

# FLEXURE STRENGTH OF JOINT AT WALL PANEL MADE FROM CRUSHED ROOF TILE AND USED GROUTED BAMBOO REINFORCEMENT

## KUAT LENTUR SAMBUNGAN DINDING PANEL MENGUNAKAN AGREGAT PECAHAN GENTENG DENGAN PERKUATAN TULANGAN BAMBU YANG DIGROUTING

**Muhammad Ujjanto**

Program Studi Teknik Sipil,  
Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura  
57102 Telp 0271 717417

**Fauzan Ariwibowo**

Program Studi Teknik Sipil,  
Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura  
57102 Telp 0271 717417

### ABSTRAKSI

Dinding panel merupakan salah satu komponen non struktural dari suatu bangunan. Pada umumnya tembok atau dinding dibuat dari pasangan batu merah yang dilapisi dengan mortar pada volume besar dan letak bangunan di daerah dengan perlakuan khusus, seperti di daerah dengan resiko gempa kecil dan bangunan gedung bertingkat. Pembuatan dinding dengan batu merah yang dikerjakan di lapangan akan menimbulkan dampak yang tidak baik pada suatu bangunan, seperti pekerjaan lama, boros tenaga kerja, memiliki berat sendiri yang cukup besar. Pada penelitian ini mencoba menganalisis sambungan dinding panel pracetak dengan agregat kasar pecahan genteng tanpa menggunakan pasir dengan tulangan baja dan bambu yang *digrouting*. yang selama ini pecahan geteng masih jarang digunakan sebagai bahan bangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kuat lentur rangkaian dinding panel tersebut. Penelitian ini menggunakan dua variasi nilai faktor air semen (fas) yaitu 0,3 dan 0,4 dengan ukuran tiap dinding panel (10x50x100) yang dirangkai menjadi benda uji dengan panjang 2,5 m dan lebar 1 m. Perbandingan volume antara semen dan agregat kasar sebesar 1 : 5. Dari hasil penelitian diperoleh hasil kuat lentur rata-rata sambungan dinding panel dengan tulangan bambu sebesar 1,59 N/mm<sup>2</sup> untuk nilai fas 0,3, sedangkan untuk nilai fas 0,4 sebesar 1,52 N/mm<sup>2</sup>.

**Kata kunci** : *dinding panel, kuat lentur, perkuatan bambu.*

### PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan bangunan yang banyak digunakan oleh para ahli struktur. Banyaknya pemakaian beton disebabkan beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, diolah, dikerjakan, dibentuk, harganya relatif murah dan memiliki kekuatan tekan tinggi. Bahan susun beton yang sering digunakan sampai saat ini adalah semen, pasir, kerikil atau batu pecah dan air.

Beton yang bermutu baik mempunyai beberapa kelebihan diantaranya mempunyai kuat tekan tinggi, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, tahan aus, dan tahan terhadap cuaca (panas, dingin, sinar matahari, hujan). Beton juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu lemah terhadap kuat tarik, mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sulit kedap air secara sempurna, dan bersifat getas (Tjokrodinuljo, 1996).

Sejalan dengan perkembangan jaman yang modern, maka perlu diimbangi dengan penyediaan bahan alternatif, yang mudah diperoleh, perawatan mudah, dan lebih murah dari pada beton yang sudah biasa digunakan. Dalam hal ini dibuatlah dinding panel tanpa pasir dengan menggunakan pecahan genteng sebagai bahan agregat kasar.

Pecahan genteng yang digunakan diperoleh dengan memanfaatkan bahan yang tidak terpakai (bahan limbah) akibat kegagalan dalam proses pembuatan genteng. Pecahan genteng tersebut dicoba untuk diaplikasikan sebagai dinding panel, yang saat ini keberadaan dinding panel itu sendiri belum memasyarakat, untuk memperkuat dinding panel maka dipasang tulangan dari bambu. Dengan demikian diharapkan dinding panel dengan perkuatan tulangan bambu tersebut dapat digunakan sebagai alternatif pengganti dinding konvensional.

Dengan memanfaatkan pecahan genteng sebagai beton non pasir yang digunakan untuk dinding panel, dan penggunaan bambu sebagai tulangan, dapat diambil suatu rumusan masalah, yaitu seberapa besar

kuat lentur dinding panel pada umur 28 hari dengan penggunaan agregat pecahan genteng dan tulangan dari bambu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat lentur dari sambungan dinding panel yang menggunakan agregat kasar pecahan genteng dengan perkuatan bambu yang digrouting.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan sumbangan pemikiran dalam memanfaatkan limbah pecahan genteng sebagai pengganti agregat kasar untuk dinding panel. Manfaat yang lain adalah dapat memberi nilai ekonomis dalam pembuatan dinding panel.

Untuk menyederhanakan pembahasan pada penelitian ini, perlu adanya batasan masalah sebagai berikut:

- 1). Bahan pengganti agregat kasar adalah pecahan genteng yang berasal dari daerah Gatak, Kabupaten Klaten. Ukuran maksimum agregat 20 mm.
- 2). Bambu sebagai tulangan diperoleh dari penjual bambu di desa Pabelan.
- 3). Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan dinding panel dengan ukuran 10x50x100 cm.
- 4). Semen yang digunakan adalah semen *portland* jenis I merk *Holcim*.
- 5). Air yang dipakai diambil dari laboratorium Bahan Bangunan, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- 6). Perencanaan beton non pasir berdasarkan perbandingan berat antara semen dan agregat kasar 1:5.
- 7). Faktor air semen yang digunakan 0,3, dan 0,4
- 8). Tiap macam faktor air semen dibuat 5 buah benda uji.
- 9). Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 10). Pengujian kuat lentur dinding panel dilakukan pada umur 28 hari.

Penelitian terdahulu sudah pernah dilakukan, pada penelitian dinding panel oleh Pardi (2007), digunakan batu apung sebagai agregat dan bambu sebagai tulangan dengan ukuran benda uji (5x50x100) diperoleh hasil, yaitu pengujian kuat tekan dan tegangan lentur cenderung menurun yang dipengaruhi oleh variasi campuran, proses pengadukan dan pencetakan.

Penelitian oleh Hatta (2006) menitik beratkan pada dinding panel *hardflex* dan *Styrofoam* dengan tulangan bambu dengan ukuran sampel (100x50x5), (100 x 40 x 5), (100 x 30 x 5) mendapat kesimpulan, bahwa dinding panel dan *hardflex* dan *styrofoam* dapat direkomendasikan untuk daerah yang rawan terjadi gempa.

Dalam penelitian yang berjudul Uji Kuat Lentur Dinding Panel Dari Agregat Genteng Dengan Perkuatan Baja Dan Bambu Yang Digrouting ini lebih menitik beratkan pada penggunaan agregat kasar dari bahan limbah pecahan genteng, baja tulangan, dan bambu. Dari penelitian ini diharapkan dinding panel tersebut bisa digunakan sebagai alternatif dinding konvensional yang lebih berkualitas dan ekonomis.

## TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah campuran antara semen *portland*, air dan agregat (dan kadang-kadang diberikan bahan tambah dengan berbagai variasi, mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut bilamana dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan.

Karakteristik atau sifat-sifat beton harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk suatu tujuan konstruksi. Perencanaan campuran yang diharapkan dari suatu konstruksi adalah agar beton memenuhi harapan secara maksimal, tetapi secara ekonomis tidak terjadi pemborosan. Oleh karena itu penyempurnaan sifat-sifat beton harus diperhatikan pula pada sifat kekurangan beton. Secara umum beton mempunyai sifat kelebihan dan kekurangan tertentu jika dibandingkan dengan bahan-bahan lain (Tjokrodinuljo, 1996).

Dinding panel atau lebih dikenal dengan panel-panel dinding merupakan salah satu komponen non struktural dari suatu bangunan. Pada umumnya tembok atau dinding dibuat dari bahan batu kali atau bata merah yang dilapisi dengan mortar, pada volume besar dan letak bangunan di daerah yang memerlukan perlakuan khusus, seperti di daerah gempa dan bangunan gedung bertingkat. Pembuatan dinding dengan bata merah yang dikerjakan di lapangan menimbulkan dampak yang tidak baik di lapangan seperti pekerjaan lama, boros tenaga kerja, memiliki berat jenis tinggi dan berbahaya ketika terjadi gempa.

Beton non pasir ialah suatu bentuk sederhana dari jenis beton ringan yang mana cara memperolehnya dengan menghilangkan agregat halus atau pasir dalam campuran beton. Karena tanpa pasir, maka tercipta keseragaman rongga yang terdistribusi dalam massa beton, serta berkurangnya berat jenis beton.

Kelebihan pemakaian beton non-pasir adalah (Tjokrodinuljo, 1996) :

- 1). Sebagai bahan isolasi panas.
- 2). Pembuatan yang lebih cepat dan sederhana.
- 3). Bobot yang ringan
- 4). Susutnya yang hanya sedikit dibandingkan beton normal.
- 5). Tidak ada kecenderungan untuk bersegregasi sehingga dapat dijatuhkan dengan tinggi jatuh yang lebih tinggi.
- 6). Kebutuhan semen sedikit karena tidak ada pasir maka luas permukaan butir agregat berkurang sehingga kebutuhan pasta semen yang dipakai untuk menyelimuti butir pasir tidak diperlukan lagi, sehingga kebutuhan semen hanya sedikit sehingga harganya lebih murah.

Berat jenis beton non pasir nilainya lebih kecil bila dibandingkan dengan berat jenis beton normal. Berat jenis beton bergantung pada berat jenis dan gradasi agregat yang dipakai dalam pembuatan beton. Pada umumnya penggunaan agregat kasar berkisar antara 60% sampai 70% dari beton normal.

## LANDASAN TEORI

Dinding panel dengan dengan agregat ringan dapat digunakan sebagai elemen struktur, seperti dinding panel geser penahan gempa lateral. Berhubungan massa dinding panel tersebut lebih ringan dari beton normal, maka gaya inersia akibat gempa dapat direduksi sehingga dapat mengurangi respon struktural yang ditimbulkan. Limbah genteng dapat digunakan sebagai agregat kasar yang berfungsi sebagai agregat ringan.

Pada umumnya dinding panel menggunakan komposisi campuran beton normal (air, agregat, semen) ditambah beberapa bahan aditif dan diberi tulangan. Tulangan diletakkan pada lubang yang sudah dibuat pada dinding panel dari atas sampai bawah. Pemasangan tulangan dilakukan saat campuran sudah terbentuk dan mengeras. Tulangan tersebut difungsikan untuk menyatukan dinding panel satu dengan dinding panel yang lain, agar terbentuk satu kesatuan. Pada penelitian ini komposisi campuran tidak menggunakan campuran beton normal seutuhnya, karena fungsi agregat kasar di ganti dengan dari limbah pecahan genteng.

Bahan penyusun pada proses pembuatan dalam kondisi baik untuk menghasilkan komposisi campuran yang diinginkan, komposisi campuran pada benda uji tekan berpengaruh terhadap kualitas dinding panel yang dihasilkan. Oleh karena itu perlu mengetahui sifat-sifat dari masing-masing bahan agar dapat menentukan material yang akan digunakan secara tepat.

### 1. Semen portland

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menghaluskan *klinker*, terutama terdiri atas *silikat calsium* yang bersifat hidrolis, dengan *gibs* sebagai bahan tambahannya. Semen *Portland* merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Di dunia sebenarnya terdapat berbagai semen dan tiap macamnya digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan sifat-sifatnya yang khusus (Tjokrodimuljo, 1996).

Material-material utama dari semen *portland* adalah batu kapur yang mengandung komponen-komponen utama  $CaO$  (kapur) dan tanah liat yang mengandung komponen-komponen  $SiO_2$  (*silika*),  $Al_2O_3$  (*alumina*),  $Fe_2O_3$  (*oksida besi*), ( $MgO$ ) *Magnesia*, ( $SO_3$ ) *Sulfur*, serta ( $Na_2O + K_2O$ ) *Soda/potash*.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut :

- 1). Jenis I : untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.
- 2). Jenis II : untuk konstruksi pada umumnya, terutama bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
- 3). Jenis III: digunakan pada konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi.
- 4). Jenis IV: digunakan pada konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
- 5). Jenis V : digunakan pada konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan pada sulfat.

### 2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton dan menempati kira-kira 70% dari volume beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton atau *mortar*, sehingga dalam pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pertumbuhan beton atau *mortar* (Tjokrodimuljo, 1996).

Gradasi adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan semakin besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang sangat kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori di antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit.

### 3. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Sifat dan kualitas dari air yang digunakan dalam campuran beton akan sangat mempengaruhi proses, sifat serta mutu beton yang dihasilkannya (Tjokrodinuljo, 1996).

Pemakaian air untuk beton, sebaiknya memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- 1). Tidak mengandung Lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- 2). Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (*asam*, zat organik) lebih dari 15 gram/liter.
- 3). Tidak mengandung *Chlorida (Cl)* lebih dari 0,5 gram/liter.
- 4). Tidak mengandung senyawa *sulfat* lebih dari 1 gram/liter.

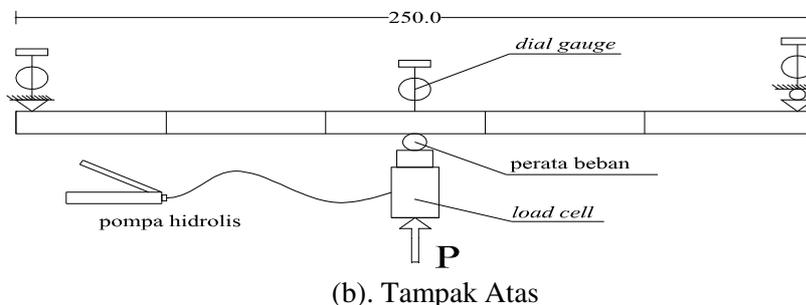
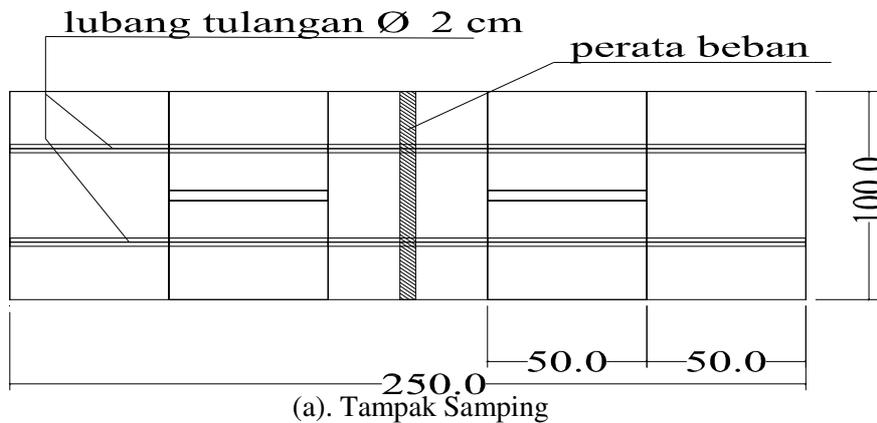
#### A. Pengujian Kuat Lentur Dinding Panel

Tegangan lentur dikenal sebagai *Modulus of Repture (MOR)*, besarnya MOR untuk pengujian dengan penempatan beban di tengah bentang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Besarnya MOR} = \frac{\frac{1}{4}PL}{\frac{1}{6}bh^2}$$

dengan

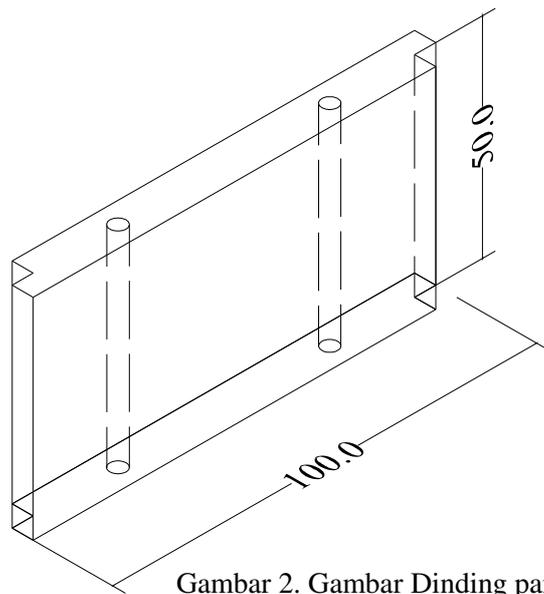
- MOR = *Modulus of Repture* (N/mm<sup>2</sup>)  
P = Beban Maksimum (N)  
L = Panjang bentang (mm)  
b = Lebar benda uji (mm)  
h = Tinggi benda uji (mm)



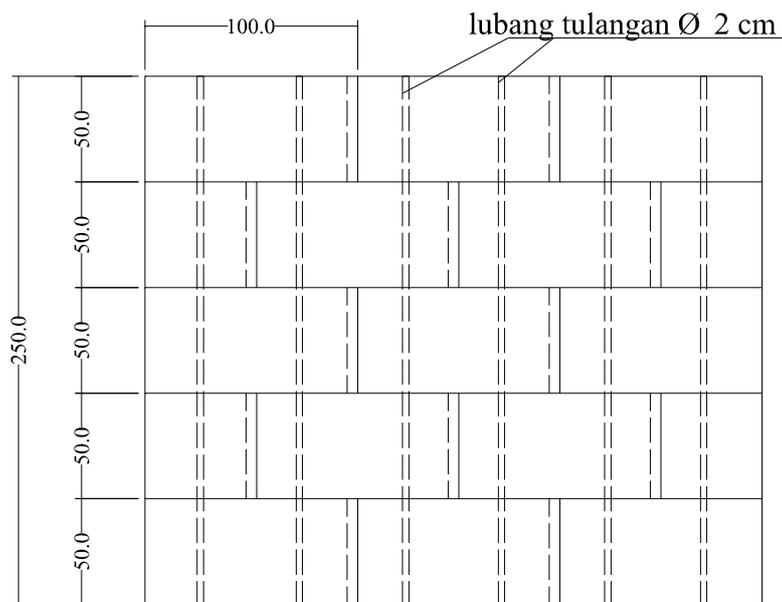
Gambar 1. Gambar Set Up Pengujian Kuat Lentur Dinding Panel

#### B. Model Sambungan Dinding Panel

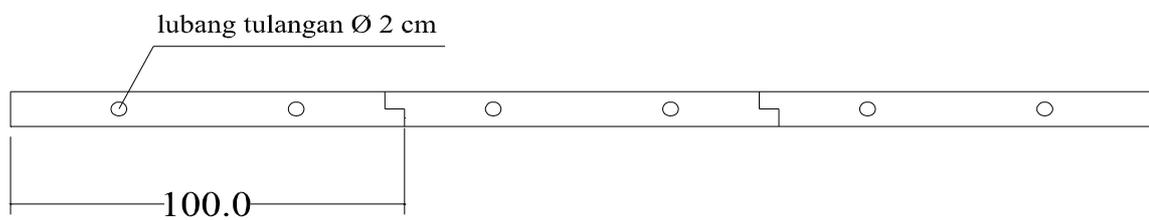
Pada penelitian dibuat dinding panel dengan ukuran 10x50x100 cm<sup>3</sup> seperti terlihat pada Gambar 2. Agar terjadi ikatan yang erat antara dinding panel satu dengan lainnya, maka dibuat model sambungan seperti tampak pada Gambar 3. dan Gambar 4.



Gambar 2. Gambar Dinding panel



Gambar 3. Gambar Sambungan Dinding Panel



Gambar 4. Gambar Sambungan Dinding Panel Tampak Atas.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini bisa dikatakan penelitian pengembangan dari yang sudah ada, mengingat dinding panel sudah ada di pasaran dengan model dan bahan yang bervariasi, sedangkan metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu suatu metode dengan menggunakan suatu percobaan guna mendapatkan suatu hasil yang menegaskan dan menjelaskan hubungan kausal antara variabel-variabel yang diselidiki. Data diperoleh dari hasil percobaan yang dilakukan terhadap sejumlah sampel yang dapat mewakili dari populasi yang dimaksud. Dengan demikian diharapkan hasil penelitian yang diperoleh dapat menggambarkan sifat populasi yang bersangkutan.

### A. Bahan Penelitian

Bahan utama pembentuk dinding panel adalah beton, tulangan bambu, dan semen *grouting*.

### B. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, seluruhnya berasal dari Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Adapun peralatan yang digunakan antara lain 1 set alat pengujian karakteristik material dan 1 set alat uji kuat lentur.

### C. Tahap Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam 5 tahap seperti pada Gambar 5, dengan penjelasan sebagai berikut :

#### 1) Tahap I : Persipan alat dan penyediaan bahan.

Pada tahap ini dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan dipakai untuk pemeriksaan bahan penyusun beton, pembuatan benda uji sampai pada pengujian.

#### 2) Tahap II : Pemeriksaan bahan.

Pemeriksaan bahan yang dilaksanakan pada pecahan genteng meliputi:

- a). Pemeriksaan *specific gravity* dan *Absorption* agregat kasar
- b). Pemeriksaan gradasi agregat kasar
- c). Pemeriksaan berat satuan volume agregat kasar
- d). Pemeriksaan keausan agregat kasar
- e). Pemeriksaan kadar lengas kasar
- f). Pengujian kuat tarik baja dan bambu

#### 3) Tahap III : Penyediaan benda uji.

Penyediaan benda uji meliputi :

##### a) Perhitungan rencana campuran adukan beton

Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran dinding panel, pembuatan benda uji dan perawatan beton. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran beton dihitung dengan menggunakan metode coba-coba yaitu dengan menggunakan perbandingan antara berat semen dan berat agregat.

##### b) Pembuatan benda uji sesuai dengan hasil rencana campuran (*mix design*).

Pembuatan benda uji beton dilakukan dengan mencampur bahan-bahan pembuat beton sesuai *mix design* yang telah dibuat ke dalam molen pengaduk, kemudian dicetak sesuai kebutuhan pengujian beton yang direncanakan.

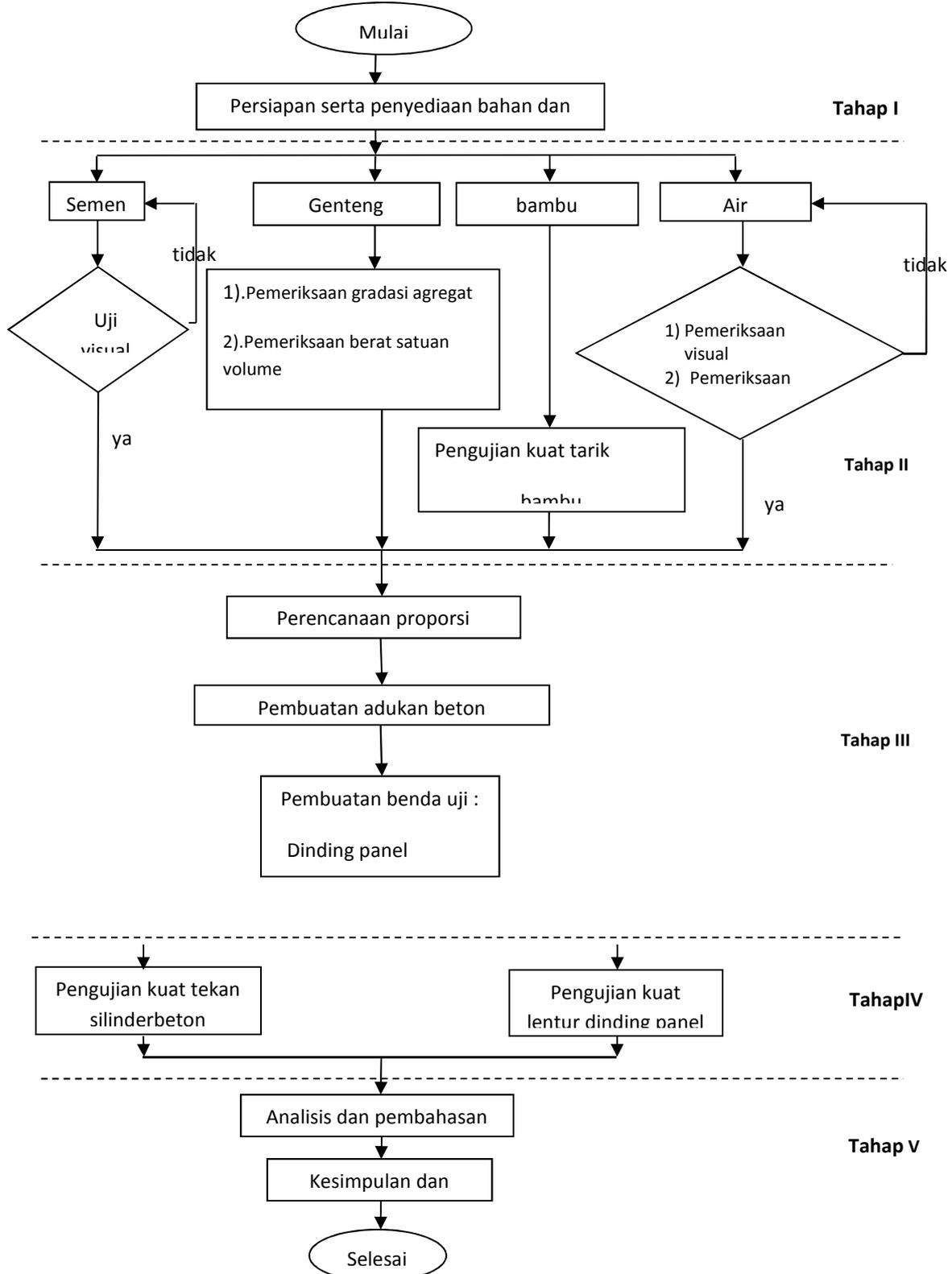
#### 4) Tahap IV : Pengujian sampel

Pada tahap ini dilakukan pengujian sampel. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari, dengan memberikan beban pada benda uji sampai hancur pada mesin uji beton. Pengujian berat jenis dilakukan dengan menimbang sampel beton dan hasilnya dibagi volume

sampel. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan memberi beban ditengah dinding panel. Tegangan maksimum dicapai pada bagian bawah dinding panel.

5) Tahap V : Analisis data dan pembahasan.

Tahap ini dilakukan pengolahan data dari hasil yang telah diperoleh dalam pengujian kuat tekan dan kuat lentur. Kemudian data tersebut dianalisis dengan menyajikan hasil penelitian dalam bentuk grafik-grafik dan tabel-tabel di bandingkan satu dengan yang lain.



Gambar 5. Bagan alir penelitian

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### *Pengujian Kuat Lentur Sambungan Dinding Panel*

Pengujian kuat lentur sambungan dinding panel dilakukan dengan memakai alat uji lentur. Pelaksanaan pengujian ini dilakukan setelah penimbangan benda uji untuk mengetahui beratnya sebagai indikasi kepadatan. Bila berat benda uji berbeda satu dengan yang lain, sedangkan dimensinya sama, maka kuat lentur dinding panel belum tentu sama.

*Perhitungan kuat lentur sambungan dinding panel dengan menggunakan rumus kuat lentur.* Pada perhitungan kuat lentur sambungan dinding panel digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Besarnya MOR} = \frac{\frac{1}{4}PL}{\frac{1}{6}bh^2}$$

Dengan

MOR = Modulus of Repture (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban Maksimum (N)

L = Panjang bentang (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

h = Tinggi benda uji (mm)

Tabel 1. Hasil Perhitungan kuat lentur dinding panel tulangan bambu

fas	No.	Berat	P <sub>maks</sub>	L	b	h	MOR	MOR <sub>rata-rata</sub>
		kN	kN	mm	mm	mm	kN/mm <sup>2</sup>	kN/mm <sup>2</sup>
0,3	1	3,42	3,4426	2000	1000	100	0,00103	0,00108
	2	3,43	3,7295	2000	1000	100	0,00112	
0,4	1	3,40	3,1557	2000	1000	100	0,00095	0,00101
	2	3,43	3,5860	2000	1000	100	0,00108	

Dari tabel diatas diperoleh nilai rata-rata kuat lentur dinding panel dengan perkuatan tulangan bambu sebesar 1,08 N/mm<sup>2</sup> untuk fas 0,3, dan untuk fas 0,4 sebesar 1,01 N/mm<sup>2</sup>, dari data tersebut dapat dilihat semakin tinggi nilai fas, semakin rendah nilai kuat lenturnya.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat dibuat kesimpulan. Pengujian kuat lentur sambungan dinding panel dengan perkuatan tulangan bambu, untuk nilai fas 0,3 diperoleh kuat lentur rata-rata sebesar 1,08 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk fas 0,4 sebesar 1,01 N/mm<sup>2</sup>.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Hatta, M, N, 2006. *Uji Kuat Lentur Dinding Panel Hardflex dan Styrofoam Dengan Tulangan Bambu*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Tidak Dipublikasikan).
- Pardi, 2007. *Tinjauan Kuat Lentur Dinding Panel Batu Apung Dengan Penulangan Bambu*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Tidak Dipublikasikan).
- Rofiq, M, S, 2010. *Model Sambungan Dinding Panel Dengan Agregat Pecahan Genteng*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Tidak Dipublikasikan).
- Tjokrodimuljo, K, 1995. *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K, 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.