

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bata Beton Pejal (Batako)

Bata beton atau dapat disebut dengan batako merupakan salah satu unsur bangunan berupa bata yang digunakan sebagai material dinding non struktural, dibentuk menggunakan campuran *portland cement*, air dan agregat. Terdapat dua jenis bata beton yakni bata beton pejal dan bata beton berlubang.

Bata beton pejal ialah bata beton yang mempunyai 75% penampang pejal atau lebih dari keseluruhan luas penampangnya, dan bervolume lebih dari 75% keseluruhan volume batanya (SNI 03-0349-1989). Dalam KBBI, kata pejal memiliki arti padat keras; tidak berongga, dapat disimpulkan bata beton pejal sendiri berarti bata beton yang tidak berongga dan padat pada volumenya. Berbeda dengan bata beton berlubang yang memiliki lubang atau rongga pada penampangnya, luas penampang menjadi pembeda antara bata beton berlubang adalah luas penampangnya.

Sebagai bahan material pada sebuah konstruksi, sifat fisik dan mekanik dari bahan penyusunnya dapat mempengaruhi kekuatan bata beton pejal. Berikut ini merupakan ukuran bata beton dan syarat-syarat fisis bata beton pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2

**Tabel 2. 1** Ukuran Bata Beton

Jenis	Ukuran		
	Panjang	Lebar	Tebal
1. Besar	400 ± 3	≥ 200 ± 3	100 ± 2
2. Sedang	300 ± 3	≥ 150 ± 3	100 ± 2
3. Kecil	200 ± 3	100 ± 2	80 ± 2

Sumber : PUBI - 1982

**Tabel 2. 2** Syarat-syarat fisis bata beton

Syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto* rata-rata min	Kg/cm <sup>2</sup>	100	70	40	25	70	50	35	20
2. Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min	Kg/cm <sup>2</sup>	90	65	35	21	65	45	35	20
3. Penyerapan air rata-rata maks	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Sumber : SNI 03-0349-1989

Bata beton pejal memiliki empat tingkatan mutu, hal ini sesuai SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding. Berikut ini klasifikasi mutu bata beton.

- a. Tingkat Mutu I, merupakan bata beton mutu tertinggi yang dapat difungsikan sebagai bata beton yang dapat memikul beban dan dapat pula digunakan pada kondisi yang tidak tertutup (berada di luar atap)
- b. Tingkat Mutu II, merupakan bata beton yang dapat difungsikan sebagai bata beton yang dapat memikul beban namun berada pada area yang terlindung dari cuaca luar (di bawah atap).
- c. Tingkat Mutu III, merupakan bata beton yang tidak dapat difungsikan sebagai bata beton yang dapat memikul beban serta berada pada tempat yang tidak terkena hujan dan terkena matahari langsung, permukaan dinding boleh tidak diplester (di bawah atap).
- d. Tingkat Mutu IV, merupakan bata beton yang tidak dapat difungsikan sebagai bata beton yang dapat memikul beban serta berada pada tempat yang tidak terkena hujan dan terkena matahari langsung, tetapi permukaan dinding harus diplester (di bawah atap).

## 2.2 Agregat

Dalam campuran beton kandungan agregat pada umumnya dapat dikatakan sangat besar. Komposisi pada agregat tersebut sebesar 60% - 70% dari bobot campuran beton. Meski kegunaannya sekadar untuk pengisi, agregat ini berfungsi sangat penting, karena komposisinya yang cukup besar. Oleh karena itu, agar bisa menentukan sifat mortar atau beton yang akan di hasilkan maka diperlukannya mempelajari karakteristik agregat.

### 2.2.1 Agregat Halus

Agregat halus biasanya dipakai dalam campuran beton merupakan pasir dengan ukuran butir maksimal 5 mm yang berasal dari alam. Butiran pasir secara buatan berasal dari tahap pemecahan batu atau secara alami dari tidak bersatu padunya batuan yang terbentuk (Riyanto, 2015).

Adapun Syarat yang harus dimiliki agregat halus menurut SNI S-04-1989-F antara lain.

- Indeks Kekerasan  $\leq 2,2$
- Bagian hancur dari larutan natrium sulfat tidak boleh lebih dari 12%
- Garam Magnesium Sulfat yang terkandung pada agregat tidak boleh lebih dari 18 %
- Kandungan lumpur tidak melebihi 5%
- Warna larutan 3% NaOH tidak menghasilkan warna gelap sesuai standar
- Hasil dari modulus kehalusan butir berada diantara 1,50 – 3,80

## 2.3 Semen *Portland*

Semen *portland* merupakan campuran dari bahan kimia yang dikendalikan dengan ketat berupa kalsium (Ca), silica (Si), aluminium (Al), besi

(Fe) dan ditambahkan bahan kecil lainnya seperti gipsum yang berasal dari tahap penggilingan akhir yang bertujuan mengontrol waktu pengikatan beton (Rulli Ranastra Irawan – Binamagra 2013).

**Tabel 2. 3** Komposisi Bahan Penyusun Semen

Komposisi	Persentase (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO <sub>2</sub> )	17-25
Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3-8
Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO <sub>3</sub> )	1-2
Potash (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	0,5-1

Sumber : Kardiyono Rjokrodimulyo (1996)

## 2.4 Kuat Tekan Beton

Faktor yang menentukan kuat tekan beton yaitu berpengaruh pada perbandingan dan pengaturan semen, air, agregat dan beberapa jenis campuran lainnya. Faktor utamanya adalah perbandingan antara air dan semen. Kuat tekan beton yaitu ketika benda uji tidak mampu menahan besarnya beban dengan gaya tertentu. (Wariyatno dan Haryanto 2013)

## 2.5 Tulang Sapi

Salah satu unsur pada sistem gerak hewan adalah tulang. Tulang berfungsi sebagai rangka dalam (*endoskeleton*) yang memberi bentuk dan penyokong tubuh pada manusia dan hewan vertebrata (Safitri, 2019). Tulang termasuk kedalam kategori anorganik, berdasarkan strukturnya memiliki kesamaan dengan tulang lainnya. Tulang sapi merupakan unsur anorganik

berupa Ca, P, O, H, Na dan Mg, didalam unsur kimia tersebut terdapat gabungan antara senyawa *apatite* mineral dengan unsur zat anorganik tambahan berupa penyusun tulang sapi (Sontang, 2000).

**Tabel 2. 4** Komposisi Tulang Sapi

Senyawa Kimia	Persentase (%)
<b>CaO</b>	52,45
<b>P2O5</b>	36,85
<b>MgO</b>	1,3
<b>SiO2</b>	1,34
<b>Others</b>	8,06

(Sumber : H.Abd-Elrahman et al. 2010)

Tulang sapi mempunyai kandungan CaO yang tinggi dan tergolong SDA yang terbarukan, dibuktikan dalam penelitian yang dilakukan oleh Anwar Ahmad et al. 2017 terhadap penerapan kandungan CaO pada bubuk tulang sapi dengan penelitian berjudul “*Study of Concrete Properties using Bone Powder by Portal Replacement of Cement*” (PP Pamilih, 2020).

**Tabel 2. 5** Kandungan Tulang Sapi dengan Kuat Tekan

Persentase Kandungan Bubuk Tulang Sapi (%)	Fe' Rata-Rata (N/mm <sup>2</sup> )	
	7 hari	28 hari
0	23,33	32,44
1,5	23,56	33,52
3	24,10	34,42
4,5	24,18	34,53
6	24,30	34,65
7,5	24,52	34,78
9	22,10	32,12
10,5	21,89	31,75

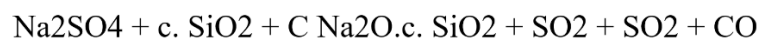
(Sumber : AnwarAhmad et al.2017)

CaO berfungsi pada semen dalam proses hidrasi apabila dicampur dengan air. Selain itu, CaO dapat memperkuat daya lekat terhadap agregat

akibat pori-pori yang mengecil pada beton. Bertambahnya reaksi hidrasi terhadap semen membuat pengerasan beton menjadi lebih cepat, sehingga kuat tekan awal diperoleh tinggi dalam waktu 24 jam. (PP Pamilih, 2020).

## 2.6 Kaca

Dalam kehidupan sehari-hari, salah satu hasil industri kimia yang sangat banyak dipakai oleh masyarakat adalah kaca. Kaca merupakan gabungan bahan kimia yang tidak mudah menguap berupa oksida organik, dimana oksida anorganik tersebut berasal dari peleburan senyawa alkali tanah dan alkali, pasir, penyusun lainnya, serta dekomposisi. SiO<sub>2</sub> dalam kaca mempengaruhi sifat-sifat kaca, bukan hanya itu proses pembentukan sendiri juga membuat kaca memiliki sifat khas. Berikut reaksi pembuatan kaca secara singkat (Suwignyo, 2014).



Dalam campuran serbuk kaca sebagai agregat pada pembuatan beton, berikut sifat serbuk kaca :

1. Bersifat *zero water absorption*
2. Membuat beton kedap air karena karakteristik kaca yang tidak menyerap air, sehingga secara maksimal ruang dalam beton terisi air
3. *Pozzoland*
4. Bahan yang aman dan tidak berbahaya
5. Bersifat *filler* atau pengisi pori yang membuat beton lebih padat

Berdasarkan jenis kaca terdapat beberapa kandungan kaca sebagai berikut.

**Tabel 2. 6** Kandungan Kaca

Jenis Kaca	<i>Clear Glass</i>	<i>Amber Class</i>	<i>Green Class</i>	<i>Pyrex Glass</i>	<i>Fused Silica</i>
SiO <sub>2</sub>	73,2 – 73,5	71,0 – 72,4	71,27	81	99,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,7 – 1,9	1,7 – 1,8	2,22	2	-
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	13,6 – 14,1	13,8 – 14,4	13,06	4	-
CaO + MgO	10,7 – 10,8	11,6	12,17	-	-
SO <sub>3</sub>	0,2 – 0,24	0,12 – 0,14	0,052	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04 – 0,05	0,3	0,599	3,72	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,01	0,43	12,0 – 13,0	-

**Tabel 2. 7** Kandungan Serbuk Kaca

Unsur	Serbuk Kaca
SiO <sub>2</sub>	61,72 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,45 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18 %
CaO	2,59 %

Sumber : Hanafiah, 2011

## 2.7 Pengujian Material

Dalam mendapatkan hasil yang sesuai SNI, pada proses pembuatan bata beton pejal perlu memperhatikan langkah langkah pengujian bahan material, salah satunya yaitu agregat halus. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh material yang sudah layak dan siap digunakan untuk pembuatan bata beton pejal.

### 2.7.1. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (Uji Kocokan)

Tujuan pengujian kocokan ini yaitu untuk mengidentifikasi kadar lumpur pada agregat halus. Alat yang perlu dipersiapkan pada pengujian ini adalah gelas ukur dengan ukuran 250 ml, selanjutnya pada gelas ukur dituangkan pasir sebanyak 130 ml yang diikuti dengan penambahan air sampai 250 ml. lalu setelah pasir dan air telah dimasukan kocok tabung tersebut selama 30 menit dalam keadaan

tertutup rapat, lalu diamankan selama 24 jam untuk mendapatkan kandungan kadar lumpur.

#### 2.7.2. Pengujian Gradasi Agregat Halus (Modulus Kehalusan)

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengidentifikasi gradasi agregat dan kelayakan pasir. Pada proses pengujian Modulus Kehalusan alat yang perlu digunakan yaitu ayakan dan mesin *Shieve Shaker*. Proses pertama dalam pengujian ini yaitu menyiapkan pasir sebanyak 1 kg yang telah dioven selama 8 jam, kemudian pasir tersebut dituangkan ke dalam ayakan yang sudah terletak di mesin pengayak *Shieve Shaker*. Proses pengayakan pada mesin *Shieve Shaker* dilakukan selama 10 – 15 menit.

### 2.8 Penelitian Terdahulu

Pada awalnya telah terdapat penelitian terdahulu yang berkaitan dengan riset yang akan dilakukan sekarang. Ditemukan sejumlah penelitian terdahulu yang menjadikan metode eksperimen sebagai langkah penelitiannya. Oleh karena itu, dilakukanlah perbandingan dari beberapa penelitian terdahulu, perbandingan dijelaskan pada tabel berikut.

**Tabel 2. 8** Penelitian Terdahulu

Penelitian	Judul	Tujuan Penelitian	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian
Mukhlis dan Bunyamin (2020)	Pengaruh Penggunaan Agregat Tulang Sapi Terhadap	Mengetahui penggunaan agregat tulang sapi sebagai substitusi sebagian	Agregat Tulang Sapi (berupa bubuk)	Penggunaan agregat tulang sapi dengan persentase 30%



Penelitian	Judul	Tujuan Penelitian	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian
	Kuat Tekan Beton	agregat terhadap kuat tekan beton		dinyatakan dapat menurunkan kuat tekan beton
Pamilih, P.P. (2020)	Pemanfaatan Limbah Bubuk Tulang Sapi dan Limbah Marmer Sebagai Subtituen Parsial pada <i>Self Compacting Concrete</i>	<p>1. Mengetahui pengaruh inovasi bubuk tulang sapi dan marmer pada kuat tekan awal dan <i>slump-flow</i> target.</p> <p>2. Mengetahui perbandingan biaya produksi SCC inovasi dengan SCC</p>	Limbah bubuk tulang sapi dan limbah marmer	Inovasi <i>self compacting concrete</i> dengan kadar bubuk tulang sapi 7,5% dan marmer 60% mencapai kuat tekan awal dalam waktu 1 hari sudah mencapai kuat tekan 24,9%

Penelitian	Judul	Tujuan Penelitian	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian
		konvensional.		
Ananda Welas Asih (2018)	Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus pada Beton Mutu Tinggi	Mengetahui pengaruh serbuk kaca sebagai substitusi pasir terhadap sifat mekanik pada beton mutu tinggi	Serbuk Kaca	Kuat Tekan : 0% = 43,878 MPa 5% = 46,615 MPa 10% = 47,370 MPa 15% = 46,332 MPa 20% = 45,860 MPa
Indah Handayasari, Gita Puspa Artiani, Desi Putri (2016)	Studi Penggunaan Limbah Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Semen pada Pembuatan	Mengetahui pengaruh variasi komposisi limbah serbuk kaca terhadap kuat tekan bata beton pejal	Limbah serbuk kaca	Pada variasi serbuk kaca 10% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 73,33 kg/cm <sup>2</sup> , variasi ini menjadi

Penelitian	Judul	Tujuan Penelitian	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian
	Bata Beton Pejal			kuat tekan optimum dan masuk pada mutu II.
Elro Agel Paglo, Khadavi, Embun Sari Ayu (2022)	Pengaruh Kuat Tekan Beton Akibat Penambahan Agregat Halus Dari Tumbukan Limbah Kaca	Mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah kaca sebagai bahan tambah campuran beton	Limbah kaca	Penambahan kaca sebesar 10% sebagai bahan tambah beton mengalami penurunan kuat tekan, nilai kuat tekan optimum berada pada campuran kaca dengan persentase 7,5%

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dianalisis disimpulkan bahwa tulang sapi dan kaca berpengaruh terhadap efektivitas campuran bata beton. Pada kaca terdapat kandungan silika yang cukup tinggi dapat dijadikan sebagai campuran dalam pembuatan bata beton. Begitupun dengan tulang sapi memiliki kandungan CaO, yang merupakan kandungan penting dalam semen dapat dijadikan sebagai campuran bata beton karena mampu mempercepat pengerasan.

Efektivitas kaca dalam campuran beton dibuktikan dari penelitian yang dilakukan oleh Indah Handayasari, Gita Puspa Artiani, Desi Putri (2016), penambahan limbah serbuk kaca sebagai substitusi semen bata beton pejal mencapai kuat tekan optimum dan tingkat mutu II dengan kadar kaca 10%, serta mengalami penurunan kuat tekan saat penambahan kadar kaca melebihi 10%. Namun, hasil penelitian dari Embun Sari Ayu (2022) berbanding terbalik, penambahan kadar kaca sebesar 10% dalam campuran beton mengalami penurunan kuat tekan beton. Dari perbedaan hasil kedua penelitian tersebut menjadikan penambahan kadar kaca 10% sebagai batas maksimum persentase dalam *mix design* inovasi bata beton pejal untuk mengetahui efektivitas kaca apabila digabungkan dengan bahan tambahan lainnya.

Efektivitas tulang sapi dalam campuran beton dibuktikan dari penelitian PP Pamilih, 2020, bahwa penambahan tulang sapi sebesar 7,5% mampu mempercepat pengerasan beton dengan kuat tekan awal yang diperoleh tinggi. Namun, di beberapa jurnal penelitian tentang efektivitas tulang sapi pada agregat beton membuat kuat tekan beton menurun. Salah satunya menurut Mukhlis dan Bunyamin (2020) “Penggunaan agregat tulang sapi dengan persentase 30% dinyatakan dapat menurunkan kuat tekan beton”.

Dengan mengetahui hasil penelitian terdahulu mengenai tulang sapi dan kaca sebagai campuran beton atau bata beton yang memiliki perbedaan hasil

efektivitas dari tiap penelitiannya, maka dilakukan penelitian kembali menggunakan kedua bahan tersebut dengan persentase tiap bahannya mengacu pada penelitian terdahulu dan mencampurkan kedua bahan menjadi satu. Tulang sapi dan kaca dijadikan sebagai substitusi parsial semen karena kandungan  $\text{CaO}$  dan  $\text{SiO}_2$  merupakan bagian unsur semen. Inovasi penambahan tulang sapi dan kaca ini diharapkan mampu menciptakan kuat tekan yang tinggi terhadap bata beton pejal dan meminimalisir limbah yang ada.