

# PEMANFAATAN LIMBAH PERLITE SEBAGAI MATERIAL BATA BETON RINGAN

(THE USAGE OF PERLITE WASTE AS MATERIAL OF LIGHTWEIGHT CONCRETE MASONRY)

Kuntari Adi Suhardjo, Ariyadi Basuki

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik – BPPI, DEPPERIN

Jl. Sangkuriang 14, Bandung 40135, Telp 022.2504828, Fax 022.2502027

email b4t@b4t.go.id

## ABSTRAK

Limbah perlit dari industri selama ini dibuang. Perlit mempunyai kandungan silika tinggi, sehingga dapat dipakai sebagai campuran bata beton. Konstruksi dinding merupakan bagian elemen struktur beton yang memiliki luas area besar karena sifatnya sebagai penutup dari suatu bangunan. Penggunaan agregat ringan pada dinding beton merupakan teknik substitusi agregat alam agar bobot sendiri elemen struktur dapat direduksi. Material perlite memiliki karakteristik berat jenis yang paling ringan dalam kelas agregat ringan. Dalam penelitian ini telah dilakukan serangkaian eksperimen dengan tujuan untuk memanfaatkan limbah perlite pada campuran bata beton guna mereduksi berat sendiri, tetapi masih memenuhi kriteria dari persyaratan standar. Rancangan eksperimen untuk komposisi bata beton 1:7 dan 1:8, dengan kriteria substitusi agregat alam oleh perlite sebesar : 11,46%, 22,92%, 34,38%, 45,84%, 57,30%, 68,77% dan 80,23% (perbandingan volume). Rancangan komposisi tersebut selanjutnya diamati sifat fisiknya dan diuji, sehingga diperoleh karakteristik kuat tekan, bobot sendiri dan penyerapan air yang optimal. Hasil eksperimen tersebut menunjukkan nilai kuat tekan optimal tercapai untuk penambahan perlite sebesar 12%. Penambahan diatas 12% tidak lagi memberikan kenaikan kuat tekan, karena kandungan silika dalam perlite tidak mampu diikat lagi oleh Calcium Hidroksida, sehingga tidak akan terbentuk CSH gel yang dapat berkontribusi pada peningkatan kekuatan tekan bata beton. Pengurangan bobot sendiri yang signifikan terjadi untuk komposisi 1:7 (dengan kandungan perlite sebesar 57,30%) sebesar 39,04% dan untuk komposisi 1:8 (dengan kandungan perlite sebesar 68,77%) sebesar 21,64%.

**Kata kunci:** perlite, komposisi campuran bata beton perlite, bata beton ringan

## ABSTRACT

*All this time industrial perlite waste is not been used as material. Perlite has high contains of silicate, that can be used as mixture material of light weight concrete masonry. Wall Construction is a part of concrete structural element which has a larger area compare to other structural element. Application of lightweight aggregate in concrete wall is a substitution technique to reduce self weight of normal concrete wall when using natural aggregate. Perlite is one of lightweight aggregate which has lightest density. This research will conduct several experiments to optimize the use of perlite in concrete masonry product which can reduce self weight of the product but still accomplish with standard criteria. Designs of concrete masonry experiment are using composition 1:7 and 1:8. The substitution criteria for natural aggregate with perlite content are 11,46%, 22,92%, 34,38%, 45,84%, 57,30%, 68,77% and 80,23% (volume comparison). The observations of results are focusing on physical criteria such as compressive strength, self weight and water absorption. Experiment result shows that optimal value of compressive strength reach when concrete masonry has a perlite content up to 12%. Addition of perlite content above 12 % will not increase the value of compressive strength. High perlite quantity will increase silica content inside concrete masonry. The amount silica content which has to react with calcium hydroxide is not balanced. This situation will not produce CSH (gel) which has affect to compressive strength value. Composition 1:7 with 57,30% perlite content can reduce self weight of concrete masonry product up to 39,04%, and for composition 1:8 with 68,77% perlite content can also reduce self weight of the product up to 21,64%.*

**Keywords:** perlite, concrete masonry composition using perlite, lightweight concrete masonry

## I. PENDAHULUAN

Perlit di Industri pupuk dipergunakan sebagai bahan isolasi tanki amoniak. Untuk menjaga fungsi perlit sebagai isolator tetap baik maka setiap periode tertentu perlit tersebut harus diganti. Selama ini limbah perlit tidak dimanfaatkan dan hanya dibuang. Perlit dimungkinkan sebagai bahan campuran beton mengingat perlit mengandung silika yang cukup tinggi sekitar 75%. Silika dapat menambah daya ikat pasta semen dalam beton, sehingga dapat memberikan peningkatan nilai kuat tekan pada produk beton. Dalam rangka memanfaatkan limbah perlit tersebut sebagai campuran bahan beton bangunan perlu dilakukan penelitian. Mengingat bentuk struktur bangunan akan dipengaruhi oleh beban kerja yang direncanakan, termasuk didalamnya bobot sendiri dari elemen struktur bangunan yang dipergunakan. Bobot sendiri konstruksi bangunan merupakan akumulasi dari bobot elemen-elemen struktural yang saling terkait dalam mendukung kestabilan daya dukung konstruksi bangunan. Elemen-elemen struktur bangunan terdiri atas : rangka atap, konstruksi dinding, pelat lantai, balok dan kolom. Elemen struktur yang berdimensi ramping tentunya akan mereduksi bobot totalnya. Salah satu upaya untuk mereduksi bobot bangunan dengan mengembangkan teknologi bangunan konstruksi yang ringan. Hal tersebut diupayakan melalui : pemilihan material bangunan yang ringan dan penggunaan teknologi beton prategang (*prestressed*). Konstruksi bangunan ringan diupayakan dengan mengembangkan alternatif penggunaan agregat ringan sebagai substitusi agregat pasir pada konstruksi beton dan produk turunannya.

Dibeberapa negara maju, penggunaan perlite telah diaplikasikan pada konstruksi pelat beton dan sebagai bahan isolasi tahan panas pada bangunan dan perumahan. Hal tersebut dikarenakan bahan perlite mempunyai berat jenis yang relatif lebih ringan dibanding agregat biasa.

Penelitian ini merupakan studi pengembangan manfaat material perlite pada konstruksi bangunan melalui aplikasinya sebagai bahan substitusi agregat pasir pada produk bata beton ringan yang akan memiliki karakteristik sifat fisik yang lebih baik dibandingkan bata beton normal yaitu kuat tekan yang memenuhi persyaratan disertai bobot yang lebih ringan. Hal tersebut

diharapkan dapat memberikan alternatif solusi peningkatan mutu dan karakteristik fisik dari bata beton biasa melalui penggunaan perlite sebagai salah satu jenis agregat ringan.

## Teori

Agregat ringan diklasifikasikan dalam dua kategori, yaitu :

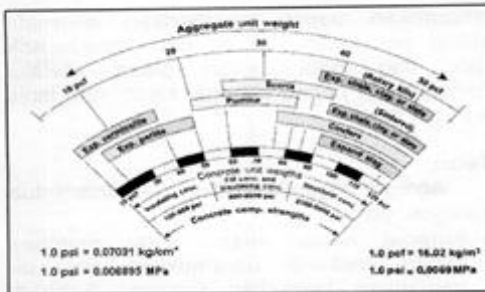
- Agregat ringan alami yang diproses secara mekanis (diremukkan atau dihancurkan, kemudian disaring). Sebagai contoh : batu apung (*pumice*), *scoria*, dll.
- Agregat ringan dari material alam atau produksi samping (*by product*) yang diproses dengan suhu tertentu (dipanasakan dengan suhu tinggi, dll). Sebagai contoh : *clay, shale, slate, perlite dan vermiculite*.

Agregat ringan sesuai British Standar (BS EN 13055) adalah agregat dengan kepadatan partikel (berat jenis kering) kurang dari  $1200 \text{ kg/m}^3$ .

Produk beton ringan menurut British Standar (BS EN 206-1) adalah beton dengan berat jenis kering berkisar antara  $800 - 2000 \text{ kg/m}^3$ , dengan komposisi paduan agregat alam dan agregat ringan atau seluruhnya menggunakan agregat ringan.

Perlite sebagai salah satu kategori agregat ringan merupakan material vulkanik yang memiliki permukaan halus (*glassy*), kandungan air berkisar 2 - 6 % dengan berat jenis 30 -  $240 \text{ kg/m}^3$ . Untuk memperoleh material perlite yang siap pakai, diperlukan proses penghancuran material hingga ke ukuran gradasi tertentu dan secara cepat dipanaskan hingga mencapai titik leburnya. Proses pemanasan ini dilakukan dalam tungku pemanas dengan kisaran suhu  $870^\circ \text{C}$ . Pada temperatur ini, air terpisah dan partikel batuan mengembang membentuk balon/gelembung yang berisi udara didalamnya.

Produk bangunan yang mengandung campuran perlite (mortar, insulasi, dll), memiliki sejumlah keunggulan antara lain : sifat kelecakan (*workability*) yang baik sehingga mudah untuk penanganan dan pemasangan (*handling*), produk yang ramah lingkungan (rendah akan kandungan zat kimia yang berbahaya), memiliki ketahanan terhadap retakan karena daya rekat yang lebih baik. Perlite yang volumenya telah mengembang (*expanded perlite*) telah digunakan sebagai isolasi panas (*thermal insulation*) untuk pipa dan peralatan pabrik



Gambar 1. Spektrum Agregat Ringan

lainnya yang beroperasi dalam kondisi temperatur tinggi.

Perlite memiliki komposisi unsur seperti berikut :  $\text{SiO}_2$  (74.2%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12.3%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1.9%),  $\text{CaO}$  (0.1%),  $\text{K}_2\text{O}$  (2.8%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (8.3%),  $\text{MgO}$  (0.4%). Kandungan silika yang cukup tinggi tersebut ( $\pm 75\%$ ) akan menambah daya ikat pasta semen dalam beton (hasil reaksi hidrasi semen) sehingga dapat memberikan peningkatan nilai kuat tekan pada produk beton.

Penggunaan perlite pada produk beton isolasi yang ekonomis pada umumnya menggunakan komposisi campuran 1 : 6 (1 bagian volume semen yang dipadukan dengan 6 bagian volume perlite). Komposisi ini memiliki berat jenis 384 – 480  $\text{kg/m}^3$  dengan karakteristik kuat tekan 8,788 – 14,0614  $\text{kg/cm}^2$ .

Klasifikasi mutu bata beton berdasar standar mutu bata beton pejal (SNI-03-0349-1989) yaitu :

- Tingkat mutu I, rata-rata kuat tekan minimum = 70  $\text{kg/cm}^2$ , dengan tingkat penyerapan air = 25%.
- Tingkat mutu II, rata-rata kuat tekan minimum = 50  $\text{kg/cm}^2$ , dengan tingkat penyerapan air = 35%.
- Tingkat mutu III, rata-rata kuat tekan minimum = 35  $\text{kg/cm}^2$

- Tingkat mutu IV, rata-rata kuat tekan minimum = 20  $\text{kg/cm}^2$

Produk beton dapat diklasifikasikan seperti berikut :

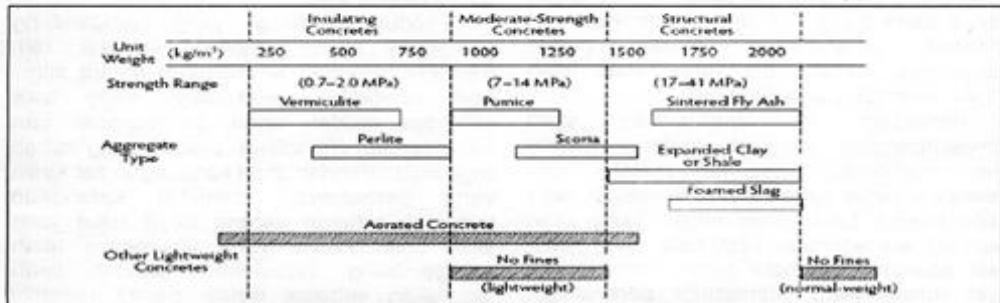
- Beton isolasi dengan kandungan perlite, vermiculite yang memiliki karakteristik :
  - berat jenis berkisar antara 320 – 801  $\text{kg/m}^3$
  - kuat tekan berkisar antara 7 - 56  $\text{kg/cm}^2$
- Beton isolasi dan pengisi dengan kandungan batu apung (pumice), scoria yang memiliki karakteristik berikut :
  - berat jenis berkisar antara 801 - 1361  $\text{kg/m}^3$
  - kuat tekan berkisar antara 56 - 140  $\text{kg/cm}^2$ .
- Beton struktural dengan kandungan shale, clay, slate, slag, yang memiliki karakteristik berikut :
  - berat jenis berkisar antara 1361 - 1922  $\text{kg/m}^3$
  - kuat tekan berkisar antara 175 - 421  $\text{kg/cm}^2$
  - berat jenis berkisar antara 1361 - 1922  $\text{kg/m}^3$

Kegiatan penelitian merupakan rangkaian studi eksperimen dan pengujian dalam laboratorium. Campuran bata beton dengan perlite akan diuji pada umur 14 dan 28 hari, untuk mengamati karakteristik sifat dari komposisi tertentu dan memilih komposisi dengan karakteristik sifat yang diinginkan (kuat tekan yang memenuhi persyaratan dan bobot yang ringan).

### Bahan dan pelaksanaan kegiatan penelitian

Untuk kegiatan penelitian ini, akan dipergunakan bahan-bahan seperti berikut :

- Pasir beton (galunggung)
- Semen tipe I
- Perlite



Gambar 2. Jenis Produk Beton Dengan Agregat Ringan

**Tabel 1.** Variasi Campuran Bata Beton dan Perlit dengan ratio 1:7 dan 1:8

Kode	Perbandingan Volume			%PerliteSeram
	Semen	Pasir Beton	Perlite	
Campuran Bata Beton : Perlit = 1:7				
1A	1	7	-	0
1B	1	6	1	11,46
1C	1	5	2	22,92
1D	1	4	3	34,38
1E	1	3	4	45,84
1F	1	2	5	57,30
1G	1	1	6	68,77
Campuran Bata Beton : Perlit = 1:8				
2A	1	8	-	0
2B	1	7	1	11,46
2C	1	6	2	22,92
2D	1	5	3	34,38
2E	1	4	4	45,84
2F	1	3	5	57,30
2G	1	2	6	68,77
2H	1	1	7	80,23

Peralatan bantu seperti :

- Saringan/ayakan pasir
- Sendok tembok, ember, sekop
- Timbangan
- Oven
- Mixer untuk campuran bata beton
- Alat pencetak bata beton dengan pemadat dan penggetar

Jenis pengujian dalam penelitian ini :

- Pengujian penyerapan air, bertujuan untuk menentukan persentase air dalam bata beton
- Pengujian kuat tekan bata beton
- Analisa Bobot Sendiri Bata Beton

### Rancangan Campuran Bata Beton

Campuran bata beton dirancang menggunakan komposisi bahan yang terdiri atas : pasir beton, perlit, dan Semen tipe I. Variasi komposisi seperti terlihat pada Tabel 1.

Variasi campuran tersebut dikategorikan seperti berikut :

- Campuran bata beton normal sebagai beton kontrol.
- Campuran bata beton dengan penambahan perlit untuk mencari komposisi yang optimum.

Setelah campuran beton selesai dicampur (*mixing*) kemudian dituang ke dalam cetakan yang disertai pemadatan dengan penggetaran (*vibration*) dan gaya gravitasi (beban impact).

## II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan sampel uji bata beton tersebut direncanakan pada umur 14 dan 28 hari untuk kuat tekan, dan penyerapan air untuk umur 28 hari saja.

Hasil pengujian seperti tertera pada tabel dan gambar berikut :

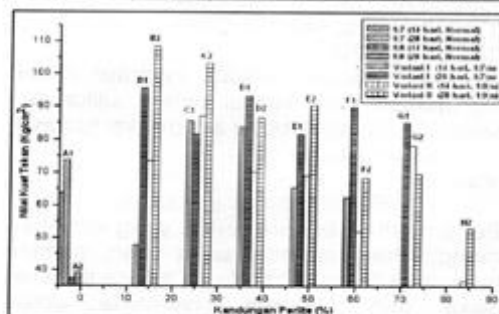
Hasil penelitian yang telah ber-kembang selama ini tentang aplikasi agregat ringan pada beton, diintrepe-tasikan dalam bentuk spektrum agregat ringan (Gambar 1),

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa untuk komposisi campuran 1:7 dan 1:8 terdapat hal-hal berikut :

- Bata beton acuan pada komposisi 1:7 termasuk kelas mutu I (standar SNI), sedangkan untuk komposisi 1:8 masuk kelas mutu III (standar SNI).
- Komposisi 1B merupakan titik optimal nilai kuat tekan yang dicapai untuk variasi campuran 1:7, dengan nilai kuat tekan 95,56 kg/cm<sup>2</sup> dengan pemanfaatan perlit sebesar 11,46% (Gambar 3). Komposisi ini termasuk kategori kelas mutu I, meski begitu tidak terjadi reduksi bobot yang signifikan dibandingkan bata beton acuan. Sedangkan untuk komposisi 2B merupakan titik optimal nilai kuat tekan untuk variasi

**Tabel 2.** Hasil Uji Mutu Bata Beton dan Perlit dengan ratio 1:7 dan 1:8

Kode	Nilai Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )		Penyerapan air (%)	Berat (gr)	Berat Jenis Kering (kg/m <sup>3</sup> )
	14 Hari	28 Hari			
Campuran Bata Beton : Perlit = 1:7					
1A	63,75	73,89	10,99	2419,50	1814,60
1B	47,78	95,56	9,55	2415,00	1847,83
1C	85,83	81,67	13,93	2143,00	1680,69
1D	83,89	93,33	9,95	2322,00	1807,72
1E	65,56	81,67	9,64	2167,00	1748,99
1F	62,50	90,00	34,31	1475,00	1174,37
1G	16,11	85,28	30,48	1481,50	1222,37
Campuran Bata Beton : Perlit = 1:8					
2A	37,50	39,17	15,96	2160,00	1700,81
2B	73,61	108,61	9,52	2480,00	1838,40
2C	87,22	103,33	10,00	2321,00	1788,80
2D	70,28	86,67	16,68	1869,50	1521,94
2E	69,17	90,56	14,08	1886,00	1534,60
2F	51,94	68,61	15,92	1850,50	1513,61
2G	78,33	69,72	20,53	1892,50	1358,36
2H	36,67	53,06	20,61	1477,50	1314,50



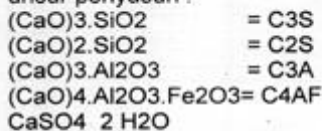
**Gambar 3.** Hubungan Antara Nilai Kuat Tekan dan Kandungan Perlit Terhadap Semen (usia 14 dan 28 hari) Untuk Campuran Bata Beton dan Perlit 1:7 dan 1:8

1:8 dengan nilai kuat tekan 108,61 kg/cm<sup>2</sup> dengan pemanfaatan perlitse sebesar 11,46% (Gambar 3), yang juga dikategorikan kelas mutu I. Reduksi bobot tidak terjadi pula pada komposisi ini, justru kenaikan bobot terjadi karena rongga pasir terisi oleh butiran halus perlitse yang diindikasikan dengan kenaikan bobot maupun berat jenis campuran.

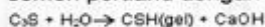
- Perubahan bobot (Gambar 5) yang signifikan mulai terlihat pada komposisi 1F dan 2G yang dikategorikan pada kelas mutu II.

Jika mengacu pada spektrum agregat ringan, komposisi 1B dan 2B

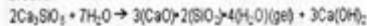
- dikategorikan sebagai beton pengisi/ isolasi dengan bobot yang lebih berat. Hal tersebut tidak memberikan nilai tambah bila dibandingkan pada produk beton isolasi/pengisi sejenis.
- Mengacu pada spektrum agregat ringan, komposisi 1F dan 2G menunjukkan dapat menjadi alternatif baru bagi produk beton isolasi dan pengisi sejenis yang selama ini menggunakan agregat ringan batu apung, dengan tingkat penyerapan perlitse sebanyak 57,30% dan 68,77%.
- Penggunaan perlitse yang semakin tinggi konsentrasinya pada campuran (Gambar 4), memiliki kecenderungan menurunkan mutu dan kualitas bata beton, meskipun nilainya masih berada diatas nilai acuan (beton normal). Hal ini erat kaitannya dengan proses hidrasi yang terjadi dalam bata beton sebagai akibat reaksi kimia semen dengan air. Semen dengan unsur-unsur penyusun :



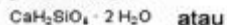
Dimana, Calcium Silicate Hydrate (CSH) merupakan hasil reaksi antara silika dari semen portland dengan air. (reaksi hidrasi)



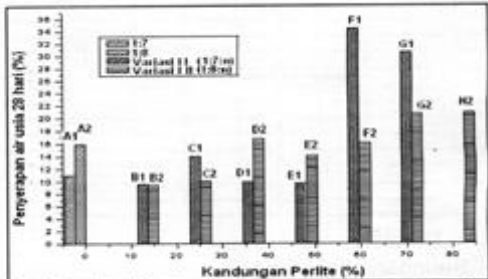
atau



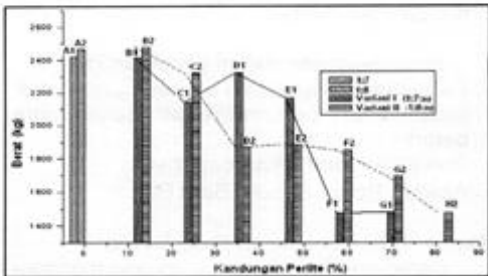
Penambahan bahan perlitse yang dominan mengandung material silika akan memicu terjadinya reaksi pozzolanic antara material silika dan Calcium Hydroxide untuk membentuk Calcium Silicate Hydrate.



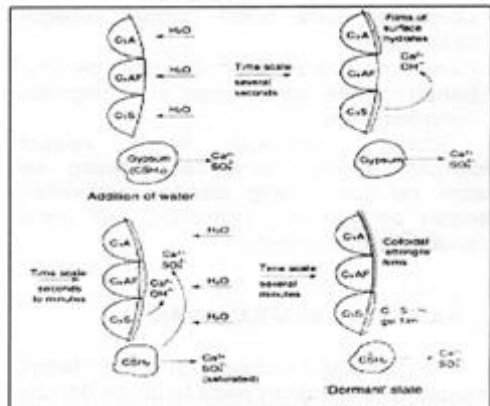
Calcium Silicate Hydrate (CSH) merupakan produk utama dari hidrasi semen portland dan berkontribusi untuk menghasilkan kekuatan pada material paduan berbasis semen, maka penambahan material silika dalam dosis yang berlebih



**Gambar 4.** Hubungan Antara Nilai Penyerapan Air dan Kandungan Perlitse Terhadap Semen (usia 14 dan 28 hari) Untuk Campuran Bata Beton dan Perlit 1:7 dan 1:8



**Gambar 5.** Hubungan Antara Nilai Berat dan Kandungan Perlitse Terhadap Semen (usia 14 dan 28 hari) Untuk Campuran Bata Beton dan Perlit 1:7 dan 1:8



**Gambar 6.** Reaksi Hidrasi Semen Dalam Bata Beton



tanpa diimbangi ketersediaan Calcium Hydroxide (hasil dari reaksi hidrasi) tidak akan memicu terjadinya reaksi pozolanic yang dapat meningkatkan ikatan antara partikel dan menyumbangkan tambahan kekuatan tekan pada bata beton.

Dengan demikian penggunaan bahan perlit dapat meningkatkan nilai kuat tekan dari produk bata beton normal. Nilai kuat tekan optimal dicapai untuk penambahan perlit hingga 12% dari bobot semen. Penambahan diatas 12% tidak memberikan lagi kenaikan nilai kuat tekan, hal ini disebabkan karena penambahan silika yang berasal dari perlit tidak dapat diikat lagi oleh Calcium Hidroksida (hasil reaksi hidrasi semen) sehingga tidak mampu menghasilkan Calcium Silicate Hydrate (CSH gel) yang memberikan kontribusi pada kenaikan kuat tekan bata beton. Pengurangan bobot bata beton (mengacu pada spektrum agregat ringan) terjadi sebesar 39,04% untuk campuran 1:7 dengan persentase perlit dalam campuran sebesar 57,30% dan sebesar 21,64% untuk campuran 1:8 dengan persentase perlit dalam campuran sebesar 68,77%. Hal lain yang turut berkontribusi pada kenaikan nilai kuat tekan dan kepadatan bata beton adalah metode pemadatan yang baik dan sesuai.

#### IV. KESIMPULAN

1. Penggunaan bahan perlit dapat meningkatkan nilai kuat tekan dari produk bata beton normal.
2. Nilai kuat tekan optimal dicapai pada penambahan perlit hingga 12% dari bobot semen. Penambahan diatas 12% tidak memberikan lagi kenaikan nilai kuat tekan.
3. Pengurangan bobot bata beton terjadi sebesar 39,04% untuk campuran 1:7 dengan persentase perlit dalam campuran sebesar 57,30% dan sebesar 21,64% untuk campuran 1:8 dengan persentase perlit dalam campuran sebesar 68,77%.
4. Metode pemadatan yang baik dan sesuai, memberikan kontribusi pada kenaikan nilai kuat tekan dan kepadatan bata beton.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Attanandana, T., et al., 2000 "A Comparative Study of Zeolit With Other

Material as The Component of the Multi Soil Layering System for Wastewater Treatment", Paper Submitted on Managing Water and Wastewater Treatment in The New

2. ACI 234R-96,1996, "Guide For The Use Of Silica Fume In Concrete", American Concrete Institute, USA.
3. ASTM C 1240 - 03a, 2003 "Standard Specification For Silica Fume Used In Cementitious Mixtures", American Society for Testing Materials, USA.
4. CHANDRA, SATISH, BERTSSON, LEIF,2002 "Lightweight Aggregate Concrete: Science, Technology and Applications", Noyes Publications/William Andrew Publishing, USA.
5. CLARKE, JOHN L,1993 "Structural Lightweight Aggregate Concrete", Blackie Academic & Professional, USA.
6. HEWLETT, PETER C,2004., "Lea's Chemistry Of Cement & Concrete", Elsevier Science & Technology Books, Fourth Edition, USA.
7. NAWY, EDWARD G, 2008, "Concrete Construction Engineering Handbook", Taylor & Francis Group, Second Edition, USA.
8. NEWMAN, JOHN, BAN SENG CHOO, 2003 "Advanced Concrete Technology : Concrete Properties", Elsevier-Butterworth -Heinemann Ltd, United Kingdom, First Edition.
9. NEWMAN, JOHN, BAN SENG CHOO, 2003 "Advanced Concrete Technology : Constituent Materials", Elsevier-Butterworth -Heinemann Ltd, United Kingdom, First Edition.
10. NEWMAN, JOHN, BAN SENG CHOO, 2003 "Advanced Concrete Technology : Processes", Elsevier-Butterworth-Heinemann Ltd, United Kingdom, First Edition.
11. P KUMAR MEHTA, PAULO J.M. MONTEIRO, 2006, "Concrete Micro-structure, Properties & Materials", Mc Graw-Hill, USA, Third edition
12. SHAH, SURENDRA P, SH AHMAD,1994, "High Performance Concrete and Applications", 90 Tottenham Court Road, London W1P9HE, Great Britain.
13. Wikipedia, The Free Encyclopedia