasar digiling sebelum pengangkutan dan penyimpanan.

Pada pokoknya, komposisi kimia abu dasar sama dengan komposisi kimia abu terbang, tetapi secara khas mengandung banyak karbon yang lebih besar, abu dasar cenderung menjadi lebih tidak reaktif secara relatif karena partikel-partikelnya lebih besar dan lebih leleh daripada abu terbang. Karena partikel-partikel ini sangat leleh sehingga cenderung untuk memperlihatkan aktifitas pozolan dan kurang cocok sebagai bahan pengikat dalam semen atau produk semen.

#### 2. Abu Terbang (*fly ash*)

Adalah butiran halus yang dikumpulkan dari aliran gas pembakaran dengan ESP, *bag houses* atau alat mekanis *cyclones*. Partikel-partikel abu terbang sangat halus, kebanyakan bulat dan bervariasi diameternya yang menyerupai gelembung bulat dengan berbagai ukuran. Ukuran partikel rata-rata 10 µm tetapi dapat bervariasi dari < 1 µm sampai lebih dari 150 µm.

#### 3. Limbah Katalis Residuum Catalytic Cracking (RCC)

Merupakan bahan yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik pada pemisahan minyak mentah seperti komponen bensin, produk samping LPG (*Liquified Petrollium Gas*) dan olefin rendah yang diolah secara proses konversi. Limbah katalis ini mengandung silica dan alumina yang tinggi serta mempunyai sifat *pozzolanic* yang menguatkan bila dicampur semen atau bahan lain, sehingga dapat dimanfaatkan untuk bahan baku berbagai bahan bangunan (Subagja, 2000).

#### 4. Air

Air yang dimaksud adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton, pemadaman kapur, adukan pasangan dan adukan plesteran.

Air untuk keperluan pembuatan beton tidak boleh mengandung lumpur atau benda-benda halus lainnya, seperti bahan tanah liat; bahan-bahan golongan zat organik, seperti gula, asam humat, dan lain-lain; bahan-bahan yang terlarut seperti garam-garam sulfat, khlorida, asam dan basa (Anonim, 2002).

Persyaratan air untuk beton:

- Air harus bersih;
- Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapan lainnya yang dapat dilihat secara visual;
- Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2g/L;
- Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik, dsb) lebih dari 15 g/L. Kandungan khlorida tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO<sub>3</sub>;
- Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%;

- Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya;
- Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat di atas air tidak boleh mengandung khlorida lebih dari 50 ppm.

5. **Foam Agent**

*Foam agent* adalah suatu larutan pekat dari bahan *surfactant*, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air.

*Detergent* (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>15</sub>OSO<sub>3</sub>-Na<sup>+</sup>) mengandung zat "surface active" (*surfactant*). Dilihat dari struktur molekulnya, *detergent* mempunyai dua gugus yang penting yaitu gugus liofil (yang menarik pelarut) dan gugus liofob (yang menolak pelarut). Gugus liofil dapat berupa gugus khlorida atau gugus bromida, atau gugus lain yang umumnya merupakan gugus yang pendek. Gugus liofob biasanya terdiri dari rantai alifatik atau aromatik yang umumnya terdiri dari paling sedikit sepuluh atom karbon. Dalam pelarut air, gugus liofil yang juga disebut gugus hidrofil akan menarik molekul air, sedangkan gugus liofob yang juga disebut hidrofob akan menghadap ke udara (Anonim, 2008).

Dalam percobaan ini *surfactant* yang digunakan adalah *foam cement admixture*. Dengan menggunakan Fosroc *foam generator* maka dapat dihasilkan *pre foam* awal yang stabil dalam kondisi basa, oleh karena itu cocok untuk digunakan pada produksi mortar yang mengandung busa. Dengan mengontrol banyaknya *pre foam* yang ditambahkan ke dalam *premixed* mortar maka berat jenis yang diinginkan dapat tercapai dengan mengadakan percobaan-percobaan. Biasanya jika berat jenis yang diinginkan turun sampai 1000 kg/m<sup>3</sup> maka campuran yang digunakan adalah 2 bagian agregat dan 1 bagian semen tetapi apabila diinginkan berat jenis dibawah 1000 kg/m<sup>3</sup> maka campuran yang digunakan adalah 1 bagian agregat dan 1 bagian semen.

Diagram Beton Ringan dapat dilihat pada gambar 1 (terlampir).

**METODE PENELITIAN**

**Bahan dan Alat**

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah: *fly ash*, *bottom ash*, limbah katalis RCC, pasir, semen portland, garam Natrium sulfat, *foam agent*, air dan lain-lain.

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah: ayakan, timbangan, gelas ukur, *mixer*, cetakan, alat uji dan lain-lain.

**Pelaksanaan Penelitian**

Data yang dikumpulkan merupakan data primer. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan membuat benda uji di laboratorium bahan bangunan.

Ukuran benda uji: kuat tekan, berat jenis dan absorpsi adalah 5 cm x 5 cm x 5 cm, kuat tarik sesuai dengan ASTM C 190 dan ketahanan terhadap garam sulfat adalah 5 cm x 5 cm x 3 cm.

Jenis pengujian: kuat tekan, kuat tarik, berat jenis, absorpsi dan ketahanan terhadap garam natrium sulfat dengan benda uji untuk setiap pengujian masing-masing tiga buah.

Pengujian dilakukan sesuai dengan: Kuat tekan (SNI 15-2049), kuat tarik (ASTM C 190) dan ketahanan terhadap garam sulfat (ASTM C301).

**Rancangan Percobaan**

Komposisi campuran yang digunakan adalah 1 bagian berat semen: 2 bagian berat agregat. Agregat yang digunakan:

- Campuran I : 75 % *fly ash*, 25 % pasir dan *foam agent* sebanyak 0,8 %
- Campuran II : 100 % *bottom ash* dan *foam agent* sebanyak 0,8 % dan
- Campuran III : 25 % RCC, 75 % pasir dan *foam agent* sebanyak 0,8 %.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengujian bahan baku, ketahanan terhadap garam sulfat, berat jenis, kuat tekan, kuat tarik dan absorpsi dapat dilihat pada tabel 1 s.d. tabel 4.

**Tabel 1** Data Hasil Pengujian Sifat Fisik Bahan Baku

No	Parameter	Pasir	Fly ash	Bottom Ash	Limbah Katalis RCC
1.	Kadar Air (%)	0,30	0,43	1,23	5,83
2.	Kadar Bahan yang Lolos Saringan 0,075 mm (%)	14,18	85,62	26,83	73,39
3.	Zat Organic Bobot Isi (kg/L):	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
4.	Gembur Padat	1,333 1,574	0,836 1,067	0,975 1,192	0,817 1,042
5.	Berat Jenis (g/cc)	2,58	1,19	1,21	1,89
6.	Angka Kehalusan	2,5	1,8	3,1	1,1

Sumber: Laboratorium Bahan Bangunan, Puskim

**Tabel 2** Data Hasil Pengujian Ketahanan terhadap Garam Sulfat

No.	Campuran	Kehilangan Berat (%)
1.	I	7,68
2.	II	8,26
3.	III	11,09

Sumber: Laboratorium Bahan Bangunan, Puskim

**Tabel 3** Data Hasil Pengujian Berat Jenis, Kuat Tekan dan Kuat Tarik

No.	Campuran	Berat Jenis (g/cc)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)
		Hasil	Hasil	Hasil
1.	I	1,85	31	2,9
2.	II	1,48	24	2,0
3.	III	1,57	12	0,9

Sumber: Laboratorium Bahan Bangunan, Puskim

**Tabel 4** Data Hasil Pengujian Absorpsi

No.	Campuran	Absorpsi (24 jam, %) Berdasarkan Berat Kering Oven
1.	I	6,04
2.	II	6,59
3.	III	8,33

Sumber: Laboratorium Bahan Bangunan, Puskim

Kadar air pasir, *fly ash* dan *bottom ash* masing-masing sebesar 0,30 %, 0,43 % dan 1,23 % dapat memenuhi syarat sebagai bahan pozolan yaitu sebagai mineral *admixture* untuk beton, menurut ASTM C 618-03 kadar air yang disyaratkan adalah 3 %. Sedangkan kadar air limbah katalis *RCC* tidak memenuhi syarat, karena hasil yang diperoleh dari percobaan adalah 5,83 %, jadi apabila akan digunakan limbah katalis *RCC* harus dikeringkan terlebih dahulu. Menurut penelitian terdahulu kandungan oksida silika, besi dan aluminium dari *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* lebih besar dari 70 % jadi ketiga bahan tersebut dapat dikategorikan sebagai bahan pozolan buatan. Bahan pozolan dapat menambah reaktifitas semen, stabilitas dimensi dan memproduksi gas sehingga dapat menciptakan rongga dalam beton yang dapat meningkatkan workabilitasnya. Pasir, *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* tidak mengandung zat organik karena warna larutan yang berada di atas bahan tersebut lebih muda dari larutan standar, jadi bahan tersebut dapat memenuhi syarat sebagai bahan pencampur beton. Berat isi gembur *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* berkisar antara 0,817 kg/L - 0,975 kg/L. Menurut SNI 03-2461-2002, bobot isi gembur agregat halus maksimum 1,100 kg/L, jadi ketiga bahan tersebut dapat memenuhi syarat sebagai agregat ringan untuk beton struktural. Berdasarkan beratnya agregat dapat dibagi menjadi tiga, yaitu agregat ringan, agregat normal dan agregat berat. Agregat ringan mempunyai berat jenis sampai dengan 1,8 g/cc. Dari hasil penelitian ternyata berat jenis *fly ash*, *bottom ash* masing-masing sebesar 1,19 g/cc dan 1,21 g/cc, jadi *fly ash*, *bottom ash* dapat memenuhi syarat sebagai agregat ringan. Sedangkan berat jenis *RCC* yang dicapai pada penelitian ini sedikit lebih besar daripada yang dipersyaratkan. Angka kehalusan pasir, *fly ash* dan *bottom ash* dapat memenuhi syarat, dimana persyaratan modulus kehalusan

untuk agregat halus menurut SNI 03-1750-1990. adalah 1,5 – 3,8.

Menurut SNI 03-1750-1990, persyaratan agregat terhadap larutan jenuh Natrium sulfat adalah 12 %. Jadi keempat campuran tersebut dapat memenuhi syarat (tabel 2). Menurut SNI 03-2461-2002 persyaratan kuat tekan dan kuat tarik ditentukan oleh berat jenis betonnya pada umur 28 hari dan pemakaian agregat ringannya. Apakah semuanya menggunakan agregat ringan atau agregat ringan dicampur dengan pasir. Pada percobaan ini agregat yang digunakan dicampur dengan pasir. Dari tabel 3 ternyata kuat tekan untuk campuran III tidak memenuhi syarat sedangkan untuk campuran yang lainnya dapat memenuhi syarat. Menurut SNI 03-2915-1992, kuat tekan minimum 31 MPa dapat digunakan untuk paparan lingkungan sulfat berat dan sangat berat. Hal ini dapat dicapai oleh campuran I dimana nilai kuat tekan rata-rata yang dicapai sebesar 31 MPa. Struktur-struktur beton yang berhubungan dengan air, kedap air lebih penting daripada kekuatannya. Untuk mendapatkan beton kedap air maka dilakukan salah satunya adalah pengujian absorpsi dengan menambahkan *fly ash*, *bottom ash* dan *RCC* ke dalam beton. Penambahan *fly ash*, *bottom ash* dan *RCC* dapat memperbaiki sifat-sifat beton karena *fly ash*, *bottom ash* dan *RCC* mempunyai sifat pozolan. Dari hasil pengujian absorpsi (tabel 4) ternyata campuran I dan campuran II dapat memenuhi syarat dengan nilai berkisar antara 6,04 % - 6,59 % sedangkan untuk campuran III tidak memenuhi syarat. Hal ini karena bentuk partikel limbah katalis *RCC* lebih halus daripada yang lainnya. Syarat absorpsi apabila direndam dalam air selama 24 jam maksimum 6,5 % terhadap berat kering oven.

## KESIMPULAN

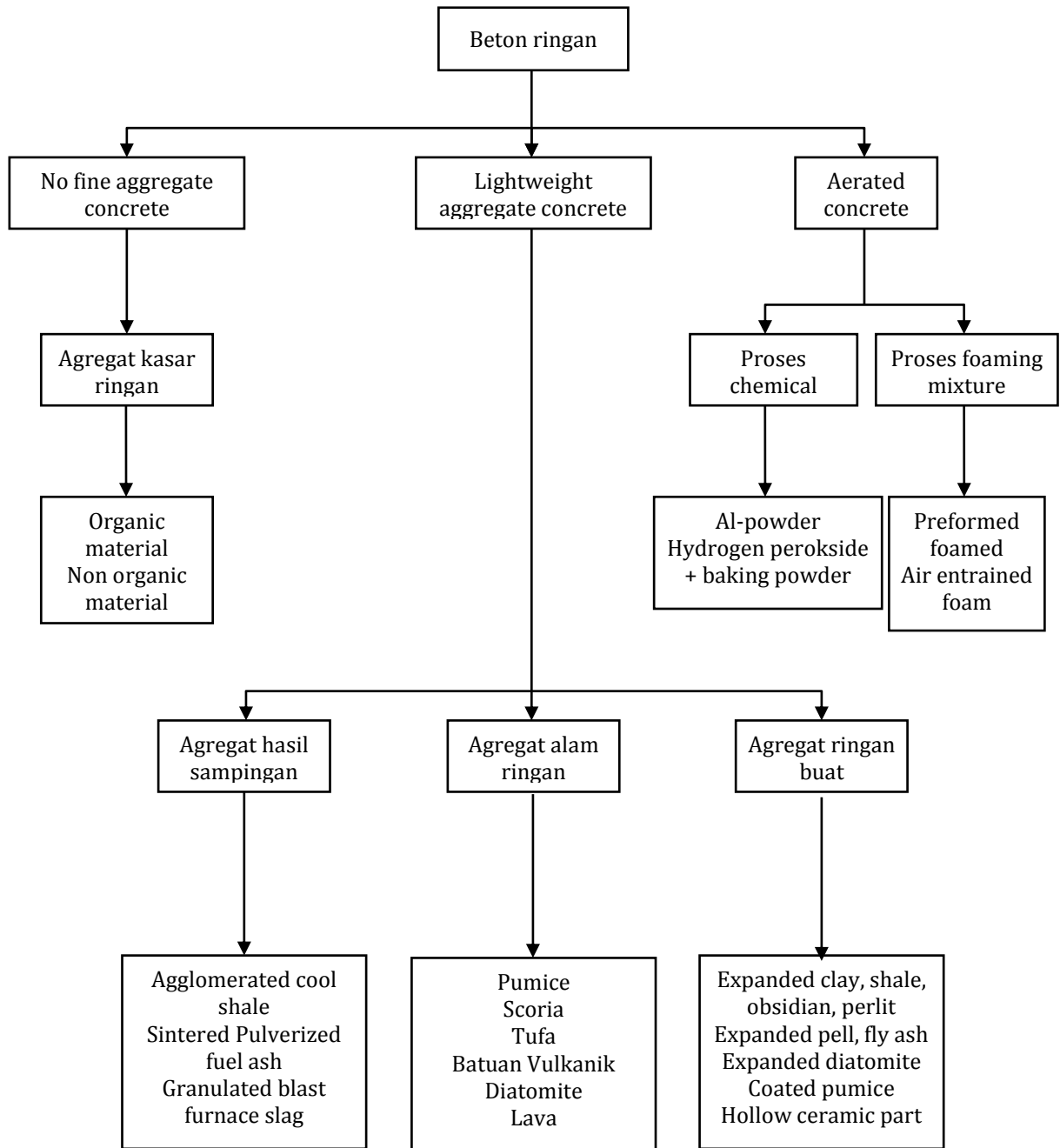
1. *Fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* dapat berfungsi sebagai bahan pozolan buatan
2. *Fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* dapat berfungsi sebagai agregat ringan
3. Hasil pengujian ketahanan terhadap sulfat, kehilangan beratnya berkisar antara 7,68 % - 11,09 %
4. Dilihat dari kuat tekan, *fly ash* dan *bottom ash* dapat memenuhi syarat sebagai agregat ringan untuk beton struktural sedangkan limbah katalis *RCC* tidak memenuhi syarat
5. Beton dengan campuran 1 bagian semen : 2 bagian agregat (75 % *fly ash*, 25 % pasir), *foam agent* 0,8 % dapat digunakan untuk paparan lingkungan sulfat berat dan sangat berat
6. Hasil pengujian berat jenis beton berkisar antara 1,48 g/cc – 1,85 g/cc

7. Hasil pengujian absorpsi dapat memenuhi persyaratan dimana nilai absorpsi yang dipersyaratkan menurut SNI 03-2914-1992 adalah 6,5 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amir, A.H. dan Setiadji, R, 2008. Pengaruh Penambahan *Foam Agent* terhadap Kualitas Beton. *Jurnal Permukiman* Volume 3 No. 3: 196-207.
- Anonim. 1989. *Penelitian dan Pengembangan Bahan dan Konstruksi Perpipaan Air Limbah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman.
- ..... 1990. SNI 03-1750-1990: Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Badan Standardisasi Nasional.
- ..... 1992. SNI 03-2914-1992: Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air. Badan Standardisasi Nasional.
- ..... 2002. SNI 03-2915-2002: Spesifikasi Beton Tahan Sulfat. Badan Standardisasi Nasional.
- ..... 2002. SNI 03-2461-2002: Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural. Badan Standardisasi Nasional.
- ..... 2002. SNI 03-6861.1-2002: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). Badan Standardisasi Nasional.
- ..... 2006. *Pedoman Pengelolaan Abu Batubara*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- ..... 2007. *Pengembangan Teknologi Limbah Industri sebagai Beton Ringan untuk Mendukung Pembangunan Perumahan*. Pusat Litbang Permukiman.
- Masruri, N. 1993. Pengaruh Garam Sulfat terhadap Beton dan Cara Pencegahannya. *Jurnal Pemukiman* Volume IX No. 11 - 12.
- Subagja, A. 2000. *Kajian Laboratorium: Pemanfaatan Limbah Katalis RFCC sebagai Bahan Substitusi Semen Portland pada Mortar dan Beton*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.

Lampiran:



Gambar 1 Diagram Beton Ringan (Anonim, 2007)