

JURNAL TEKNIK SIPIL

PENGARUH *PARTIAL REPLACEMENT* PASIR DENGAN BREKSI BATU APUNG TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT TEKAN BETON RINGAN

Fitri Sulistyو Sujoko

Slamet Widodo, M.T.

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta
Email: fsulistyosujoko@yahoo.co.id

Abstrak

Beton ringan struktural sangat efektif untuk wilayah rawan gempa. Beton ringan struktural dapat diproduksi dengan menggunakan agregat ringan alami yaitu *pumice*. Selain ramah lingkungan keuntungan *pumice* juga tahan gempa, lebih murah dan mudah didapat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase perbandingan pasir alami dengan pasir *pumice* terhadap berat jenis dan kuat tekan beton ringan.

Dalam penelitian ini menggunakan metode dengan tiga variabel yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Didalam variabel bebas terdapat lima jenis komposisi agregat yang akan diteliti yaitu persentase 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% perbandingan pasir alami dengan pasir *pumice*. Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi, nilai *slump*, kuat tekan beton, dan berat jenis beton. Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton seperti tipe semen, faktor air semen, ukuran maksimum agregat tipe *suplasticizer* metode pencampuran, cara perawatan benda uji, dan umur benda uji. Dalam penelitian ini benda uji dibuat sebanyak tiga buah di setiap komposisi campuran, dengan ukuran cetakan silinder benda uji 15cmx30cm.

Dari hasil penelitian, pengaruh perbandingan pasir alami dengan pasir *pumice* terhadap berat jenis dan kuat beton ringan berbanding lurus dengan banyaknya pasir alami yang digunakan dalam campuran. Pada persentase perbandingan pasir alami dengan pasir *pumice* 0% berat jenisnya 1656,58 kg/m³, dan kuat tekan betonnya 15,0985 MPa, pada persentase 25% berat jenisnya 1739,02 kg/m³, dan kuat tekan betonnya 18,6118 MPa, pada persentase 50% berat jenisnya 1767,75 kg/m³, dan kuat tekannya 19,37 MPa, pada persentase 75% berat jenisnya 1805,98 kg/m³, dan kuat tekan betonnya 19,8824 MPa, pada persentase 100% berat jenisnya 1813,08 kg/m³, dan kuat betonnya 20,3011 MPa. Sehingga penggunaan pasir *pumice* yang optimum yaitu pada perbandingan persentase 75%.

Kata Kunci : *pumice*, berat jenis, kuat tekan.

ABSTRACT

Structural lightweight concrete is very effective for areas prone to earthquakes. Structural lightweight concrete can be produced by using natural lightweight aggregate is pumice. In addition to environmentally friendly advantages pumice also earthquake resistant, less expensive and easier to obtain. This study aimed to determine the effect of the percentage ratio of pumice sand dune with the weight and lightweight concrete compressive strength.

In this study using three variables: independent variable, dependent variable, and control variables. In the independent variable, there are five types of aggregate compositions that will be examined is the percentage of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% natural sand comparison with pumice sand. The dependent variable in this study include, the value of slump, compressive strength of concrete, and concrete density. The control variables in this study include factors that influence the compressive strength of concrete such as the type of cement, water cement factor, maximum size of aggregate type suplasticizer mixing method, the treatment regimen of the specimen, and the age of the specimen. In this study, the test object is three pieces in each composition of the mixture, with the size of the print cylinder specimen 15cmx30cm.

From the research, the influence of natural sand comparison with pumice sand to heavy and strong type of lightweight concrete is proportional to the amount of natural sand used in the mix. The percentage ratio of pumice sand dune with its density 0% 1656.58 kg/m³, and 15.0985 MPa concrete compressive strength, the percentage of 25% of its density 1739.02 kg/m³, and 18.6118 MPa concrete compressive strength, the percentage of 50% by weight of 1767.75 kg/m³ kind, and strong compressive 19.37 MPa, the percentage of 75% of its density 1805.98 kg/m³, and 19.8824 MPa concrete compressive strength, the percentage of 100% specific gravity 1813 , 08 kg/m³, and strong concrete 20.3011 MPa. So that optimum use pumice sand that is on the comparison of the percentage of 75%.

Kata Kunci : *pumice*, berat jenis, kuat tekan.

1. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya jaman kebutuhan beton ringan dalam berbagai aplikasi teknologi konstruksi modern meningkat sangat cepat. Hal ini disebabkan karena berbagai keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan teknologi beton ringan di antaranya, berat jenis beton yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi berat sendiri elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi tampang melintang menjadi lebih kecil. Beban mati struktural yang lebih kecil ini juga dapat memberikan keuntungan dalam pengurangan ukuran pondasi yang diperlukan.

2. Selain itu, untuk wilayah yang memiliki resiko terjadinya gempa bumi juga memerlukan sistem struktur yang memiliki berat total struktur yang lebih kecil. Hal ini dapat dipahami mengingat semakin besar berat struktur akan mengakibatkan semakin besar gaya gempa yang bekerja pada bangunan tersebut. Oleh karena itu, penggunaan material beton ringan menjanjikan manfaat yang signifikan dalam menunjang anfrastruktur di daerah rawan gempa.

3. Beton ringan dapat diproduksi dengan menggunakan agregat ringan yang secara

umum dapat dibedakan menjadi dua yaitu : agregat ringan alami dan agregat ringan buatan. Kriteria agregat ringan untuk beton ringan struktural dan dinyatakan secara jelas dalam ASTM 330 bahwa bobot isi kering gembur tidak boleh melampaui 880 kg/m^3 dan berat jenis agregat tidak boleh melampaui 2000 kg/m^3 .

4. Wilayah daerah istimewa Yogyakarta (DIY) menyimpan potensi yang sangat besar untuk pengembangan produk berbasis breksi batu apung (natural pumice). Cadangan pumice yang tersimpan di DIY tercatat lebih dari 350 juta m^3 , yang meliputi Wilayah Kabupaten Bantul sebesar $\pm 57,3$ juta m^3 , Kabupaten Gunung Kidul $\pm 122,9$ juta m^3 , dan Kabupaten Sleman $\pm 214,8$ juta m^3 , dimana masing-masing lokasi terletak saling berdekatan. Hasil uji awal yang telah dilakukan menunjukkan bahwa breksi batu apung yang berada pada formasi batuan Semilir di Wilayah DIY memiliki bobot isi kering gembur 760 kg/m^3 dan berat jenis 1600 kg/m^3 . Dengan demikian, dapat diketahui bahwa breksi batu apung memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi beton ringan struktural.

5. Tersedianya deposit pumice yang melimpah ini menawarkan berbagai keuntungan yaitu : 1) Pumice lebih ramah lingkungan (tidak banyak menimbulkan polusi udara berupa gas CO_2 sehingga

2. Beton Ringan

Beton normal merupakan bahan yang cukup berat, dengan berat sendiri mencapai 2400 kg/m^3 . Untuk mengurangi beban mati pada suatu struktur beton maka telah banyak dipakai jenis beton ringan. Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847 tahun 2000, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg per meter kubiknya.

Beton ringan mempunyai keunggulan dalam berat sendiri. Berat sendiri jauh lebih ringan dari pada beton biasa. Tetapi

tidak memicu global warming) karena dimanfaatkan tanpa melalui proses pembakaran, tidak seperti agregat ringan buatan yang membutuhkan proses pembakaran, 2) Lebih murah karena tersebar secara luas di wilayah DIY bahkan Indonesia, 3) Dapat menyerap tenaga kerja disekitar lokasi penambangan.

6. Potensi sumber daya alam ini belum dimanfaatkan oleh pemerintah daerah maupun industri yang terkait. Oleh karenanya, perlu dilakukan penelitian untuk dapat menghasilkan beton ringan struktural yang memenuhi persyaratan ACI Committee 211 (2004), yang dipersyaratkan memiliki kuat tekan minimal $17,2 \text{ MPa}$ dengan berat jenis maksimal 1842 kg/m^3 (*ACI Manual of Concrete Practice*, 2006)

7. Kekuatan beton sangat ditentukan oleh kekuatan agregat dan kekuatan matrix pengikatnya. Untuk meminimalisir berat jenis beton selain dipakai agregat kasar ringan juga bisa digunakan agregat halus ringan. Pada umumnya agregat dengan berat jenis lebih kecil memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan agregat yang lebih berat. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi penggunaan pasir *pumice* sebagai pengganti pasir alami, untuk menghasilkan beton ringan struktural.

karena mempunyai berat yang lebih ringan maka kuat tekan dari beton ringan jauh lebih kecil dari beton normal.

Berdasarkan bahan pembentuknya beton ringan dapat dibedakan menjadi:

1. Beton Ringan dengan Agregat Ringan

Berat jenis beton dengan agregat ringan yang kering udara sangat bervariasi, tergantung pada pemilihan agregatnya, apakah menggunakan pasir alam atau agregat pecah ringan yang halus. Batas maksimum dari berat jenis beton ringan adalah 1850 kg/m^3 .

Campuran beton yang menggunakan agregat ringan butiran halus maupun kasar menghasilkan beton yang dikenal dengan nama "*All-Lightweight concrete*". Untuk memperoleh kekuatan beton yang lebih baik, agregat halus dapat diganti dengan menggunakan pasir alam dan dikenal dengan nama "*Sanded Lightweight Concrete*". Selain itu pemakaian pasir alam dengan gradasi yang baik dapat memperbaiki *workability* adukan beton ringan. Tetapi untuk menjaga kepadatan beton tetap rendah, pemakaian pasir alam dibatasi 15%-30% dari volume agregat.

Beton ringan dengan agregat ringan dapat dibagi dalam tiga golongan berdasarkan tingkat kepadatan dan kekuatan beton yang dihasilkan, yaitu:

a. Beton Insulasi (*insulating concrete*)

Beton ringan dengan berat (*density*) antara $300 \text{ kg/m}^3 - 800 \text{ kg/m}^3$ (18,53 – 50 lb/ft) dan berkekuatan tekan sekitar 0,69-6,89 MPa (100-1000 psi), yang biasanya digunakan sebagai beton penahan panas (insulasi panas) disebut juga *low density concrete*. Beton ini banyak digunakan untuk keperluan insulasi, karena mempunyai kemampuan konduktivitas panas yang rendah, serta untuk peredam suara. Jenis agregat yang biasa digunakan adalah Perlite dan Vermiculite.

b. Beton Ringan Dengan Kekuatan Sedang (*Moderate Strength Concrete*)

Beton ringan dengan berat (*density*) antara $800 \text{ kg/m}^3 - 1440 \text{ kg/m}^3$ (50 – 90 lb/ft), yang biasanya dipakai sebagai beton struktural ringan atau sebagai pengisi (*fill concrete*). Beton ini terbuat dari agregat ringan buatan seperti: terak (*slag*), abu terbang, batu sabak (*slate*), lempung, batu serpih (*shale*), dan agregat ringan alami seperti pumice, scoria, dan tufa. Beton ini biasanya memiliki kuat tekan berkisar 6,89 – 17,24 MPa (1000 – 2500 psi).

c. Beton Struktural (*Structural Concrete*)

Beton ringan dengan berat (*density*) antara $1440 \text{ kg/m}^3 - 1850 \text{ kg/m}^3$ (90 – 115 lb/ft), yang dapat dipakai sebagai beton struktural jika bersifat mekanik

(kuat tekan) dapat memenuhi syarat pada umur 28 hari mempunyai kuat tekan berkisar >17,42 MPa (2500 psi). Untuk mencapai kekuatan sebesar itu, beton ini dapat memakai agregat kasar seperti pumice, expanded shale, clays, slate, dan slag.

2. Beton Ringan Tanpa Pasir (*No Fines Concrete*)

Beton ini tidak menggunakan agregat halus (pasir) pada campurannya sehingga sering disebut beton non pasir (*Non Fines Concrete*). Karena tidak menggunakan pasir, maka beton yang dihasilkan akan memiliki rongga-rongga yang banyak.

3. Beton Ringan yang diperoleh dengan memasukkan udara dalam adukan atau mortar (Beton Aerasi/ Beton Busa/ *Aerated Concrete*)

Beton ringan yang dibuat dari adukan semen yang dicampuri udara dibuat dengan memasukkan udara atau gas yang dibentuk secara khusus kedalam pasta semen sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan memiliki pori.

Ada dua cara utama dalam pembentukan beton jenis ini, yaitu:

a. Penambahan bubuk aluminium atau seng yang dikombinasikan dengan kapur dalam semen untuk menghasilkan gas hydrogen. Dalam proses ini aluminium atau bubuk yang ditambahkan pada pasta semen selama pencampurannya, kuantitas logam yang digunakan sekitar 0,1% sampai 0,2% dari berat semen. Dalam beberapa menit gas hydrogen mulai terbentuk secara perlahan dan pasta semen akan mengembang. Proses pengembangan pasta semen ini akan terjadi selama sekitar satu jam. Pasta kemudian mengeras dan membentuk suatu bahan yang terdiri dari sejumlah besar gelembung yang tertutup lubangnya dan dikelilingi oleh adukan semen yang mengeras. Berat jenis dari beton yang dihasilkan tergantung dari kuantitas bubuk logam yang digunakan, suhu dan waktu pabrikasinya. Berat jenis dari beton ini adalah $550-950 \text{ kg/m}^3$.

b. Menggunakan bahan yang dapat menimbulkan busa seperti *resin soap* atau dammar sabun. Bahan untuk membuat busa ini dicampur dengan semen, pasir dan air. Proses pemasukan udaranya dicapai dengan cara memutarnya dalam alat campur yang berkekuatan tinggi, atau diputar sehingga keluar busanya dengan mempergunakan udara yang bertekanan memanfaatkan alat penghasil buih. Kemudian buih ini dicampur kedalam pasta semen dengan menggunakan mesin pencampur beton. Cara ini menghasilkan beton ringan dengan berat jenis yang lebih rata jika pembentukan buihnya dikontrol dengan hati-hati. Berat jenis dari beton ringan jenis ini dapat dibuat serendah mungkin misalnya 320 kg/m^3 , tetapi tidak memiliki kekuatan yang bagus dan hanya akan digunakan sebagai isolator dalam keadaan kering. Beton jenis ini memiliki penyusutan kering yang tinggi.

Beton aerasi secara substansial lebih ringan daripada beton normal dengan berat jenis $320\text{-}1920 \text{ kg/m}^3$. Beton aerasi dengan berat jenis tidak melebihi 800 kg/m^3 sering disebut sebagai beton isolasi (*insulating concrete*). Beton ini memiliki sifat isolator yang baik dan sebagian besar digunakan sebagai material non struktural untuk isolasi panas dan suara, dek atap, *firewall*, dan bahan pelapis saluran panas dibawah tanah (*underground thermal conduit linings*).

Menurut kegunaannya beton ringan dapat diklasifikasikan menjadi 3 golongan, yaitu :

1. Beton ringan struktural dengan kuat tekan karakteristik minimal 17 MPa (ASTM C330-82a)
2. Beton ringan untuk dinding dengan kuat tekan 7 MPa sampai 14 MPa (ASTM C331-81)
3. Beton ringan sebagai insulator jika konduktivitas termalnya kurang dari $0,3 \text{ J/m}^2\text{soC/m}$ dengan kuat tekan berkisar 0,7 MPa sampai 7 MPa.

3. Material Penyusun Beton Ringan

Untuk memperoleh beton yang baik maka perlu diperhatikan material dasar penyusunnya. Dalam membuat beton ringan komposisinya masih sama dengan material penyusun beton biasa. Hanya saja dalam pembuatan beton ringan agregat kasar yang semula berupa krikil diganti dengan material lain yang lebih ringan. Agregat ringan memiliki berat jenis kurang dari 2,0 sehingga akan menjadikan berat jenis beton menjadi lebih ringan (Wuryati dan Candra, 2001). Berdasarkan SNI 03-3449-2002 agregat ringan adalah agregat dengan berat isi kering oven gembur maksimum adalah 1100 kg/m^3 .

Dalam penelitian ini agregat kasar yang berfungsi sebagai material pengisi beton diganti dengan kerikil pumice sedangkan agregat kasar sebagian diganti dengan pasir pumice. Pemilihan material ini sudah melalui banyak pertimbangan, diantaranya batu apung mempunyai berat yang relatif lebih ringan dibandingkan pembuat beton biasa. Selain itu banyaknya batu apung yang terdapat di Indonesia khususnya DIY cukup banyak dan belum dimanfaatkan secara optimal dan batu apung ini tidak berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar hal itu menjadi alasan utama untuk mengolah breksit batu apung menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat dan bernilai jual tinggi bagi masyarakat.

Sama seperti beton konvensional, tiap-tiap material juga mempunyai standar kelayakan untuk membuat beton ringan, antara lain :

1. Agregat Halus

Menurut Wuryati dan Candra (2001), agregat halus adalah butiran mineral alami yang lebih kecil dari 4,8 mm dan biasanya disebut pasir. Agregat halus pada penelitian ini menggunakan dua jenis agregat halus :

- a. Pasir alami, pasir ini merupakan pasir alami yang diambil dari Sungai gendol, Kecamatan Cangkringan, kabupaten bantul . Berdasarkan jenis pasir yang

disyaratkan oleh Wuryati dan Candra diatas, pasir yang diambil dari Sungai gendol, Kecamatan Cangkringan, kabupaten bantul termasuk ke dalam jenis pasir galian karena dalam pengambilannya dengan cara digali. Ditinjau dari asalnya, pasir yang dipakai dalam pengujian ini adalah pasir yang berasal dari erupsi gunung berapi pada tahun 2010 silam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pasir yang digunakan adalah pasir yang kasar, tajam , bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan karena tidak terkena air laut.

b. Pasir pumice, Pasir ini didapat dari desa Bawuran, Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul. Pasir ini didapat dari proses penggilingan dari bongkahan batu yang dipecahkan kemudian digiling, sehingga butirannya lebih kecil dibandingkan dari pasir-pasir konvensional yang biasa digunakan untuk membuat beton dan berat jenisnya pun lebih ringan.

Menurut Tjokrodimulyo (2007), syarat agregat halus yang dipakai sebagai campuran beton adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir langsung dari alam atau berupa pasir buatan yang berasal dari pecahan-pecahan batu.
- b. Butir-butir agregat halus harus tajam dan keras sehingga tidak mudah hancur.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik yang terlalu banyak.
- e. Modulus halus butirnya antara 1,50-3,80.
- f. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali sudah berdasarkan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang sudah diakui.

Dalam buku perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton (1994) agregat halus (pasir) dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar, sebagaimana tampak pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Batas-batas gradasi agregat halus (Sumber : Tjokrodimulyo ,2007)

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Jenis agregat halus			
	Kasar	Agak kasar	Agak halus	Halus
1,0	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Bila jumlah agregat halus terlalu sedikit maka campuran beton akan disebut *undersanded* , yaitu pasta tidak mampu mengisi ruang-ruang kosong sehingga campuran akan mudah terpisah sehingga akan sulit dikerjakan. Akan tetapi apabila jumlah agregat halus terlalu banyak maka campuran disebut *oversanded*, campuran

ini memang kohesif, tetapi tidak terlalu lecah. Campuran ini lebih membutuhkan banyak air sehingga membutuhkan banyak semen untuk faktor air semen yang sama. Apabila semen semakin banyak maka campuran akan semakin mahal. Kondisi ini akan dijumpai apabila memakai pasir yang sangat halus dan

pasir yang sangat kasar (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).

2. Agregat Kasar

Didalam penelitian ini agregat kasar yang digunakan adalah batu apung yang berasal dari formasi semilir, tepatnya Desa Bawuran, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul. Agregat kasar ini diperoleh dari proses pemecahan bongkahan batu besar kemudian digiling sesuai dengan kebutuhan dan dalam penelitian ini agregat yang dibutuhkan dengan diameter maksimal 19 mm. Keunggulan agregat kasar ini adalah berat jenisnya yang lebih ringan dibandingkan dengan agregat yang bisa digunakan untuk pembuatan beton pada umumnya, walaupun kekuatannya tidak lebih besar. Agregat kasar sendiri memiliki peranan yang penting dalam suatu beton selain untuk mengurangi volume dari pasta semen agregat kasar juga memiliki fungsi sebagai penentu kekuatan suatu beton.

Tabel 2. Batas-batas gradasi agregat kasar (Sumber : Tjokrodimulyo, 2007)

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Besar butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

3. Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu. Fungsi dari semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat menjadi suatu masa yang kompak setelah bercampur dengan air. Volume semen kira-kira sebanyak 10% dari volume beton. Karena semen merupakan perekat aktif, maka harga semen yang paling mahal dalam pembuatan beton

Menurut Mulyono (2004,2005) syarat agregat kasar yang dipakai sebagai campuran beton adalah sebagai berikut :

- Modulus halus butir 6.0 sampai 7,1.
- Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 1%.
- Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.
- Tidak bersifat reaktif terhadap alkali jika kadar alkali dalam semen sebagai Na_2O lebih besar dari 0,6%.
- Tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.

Adapun gradasi agregat kasar yang baik sebaiknya masuk di dalam batas-batas yang tercantum dalam tabel di bawah ini.

(Kardiyono : 2007). “Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran (Paul Nugraha dan Antoni, 2007 : 3).

4. Air

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah. Fungsi air dalam pembuatan beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 persen dari berat semen. Tetapi pada kenyataan

dilapangan apabila faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya faktor air semen lebih dari 0,40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan, maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton itu sendiri akan menurun (Tjokrodimulyo, 2007)

5. Bahan tambah

Dalam penelitian ini menggunakan dua jenis bahan tambah yang masing-masing mempunyai kegunaan yang berfungsi untuk mempermudah proses pengerjaan beton tanpa mengubah campuran ataupun susunan komposisi awal dari perencanaan beton tersebut. Dua jenis bahan tambah tersebut adalah :

a. Sikamen NN

Bahan tambah ini berfungsi untuk menambah *workability* dari adukan beton atau bisa disebut pengencer adukan, akan tetapi bahan tambah ini tidak mengurangi kuat tekan beton tersebut ataupun merubah fas dari beton tersebut.

b. Plastimen

Bahan tambah ini berfungsi untuk memperlambat proses pengerasan beton sehingga beton akan lebih lama dalam proses pengerasannya. Sehingga proses pengerjaan bisa dilakukan dengan baik.

4. METODE PENELITIAN

A. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu dengan yang lain dan membandingkan hasilnya sehingga menjadikan sebuah inovasi. Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini adalah beton ringan yang mana dinding tersebut nantinya akan diuji kuat tekannya.

B. Variabel Penelitian

Menurut Sugiono (2006), variabel penelitian adalah segala sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga didapatkan sebuah informasi untuk diambil sebuah kesimpulan.

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat. Variabel bebas yang terdapat dalam penelitian ini adalah Komposisi agregat.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam hal ini adalah:

a. Nilai *slump*.

b. Kuat tekan beton.

c. Berat jenis beton.

3. Variabel kontrol/pengendali

Variabel kontrol adalah variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton ringan antara lain :

a. Tipe semen.

b. Faktor air semen.

c. Ukuran butiran maksimum agregat.

d. Tipe suplasticizer.

e. Metode percampuran dengan teknik pre-wetting.

f. Cara perawatan benda uji.

g. Umur benda uji.

Untuk memperjelas hubungan antar variabel maka akan ditampilkan *flowchart* hubungan antar variabel.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proporsi Campuran

Hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan pengecoran atau membuat benda uji adalah menentukan proporsi campurannya. Dalam penelitian ini material yang dibutuhkan untuk membuat beton ringan antara lain adalah :

a. Kebutuhan material beton ringan untuk 1m³

Dalam penelitian ini pembuatan beton ringan memiliki lima variasi campuran dengan membandingkan pasir alami

dengan pasir pumice dengan perbandingan 100%, 75%, 50%, 25%, 0% untuk pasir alami.

$$\begin{aligned} \text{Volume agregat total} &= \text{vol. Beton} \\ &- \text{vol. Udara} - \text{vol. Pasta} \\ &1 - 0,04 - \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan pasir pumice pada perbandingan pasir alami dengan pasir pumice 75% :

$$0,384 = 0,576 \text{ m}^3$$

Berat semen yang dipakai = 500 kg

$$\begin{aligned} \text{Volume agregat halus} &= 1,869 \\ &\left(\frac{100-65\%}{100} \right) \times 0,576 = 0,202 \end{aligned}$$

Faktor air semen = 0,45

Kebutuhan air = 0,45 x 500
= 225 lt/m³

$$\begin{aligned} \text{Volume pasir pumice} &= \\ &\left(\frac{100-75\%}{100} \right) \times 0,202 = 0,0505 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume pasta =
((500/3150) + (225/1000)) = 0,3837 m³

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir SSD} &= 0,0505 \times \\ &1,869 \times 1000 = 94,242 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel 3. kebutuhan tiap 1m³ pada campuran beton ringan

No	Nama material	Kebutuhan material tiap meter kubik (kg)				
		100%	75%	50%	25%	0%
1	Pasir alami	538,524	403,893	269,262	134,631	0
2	Pasir pumice	0	94,242	188,483	282,725	376,967
3	Kerikil pumice	606,812	606,812	606,812	606,812	606,812
4	Air	225	225	225	225	225
5	Semen	500	500	500	500	500
6	Plasticizer	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699
7	Superplasticizer	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7

b. *Trial mix* beton ringan

$$\text{Volume silinder besar} = \frac{1}{4} \pi \cdot (0,15\text{m})^2 \cdot 0,3\text{m} = 0,005 \text{ m}^3$$

$$\text{Kebutuhan 3 silinder besar} = (0,005 \text{ m}^3 \times 3) = 0,015 \text{ m}^3$$

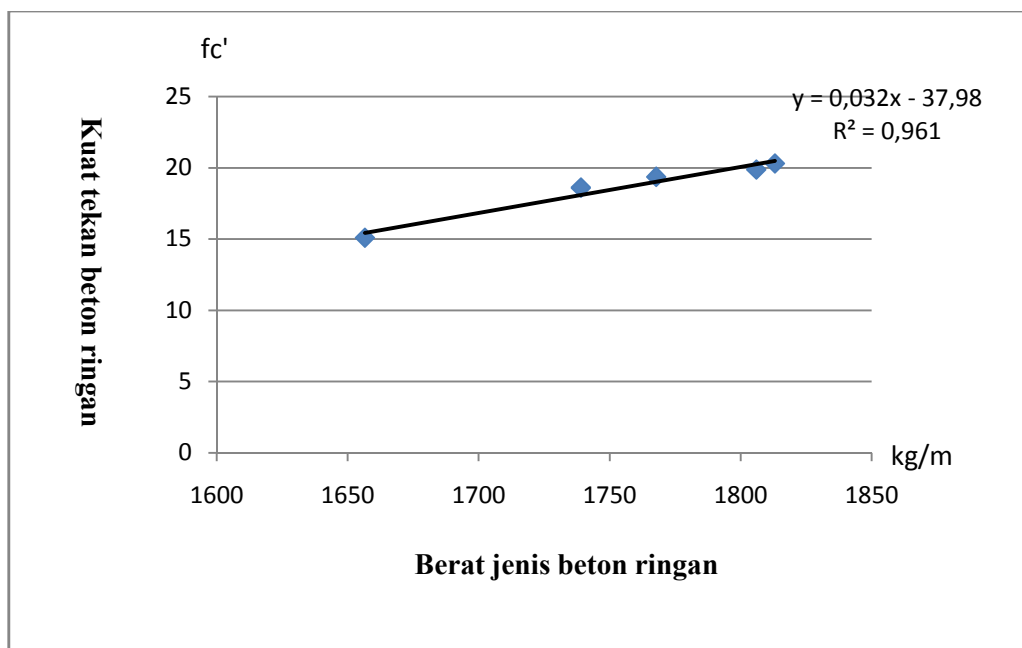
$$\text{Faktor aman 20\%} = 0,003 \text{ m}^3$$

$$\text{Total volume adukan} = 0,018 \text{ m}^3$$

$$\text{Dibulatkan} = 0,20 \text{ m}^3$$

Tabel 4. kebutuhan agregat trial mix beton ringan untuk sekali adukan

No	Nama material	Kebutuhan agregat trial mix dengan rasio pasir alami terhadap pasir pumice (kg)				
		100%	75%	50%	25%	0%
1	Pasir alami	10,77	8,08	5,39	2,70	0
2	Pasir pumice	0	1,89	3,770	5,66	7,54
3	Kerikil pumice	12,14	12,14	12,14	12,14	12,14
4	Air	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
5	Semen	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
6	Plasticizer	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
7	Superplasticizer	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094



Gambar 44 . Hubungan antara berat jenis dengan kuat tekan beton ringan

Dari gambar diatas hubungan antara berat jenis dengan kuat tekan beton ringan terlihat bahwa kuat tekan beton tertinggi terdapat pada campuran yang menggunakan perbandingan prosentase 100% pasir alami terhadap pasir pumice, yaitu dengan berat jenis 1813,08 kg/m³ dan kuat tekan beton sebesar 20,3011 MPa, hal ini dikarenakan berat jenis pasir alami sendiri yang lebih besar daripada pasir pumice sehingga otomatis kuat takannya akan lebih tinggi, selain itu dalam penggunaan pasir alami 100% dalam adukan akan mempengaruhi homogenitas dari adukan yang pasti akan lebih homogen dari pada menggunakan pasir pumice, selain itu pada campuran dengan perbandingan ini rongga yang

terjadi tidak sebanyak apabila menggunakan pasir pumice hal itu juga yang mempengaruhi besar kuat tekan beton tersebut. Tetapi pada campuran dengan perbandingan prosentase 75% pasir alami terhadap pasir pumice, yaitu dengan berat jenis sebesar 1805,98 kg/m³ menghasilkan kuat tekan sebesar 19,8824 MPa, dari hasil tersebut diketahui segi perbedaan kuat tekan tidak terlalu jauh hal tersebut dikarenakan rongga-rongga yang terjadi sudah terisi oleh pasir alami yang digunakan dalam campuran yaitu sebanyak 75% dari pasir yang digunakan sehingga beton pada campuran ini dapat digolongkan sebagai beton struktural dengan berat jenis 1805,98 kg/m³ memenuhi persyaratan yang

ditentukan yaitu berat jenisnya diantara $1440 \text{ kg/m}^3 - 1900 \text{ kg/m}^3$, ditinjau dari kuat tekannya beton pada campuran ini mempunyai kuat tekan sebesar 19,8824 MPa juga memenuhi persyaratan yang telah ditentukan yaitu $>17,42 \text{ MPa}$. Sehingga pasir *pumice* pada campuran dengan perbandingan 75% pasir alami terhadap pasir *pumice* ini bisa tetap digunakan sebagai beton struktural.

6.KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh persentase perbandingan pasir alami dengan pasir *pumice* terhadap berat jenis beton ringan berbanding lurus dengan banyaknya pasir alami yang digunakan dalam campuran. Berat jenis beton ringan pada persentase 0% perbandingan pasir alami dengan pasir *pumice* adalah $1656,58 \text{ kg/m}^3$, 25% berat jenisnya $1739,02 \text{ kg/m}^3$, 50% berat jenisnya $1767,75 \text{ kg/m}^3$, 75% berat jenisnya $1805,98 \text{ kg/m}^3$ dan pada persentase 100% berat jenisnya $1813,08 \text{ kg/m}^3$.
2. Pada penelitian ini besar kuat tekan beton ringan berbanding lurus dengan banyaknya pasir alami yang digunakan. Pada persentase perbandingan 0% perbandingan pasir alami dengan pasir *pumice* kuat tekan betonnya sebesar 15,10 MPa, 25% kuat tekannya sebesar 18,61

MPa, 50% kuat tekannya sebesar 19,37 MPa, 75% kuat tekannya sebesar 19,88 MPa, dan pada persentase 100% kuat tekan betonnya sebesar 20,30 MPa.

3. Persentase berbandingan pasir alami dengan pasir *pumice* yang optimum terdapat pada persentase 75% pasir alami dan 25% pasir *pumice*. Dengan berat jenis $1805,98 \text{ kg/m}^3$, dan kuat tekannya 19,88 MPa.

B. Saran

Saran yang dapat di berikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini perbandingan prosentase antara pasir alami dengan pasir *pumice* yang menghasilkan beton ringan dengan kuat yang memenuhi untuk beton ringan struktural adalah beton ringan dengan 75% pasir *pumice* dan 25% pasir alami, dengan berat jenis beton $1739,02 \text{ kg/m}^3$, dan kuat tekan sebesar 18,6118 MPa. Oleh karena itu untuk menghasilkan beton ringan struktural, dapat diijinkan substitusi parsial pasir alami dengan pasir *pumice*, maksimum 75% berdasarkan berat agregat halus yang dibutuhkan.

C. Keterbatasan

Dalam penelitian ini terdapat keterbatasan masalah, diantaranya adalah:

1. Keterbatasan mesin pengaduk (*molen*), sehingga membuat homogenitas adukan beton tidak terjaga.
2. Jumlah sampel yang relatif sedikit, sehingga membuat keterbatasan data.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute, *ACI Manual of Concrete Practice*., Part I, *material*, Detroit:American Concrete Institute, 1983.
- Anonim. (1989). *Pedoman Beton. SKBI.1.4.53 1989*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. (1998). FM 5-428 *Concrete and Masonry*. Headquarters, Department ofThe Army. Woshington D.C.
- Anonim. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Pencampuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*. SNI 03-3449-2002. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Hilang Pijar Bahan Belerang Untuk capping*, SNI 6369-2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton*. SNI 1973:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Tata Cara Pembuatan Kaping Untuk Benda Uji Silinder Beton SNI 6369:2008*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. SNI 1970:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Slump Beton*. SNI 1972:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (1995). *Tata Cara Pengadukan Pengecoran beton*. SNI 03-3976-1995. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Semen Portland*, SNI 15-2049-2004. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (1992). *Metode Pengujian Lentur Beton Menggunakan Gelagar Sederhana Dengan Sistem Titik di Tengah*. SNI 03-2823-1992. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Gambhir. M.,L. (1986) *Concrete Technology*. McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Mulyono, Tri. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Nugraha, Paul. dan Antoni. (2007). *Teknologi Beton dan Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Samekto, Wuryati. dan Rahmadiyanto, Candra. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sugiyono. (2006). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- SK SNI 15-0302 (2004). *Semen Portland Pozolan*. Badan Standarisasi Nasional.
- SK SNI 1970-2008 (2004). *Oven*. Badan Standarisasi Nasional.
- SK SNI 6369-2008. *Alat Pelurus*. Badan Standarisasi Nasional.
- Slamet Widodo. (2008). *Struktur Beton 1 (Berdasarkan SNI-03-2847-2002)*. Universitas Negeri yogyakarta
- Tjokrodimulyo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM.