

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK BATA RINGAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Tri Andana Putrai¹, As'at Pujiyanto², Restu Faizah³

ABSTRAK

Pada dasarnya beton memiliki sifat dasar, yaitu kuat terhadap tegangan tekan dan lemah terhadap tegangan tarik. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh jenis bahan penyusunnya, jika bahan penyusunnya bagus, solid maka nantinya akan menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan tinggi. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan serbuk bata ringan sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan beton. Pembuatan benda uji menggunakan silinder berukuran diameter 15cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah benda uji sebanyak 9 benda uji segar dengan 3 variasi serbuk bata ringan sebesar 5 %, 10 %, dan 15 % dengan F_c' rencana 20 MPa dan Fas 05.

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan kuat tekan rata-rata beton pada umur 7 hari untuk variasi serbuk bata ringan 5 % = 16,690 MPa, 10% = 13,737 MPa, 15 % = 9,738 MPa. Penambahan serbuk bata ringan 5% memiliki nilai kuat tekan beton tertinggi yaitu sebesar 16,690 MPa serta terdapat nilai uji kuat tekan terendah pada variasi serbuk bata ringan 15% sebesar 9,738 MPa. Dengan bertambahnya filler dalam kandungan semen ke dalam campuran, maka akan mengurangi kuat tekan beton yang seharusnya dapat dicapai atau dengan kata lain pengurangan sebagian semen yang di gantikan dengan serbuk bata ringan semakin menurun kuat tekannya. Nilai kuat tekan beton semakin menurun di karenakan pengurangan semen menggunakan serbuk bata ringan.

Kata kunci: *Kuat Tekan Beton, Serbuk Bata ringan*

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

²Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
NIM : 20120110068, e-mail : tapnanda1994@gmail.com

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

BAB I **PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang

Perkembangan dalam sektor pembangunan memicu tingginya kebutuhan semen yang berpengaruh pada peningkatan produktifitas. Semen merupakan campuran dari beberapa senyawa kimia yang bersifat *hidrolis*. *Hidrolis* artinya apabila suatu bahan dicampur dengan air dalam jumlah tertentu akan mengikat bahan - bahan yang lain menjadi satu serta tidak larut. Secara umum semen merupakan salah satu bahan bangunan yang merupakan bahan susunan utama dalam pembuatan beton. Beton adalah campuran antara semen agregat halus agregat kasar dan air bila perlu ditambah dengan zat aditif lainnya (Mulyono, 2013).

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang rekayasa bangunan sipil yang

struktur utamanya merupakan konstruksi beton, menuntut penggunaan mutu beton dengan kuat tekan tinggi. Untuk itu perlu diupayakan penelitian yang berkaitan dengan usaha meningkatkan mutu beton.

Penelitian ini di titik beratkan pada penggunaan dua jenis semen, yaitu semen Bima tipe PPC dan semen Tiga Roda tipe PCC dalam satu campuran beton dan pengaruhnya terhadap mutu beton. Hal ini dilakukan karena perbedaan harga dan kadang-kadang menghilangnya salah satu merk semen di pasaran.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah tersebut, maka masalah-masalah yang akan diteliti adalah :

1. Berapakah perbandingan nilai kuat tekan beton menggunakan serbuk bata ringan sebesar 5%,

10%, 15% pada umur 7 hari dengan memakai semen merek Bima.

2. Bagaimana pengaruh serbuk bata ringan terhadap nilai slump beton.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian identifikasi masalah, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan menggunakan serbuk bata ringan sebesar 5%, 10%, 15% sebagai pengganti sebagian semen, dengan memakai semen merek Bima terhadap kuat tekan beton pada umur 7 hari.
2. Untuk mengetahui besarnya nilai slump menggunakan serbuk bata ringan.

D. Manfaat Penelitian

Hasil kajian dan analisis dari penelitian ini diharapkan :

1. Dapat memberikan informasi tentang pengaruh yang terjadi akibat dari pemakaian serbuk bata ringan sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton.
2. Menambah pengetahuan tentang teknologi beton dengan material yang ada di sekitar kita.
3. Dan juga bagi mahasiswa yang akan melaksanakan tugas akhir beton bisa menjadi referensi.

E. Batasan Penelitian

Agar penelitian ini menjadi lebih sederhana, tetapi memenuhi persyaratan teknis maka perlu diambil beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. FAS (faktor air semen) ditetapkan sebesar 0,5.
2. Digunakan semen Portland (Tipe I) merek Bima kemasan 40 kg.
3. Serbuk bata ringan dari Limbah Material Pembangunan Pesona Hotel Yogyakarta, Derah Kota Tepatnya Di Jln. P Diponegoro Daerah Istimewa Yogyakarta. sebagai bahan pengganti sebagian semen.
4. Proporsi serbuk bata ringan yang digunakan sebagai bahan pengganti semen sebesar 5%, 10%, 15% dari berat semen.
5. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Semua benda uji berjumlah 9 buah dan setiap variasi dibuat sebanyak 3 sampel.
6. Metode perancangan beton (*mix design*) menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SK.SNI 03-2847-2002).

7. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari.

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

A. Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tidak terlepas dari topik penelitian yaitu dengan membandingkan kuat tekan beton dengan menggunakan dua jenis semen :

Armeyn (2014), kuat tekan beton dengan *flyash ex.* PLTU Sijantang Sawahlunto, Penentuan komposisi campuran berdasarkan SK SNI T-15-1990-03. Penelitian ini memvariasikan bahan tambah abu terbang antara 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% sebagai bahan tambah. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa beton dengan penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah dalam campuran beton mengalami peningkatan kuat tekan antara 5,195%, 10,573%, 13,155%, 15,055% hingga 16,535% dari beton normal.

Christiadi (2014), dalam penelitian terdahulu menggunakan Abu Ampas Tebu (AAT) sebesar 5% sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap variasi umur dari umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari dan 40 hari untuk mengetahui kenaikan uji kuat tekan beton. Dalam perancangan campuran beton (Mix Design) ini digunakan SK SNI : 032847-2002 (Tjokrodinuljo, 2007). Pada penelitian ini, didapatkan hasil uji kuat tekan masing-masing variasi umur dengan penambahan abu ampas tebu sebesar 5% pada umur 3 hari dengan kuat tekan rata-rata sebesar 19,677 MPa, pada umur 7 hari sebesar 23,720 MPa, pada umur 14 hari sebesar 26,063 MPa, pada umur 21 hari sebesar 28,013 MPa, pada umur 28 hari sebesar 31,838 MPa, dan pada umur 40 hari sebesar 33,838 MPa.

Kean (2015), melakukan penelitian menggunakan abu ampas tebu AAT sebagai pengganti sebagian semen sebesar 4% pada paving block berukuran 20cm x 10cm x 6cm, dengan perbandingan volume 1Pc;5Ps dan faktor air semen sebesar 0,4. Adapun kelas dan penggunaan paving block terdapat pada SNI 030691-1996. Penggunaan abu ampas tebu sebagai pengganti semen sebesar 4 % dengan variasi umur 3, 7, 14, 21, 28 dan 40 hari. Berdasarkan persamaan $y = 0,001x^2 +$

0,353x + 18,68. Hasil kuat tekan paving block dengan AAT sebesar 4% dari berat semen pada variasi umur 3, 7, 14, 21, 28, dan 28 hari sebesar 17,70 Mpa, 23,47 Mpa, 24,01 Mpa, 24,95 Mpa, 25,89 Mpa, 30,61 Mpa.

Zainudin (2014), penelitian dilakukan pada campuran beton dengan serbuk aluminium dalam pembuatan bata beton ringan sebagai pengganti semen. Rancangan campuran bata beton terbuat dari serbuk variasi aluminium sebesar 0%; 0,3%; 0,5% dan 0,7% dari berat semen, dan perbandingan 1kg semen : 6 kg pasir., pengujian dilakukan benda uji berumur 28 hari. Pengujian meliputi, berat jenis beton, kuat tekan dan serapan air. Hasil dari pengujian adalah nilai Berat jenis terkecil 1.946 kg/cm³ dan nilai berat jenis terbesar 2.069 kg/m³. Nilai Kuat tekan terkecil 13,599 MPa dan nilai kuat tekan terbesar 15,286 MPa. Nilai Serapan air terkecil 2.918 kg/cm³ dan nilai serapan air terbesar 4.403 kg/cm³. Hasil tersebut menunjukkan bahwa belum mampu menghasilkan beton ringan dengan penambahan serbuk aluminium terbanyak yaitu sebesar 0,7%. Serbuk aluminium mampu mengurangi berat jenis dalam pembuatan beton ringan sebesar 1,23%. Akan tetapi belum mencapai spesifikasi beton.

Ardhyan (2014), studi pembuatan bata ringan clc (cellular lightweight concrete) dengan kadar fly ash batu bara sebagai substitusi parsial semen. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah massa jenis, kuat tekan, serta penyerapan air. Cellular Lightweight Concrete (CLC) adalah salah satu tipe beton ringan yang diproduksi dengan memasukan butiran gelembung udara. Penelitian ini menggunakan perbandingan semen dan pasir 1PC : 2PS sebagai variable control, selanjutnya penggunaan fly ash divariasikan dengan mensubstitusi semen dengan perbandingan FA:PC; (0,9 : 0,1), (0,8 : 0,2), (0,7 : 0,3), dan (0,6 : 0,4). Massa jenis bata ringan minimum yang dihasilkan adalah 1731,76 kg/m³ yang terbuat dari variasi substitusi 0,6 PC : 0,4 FA. Kuat tekan yang dihasilkan dari bata ringan dengan massa jenis tersebut adalah 40,0 kg/cm², nilai ini sangat kecil jika dibandingkan dengan massa jenisnya.

B. Keaslian Penelitian

Penelitian tentang “Pengaruh Penggunaan Serbuk Bata Ringan Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton ”belum ada yang

meneliti sebelumnya, segala bentuk kutipan pendapat atau temuan orang lain yang ada dalam penelitian ini dirujuk sesuai kaidah ilmiah yang benar, sehingga keaslian penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi baru yang bermanfaat bagi semuanya.

BAB III **LANDASAN TEORI**

A. Beton

1. Pengertian Beton

Menurut SNI-03-2847-2002, beton ialah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Beton sendiri sekarang banyak digunakan pada konstruksi bangunan gedung saat ini karena proses pengerjaannya yang cukup mudah.

Beton dibagi menjadi beberapa jenis salah satunya beton normal, beton normal diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat, adapun jenis beton khusus selain beton normal. Beton khusus biasanya beton yang ditambahkan dengan bahan khusus, misalnya pozolan, bahan kimia pembantu, serat, dan sebagainya. Tujuan pemberian bahan tambah ialah untuk menghasilkan beton khusus yang lebih baik daripada beton normal (Tjokrodinuljo, 2007).

2. Keunggulan dan Kelemahan Beton

Beton dibandingkan dengan bahan bangunan lain mempunyai beberapa kelebihan, antara lain yaitu (Tjokrodinuljo, 2007)

1. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya tersedia di dekat lokasi pembangunan, kecuali semen portland. Hanya untuk daerah tertentu yang sulit mendapatkan pasir atau kerikil harga beton agak mahal.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan murah.
3. Kuat tekannya cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan baja tulangan yang kuat tariknya

tinggi dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat. Baja dan tulangan boleh dikatakan mempunyai koefisien muai yang hampir sama. Saat ini beton bertulang banyak dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, jalan raya, landasan pesawat udara, gedung, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.

4. Beton segar dapat dengan mudah diangkat maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan dapat pula dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut Tjokrodinuljo kekurangan beton dibagi menjadi tiga yaitu :

- 1) Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam pula.
- 2) Beton keras mempunyai beberapa kelas kekuatan sehingga harus disesuaikan dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.
- 3) Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat dan sebagainya.

3. Sifat Beton

Beberapa sifat beton yang dimiliki beton dan sering di pakai adalah (Tjokrodinuljo, 2007):

- 1) Kekuatan
 Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Oleh karena itu kuat tekan beton sangat berpengaruh pada sifat yang lain.
- 2) Berat jenis
- 3) Modulus Elastisitas
 Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Persamaan modulus elastisitas beton dapat diambil sebagai berikut (Tjokrodinuljo, 2007:77)
- 4) Susutan Pengerasan
 Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil daripada volume beton waktu masih segar, karena pada waktu mengeras beton mengalami

sedikit penyusutan karena penguapan air. Bagian yang susut adalah pastanya karena agregat tidak merubah volume. Oleh karena itu semakin besar pastanya semakin besar penyusutan beton. Sedangkan pasta semakin besar faktor air semennya maka semakin besar susutannya.

5) Kerapatan Air

Pada bangunan tertentu sering beton diharapkan rapat air atau kedap air agar tidak bocor, misalnya : plat lantai, dinding basement, tandon air, kolam renang dan sebagainya.

4. Klasifikasi Beton

Sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja beton yang dibuat, beton ini harus disesuaikan dengan kelas dan mutu beton (Mulyono, 2005). Beton juga dapat diklasifikasikan berdasarkan berat satuan (SNI 03-2847-2002) menjadi beberapa golongan seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 2.1 klasifikasi beton beton berdasarkan berat satuan

a	Beton ringan	$\leq 1900 \text{ kg/m}^3$
b	Beton normal	$2100 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$
c	Beton berat	$\geq 2500 \text{ kg/m}^3$

Menurut PBI'71 beton dibagi dalam kelas dan mutu sebagai seperti pada Tabel 2.

Tabel 3.2 Kelas dan Mutu Beton

Kelas Beton	Mutu Beton	Kekuatan Tekan (Kgf/cm ²)	Tujuan Pemakaian Beton
I	Bo	50 – 80	Non-Struktural
II	B1	100	Rumah Tinggal
	K125	125	Perumahan
	K175	175	Perumahan
	K225	225	Perumahan dan Bendungan
III	K>225	>225	Jembatan, Bangunan Tinggi, Terowongan kereta api

Sumber : Mulyono, 2005

5. Bahan Penyusun Beton

Seperti yang diuraikan diatas bahan penyusun beton normal ialah semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan air.

- 1) Semen Portland

Portland Cement (PC) atau semen adalah bahan yang bertindak sebagai bahan pengikat agregat, jika dicampur dengan air semen menjadi pasta. Dengan proses waktu dan panas, reaksi kimia akibat campuran air dan semen menghasilkan sifat perkerasan pasta semen. Penemu semen (*Portland Cement*) adalah Joseph Aspdin di tahun 1824, seorang tukang batu kebangsaan Inggris. Dinamakan semen Portland, karena awalnya semen dihasilkan mempunyai warna serupa dengan tanah liat alam di Pulau Portland.

Semen Portland dibuat melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesive maupun kohesif. Semen diperoleh dengan membakar karbonat atau batu gamping dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Bahan tersebut dicampur dan dibakar dengan suhu 1400° C-1500° C dan menjadi klinker. Setelah itu didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat ($CaSO_4$) kira-kira 2–4 % persen sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambah lain kadang ditambahkan pula untuk membentuk semen khusus misalnya kalsium klorida untuk menjadikan semen yang cepat mengeras. Semen biasanya dikemas dalam kantong 40 kg/ 50 kg (Sutikno, 2003:2) . Beberapa properti kimia dan fisik dari semen .

Tabel 3.3 Properti kimia dan fisik semen

Unsur	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Soda/potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5 – 1

Sumber : Tiokrodimulio.

2) Agregat

Agregat pada beton adalah sebagai bahan pengisi, walaupun hanya bahan pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh pada sifat-sifat beton sehingga pemilihan agregat sangat penting dalam pembuatan beton. Agregat sendiri

menempati 70 % volume beton. Pada umumnya agregat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu :

- a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
- b. Kerikil untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm,
- c. Pasir untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Untuk beton normal sendiri agregat yang digunakan adalah agregat halus dan agregat kasar. Menurut standar SK SNI S-04-1989-F, agregat untuk bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Agregat Halus
 - a. Butir-butirnya tajam dan keras, dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
 - b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12 %, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 %,
 - c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5 %
 - d. Tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dilakukan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standar
 - e. Modulus butir antara 1,50-3,80 dan dengan variasi butiran sesuai standar gradasi
 - f. Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus reaktif terhadap alkali,
 - g. Agregat halus dari laut atau pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.
2. Agregat Kasar
 - a. Butir-butirnya keras dan tidak berpori, indeks kekerasan $\leq 5\%$ bila diuji dengan goresan batang tembaga. Bila diuji dengan bejana Rudeloff atau Los seperti tabel 3.4.
 - b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12 %, jika diuji dengan larutan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 %,
 - c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1 %,
 - d. Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali,

- e. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20 %
- f. Modulus halus butir antara 6-7,10 dengan variasi butir sesuai standar gradasi,
- g. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari: $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antar bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ antar tulangan atau berkas tulangan.

3) Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk (Tjokrodimuljo, 2007) :

1. Bereaksi dengan semen portland
2. Menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar mudah dikerjakan.

Menurut SK SNI S-04-1989 F spesifikasi bahan bangunan A, air sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut :

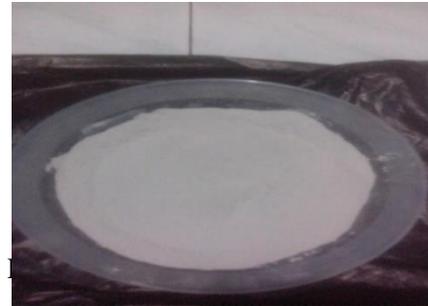
- a. Air harus bersih
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter,
- d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton pra-tegang kandungan klorida tidak boleh 0,05 gram/liter,
- e. Tidak boleh mengandung senyawa sulfat SO_3 lebih dari 1 gram/liter.

Kualitas beton akan berkurang jika air yang digunakan mengandung kotoran, pengaruh lainnya pada saat pengikatan awal adukan beton.

4) Serbuk Bata ringan

Serbuk Bata ringan (*habel*) merupakan sebuah bahan bangunan yang berbentuk persegi panjang yang berwarna putih dan memiliki pori di dalamnya. Bata ringan umumnya terdiri dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit *gypsum*, air, dan alumunium pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi). Serbuk bata ringan di peroleh dari sisa pemecahan bata ringan yang nantinya sebelum digunakan untuk campuran beton harus di saring

terlebih dahulu menggunakan saringan No. 200. Serbuk bata ringan dapat dilihat pada Gambar .1



5.

Perawatan beton ialah suatu tahap akhir pekerjaan pembeconan, yaitu menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna (kira- kira selama 28 hari). Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga agar air di dalam beton segar tidak keluar. Hal ini untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, maka oleh udara panas akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar, sehingga air dari dalam beton segar mengalir keluar, dan beton segar kekurangan air untuk hidrasi, sehingga timbul retak-retak pada permukaan betonya. (Tjokrodimuljo, 2007).

Untuk menghindari terjadinya retak- retak pada beton karena proses hidrasi yang terlalu cepat, maka dilakukan perawatan beton dengan cara :

- a. Menaruh beton segar di dalam ruangan yang lembab
- b. Menaruh beton segar di atas genangan air
- c. Menaruh beton segar di dalam air

Sedangkan Menurut SNI-2493-2011 perawatan benda uji beton di laboratorium dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. penutupan setelah pekerjaan akhir
- b. Pembukaan Cetakan
Buka benda uji dari cetakan 24 jam \pm 8 jam setelah pencetakan.
- c. Lingkungan perawatan
- d. Benda uji kuat lentur
Rawat benda uji kuat lentur sesuai dengan a dan b, kecuali selama dalam penyimpanan untuk masa minimum 20 jam segera sebelum pengujian benda uji direndam dalam cairan



jenuh kapur pada $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ saat terakhir masa perawatan, antara waktu benda uji dipindahkan dan perawatan sampai pengujian diselesaikan. Pengerinan benda uji harus dihindarkan. Dengan catatan jumlah pengerinan yang relatif sedikit dari permukaan benda uji lentur akan menyebabkan tegangan tarik pada serat ekstrim yang akan mengurangi secara berarti kuat lentur yang seharusnya.

Lama pelaksanaan curing/perawatan beton sendiri berpengaruh pada beberapa hal antara lain :

1. Mutu / kekuatan beton (*Strength*)
2. Keawetan struktur beton (*Durability*)
3. Kekedapan air beton (*Water Tightness*)
4. Ketahanan permukaan beton (*Wear Resistance*)

B. Perancangan Campuran Adukan Beton

Perancangan campuran adukan beton bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi jumlah bahan yang dibutuhkan untuk suatu campuran adukan beton. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan campuran beton adalah kuat tekan yang direncanakan pada umur 28 hari, sifat mudah dikerjakan (*workability*), sifat awet dan ekonomis. Adapun perancangan campuran adukan beton ini menggunakan SK SNI : 03-2834-2002 (Tjokrodinuljo, 2007)

C. Slump

Pada setiap pengerjaan beton, ada hal hal yang penting yang harus diperhatikan salah satu diantaranya adalah kelecakan beton segar. Kelecakan beton biasanya di periksa dengan uji slump untuk dapat memperoleh nilai slump yang kemudian dipakai sebagai tolak ukur kelecakan beton segar untuk kemudahannya dalam mengerjakan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelecakan beton antara lain (Tjokrodinuljo) :

1. Jumlah air yang dipakai dalam adukan beton
2. Jumlah pasta dalam campuran adukan,
3. Gradasi agregat
4. Bentuk butiran agregat
5. Besar butir maksimum agregat.

Sebagai pedoman awal , besarnya nilai slump untuk berbagai macam pekerjaan pembetonan disarankan sebagai berikut (Tjokrodinuljo, 2007).

D. Kuat Tekan Beton

Kinerja dalam sebuah beton dapat dibuktikan dengan nilai kuat tekan beton. Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima beban persatuan luas (Mulyono, 2004). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, antara lain (Tjokrodinuljo, 2007) :

1) Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur beton. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan semakin lambat. Laju kenaikan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : faktor air semen, suhu sekeliling beton, semen portland dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton.

2) Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (FAS) ialah perbandingan berat antar air dan semen portland didalam campuran adukan beton. Semakin tinggi nilai fas maka kuat tekan beton akan semakin tinggi pula, nilai fas juga sangat berpengaruh pada jumlah semen yang dibutuhkan pada suatu campuran beton Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis menurut Duff Abrams (1919,dalam Shetty, 1997) sebagai berikut

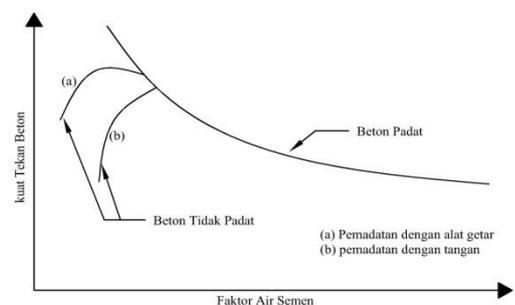
$$f_c = \frac{A}{B^x}$$

Dengan :

f_c = kuat tekan beton

X = perbandingan volume antara air dan semen (faktor air semen)

A,B = konstansta



Gambar 3.2. Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton

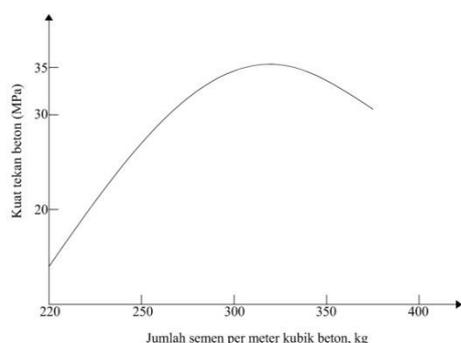
3) Kepadatan beton

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat

berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang. Pengaruh kepadatan beton terhadap kuat tekan bisa.

4) Jumlah pasta semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat dan berakibat kuat tekan beton rendah. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. Karena pada umumnya kuat tekan pasta semen lebih rendah daripada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi lebih rendah. Pengaruh jumlah pasta semen terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 3.3. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen sama (Tjokrodinuljo, 2007)

5) Jenis semen

Semen portland untuk pembuatan beton terdiri beberapa jenis. Masing-masing jenis semen portland mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras dan sebagainya, sehingga mempengaruhi juga terhadap kuat tekan betonnya.

6) Sifat agregat

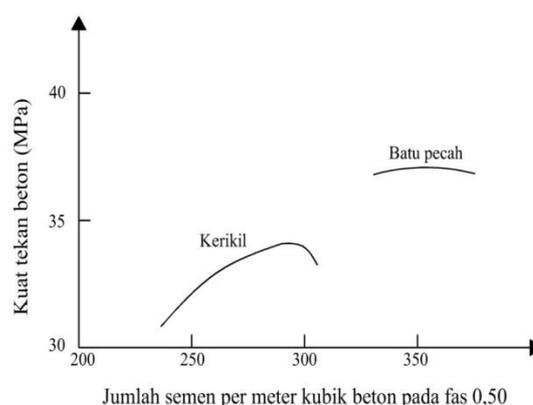
Agregat terdiri atas agregat halus dan agregat kasar. Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain (Tjokrodinuljo, 2007:75) :

1) Kekerasan permukaan

Karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat retakan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat daripada permukaan agregat yang halus dan licin.

2) Bentuk agregat

Karena bentuk agregat yang bersudut misalnya pada batu pecah, membuat butir-butir agregat itu sendiri saling mengunci dan digeserkan berbeda dengan batu kerikil yang bulat. Oleh karena itu beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat daripada beton yang dibuat dari kerikil seperti pada gambar 3.10.



Gambar 3.4. Hubungan jumlah semen dan kuat tekan beton pada faktor air semen 0,5 (Tjokrodinuljo, 2007:76)

3) Kuat tekan agregat

Karena sekitar 70 % volume beton terisi oleh agregat, sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregat. Jika agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan yang rendah akan diperoleh beton yang kuat tekannya rendah pula.

BAB IV

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

B. Metode Penelitian

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 normal silinder yang nantinya akan di uji kuat tekannya . Agar mencapai tujuan yang ditetapkan, penelitian ini mempunyai tahap-tahap yang harus dilaksanakan. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian bahan penyusun beton meliputi agregat halus dan agregat kasar, serta pengujian kuat tekan beton. Untuk Pemeriksaan serbuk bata ringan dilakukan beberapa pengujian. Sebelum melakukan penelitian harus dibuat bagan alir penelitian sebagaimana bagan dibawah ini hal ini penting mengingat alur proses penelitian agar didapat data yang valid.

C. Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada uraian berikut.

1. Agregat halus yang berupa pasir Merapi,
2. Agregat kasar yang digunakan ialah agregat yang di pecah/splite clereng yang diambil di laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Semen portland yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe 1 Semen Bima,dan Semen Tiga Roda kapasitas kemasan 40 kg.
4. Air yang memenuhi syarat dan layak diminum sebagai campuran beton, diambil dari laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Alat yang digunakan pada penelitian ini dari mulai pemeriksaan bahan sampai dengan benda uji, dengan uraian berikut:

1. Timbangan neraca dengan ketelitian 0,1 gram , untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun beton,
2. Saringan standar ASTM, dengan ukuran 16 mm
3. *Erlenmeyer* dengan merk *Pyrex*, untuk pemeriksaan berat jenis
4. *Concrete mixer* untuk mencampur semua bahan-bahan pembuat beton
5. Mesin *Los Angeles* dengan merk *Tatonas*, untuk menguji tingkat keausan agregat kasar
6. Wajan dan Nampan besi untuk mencampur dan mengaduk campuran benda uji.

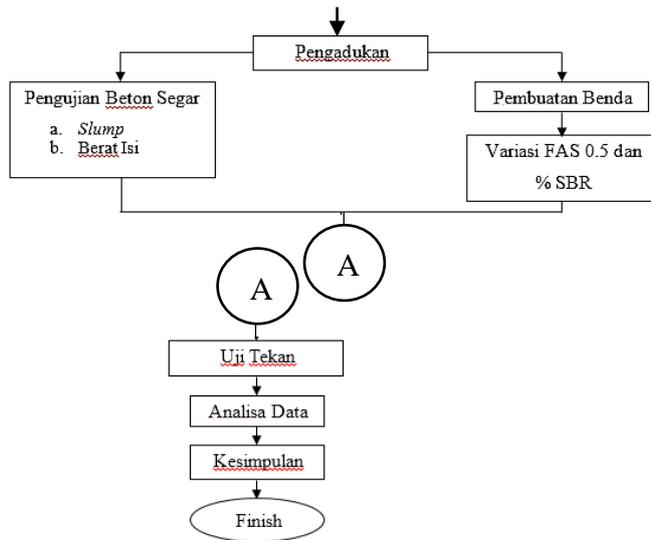
7. Sekop, cetok dan talam, untuk menampung dan menuang adukan beton ke dalam cetakan
8. Penumbuk besi untuk menumbuk beton yang sudah dimasukkan kedalam cetakan
9. Mesin uji tekan beton merk *Hung Ta* kapasitas 50 MPa, digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dari beton yang dibuat,
10. Mistar dan *kaliper*, untuk mengukur dimensi dari alat-alat benda uji yang digunakan.
11. Saringan/ ayakan, digunakan untuk mengukur ukuran agregat yang lolos saringan.
12. Gelas ukur kapasitas maksimum 1000 ml dengan merk *MC*, digunakan untuk menakar volume air .
13. Kerucut Abrams dan baja penumbuk digunakan untuk mengukur nilai slump dari beton segar.
14. Oven, digunakan untuk mengeringkan sample dalam pemeriksaan bahan yang digunakan dalam campuran beton.
15. Cangkul/Cetok (sendok pengaduk), untuk mengaduk semua agregat dan semen hingga bersifat homogen.
16. Cetakan baja berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm.
17. Tempat adukan digunakan untuk mengaduk agregat dan pasta menjadi beton segar.
18. Mesin uji tekan beton berkapasitas maksimum 50 ton.
19. Alat pengujian Pengujian Beton Segar flowabilty yang digunakan yaitu *Slump*

D. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan sesuai dengan bagan alir yang terdapat pada gambar 4.1., Pelaksanaan penelitian dilakukan dimulai dari persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Setelah itu dilanjutkan dengan pemeriksaan bahan susun beton, pembuatan *mix design*, pembuatan benda uji hingga pengujian kuat tekan benda uji di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Bagan alir penelitian disajikan untuk mempermudah





Gambar 4.1 Bagan alir penelitian

1. Studi Literatur

Langkah pertama yang dilakukan untuk menunjang kelancaran dalam penelitian tugas akhir ini adalah dengan melakukan studi literatur. Sumber acuan yang dijadikan referensi dalam studi literatur ini diambil dari jurnal, peraturan, buku, hasil penelitian sebelumnya, dan informasi dari internet. Setelah itu ada beberapa tahap yang digunakan untuk mempermudah dalam pelaksanaan.

2. Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan terbagi atas lima tahap, seperti tercantum dalam bentuk bagan alir pada Gambar 4.1. Adapun tahap penelitian tersebut dijelaskan, seperti uraian berikut ini :

- a) Tahap I : Persiapan alat dan penyediaan bahan
 Tahap ini merupakan tahap persiapan penelitian di laboratorium yang meliputi persiapan alat diantaranya yaitu menyiapkan cetakan silinder ukuran diameter 15 cm tinggi 30 cm yang terbuat besi dan penyediaan bahan susun beton (semen, pasir, batu pecah, bahan

tambah serbuk bata ringan) di Laboratorium Bahan dan Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- b) Tahap II : Pemeriksaan bahan dasar Sebelum digunakan dalam pembuatan campuran, maka pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap bahan dasar beton berupa pasir dan batu pecah. Pemeriksaan ini meliputi pemeriksaan zat organik dalam pasir, pemeriksaan kadar lumpur pada pasir dan batu pecah, pemeriksaan specific gravity dan absorption pasir dan batu pecah, pemeriksaan SSD pasir, pengujian gradasi batu pecah, pemeriksaan berat satuan volume, dan pemeriksaan kadar keausan batu pecah. Sedangkan untuk semen dan air yang dipakai, dilakukan uji visual. Setelah bahan-bahan dasar beton memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan, maka dilakukan pemeriksaan terhadap rasio pasir - agregat total.
- c) Tahap III : Penyediaan benda uji Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji dan. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran beton ditentukan/dihitung dengan menggunakan Metode perancangan beton SK SNI : 03-2834-2002 (Tjokrodimuljo, 2007)
- d) Tahap IV : Pengambilan data Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan pengujian kuat tekan beton benda uji silinder pada umur 7 hari. Prosedur pengujian kuat tekan dan kuat tarik mengacu pada standard ASTM C 39 – 86

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Pemeriksaan bahan penyusun beton yang dilakukan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, untuk bahan yang di periksa adalah agregat kasar dan agregat halus sedangkan Semen Portland hanya dilakukan pengujian secara visual dengan melihat apakah smen tersebut terdapat smen yang memadat atau membeku. Dari hasil pemeriksaan bahan penyusun beton didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 5.1. Hasil pengujian agregat halus (Pasir) Merapi

No	Jenis Pengujian Agregat	Hasil

1	Gradasi daerah	No. 2
2	Modulus halus butir	2,64
3	Berat jenis	2,6
4	Kadar air (%)	4,3
5	Penyerapan air (%)	0,55
6	Berat satuan (gr/cm ³)	1,62
7	Kadar lumpur (%)	1,6

Tabel 3. Hasil pengujian agregat kasar (bata ringan)

No	Jenis Pengujian Agregat	Hasil
1	Kadar air (%)	5,7
2	Penyerapan air (%)	1,43
3	Berat satuan (gr/cm ³)	1,55
4	Keausan (%)	20,56
5	Kadar lumpur (%)	1,75
6	Berat jenis	1,055

B. Hasil Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perhitungan dari Perancangan campuran adukan beton dengan metode SK SNI : 03-2834-2002, rencana untuk kebutuhan bahan adukan beton dapat dilihat pada tabel 5.3. dan untuk analisis hitungan perancangan campuran beton dapat dilihat pada lampiran XI

Tabel 5.3. Kebutuhan bahan susun untuk tiap satu silinderadukan beton normal

Serbuk Bata Ringan	Air (liter)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Serbuk Bata Ringan (kg)
5%	1,08	2,067	3,71	5,80	0,103
10%	1,08	1,966	3,71	5,80	0,204
15%	1,08	1,865	3,71	5,80	0,305

Sumber : Penelitian 2016

Tabel 5.4 Kebutuhan campuran untuk tiap 3 benda uji

Serbuk Bata Ringan	Air (liter)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Serbuk Bata Ringan (kg)
5%	3,24	6,201	11,13	17,4	0,309
10%	3,24	5,898	11,13	17,4	0,612
15%	3,24	5,595	11,13	17,4	0,915

Sumber : Penelitian 2016

C. Hasil Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilakukan pada saat pengadukan pencampuran beton, dari hasil pengujian yang dilakukan didapat nilai *slump* sebagai berikut :

Tabel 5.5 hasil pengujian *slump*

No	Kadar Serbuk Bata Ringan	Nilai FAS	Uji Slump (cm)
1	5 %	0,5	10,9
2	10 %	0,5	11,33
3	15 %	0,5	14,27

Sumber : Penelitian 2016

Berdasarkan Tabel 5.5 *slump* dapat di lihat bahwa semakin besar kadar serbuk bata ringan maka nilainya *slump* nya semakin tinggi. Hal ini tentunya akan mempengaruhi *workabilty* beton pada saat pengujian *slump*.

D. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

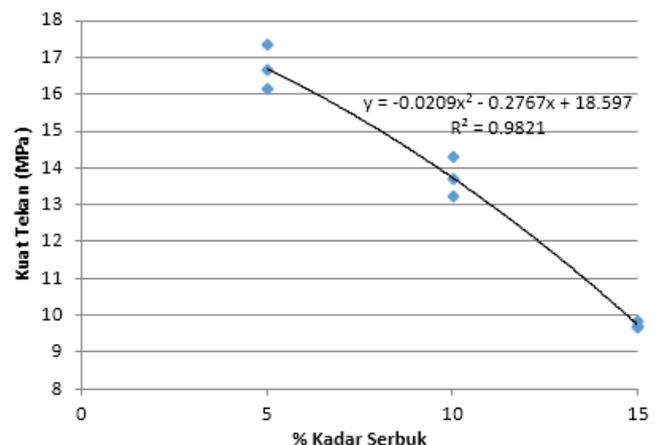
Pada penelitian ini pengujian kuat tekan beton dengan serbuk bata ringan pada nilai FAS 0,50 dilakukan pada umur 7 hari. Untuk hasil pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

Tabel 5.6. Hasil Uji kuat tekan Beton dengan variasi serbuk bata ringan.

Serbuk Bata Ringan	Benda uji	Fc' silinder (Mpa)	Fc' Rata-rata
5%	1	16,1276	16,690
	2	16,6181	
	3	17,3244	
10%	4	13,2140	13,737
	5	13,6947	
	6	14,3029	
15%	7	9,6628	9,738
	8	9,7217	
	9	9,8296	

Sumber : Penelitian 2016

Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton didapat bahwa nilai nilai kuat tekan serbuk bata ringan dengan kadar 5% lebih tinggi dari pada kadar serbuk bara ringan 10% dan 15% .



Gambar 5.2. Grafik hubungan variasi persentase pengurangan semen dengan menggunakan serbuk

bata ringan terhadap kuat tekan beton pada umur 7 hari.

Berdasarkan Grafik 5.2 Pada saat beton umur 7 hari terlihat penggunaan penambahan abu ampas tebu 5% memiliki nilai kuat tekan beton tertinggi yaitu sebesar 16,690 MPa serta terdapat nilai uji kuat tekan terendah pada variasi serbuk bata ringan 15% sebesar 9,738 MPa. Dengan bertambahnya filler dalam kandungan semen ke dalam campuran, maka akan mengurangi kuat tekan beton yang seharusnya dapat dicapai atau dengan kata lain pengurangan sebagian semen yang di gantikan dengan serbuk bata ringan semakin menurun kuat tekannya. Dari ketiga variasi penamabahan serbuk bata ringan sebesar 5%, 10%, dan 15% tidak ada yang masuk dalam kuat tekan rencana yaitu sebesar 20 MPa, hal ini di karenakan adanya pengurangan semen dengan serbuk bata ringan, selain itu kuat tekan beton akan semakin menurun karena kadar serbuk bata ringan yang digunakan semakin besar.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap beton dengan menggunakan 2 (dua) jenis merk semen ,maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Berdasarkan hasil pengujian, semakin besar kadar serbuk bata ringan sebagai pengganti sebagian semen akan semakin menurun kuat tekan beton. Kuat tekan rata-rata maksimal pada umur 7 hari didapat pada komposisi campuran variasi serbuk bata ringan dengan persentase 5% dari berat semen yaitu sebesar 16,69 MPa, sedangkan pemakaian serbuk bata ringan sebesar 10 %, dan 15% berturut-turut adalah 13,737 dan 9,378.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar serbuk bata ringan (5%, 10%, dan 15%) maka semakin tinggi nilai *slump*.

B. Saran

Berdasarkan hasil pengalaman dalam melakukan penelitian di laboratorium ,dapat dikemukakan saran

yang mungkin dapat di pergunakan untuk penelitian lanjutan :

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan memperbanyak jumlah benda uji dan umur pengujian agar data yang diperoleh lebih banyak dan lebih akurat.
2. kesalahan yang terjadi dapat dihindari sekecil mungkin, baik faktor *human error* atau juga kesalahan pada alat dan bahan penelitian.
3. Dibutuhkan variasi FAS pada masing-masing umur beton agar dapat mengetahui keefektifan kinerja mekanik beton.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1985. *American Standart Test Material* Vol. E, New York
- Armeyn., 2014. Kuat Tekan Beton dengan Fly Ash Ex. Pltu Sijantang Sawahlunto. *Skripsi Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*.
- Christiadi, S., 2014. Pengaruh Variasi Umur terhadap Nilai Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Abu Ampas Tebu (AAT) Sebesar 5% Sebagai Bahan Pengganti sebagian Semen. *Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971), Bandung : Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
- Kean, F., 2015. Pengaruh Variasi Umur Terhadap Nilai Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Menggunakan Abu Ampas Tebu (Aat) Sebesar 4% Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen. *Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Mulyono, T. (2005), *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- SK SNI 03-1970-2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.
- SK SNI 03-1968-1990, Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- SK SNI 03-1970-2008, Metode Pungujian Kuat Tekan Beton.

- SK SNI 03-1970-2008, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam).
- SK SNI S-18-1990-03, Spesifikasi Bahan Tambah Untuk Beton, Yayasan LPMB, Bandung.
- SNI 1990-2002. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Bandung: Badan Standar Nasional
- SNI 03-1969-1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Bandung: Badan Standar Nasional
- SNI 03-1970-1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Bandung: Badan Standar Nasional
- SNI 03-1971-1990. *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles*. Bandung: Badan Standar Nasional
- SNI 03-2471-1991. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Bandung: Badan Standar Nasional
- SNI: 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-1972-1990. *Metode Pengujian Slump Beton*. Pustran, Balitbang, Dinas Pekerjaan Umum.
- Tjokrodimuljo, K., 2007, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Zainudin, A., 2014. Pengaruh Variasi Campuran Serbuk Aluminium Dalam Pembuatan Bata Beton Ringan Dengan Bahan Tambah Serbuk Gypsum. *Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta*.