

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **1.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Material Penyusun Beton**

Pemeriksaan bahan material penyusun beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Teknologi Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun bahan material yang di uji berupa agregat kasar dan agregat halus, sedangkan serbuk batu bata hanya dilakukan pengujian gradasi butiran dengan campuran agregat halus dengan kadar batu bata sebesar 20%, 40% dan 60%. Sedangkan penelitian mengenai sifat fisik dan kandungan batu bata menggunakan data dari penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan oleh orang lain. Berikut merupakan hasil pemeriksaan material penyusun beton.

##### **1.1.1 Agregat Halus**

###### **a. Pengujian Gradasi butiran pada agregat halus**

Berdasarkan hasil pengujian Gradasi butiran yang dilakukan didapat agregat halus Sungai Progo memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh (ASTM, 1996), bahwa agregat halus tidak boleh memiliki bagian yang lolos pada satu set saringan lebih besar dari 45% dan tertahan pada saringan berikutnya seperti yang ditampilkan oleh Tabel 4.1. Dari hasil penelitian didapat nilai modulus halus butir (mhb) sebesar 3,497. Hasil lengkap perhitungan modulus halus butir dapat dilihat pada Lampiran 1.

Pengujian gradasi butiran agregat halus menggunakan substitusi dari serbuk batu bata dengan kadar 20%, 40% dan 60% dari berat agregat halus. Berdasarkan pengujian Gradasi butiran didapat nilai modulus halus butir dengan substitusi serbuk batu bata 20%, 40% dan 60% sebesar 3,008; 2,806 dan 2,678 sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 4.2 – Tabel 4.4. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar serbuk batu bata yang digunakan maka nilai modulus halus butir akan semakin kecil yang berarti agregat semakin halus. Berdasarkan hasil pengujian, agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan bangunan yang dipersyaratkan oleh SK SNI S-04-1989-F (DPU, 1989) dengan nilai modulus halus butir antara 1,50 sampai 3,80. Gambar Distribusi Gradasi butiran dengan

substitusi serbuk batu bata dapat dilihat pada Gambar 4.1. Hasil perhitungan lengkap Gradasi butiran dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 4.1 Hasil pengujian Gradasi agregat halus

Ukuran	Berat Tertahan (Gram)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Komulatif (%)	Berat Lolos Komulatif (%)
No.4	0	0	0	100
No.8	46,97	4,967	4,967	95,303
No.16	100,28	10,028	14,725	85,275
No.30	309,35	30,935	45,660	54,340
No.50	412,20	41,220	86,880	13,120
No.100	109,95	10,995	97,875	2,125
Pan	21,25	2,125	100	0
Total	1000	100	349,837	350,163
Modulus Halus Butir =				3,498

Tabel 4.2 Gradasi butiran substitusi serbuk batu bata 20%

Ukuran	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
No.4	0	0	0	100
No.8	27	2,7	2,7	97,3
No.16	76	7,6	10,3	89,7
No.30	249	24,9	35,2	64,8
No.50	283	28,3	63,5	36,5
No.100	256	25,6	89,1	10,9
Pan	109	10,9	100	0
Total	1000	100	300,8	399,2
Modulus Halus Butir =				3,008

Tabel 4.3 Gradasi butiran substitusi serbuk batu bata 40%

Ukuran	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
No.4	0	0	0	100
No.8	22	2,2	2,2	97,8
No.16	54	5,4	7,6	92,4
No.30	191	19,1	26,7	73,3
No.50	368	36,8	63,5	36,5
No.100	171	17,1	80,6	19,4
Pan	194	19,4	100	0
Total	1000	100	280,6	419,4
Modulus Halus Butir =				2,806

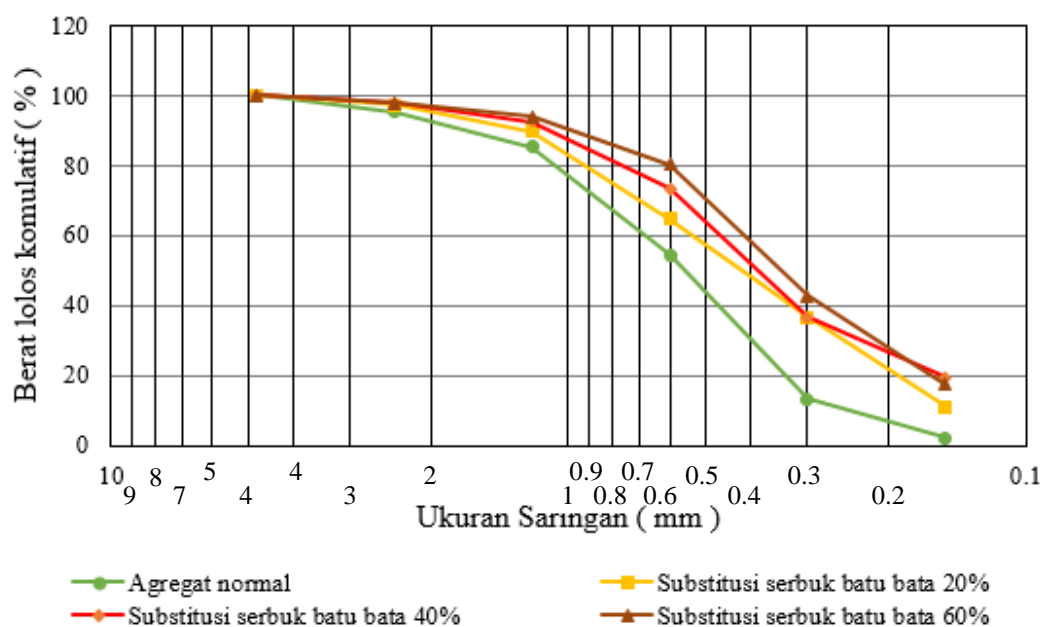
Tabel 4.4 Gradasi butiran substitusi serbuk batu bata 60%

Ukuran	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
No.4	0	0	0	100
No.8	22	2,2	2,2	97,8

Tabel 4.4 Gradasi butiran substitusi serbuk batu bata 60% (lanjutan)

Ukuran	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
No.16	40	4	6,2	93,8
No.30	134	13,4	19,6	80,4
No.50	377	37,7	57,3	42,7
No.100	252	25,2	82,5	17,5
Pan	175	17,5	100	0
Total	1000	100	267,8	432,2
Modulus Halus Butir =				2,806

Berdasarkan Gambar 4.1 terlihat bahwa semakin besar kandungan serbuk batu bata yang digunakan, maka akan banyak fraksi halusnya. Dari hasil pengujian gradasi agregat halus, semua agregat memenuhi persyaratan karena memiliki nilai modulus halus butir antara 1,50 – 3,80.



Gambar 4.1 Distribusi gradasi butiran

b. Pengujian kadar air pada agregat halus

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus Sungai Progo didapat kadar air rata-rata sebesar 10,67%. Hasil lengkap perhitungan kadar air agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 3.

c. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus

Berdasarkan hasil pengujian agregat halus Sungai Progo didapat hasil berat jenis curah kering rata-rata sebesar 1,83; berat jenis semu rata-rata sebesar 2,96; berat jenis curah rata-rata sebesar 2,21 dan penyerapan

air pada agregat halus sebesar 20,70%. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin kecil nilai berat jenis agregat, maka daya serap air semakin tinggi. Hasil lengkap pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 4.

d. Pengujian berat satuan pada agregat halus

Berat satuan rata-rata agregat halus Sungai Progo sebesar 1,42 gram/cm<sup>3</sup>. Menurut Tjokrodimuljo (2007), berat satuan agregat normal umumnya memiliki nilai sebesar 1,50 – 1,80 gram/cm<sup>3</sup>. Hasil lengkap perhitungan berat satuan dapat dilihat pada Lampiran 5.

e. Pengujian kadar lumpur pada agregat halus

Kadar lumpur rata-rata yang terkandung pada agregat halus Sungai Progo sebesar 1,70 %. Dari hasil pengujian tersebut, agregat halus memenuhi persyaratan agregat untuk bahan bangunan berdasarkan SK SNI S-04-1989-F karena kandungan lumpur kurang dari 5%. Hasil lengkap pengujian kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil lengkap pengujian agregat halus seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian agregat halus Sungai Progo

Pengujian	Satuan	Nilai
Modulus halus butir	-	3,497
Kadar air	%	10,67
Berat jenis	-	2,21
Penyerapan air	%	20,70
Berat satuan	gram/cm <sup>3</sup>	1,42
Kandungan lumpur	%	1,70

### 1.1.2 Agregat Kasar

a. Pengujian kadar air pada agregat kasar

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapat nilai kadar air rata-rata agregat kasar Clereng sebesar 1,55 %. Hasil lengkap perhitungan kadar air pada agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 7.

b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Berdasarkan hasil pengujian didapat berat jenis curah kering agregat kasar Clereng sebesar 2,65; berat jenis curah sebesar 2,70; berat jenis semu sebesar 2,77 dan penyerapan air agregat kasar sebesar 1,65 %. Dari pengujian tersebut, agregat kasar Clereng termasuk dalam agregat normal karena memiliki berat jenis antara 2,5 hingga 2,7 (Tjokrodimuljo, 2007).

Hasil lengkap pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 8.

c. Pengujian keausan agregat kasar menggunakan alat *Los Angeles*

Dari hasil pengujian keausan agregat kasar didapat nilai keausan rata-rata agregat kasar Clereng sebesar 35,10 %. Hasil pengujian keausan agregat kasar menggunakan alat *Los Angeles* dapat dilihat pada Lampiran 9.

d. Pengujian berat satuan agregat kasar

Berdasarkan pengujian berat satuan didapat agregat kasar Clereng memiliki berat satuan rata-rata sebesar 1,84 gram/cm<sup>3</sup>. Agregat normal pada umumnya memiliki berat satuan sebesar 1,50 sampai 1,80 gram/cm<sup>3</sup> (Tjokrodinuljo, 2007). Hasil lengkap pengujian dapat dilihat pada Lampiran 10.

e. Pengujian kandungan lumpur pada agregat kasar

Dari hasil pengujian diperoleh kandungan lumpur rata-rata agregat kasar Clereng sebesar 2,67 %. Hasil tersebut tidak memenuhi standar SK SNI S-04-1989-F karena kandungan lumpur lebih dari 1 %, sehingga agregat perlu dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai agregat untuk bahan bangunan. Hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Lampiran 11. Hasil lengkap pengujian agregat kasar Clereng seperti yang ditampilkan oleh Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil pengujian agregat kasar Clereng

Pengujian	Satuan	Nilai
Kadar air	%	1,55
Berat jenis	-	2,70
Penyerapan air	%	1,65
Keausan	%	35,10
Berat satuan	gram/cm <sup>3</sup>	1,84
Kandungan lumpur	%	2,67

## 4.2 Faktor Air Semen

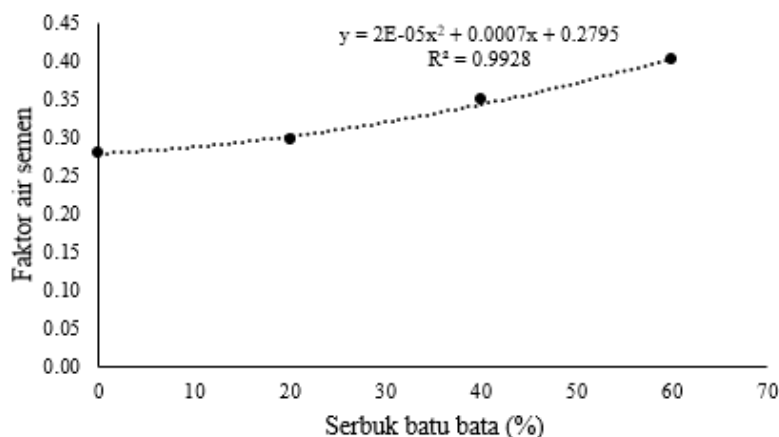
Secara umum semakin tinggi nilai faktor air semen maka kekuatan beton akan berkurang. Serbuk batu bata merupakan *pozzolon* aktif dan menyerap banyak air sehingga semakin banyak kadar serbuk batu bata yang digunakan maka semakin banyak juga air yang dibutuhkan seperti yang ditampilkan oleh Tabel 4.7 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.7 Hasil perancangan campuran *self compacting concrete* untuk 3 sampel

Kode	Semen (Kg)	Air (Kg)	FAS	Agregat halus (Kg)	Serbuk batu bata (Kg)	Agregat kasar (Kg)	Silica fume (Kg)	Superplasticizer (ml)
SCC 0%	8,99	2,53	0,28	18,12	-	10,40	-	89,95
SCC 20%	8,55	2,54	0,30	14,50	3,62	10,40	0,45	89,95
SCC 40%	8,55	2,99	0,35	10,87	7,25	10,40	0,45	89,95
SCC 60%	8,55	3,44	0,40	7,25	10,87	10,40	0,45	89,95

Pada umumnya nilai faktor air semen beton normal berada antara 0,40 – 0,60. Berbeda dengan beton normal, *self compacting concrete* memiliki nilai FAS yang lebih sedikit karena menggunakan bahan tambah *superplasticizer* untuk mendispersikan semen sehingga beton lebih lecah meskipun menggunakan air yang lebih sedikit dibanding beton normal pada umumnya.

Hasil FAS pada Gambar 4.2 didapat dari trial saat proses pengecoran. Berdasarkan hasil pengujian terlihat bahwa semakin banyak kadar serbuk batu bata yang digunakan maka nilai FAS yang didapat semakin tinggi. Hal ini terjadi karena serbuk batu bata bersifat sebagai *pozzolan* aktif sehingga dapat menyerap air lebih banyak.



Gambar 4.2 Hubungan kadar serbuk batu bata dengan faktor air semen

### 4.3 Pengujian Beton Segar *Self Compacting Concrete*

Pengujian beton segar atau *fresh properties self compacting concrete* menggunakan acuan dari *The European Federation of National Association Representing Concrete Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete (EFNARC)* 2005 dan 2002. Pengujian beton segar yang dilakukan berupa pengujian *filling ability*, *viscosity* dan *passing ability*. Hasil pengujian beton segar seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil pengujian beton segar *self compacting concrete* dengan substitusi serbuk batu bata

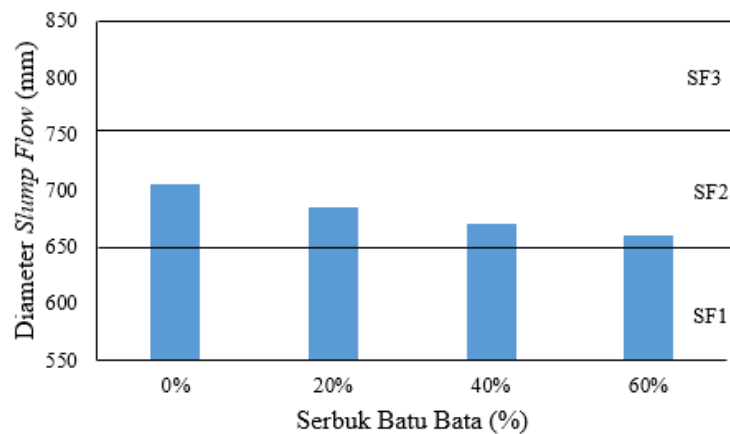
Pengujian	Substitusi	Substitusi	Substitusi	Substitusi
	serbuk batu bata 0 %	serbuk batu bata 20 %	serbuk batu bata 40 %	serbuk batu bata 60 %
$T_{500}$ slump flow (detik)	3,6	5	6,6	10,9
Slump flow (mm)	705	685	670	660
L-box (h2/h1)	0,81	0,83	0,84	1
V-funnel (detik)	8,3	11,8	12,3	14
J-ring (mm)	8	10	14,5	20

#### 4.3.1 Pengujian Slump Flow

Hasil pengujian *slump flow* memiliki diameter antara 660 – 705 mm, hasil tersebut merupakan hasil rata-rata diameter dari arah vertikal dan horizontal seperti yang ditampilkan oleh Gambar 4.3. Semakin banyak kadar serbuk batu bata yang digunakan maka sebaran beton segar akan berkurang, karena serbuk batu bata ketika bercampur dengan air maka akan kembali ke sifat semula yaitu sebagai tanah liat sehingga memiliki daya ikat/kohesifitas namun workabilitas berkurang. Diameter *slump flow* yang dihasilkan sebesar 705, 685, 670 dan 660 mm. hasil tersebut masuk dalam kategori SF2 dan dapat diaplikasikan pada hampir semua kondisi seperti dinding dan kolom.



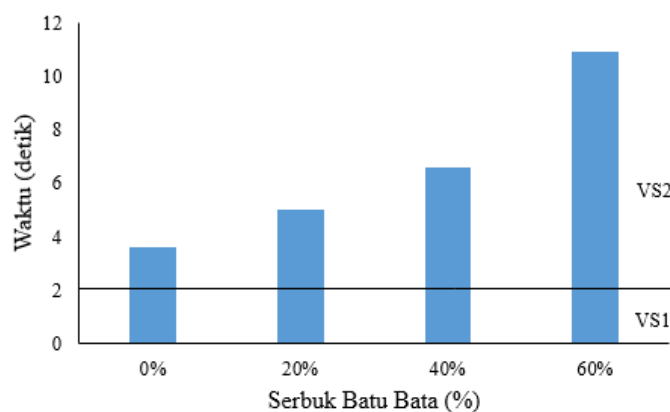
Gambar 4. 3 Hasil pengujian *slump flow*



Gambar 4.4 Hasil pengujian *slump flow*

### 4.3.2 Pengujian $T_{500}$ Slump Flow

Hasil pengujian  $T_{500}$  slump flow sebesar 3,6 detik, 5 detik, 6,6 detik dan 10,9 detik seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak kadar serbuk batu bata, maka membutuhkan waktu yang lebih lama beton segar mencapai diameter 500 mm. Semakin sedikit kadar agregat halus akan menyebabkan berkurangnya kemampuan daya alir/flowability beton segar karena agregat halus memiliki fungsi untuk meningkatkan daya sebar pada beton segar. Dari hasil pengujian  $T_{500}$  slump flow, beton segar masuk dalam kategori VS2. Kategori VS2 memiliki beberapa kelebihan yaitu lebih tahan terhadap segregasi dan mengurangi tekanan terhadap cetakan.



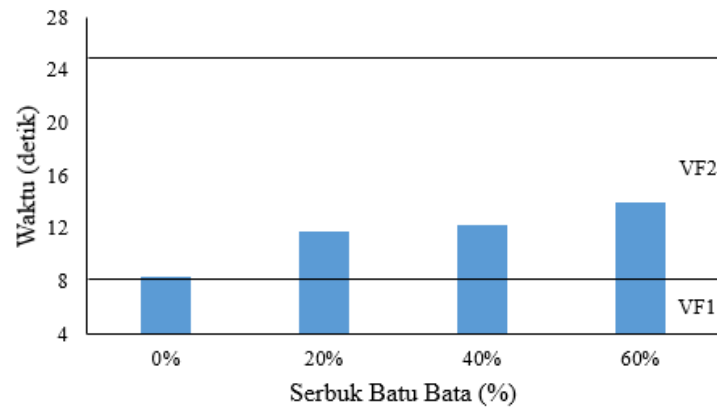
Gambar 4.5 Hasil pengujian  $T_{500}$  slump flow

### 4.3.3 Pengujian *V-funnel*

Berdasarkan pengujian *V-funnel* didapat waktu yang diperlukan beton segar untuk keluar secara sempurna tanpa mengalami segregasi sebesar 8,3 detik pada kadar serbuk batu bata 0%, 11,8 detik pada kadar serbuk batu bata 20%, 12,3 detik pada kadar serbuk batu bata 40% dan 13 detik pada kadar serbuk batu bata 60% seperti yang ditampilkan Gambar 4.5. Pengujian *V-funnel* dan  $T_{500}$  slump flow bertujuan untuk mengetahui tingkat kekentalan pada beton segar. Dengan bertambahnya serbuk batu bata yang digunakan maka tingkat kekentalan beton segar akan meningkat. Semakin kental beton segar maka semakin lama beton segar untuk keluar dari dalam alat, hal tersebut sesuai dengan hasil yang didapatkan pada saat pengujian. Berdasarkan pengujian *V-funnel* didapat beton segar masuk dalam kategori VF2 karena hasil pengujian berkisar antara 9 – 25 detik. Kategori tersebut memiliki beberapa kelemahan yaitu hasil akhir permukaan terdapat rongga-rongga



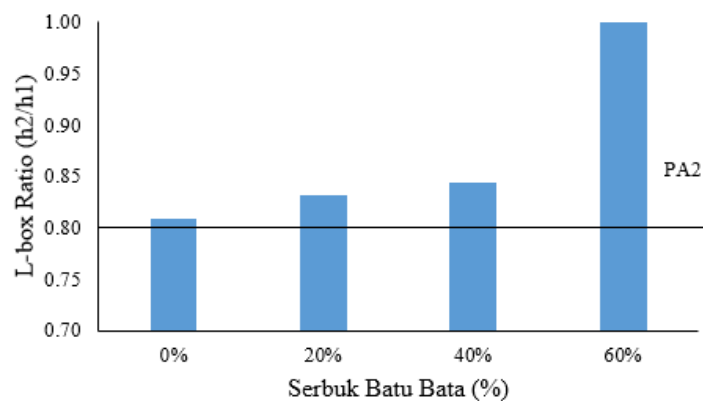
sehingga harus dilakukan plesteran, selain itu juga beton sangat sensitif terhadap penundaan saat proses pengecoran.



Gambar 4.6 Hasil pengujian *V-funnel*

#### 4.3.4 Pengujian *L-box*

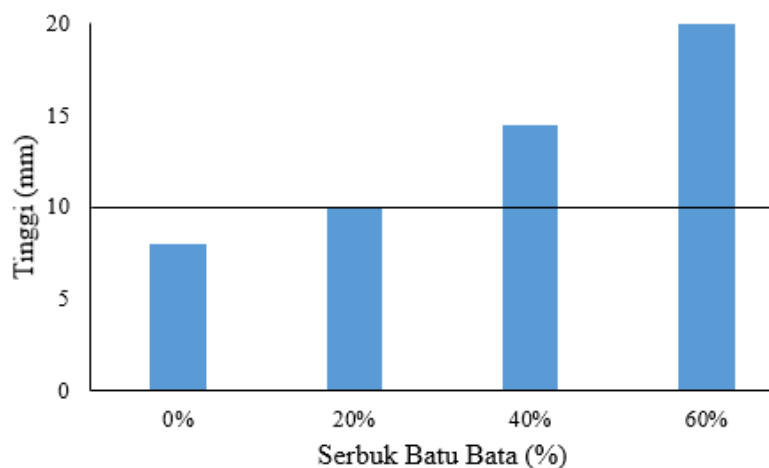
Berdasarkan hasil pengujian *L-box* didapat nilai rasio beda tinggi ( $h_2/h_1$ ) sebesar 0,81 pada kadar serbuk batu bata 0%, 0,83 pada kadar serbuk batu bata 20%, pada kadar serbuk batu bata 40% sebesar 0,84 dan 1 pada kadar serbuk batu bata 60% seperti yang ditunjukkan Gambar 4.6. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan beton segar untuk melewati tulangan yang rapat tanpa mengalami segregasi ataupun *blocking* yang membuat beton segar tidak dapat mengalir. Nilai rasio beda tinggi dari pengujian harus sama atau lebih tinggi dari 0,8. Rasio *L-box* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar serbuk batu bata yang digunakan. Semakin kental beton segar maka akan semakin tinggi nilai rasionya. Dari hasil pengujian *L-box*, beton segar masuk dalam kategori PA2 karena menggunakan *L-box* dengan 3 tulangan dan beton cocok digunakan untuk bangunan infrastruktur karena mempunyai rasio beda tinggi lebih dari 0,80.



Gambar 4.7 Hasil pengujian *L-box*

### 4.3.5 Pengujian *J-ring*

Dari hasil pengujian *J-ring* didapat tinggi beton segar sebesar 8 mm pada kadar serbuk batu bata 0%, 10 mm pada kadar serbuk batu bata 20%, 14,5 mm pada kadar serbuk batu bata 40% dan 20 mm pada kadar serbuk batu bata 60% seperti yang ditampilkan oleh Gambar 4.7. Tinggi beton segar mengalami peningkatan bersamaan dengan kadar serbuk batu bata yang digunakan. Tinggi beton meningkat karena beton segar semakin kental dan sangat kohesif dengan banyaknya serbuk batu bata yang digunakan sehingga beton segar sulit untuk melewati tulangan dan terjebak di dalam alat *J-ring*. Berdasarkan hasil pengujian hanya beton dengan substitusi serbuk batu bata 0% dan 20% yang memenuhi persyaratan *EFNARC* 2002 karena memiliki tinggi dibawah atau sama dengan 10 mm.



Gambar 4.8 Hasil pengujian *J-ring*

Berdasarkan hasil pengujian beton segar yang dilakukan didapat bahwa beton segar mengalami peningkatan pada pengujian *viscosity* dan *passing ability*, sedangkan pada pengujian *passing ability* mengalami penurunan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan serbuk batu bata yang digunakan maka akan mengurangi tingkat *flowability* dan *workabilitas* dari beton segar karena tanah liat menjadi dominan sehingga beton menjadi sulit untuk melewati tulangan. Dengan bertambahnya serbuk batu bata juga dapat mengurangi daya alir dari beton segar terlihat dari pengujian kekentalan/*viscosity*. Komposisi terbaik dimiliki oleh campuran dengan substitusi serbuk batu bata 0% dan campuran dengan substitusi serbuk batu bata 20% karena memiliki *workabilitas* dan daya alir yang lebih baik dibanding campuran lainnya.

#### 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 14 dan 28 hari dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder berukuran  $15 \times 30$  cm. Total benda uji sebesar 27 buah dengan masing-masing variasi memiliki 3 sampel. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, kekuatan beton mengalami kenaikan bersamaan dengan semakin lama umur beton seperti yang ditampilkan Tabel 4.10 sampai Tabel 4.13.

Tabel 4.9 Hasil kuat tekan beton substitusi serbuk batu bata 0%

Kode	Umur beton (hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
SCC1 0%	3	21,61	
SCC2 0%	3	18,56	21,69
SCC3 0%	3	24,91	
SCC4 0%	14	29,96	
SCC5 0%	14	31,31	30,40
SCC6 0%	14	29,93	
SCC7 0%	28	35,87	
SCC8 0%	28	31,61	32,72
SCC9 0%	28	30,68	

Tabel 4.10 Hasil kuat tekan beton substitusi serbuk batu bata 20%

Kode	Umur beton (hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
SCC1 20%	3	20,73	
SCC2 20%	3	17,53	19,06
SCC3 20%	3	18,92	
SCC10 20%	14	25,23	
SCC11 20%	14	29,44	26,35
SCC12 20%	14	24,39	
SCC19 20%	28	25,44	
SCC20 20%	28	31,22	27,13
SCC21 0%	28	24,72	

Tabel 4.11 Hasil kuat tekan beton substitusi serbuk batu bata 40%

Kode	Umur beton (hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
SCC4 40%	3	14,71	
SCC5 40%	3	14,73	15,28
SCC6 40%	3	16,40	
SCC13 40%	14	19,43	
SCC14 40%	14	21,21	21,43
SCC15 40%	14	23,66	
SCC22 40%	28	22,91	
SCC23 40%	28	26,81	24,47
SCC24 40%	28	23,70	

Tabel 4.12 Hasil kuat tekan beton substitusi serbuk batu bata 60%

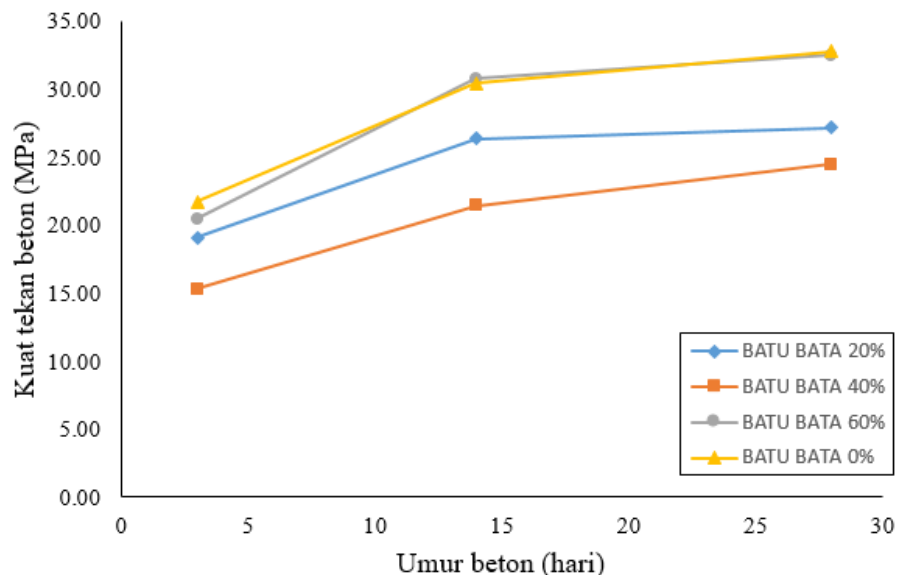
Kode	Umur beton (hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
SCC7 60%	3	23,80	
SCC8 60%	3	20,80	20,43
SCC9 60%	3	16,69	

Tabel 4.12 Hasil kuat tekan beton substitusi serbuk batu bata 60% (Lanjutan)

Kode	Umur beton (hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
SCC16 60%	14	35,05	
SCC17 60%	14	29,92	30,73
SCC18 60%	14	27,22	
SCC25 60%	28	29,12	
SCC26 60%	28	35,16	32,47
SCC27 60%	28	33,14	

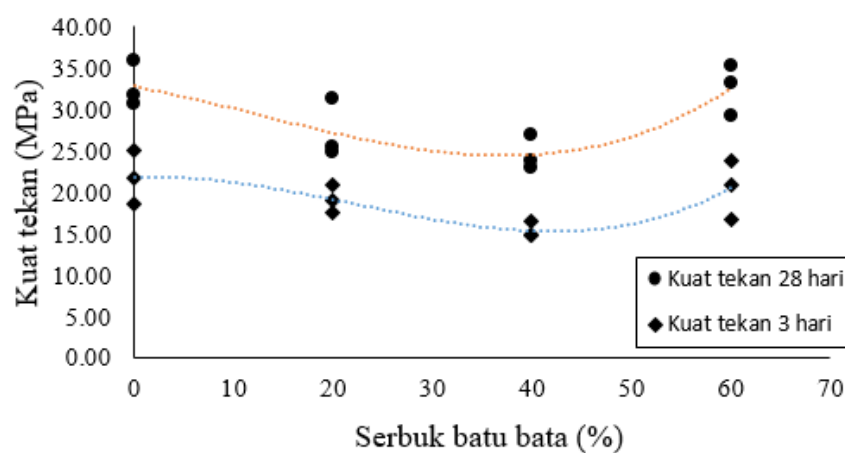
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton pada Tabel 4.10 sampai Tabel 4.13 didapatkan grafik hubungan antara kuat tekan beton dengan umur beton substitusi serbuk batu bata 0%, 20%, 40% dan 60% seperti yang ditampilkan oleh Gambar 4.9. Hubungan kadar serbuk batu bata dan kuat tekan seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.10

Berdasarkan Gambar 4.9 terlihat bahwa kuat tekan beton mengalami kenaikan dengan bertambahnya umur. Kuat tekan beton mengalami kenaikan yang signifikan dari umur 3 hari menuju 14 hari, namun kuat tekan beton dari umur 14 hari menuju 28 hari mengalami kenaikan yang relatif lebih sedikit. Laju kenaikan beton dari umur 14 hari menuju 28 hari melambat bisa disebabkan karena reaksi dari semen dan agregat telah terikat secara sempurna.

Gambar 4.9 Hasil pengujian kuat tekan *self compacting concrete*

Berdasarkan Gambar 4.10 kuat tekan beton pada umur 3 hari dan 28 hari cenderung mengalami penurunan bersamaan dengan semakin banyak serbuk batu bata yang digunakan, namun pada substitusi serbuk batu bata 60% kuat tekan beton mengalami kenaikan kembali. Hal-hal seperti ini bisa terjadi karena adanya

kemungkinan tingkat kepadatan yang kurang sempurna dan metode pelaksanaan saat pencampuran. Kepadatan yang kurang sempurna pada campuran beton dengan substitusi serbuk batu bata 0%, 20% dan 40% mengakibatkan terciptanya rongga-rongga yang memungkinkan menurunkan kekuatan beton. Metode pelaksanaan saat melakukan pencampuran juga dapat mempengaruhi kekuatan beton seperti pada saat proses pengadukan, campuran beton belum tercampur secara sempurna sehingga pada saat proses pengecoran menghasilkan beton yang tidak sesuai dengan kekuatan rencana.



Gambar 4.10 Hubungan serbuk batu bata dengan kuat tekan

Kuat tekan beton tertinggi pada umur 3 hari dimiliki oleh campuran beton tanpa serbuk batu bata yaitu sebesar 21,69 MPa dan kuat tekan terendah sebesar 15,28 MPa dengan substitusi serbuk batu bata sebesar 40%. Pada umur 14 hari kuat tekan tertinggi dimiliki campuran dengan substitusi serbuk batu bata sebesar 60% sebesar 30,73 MPa dan kuat tekan terendah menggunakan substitusi serbuk batu bata sebesar 40% dengan nilai kuat tekan sebesar 21,43 MPa. Kuat tekan beton tertinggi pada umur 28 hari yaitu dengan menggunakan campuran beton tanpa substitusi serbuk batu bata sebesar 32,72 MPa dan kuat tekan terendah menggunakan campuran dengan substitusi serbuk batu bata 40% yaitu sebesar 24,47 MPa.

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa campuran terbaik dimiliki oleh campuran dengan substitusi serbuk batu bata sebesar 60% dengan kuat tekan sebesar 20,43 MPa; 30,73 MPa; 32,47 MPa pada umur 3, 14 dan

28 hari. Bentuk benda uji sebelum pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan benda uji setelah pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.11 Benda uji sebelum pengujian

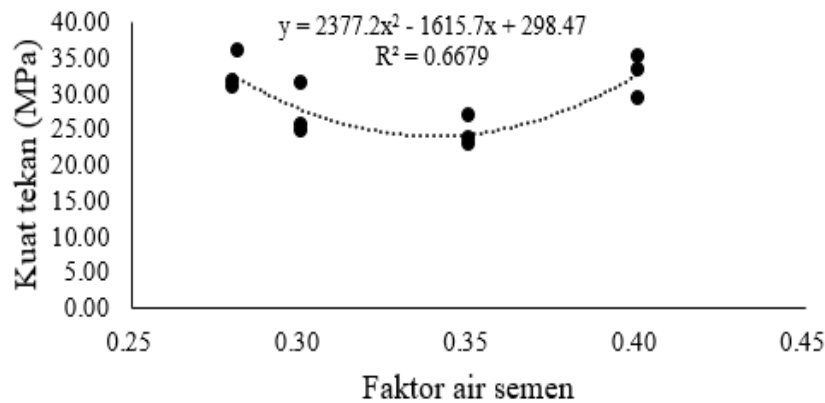


Gambar 4.12 Benda uji setelah pengujian

#### **4.5 Hubungan Antara Faktor Air Semen, *Fresh Properties* dan Kuat Tekan**

##### **4.5.1 Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan**

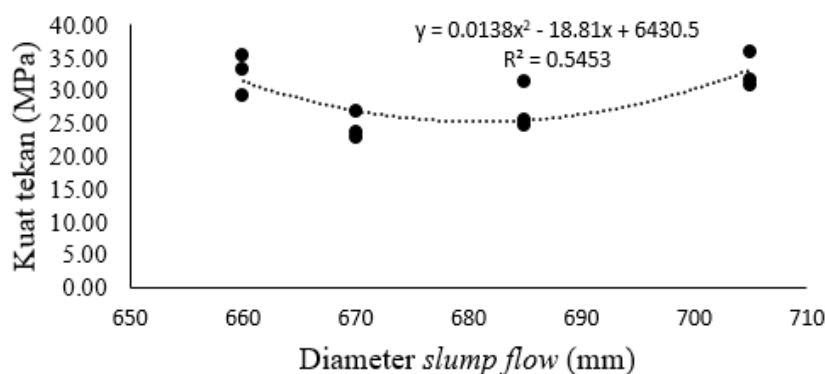
Secara umum semakin tinggi nilai FAS yang digunakan maka kuat tekan akan mengalami penurunan, namun berdasarkan Gambar 4.12 menunjukkan kuat tekan mengalami penurunan bersamaan dengan semakin tinggi nilai FAS yang digunakan pada substitusi serbuk batu bata 0%, 20% dan 40%. Kuat tekan pada substitusi serbuk batu bata 60% mengalami kenaikan, hal ini dapat terjadi karena kemungkinan pada substitusi serbuk batu bata 60% metode pelaksanaannya lebih baik sehingga memiliki kepadatan yang sempurna dan berpengaruh pada nilai kuat tekan beton.



Gambar 4.13 Hubungan FAS dan kuat tekan beton

#### 4.5.2 Hubungan *Slump Flow* dan *Kuat Tekan*

Pada umumnya semakin banyak air yang digunakan maka nilai *slump flow* akan semakin tinggi. Nilai *slump flow* yang paling ideal berkisar antara 660 – 750 mm karena jika terlalu tinggi maka akan rentan terhadap segregasi. Kuat tekan beton pada umumnya akan mengalami kenaikan apabila nilai *slump flow*-nya semakin kecil. Pada Gambar 4.13 menunjukkan penurunan nilai kuat tekan tekan kenaikan pada penggunaan serbuk batu bata sebesar 40% menuju 60%, namun kuat tekan mengalami kenaikan mengalami penurunan pada penggunaan serbuk batu bata sebesar 0% dan 20%. Beberapa kemungkinan yang terjadi adanya penurunan kuat tekan dipengaruhi oleh metode pelaksanaan pada saat pengecoran dan proses pematatan yang tidak sempurna.

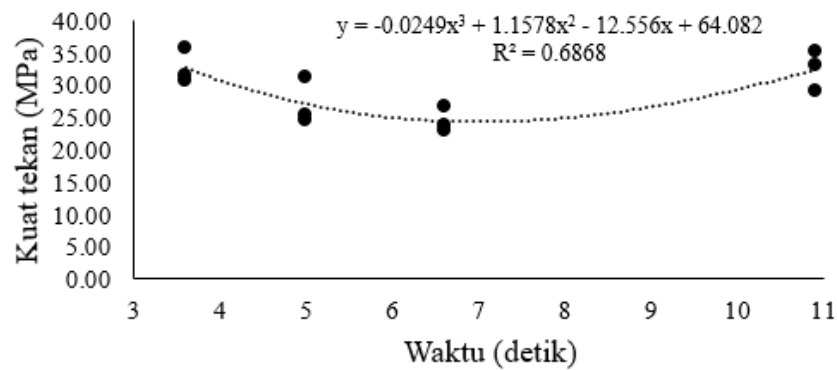


Gambar 4.14 Hubungan *slump flow* dan kuat tekan beton

#### 4.5.3 Hubungan $T_{500}$ *Slump Flow* dengan Kuat Tekan

Kuat tekan beton umumnya mengalami penurunan bersamaan dengan semakin banyak waktu yang dicapai dalam pengujian  $T_{500}$  *slump flow*, karena beton

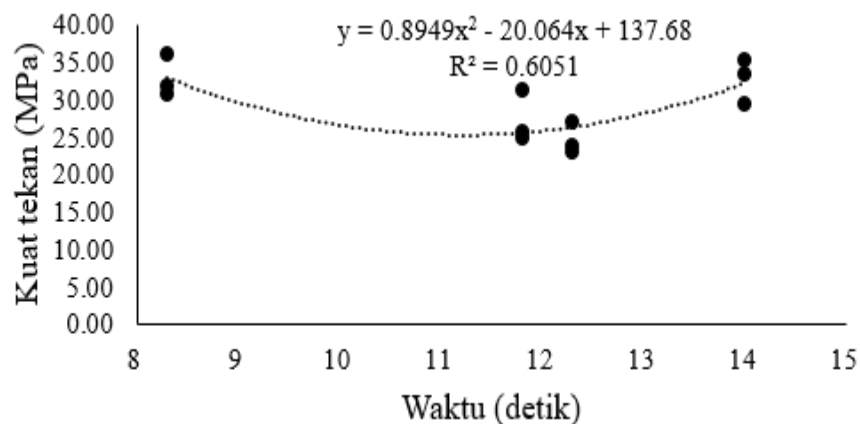
segar menjadi semakin kental. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan mengalami penurunan dari penggunaan kadar serbuk batu bata 20% menuju 40%, namun pada penggunaan serbuk batu bata 60% mengalami kenaikan seperti pada Gambar 4.14. Beberapa hal yang mungkin terjadinya perbedaan kuat tekan adalah metode pelaksanaannya yang tidak baik dan pemadatan yang tidak sempurna.



Gambar 4.15 Hubungan  $T_{500}$  slump flow dengan kuat tekan

#### 4.5.4 Hubungan *V-funnel* dengan Kuat Tekan

Sama seperti pengujian  $T_{500}$  slump flow semakin tinggi waktu yang dicapai maka akan menurunkan nilai kuat tekan. Beton segar yang terlalu kental dapat menyebabkan hasil akhir permukaan tidak bagus seperti munculnya rongga-rongga udara. Berdasarkan hasil penelitian didapat kuat tekan mengalami penurunan pada penggunaan kadar serbuk batu bata 20% ke 40%, namun dari kadar 40% menuju 60% mengalami kenaikan seperti Gambar 4.15. Kesalahan kemungkinan terjadi pada saat pelaksanaan pencampuran material dan pemadatan yang kurang baik pada kadar serbuk batu bata 20% dan 40%.

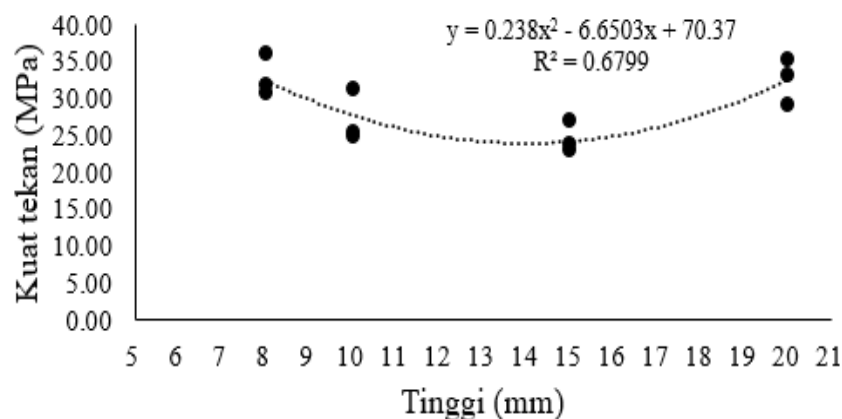


Gambar 4.16 Hubungan *V-funnel* dengan kuat tekan



#### 4.5.5 Hubungan *J-ring* dengan Kuat Tekan

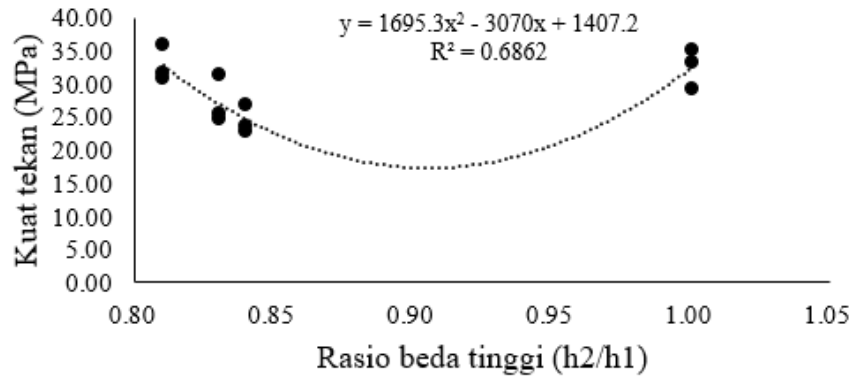
Semakin tinggi hasil pengujian *J-ring* maka kuat tekan semakin rendah. Berdasarkan hasil penelitian kuat tekan mengalami penurunan, namun pada penggunaan kadar serbuk batu bata 60% mengalami kenaikan. Hal ini bisa diakibatkan oleh pelaksanaan pencampuran yang tidak dan tidak beton memadat dengan sempurna sehingga memunculkan rongga-rongga yang dapat menurunkan kuat tekan pada campuran dengan kadar serbuk batu bata 20% dan 40%.



Gambar 4.17 Hubungan *J-ring* dengan kuat tekan

#### 4.5.6 Hubungan *L-box* dengan Kuat Tekan

Semakin banyak serbuk batu bata yang digunakan maka akan meningkatkan rasio beda tinggi ( $h_2/h_1$ ) pada pengujian *L-box*. Semakin tinggi nilai *L-box* maka kuat tekan akan mengalami penurunan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapat bahwa pada penggunaan serbuk batu bata 20% menuju 40% mengalami penurunan, namun pada penggunaan serbuk batu bata 40% menuju 60% mengalami kenaikan seperti yang ditampilkan Gambar 4.17. Berdasarkan hasil yang diperoleh, hasil tersebut tidak sesuai dengan teori yang ada. Kemungkinan terbesar yang dapat mempengaruhi pada hasil tersebut adalah metode pelaksanaan pencampuran yang kurang baik pada komposisi campuran serbuk batu bata 20% dan 40%, sehingga kuat tekannya lebih rendah dari pada komposisi campuran serbuk batu bata 60%. Kemungkinan lainnya adalah beton tidak dapat memadat dengan sempurna, sehingga menimbulkan rongga-rongga pada hasil akhir dan mengurangi nilai kuat tekan beton.



Gambar 4.18 Hubungan *L-box* dengan kuat tekan