Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

Pengaruh Variasi Panjang Serat Terhadap Flowability dan Extrudability Mortar Komposit Serat Rumput Payung (Cyperus Alternifolius) Untuk Aplikasi Beton Cetak 3 Dimensi

Handriyanto Wibowo[1], Harsa Dhani[2]
[1]Prodi Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Karya Malang
[2]Prodi Teknik Mesin, Universitas Katolik Widya Karya Malang
Korespondensi Penulis: 202132006@widyakarya.ac.id

Abstrak
Teknologi material telah berkembang dengan sangat pesat, Salah satu perkembangan teknologi ini adalah 3D Printing (3DP), yang unggul dalam mengurangi waktu produksi dan lebih ramah lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa 3DP memiliki potensi besar untuk perkembangan bidang konstruksi. Di bidang konstruksi, 3DP dikembangkan dengan mengganti material cetak menjadi beton atau disebut 3D Concrete Printing (3DCP). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk membuat metode 3DCP semakin baik dari segi kekuatan maupun biaya, salah satunya adalah dengan melakukan penambahan serat alam seperti jerami padi, serat kelapa dan eceng gondok, yang menghasilkan mortar 3DCP dengan kemampuan mekanik yang lebih baik. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh variasi panjang serat rumput payung (Cyperus Alternifolius) terhadap *flowability* dan *extrudability* pada mortar 3DCP. Variasi Panjang serat yang akan digunakan adalah 2, 4, 6, 8, 10 mm dan komposisi yang digunakan dihitung dengan fraksi volume sebesar 7% volume total. Mortar yang digunakan adalah komposit perekat keramik dengan rasio air semen 1 : 4. Hasil dari penelitian ini adalah penambahan variasi serat rumput payung (Cyperus Alternifolius) akan mempengaruhi *flowability* dan *extrudability* mortar 3DCP, hal ini disebabkan karena semakin panjang serat yang digunakan maka mortar akan semakin mudah mengalir dan semakin baik mempertahankan bentuk, tetapi apabila serat yang digunakan terlalu panjang maka kemampuan *extrudability* akan menurun karena terjadi *fiber pullout* yang menggangu ikatan serat dengan matriks sehingga *extrudability* juga ikut menurun.

Kata Kunci: 3DCP, komposit serat, *cyperus alternifolius*, panjang serat, *flowability*, *extrudability*.

I. Pendahuluan

Teknologi material telah berkembang sangat pesat mulai dari teknologi yang beresiko mencemari lingkungan hingga teknologi yang dapat mendukung keberlanjutan lingkungan. Perkembangan tersebut dapat dilihat dari bahan dan metode pembangunan yang digunakan. Salah satu metode yang digunakan dalam perkembangan teknologi adalah 3D Printing (3DP) yang digunakan pada berbagai material. Metode 3DP ini unggul karena dapat mengurangi waktu produksi serta memiliki sifat lebih ramah lingkungan. Di bidang pembangunan, Metode 3DP telah dikembangkan sejak tahun 2016, dan pada bidang konstruksi telah berhasil melaksanakan pembangunan "Dubai's Office of the Future" yang hanya membutuhkan waktu 17 hari dari awal hingga penyelesaian dan hanya menbutuhkan tenaga 18 orang dalam tim pembangunannya (Gibson, 2012)

II. Kajian Teoritis

Mortar yang digunakan pada 3DCP harus dapat dikeluarkan dari mesin dengan baik (*extrudability*) dan juga dapat mengalir dari *hopper* penyimpanan menuju *nozzle* tempat pengeluaran dengan baik (*flowability*). Mortar 3DCP yang saat ini banyak dikembangkan adalah modifikasi penambahan material pada mortar menjadi suatu komposit baru. Salah satu penambahan material tersebut adalah serat alam. Serat alam yang digunakan untuk material komposit alam dapat diperoleh dari bagian tumbuhan maupun hewan. Penggunaan serat alam sebagai material komposit telah luas digunakan hingga ke bidang konstruksi. Serat alam yang digunakan pada beton memberikan kekuatan tambahan kepada beton untuk mencegah keretakan (Chen et al., 2023). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Ahmad et al. (2020), Heweidak et al. (2022) dan Ami (2017) penambahan serat akan memberikan pengaruh pada kekuatan mortar, namun variasi panjang dari serat yang digunakan juga akan memberikan

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

berpengaruh kepada kekuatan mekanik dari mortar. Panjang serat akan berperan penting dalam distribusi tekanan yang diterima oleh serat komposit. Pada umumnya panjang serat akan berbanding lurus dengan kekuatan serat, semakin panjang serat yang digunakan maka semakin tinggi juga kekuatan dari komposit yang digunakan. Meskipun demikian, menurut penelitian Boimau (2022) menunjukkan bahwa penggunaan serat yang terlalu panjang akan mengakibatkan fiber pullout yang disebabkan oleh karena ikatan antara matriks dengan serat tidak cukup kuat sehingga serat tertarik keluar dan tidak dapat mendukung matriks. Serat alami juga akan mendukung kekuatan dari suatu serat, hal ini dikarenakan serat yang panjang akan memiliki struktur yang lebih sempurna karena cacat internal yang ada pada serat tersebut semakin berkurang (Purboputro, 2017). Panjang serat akan berperan penting dalam distribusi tekanan yang diterima oleh serat komposit. Pada umumnya panjang serat akan berbanding lurus dengan kekuatan serat, semakin panjang serat yang digunakan maka semakin tinggi juga kekuatan dari komposit yang digunakan.

III. Metodologi

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan ini digunakan agar hasil dapat dibandingkan secara objektif. Selain itu juga agar dapat menunjukkan perbandingan antara variabel kontrol dengan variabel yang akan diuji. Variabel kontrol akan diuji sebagai dasar perbandingan yang menunjukkan kondisi mortar tanpa adanya pengaruh penambahan serat rumput payung (*Cyperus alternifolius*), sedangkan variabel bebas (*independent variable*) yang digunakan akan menunjukkan perbedaan/pengaruh variasi panjang serat rumput payung (*Cyperus alternifolius*) terhadap *Flowability* dan *Extrudability* mortar 3DCP.

Dalam penelitian ini, *Flowability* dari mortar 3DCP akan ditentukan dari hasil *flow table test* dan *Extrudability* ditentukan dari *extrude test* pada material mortar komposit serat alam rumput payung dengan variasi panjang serat 2, 4, 6, 8, 10 mm. Mortar 3DCP akan berperan sebagai *matriks* sedangkan rumput payung akan berperan sebagai material *reinforcement*. Komposisi mortar yang akan digunakan adalah mortar : air = 4 : 1.

Tahapan penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut

A. Persiapan Alat dan Bahan
   1. Survei lokasi untuk pengambilan rumput payung.
   2. Menyiapkan alat potong untuk rumput payung seperti gunting dan pisau.
   3. Pemisahan batang rumput payung dari daun rumput payung.
   4. Pengeringan rumput payung dengan cara menjemur di bawah sinar matahari.

B. Proses Pembuatan Serat
   1. Penyiapan rumput payung yang sudah dikeringkan.
   2. Menggiling dan memipihkan rumput payung dengan cara memasukkan rumput payung ke mesin pembuat serat rumput payung, sehingga bentuknya seperti pada Gambar III-1.
   3. Proses pembuatan serat diulang sebanyak 3 hingga 4 kali.

Gambar III-1 Rumput payung yang sudah dipipihkan
(Sumber : Dokumetasi Pribadi, 2024)

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

C. Proses Pembuatan Sampel Benda Uji

1. Pemberian kode pada sampel benda uji seperti tertera pada Tabel III-1.

Tabel III-1Variasi Benda *Extrude Test* dan *Flow Table Test*

Extrude Test	
Panjang Serat (mm)	**Kode Spesimen**
0	K0-a
	K0-b
	K0-c
2	K5-2a
	K5-2b
	K5-2c
4	K5-4a
	K5-4b
	K5-4c
6	K5-6a
	K5-6b
	K5-6c
8	K5-8a
	K5-8b
	K5-8c
10	K5-10a
	K5-10b
	K5-10c

2. Komposisi dari benda uji dihitung dengan perhitungan fraksi volume sebagai berikut:

Tinggi *mold* (h) = 50 mm
Jari-jari atas *mold* (r) = 35 mm
Jari-jari bawah *mold* (R) = 50 mm

$V_{Mold} = 1/3 \times \pi \times h \times (R^2 + R \times r + r^2)$
$= 1/3 \times \pi \times 50 \times (502 + 50 \times 35 + 352)$
$= 286.670{,}3\ mm^3$

Dengan volume total mold tersebut, fraksi volume dapat dihitung dengan perhitungan berikut ini:

A. Volume Matriks (V_m)
$V_m = 93\% \times V_{Mold}$
$= 93\% \times 286.670{,}3\ mm^3$
$= 266.603{,}4\ mm^3$ atau 0,266 L

B. Volume Serat (V_s)
$V_s = 7\% \times V_{Mold}$
$= 7\% \times 286.670{,}3\ mm^3$
$= 20066{,}92\ mm^3$ atau 0,020 L

Massa Matriks dihitung dengan perhitungan berikut
$m = V \times \rho$
= 0,266 L × 1,7 kg/L (Sika Indonesia, 2022)
= 0,453 kg

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

Sehingga volume massa air dan mortar dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

Massa air = 1 / 5 × m
= 0,2 × 0,453 kg
= 0,092 kg atau 90,65 gram

Massa mortar = 4 / 5 × m
= 0,8 × 0,453 kg
= 0,370 kg atau 362, 58 gram

Massa serat dihitung dari dengan menggunakan hasil uji berat jenis rata-rata yang telah dilakukan (Tabel III-2).

Tabel III-2 Uji Berat Jenis Rumput Payung

No. Uji	V0 (mL)	V1 (mL)	V (mL)	Massa (gr)	Berat Jenis (gr/mL)
1	100	115,6	15,6	6	0,38
2	100	112,5	12,5	4,9	0,39
3	100	125	25	5,5	0,22
Berat Jenis Rata-Rata					0,33

m = V × ρ
= 0,020 L × 0,33 kg/L
= 0,0066 kg atau 6,62 gram

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka massa bahan pada spesimen komposisi 7% serat dengan panjang serat 2, 4, 6, 8, 10 mm adalah 90,65 gram air, 362,58 gram mortar, dan 6,62 gram serat. Perhitungan ini juga digunakan pada komposisi 0%.

3. Proses pembuatan sampel dimulai dari pemotongan rumput payung yang sudah digiling dengan mesin pembuatan serat, seperti terlihat di Gambar III-2.

(a)

(b)

Gambar III-2 (a) Hasil serat rumput payung yang sudah dipotong (b) Mesin Pembuat Serat (Sumber : Dokumetasi Pribadi, 2024)

4. Untuk menentukan berat jenis dari rumput payung, dilakukan pengujian berat jenis pada rumput payung
5. Rumput payung yang telah dipotong dimasukkan ke dalam gelas ukur berisi tepung kemudian dicampur.
6. Setelah tercampur, padatkan tepung dan rumput payung dalam gelas ukur, kemudian ukur kenaikannya.
7. Nilai berat jenis dari rumput payung ditentukan dengan rumus sebagai berikut: ρ = m / v
8. Uji berat jenis diulang sebanyak 3 kali.

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

D. Proses Pengujian *Extrude* Mortar

Gambar III-3 *Extrude Test* Mortar
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024)

1. Siapkan sampel sesuai dengan komposisi.
2. Aduk mortar hingga rata.
3. Tuangkan mortar pada pipa reducer yang ada pada alat *extrude test* hingga memenuhi pipa extrude.
4. Tambahkan beban seberat 5 kg di atas pipa reducer.
5. Tepat saat beban mulai menekan mortar, tekan tombol penggerak konveyor pada *software Grbl Controller*.
6. Tunggu hingga konveyor berhenti, kemudian pindahkan dan potong spesimen.
7. Setelah 24 jam, spesimen yang telah dipotong kemudian diukur lebar dan tingginya.
8. Analisis hasil *extrude test* dilakukan dengan menggunakan hasil rasio dari lebar / diameter dan tinggi spesimen benda uji.
9. Rasio = lebar / tinggi

E. Pengujian *Flow Table Test* Mortar

Langkah pengujian akan mengacu pada SNI – 03-6825-2002 tentang "Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil". Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Proses persiapan, dilakukan dengan pembersihan dan peletakan kerucut abram (*mold*) di tengah *flow table*.
2. Proses pengisian, yaitu proses pemasukkan material berupa mortar 3DCP ke dalam kerucut abram secara 2 kali pengisian.
3. Pemadatan, setelah pengisian pertama (setengah penuh) dan kedua (penuh) harus dilakukan pemadatan material dengan cara menekan mortar 3DCP dengan batang pemadat sebanyak 25 kali. Setelah penuh, lakukan pemerataan di bagian atas *mold*.
4. Pengangkatan, dilakukan dengan mengangkat mold secara vertikal.
5. Proses *drop table*, Meja Uji dengan spesifikasi ASTM C230 akan menaikkan dan menurunkan sebanyak 25 kali dalam 15 detik dengan perbedaan tinggi 12,5 cm.
6. Pengukuran, dilakukan dengan melakukan perhitungan berdasarkan perbedaan dari diameter *flow* beton. Rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:
7. *Flow* % : (Diameter sebaran – 10 cm) / 10 × 100

F. Analisa dan Kesimpulan

1. Pengumpulan data dari *Flow Table Test* dan *extrude test*.
2. Analisa data dan pengambilan keputusan berdasarkan hasil.

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil *Flow Table Test*

(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Gambar IV-1 Hasil *flow table test* mortar komposisi 7% dan variasi panjang serat :
(a) 0 mm, (b) 2 mm, (c) 4 mm, (d) 6 mm, (e) 8 mm, (f) 10 mm
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024)

Flow Table Test yang dilakukan pada mortar 3DCP dengan menggunakan 7% serat, menunjukkan perubahan bentuk dan lebar diameter setelah proses *drop table*. Diameter dari mortar setelah proses *drop table* akan digunakan untuk menentukan nilai *flow*. Nilai *flow* dihitung dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Flow = (Diameter rata-rata – 10) / 10 × 100%

Gambar IV-2 Pengukuran nilai D1, D2, D3, D4 *Flow Table Test*
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024)

Pada spesimen K7-2A didapat data sebagai berikut:

Diameter 1 = 14,7 cm
Diameter 2 = 14,6 cm
Diameter 3 = 14,6 cm
Diameter 4 = 14,5 cm
Flowability = (Diameter ratar-rata – 10) / 10 × 100%
= ((14,7 + 14,6 + 14,6 + 14,5) / 4) -10) / 10 × 100%
= (14,6 – 10) / 10 × 100%
= 46,00%

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

Perhitungan dilakukan untuk seluruh spesimen dan didapatkan data pada tabel IV-1:

Tabel IV-1 Hasil *Flow Table Test* Mortar 3DCP dengan komposisi 7% serat dan variasi panjang serat 0, 2, 4, 6, 10 mm

Kode	Tanggal	D1	D2	D3	D4	Rerata	*Flow*(%)	Rerata Nilai *Flow*
K0-2a	23 Dec	15,6				15,60	56,00%	64,67%
K0-2b	23 Dec	16,3				16,30	63,00%	
K0-2c	23 Dec	17,5				17,50	75,00%	
K7-2a	27-Dec	14,7	14,6	14,6	14,5	14,60	46,00%	45,33%
K7-2b	27-Dec	14,3	14,3	14,2	14,1	14,23	42,25%	
K7-2c	27-Dec	14,9	14,6	14,8	14,8	14,78	47,75%	
k7-4a	29-Dec	15,0	14,9	14,6	15,4	14,98	49,75%	47,42%
k7-4b	29-Dec	14,6	14,9	15,1	15,0	14,90	49,00%	
k7-4c	29-Dec	13,9	14,9	13,7	14,9	14,35	43,50%	
K7-6a	26-Dec	15,1				15,10	51,00%	42,33%
K7-6b	26-Dec	14,0				14,00	40,00%	
K7-6c	26-Dec	13,6				13,60	36,00%	
K7-8a	27-Dec	13,7				13,70	37,00%	37,83%
K7-8b	27-Dec	14,1	14,0	14,0	14,2	14,08	40,75%	
K7-8c	27-Dec	13,8	13,7	13,5	13,3	13,58	35,75%	
k7-10a	29-Dec	13,6	13,8	13,3	14,2	13,73	37,25%	38,17%
k7-10b	29-Dec	13,8	14,0	13,9	14,4	14,03	40,25%	
k7-10c	29-Dec	13,8	13,6	13,6	13,8	13,70	37,00%	

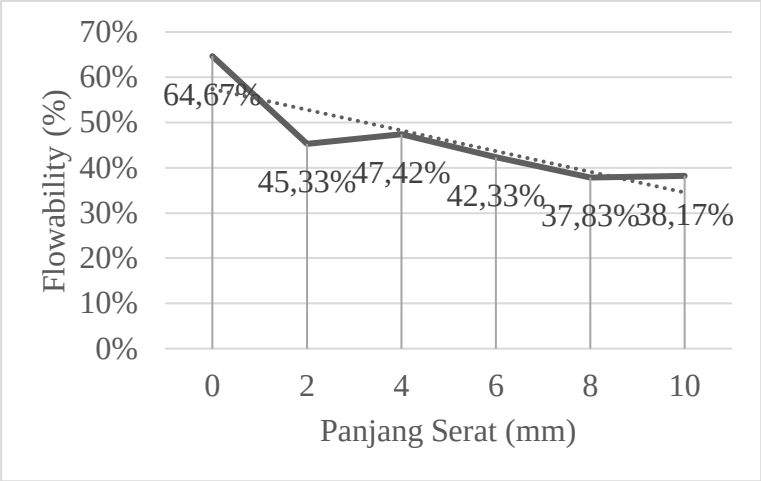


Diagram IV-1 Hasil *Flow Table Test* Mortar 3DCP dengan komposisi 7% Serat dan variasi Panjang serat 0, 2, 4, 6, 8, 10 mm

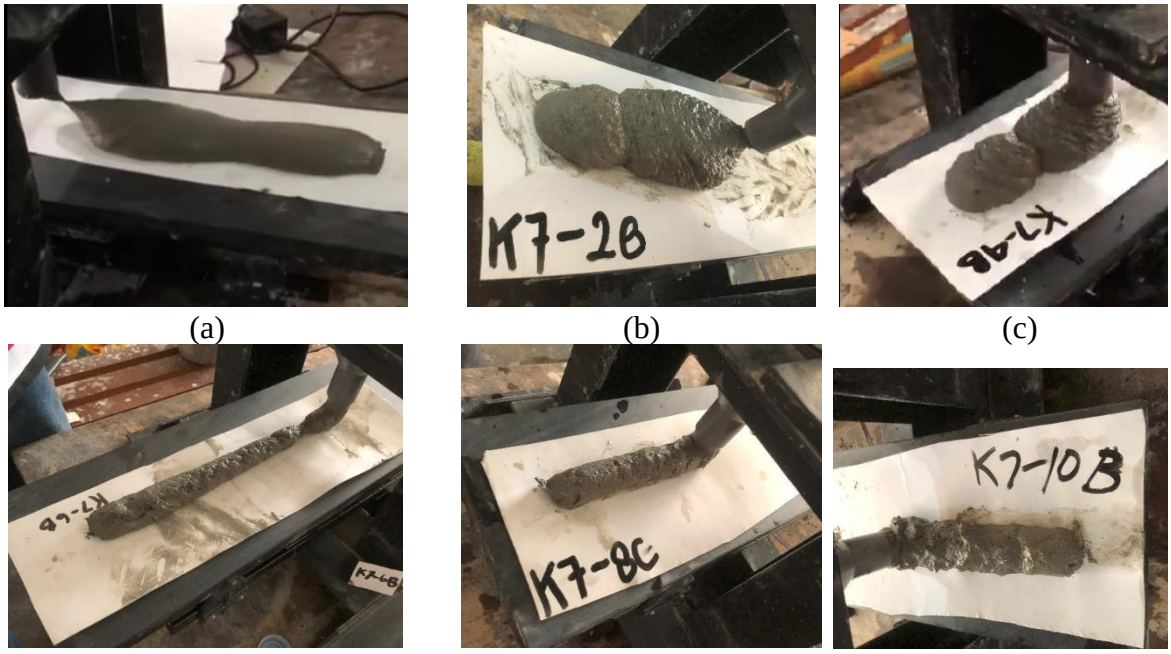
Diagram IV-1 menunjukkan bahwa nilai *flow* paling tinggi terdapat pada mortar tanpa tambahan serat dan nilai paling rendah terdapat pada mortar dengan tambahan 7% serat dan variasi panjang serat 8 mm. Diagram ini juga menunjukkan bahwa semakin panjang serat yang digunakan, tren nilai *flow* semakin menurun.

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

4.2 Pembahasan Hasil Uji *Flow Table Test*

Berdasarkan gambar IV-1, hasil *Flow Table Test* menunjukkan bahwa semakin panjang serat yang digunakan, maka semakin baik juga mortar dalam mempertahankan bentuknya setelah proses drop table, sehingga diameter setelah proses drop table ikut menurun semakin panjang serat yang digunakan. Diagram IV-1 menunjukkan bahwa serat rumput payung yang ditambahkan pada mortar 3DCP membuat nilai *flow* semakin menurun. Nilai *flow* juga terus mengalami penurunan ketika serat yang digunakan semakin panjang. Penurunan nilai *flow* yang ditunjukkan dalam Diagram IV-1 ini mirip dengan penelitian Chen et al., (2023), dimana *flowability* dari mortar 3DCP akan terpengaruh apabila mortar ditambahkan dengan serat alam. Penurunan ini disebabkan oleh karena rongga dan serat alam yang saling bertumpukan membuat kemampuan mortar untuk mengalir (*flowability*) semakin menurun.

4.3 Hasil Extrude Test



(a) (b) (c)

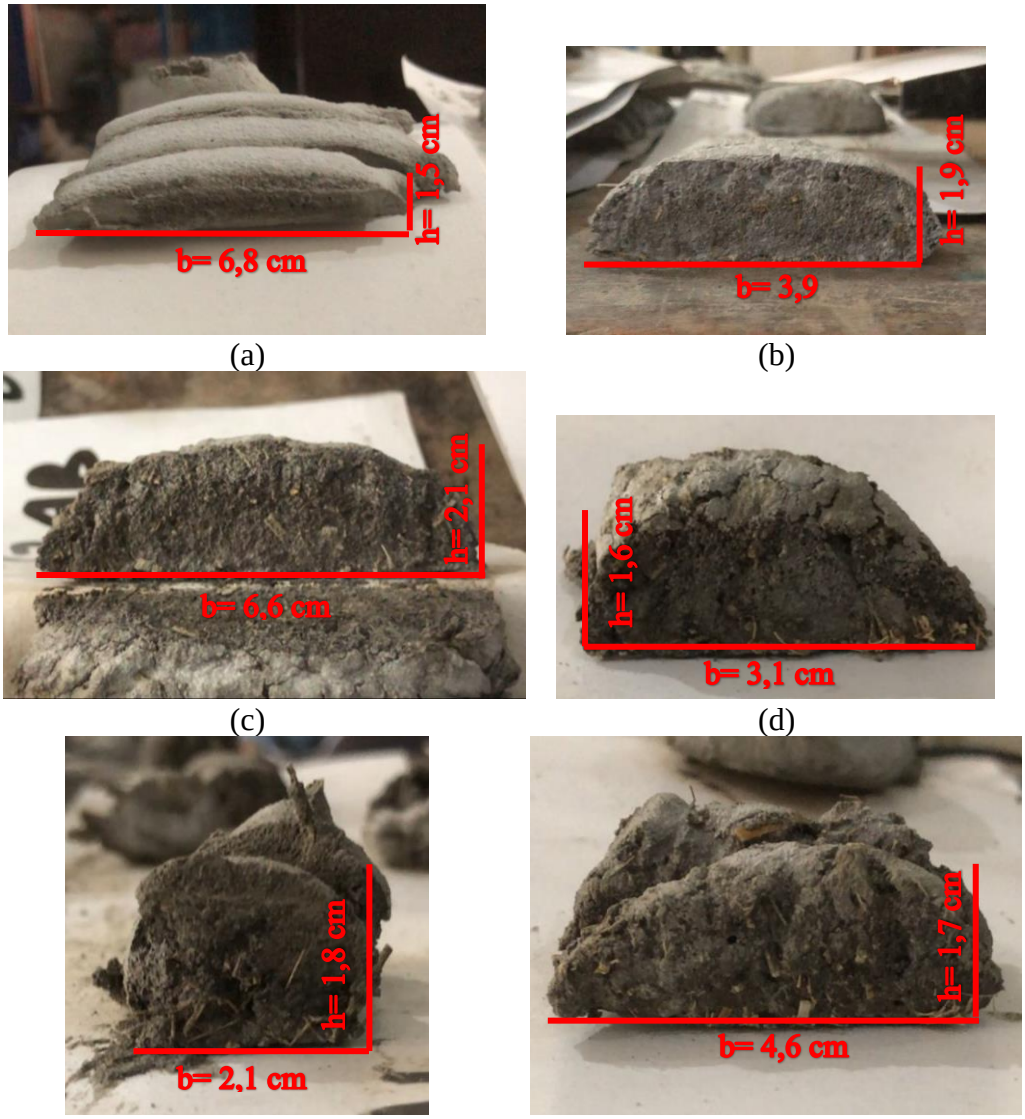
(d) (e) (f)

Gambar IV-3 Hasil *extrude test* mortar dengan komposisi 7% dan variasi Panjang serat:
(a) 0 mm, (b) 2 mm, (c) 4 mm, (d) 6 mm, (e) 8 mm, (f) 10 mm
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024)

Hasil *extrude test* menunjukkan kemampuan mortar untuk mampu mempertahankan bentuk setelah keluar dari *nozzle* alat *extrude test*. Pada Gambar IV-3 dapat terlihat bentuk fisik mortar dengan tambahan serat 7% variasi panjang 6, 8, dan 10 mm memiliki kemampuan mempertahankan bentuk lebih baik daripada mortar tanpa penambahan serat dan mortar dengan penambahan serat 7% variasi 2, 4 mm.

Gambar IV-4 menunjukkan perbedaan lebar dan tinggi spesimen setelah keluar dari *nozzle* alat *extrude test*. Variasi panjang serat yang digunakan akan mempengaruhi kemampuan mortar untuk mempertahankan lebar dan tinggi setelah keluar dari *nozzle*. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel IV-2.

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93



Gambar IV-4 Rasio b/h *extrude test* mortar dengan komposisi 7% dan variasi Panjang serat: (a) 0 mm, (b) 2 mm, (c) 4 mm, (d) 6 mm, (e) 8 mm, (f) 10 mm
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024)

Tabel IV-2 Rasio lebar (b) / tinggi (h) spesimen *extrude test* mortar dengan komposisi 7% serat dan variasi panjang serat 0, 2, 4, 6, 8, 10 mm

Kode	Lebar (b)	Tinggi (h)	Rasio (b/h)	Rerata Rasio
K0-a	3,6 cm	1,4 cm	2,57	6,00
K0-b	6,8 cm	1,5 cm	4,53	
K0-c	10,9 cm	1,0 cm	10,90	
K7-2a	2,5 cm	1,4 cm	1,79	2,41
K7-2b	3,9 cm	1,9 cm	2,05	
K7-2c	7,8 cm	2,3 cm	3,39	
k7-4a	3,2 cm	1,6 cm	2,00	2,35
k7-4b	6,6 cm	2,1 cm	3,14	
k7-4c	3,6 cm	1,9 cm	1,89	

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

Kode	Lebar (b)	Tinggi (h)	Rasio (b/h)	Rerata Rasio
K7-6a	3,1 cm	1,6 cm	1,94	2,12
K7-6b	3,5 cm	1,4 cm	2,50	
K7-6c	2,7 cm	1,4 cm	1,93	
K7-8a	2,1 cm	1,8 cm	1,17	1,97
K7-8b	3,2 cm	1,2 cm	2,67	
K7-8c	3,1 cm	1,5 cm	2,07	
k7-10a	5,1 cm	1,3 cm	3,92	3,23
k7-10b	4,6 cm	1,7 cm	2,71	
k7-10c	6,4 cm	2,1 cm	3,05	

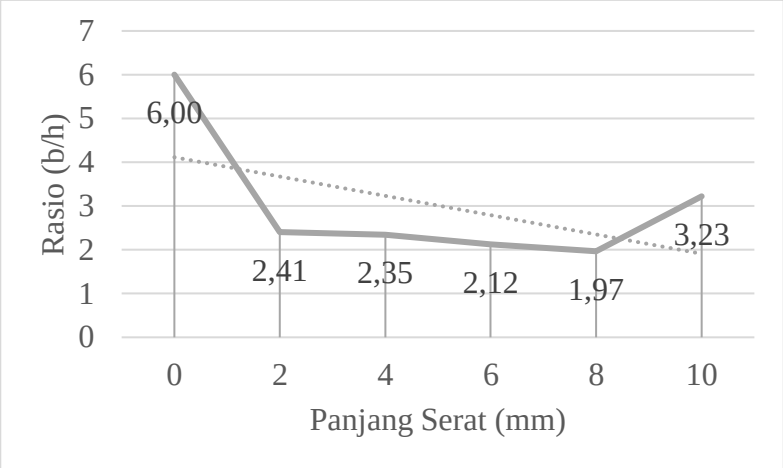


Diagram IV-2 Rasio rerata spesimen *extrude test* mortar dengan komposisi 7% serat dan variasi panjang serat 0, 2, 4, 6, 8, 10 mm

Diagram IV-2 menunjukkan rasio maksimum dari hasil *extrude test* terdapat pada mortar tanpa penambahan serat dan nilai minimum terdapat pada mortar penambahan serat 7% dengan variasi panjang serat 8 mm. Tren yang ditunjukkan pada gambar IV-6 juga semakin menurun ketika panjang serat yang digunakan semakin tinggi.

Berdasarkan Diagram IV-2, Spesimen dengan panjang serat 10 mm mengalami kenaikan nilai rasio b/h. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Boimau, 2022), dimana penggunaan serat yang terlalu panjang akan mempengaruhi kemampuan mengikat antara matriks dan serat sehingga terjadi *fiber pullout* yang menyebabkan kemampuan mortar untuk mempertahankan bentuk semakin berkurang.

4.4 Pembahasan Hasil Extrude Test

Hasil *extrude test* menunjukkan kemampuan serat untuk mempertahankan bentuk pada mortar 3DCP, hal ini dikarenakan rongga-rongga kecil yang ada pada serat alam rumput payung membuat mortar memiliki kemampuan lebih untuk mempertahankan bentuk (Karthik et al., 2024). Diagram IV-2 menunjukkan perbedaan rasio yang signifikan terdapat pada mortar tanpa penambahan serat dan mortar dengan penambahan 7% serat. Pertambahan panjang serat juga mempengaruhi kemampuan *extrudability* dari mortar, sesuai dengan penelitian (Purboputro, 2017) serat yang lebih panjang memiliki struktur yang lebih sempurna dibandingkan dengan serat yang lebih pendek, sehingga membuat serat yang lebih panjang memiliki kemampuan *extrudability* yang lebih baik dibandingkan dengan serat yang lebih pendek.

Jurnal Teknik Sipil
Vol. 2, No. 2, Desember 2024
e-ISSN: 3021-8705, p-ISSN: 3021-8713, Hal. 81-93

V. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian Pengaruh Variasi Panjang Serat Terhadap *Flowability* dan *Extrudability*, Mortar Komposit Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Untuk Aplikasi Beton Cetak 3 Dimensi telah ditarik kesimpulan sebagai berikut:

a. Penambahan variasi serat rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) mempengaruhi *flowability* mortar *3DCP*, hal ini dapat dilihat dari tren yang ada pada Diagram IV-1, nilai minimum *flow* terdapat pada penambahan serat dengan panjang 8 mm dan nilai maksimum *flow* terdapat pada mortar tanpa penambahan serat. Semakin panjang serat yang digunakan maka *flowability* akan semakin menurun, ini ditunjukkan dari nilai *flow* yang semakin menurun ketika serat yang digunakan semakin panjang. Penurunan *flowability* ini terjadi karena adanya kemungkinan serat saling berhimpit dan membuat mortar semakin sulit untuk mengalir.
b. Penambahan variasi serat rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) mempengaruhi *extrudability* mortar *3DCP*, hal ini dapat dilihat dari tren yang ada pada diagram IV-2, nilai minimum rasio b/h terdapat pada mortar dengan penambahan serat panjang 8 mm dan nilai minimum terdapat pada mortar tanpa penambahan serat. Semakin panjang serat yang digunakan maka *extrudability* akan semakin baik terlihat dari nilai rasio b/h yang semakin menurun akibat mortar dapat mempertahankan bentuk dengan baik, tetapi pada mortar dengan penambahan serat 10 mm, terjadi *fiber pullout* sehingga kemampuan serat untuk mengikat dengan matriks menurun dan mengakibatkan *extrudability* dari mortar *3DCP* menurun.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pada proses pembuatan spesimen, perlu ditentukan batasan tolak ukur untuk seberapa baik mortar yang telah tercampur sebelum dapat digunakan untuk spesimen uji.
b. Melakukan uji tekan pada spesimen untuk menentukan buildability dari spesimen.
c. Menggunakan variasi material pengisi mortar yang lebih beragam.
d. Melakukan modifikasi pada perlakuan pada serat sebelum dilakukan pengujian *flowability* dan *extrudability*.

VI. Daftar Referensi

Ahmad, W., Farooq, S. H., Usman, M., Khan, M., Ahmad, A., Aslam, F., Alyousef, R., Abduljabbar, H. Al, & Sufian, M. (2020). Effect of coconut fiber length and content on properties of high strength concrete. *Materials*, Vol. 13(5), pp.1-22.

Algin, Z., & Ozen, M. (2018). The properties of chopped basalt fibre reinforced self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, Vol. 186, pp. 678–685.

Imam, R.A. (2017). *Analisis Perbandingan Kuat Tekan Beton Komposit Serat Rumput Payung (Cyperus Alternifolius) Dengan Panjang Serat 1,5 cm dan 3 cm*. Skripsi S1 Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Karya Malang.

Anggraeni, S., Bayu, A., Nandiyanto, D., Nurjamil, A. M., Wolio, N. A., Laila, R. N., Rohmah, I. A., Fitria, D., Husaeni, A. L., & Azizah, N. N. (2022). Effect Of Sawdust, Eggshells, Rice, Husks, And Corn Husks As Fine Aggregates On The Mechanical Properties Of Concrete. *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 17(3), pp. 1810-1819.

Asghari, Y., Mohammadyan-Yasouj, S. E., Petrů, M., Ghandvar, H., & R. Koloor, S. S. (2024). 3D Printing and Implementation of Engineered Cementitious Composites - A Review.

Case Studies in Construction Materials, Vol. 21, e03462. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03462

ASTM International. (2021). ASTM C 230M-08: Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement. www.astm.org.

Azizudin, A. A., Pujiastuti, H., & Hidayati, N. (2023). Analisis Pengaruh Faktor Air Semen (FAS) Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Normal. *SIGMA: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 3(2), pp. 11-20.

Boimau, K. (2022). Efek Panjang Serat Terhadap Sifat Tarik Komposit Poliester Berpenguat Serat Buah Lontar Yang Diberi Perlakuan Alkali. *Jurnal Mesin Nusantara,* Vol. 5(1), pp. 129–140. https://doi.org/10.29407/jmn.v5i1.17948

Cao, M., Xie, C., Li, L., & Khan, M. (2019). Effect of different PVA and steel fiber length and content on mechanical properties of CaCO3 whisker reinforced cementitious composites. *Materiales de Construccion*, Vol. 69(336), p. 1-19. https://doi.org/10.3989/mc.2019.12918

Caron, J.-F., Ducoulombier, N., Demont, L., & Mesnil, R. (2022). 3D printing of mortar with continuous fibers: principle, properties and potential for application. *Automation in Construction*, Vol. 129. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103806

Chen, L., Chen, Z., Xie, Z., Wei, L., Hua, J., Huang, L., & Yap, P. S. (2023). Recent developments on natural fiber concrete: A review of properties, sustainability, applications, barriers, and opportunities. *In: Developments in the Built Environment*, Vol. 16. Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100255

Dias, J. P., Brandão, F. J. S., Figueiredo, B., & Cruz, P. J. S. (2024). The potential of natural fiber reinforcement in 3D printed concrete: a review. *Digital Concrete 2024: 4th RILEM International Conference on Concrete and Digital Fabrication, Munich, Germany*. https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202408201106-0

Drew Turney. (2021, August 31). *History of 3D printing: It's older than you think*. Https://Www.Autodesk.Com/Design-Make/Articles/History-of-3d-Printing?Form=MG0AV3.

Drew Turney. (2022, August 30). *How 3D printing in construction will (eventually) transform the built world*. Autodesk.Com.

Figueiredoa, S. C., Rodríguez, C. R., Ahmed, Z., Bos. D.H, Xu, Y., & Salet, T. (2019). An approach to develop printable strain hardening cementitious composites. *Materials and Design*, Vol. 169:107651, pp. 1-43.

Gibson, R. F. (2012). *Principles of Composite Material Mechanics*. CRC Press.

Herlina, & Bona, P. F. (2023). Pengaruh Susunan Lamina Terhadap Kuat Tarik Laminat Komposit Karbon/Epoksi. *INDEPT: Journal of Industry, Electronic and Aviations*, Vol. 12(1). https://doi.org/10.56244/indept.v12i1

Hestiawan, H., & Fauzi, A. (2014). Studi Pengaruh Fraksi Volume dan Susunan Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Komposit Resin Berpenguat Serat Rotan (Calamus Trachycoleus). *Jurnal Mechanical*, Vol. 5(1), pp.1-4.

Heweidak, M., Kafle, B., & Al-Ameri, R. (2022). Influence of Hybrid Basalt Fibres' Length on Fresh and Mechanical Properties of Self-Compacted Ambient-Cured Geopolymer Concrete. *Journal of Composites Science*, Vol. 6(10). https://doi.org/10.3390/jcs6100292

Karthik, K., Kolappan, S., Ramesh, V., & Muthukumarasamy, S. (2024). 3D printing with natural fiber composites: a review for advanced manufacturing applications. *Interactions*, 245(1). https://doi.org/10.1007/s10751-024-02098-3

Kurniawan, D., Tarkono, & Supriadi H. (2013). Utilization Of Fiber And Shell Particles Palm Oil As Substitute Materials In Producing Eternite Ceiling. *Jurnal FEMA*, Vol. 1(3), pp. 41-51.

Li, Z., Hojati, M., Wu, Z., Piasente, J., Ashrafi, N., Duarte, J. P., Nazarian, S., Bilén, S. G., Memari, A. M., & Radlińska, A. (2020). Fresh and hardened properties of extrusion-based 3D-printed cementitious materials: A review. *Sustainability*, Vol. 12(14, pp. 1-33. https://doi.org/10.3390/su12145628

Matos, P. R. de, Prigol, H., Schackow, A., Nazário, S. da S., Doerner, G., & Safanelli, N. (2024). Quality control tests of fresh 3D printable cement-based materials. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, Vol. 17(5). https://doi.org/10.1590/s1983-41952024000500015

Mierzwiński, D., Łach, M., Gądek, S., Lin, W. T., Tran, D. H., & Korniejenko, K. (2023). A Brief Overview of the use of Additive Manufacturing of Concrete Materials in Construction. *Acta Innovations*, Vol. 2023(48), pp. 22–37. https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.48.2

Muddin, S., Jamaluddin, Azis, D., & Haslinah, A. (2022). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatrik Polimer Termoseting Polyester Terhadap Kekuatan Lentur. ILTEK : *Jurnal Teknologi*, Vol. 17(1), 15–19. https://doi.org/10.47398/iltek.v17i1.703

Ocaña Cristina, & Valle Manel del. (2018). *Nanotechnology and Biosensors* (Nikolelis Dimitrios P. & Nikoleli Georgia-Paraskevi, Eds.).

Ohga, S., & Royse, D. J. (2004). Cultivation of Pleurotus eryngii on umbrella plant (Cyperus alternifolius) substrate. *Journal of Wood Science*, Vol. 50(5), 466–469. https://doi.org/10.1007/s10086-003-0574-2

Pristiansyah, & Herianto. (2018). Pengaruh Parameter 3D Printing Terhadap Transparansi Produk yang Dihasilkan. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi ke-II – Universitas Nusantara PGRI Kediri*, Vol. 2(1), pp. 181-186. https://doi.org/10.29407/inotek.v2i1.480

Purboputro, P. I. (2006). Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Enceng Gondok Dengan Matriks Poliester. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, Vol. 7(2), pp. 70-76. 10.23917/mesin.v7i2.3088

Rochardjo, H. S. B. (2023). *Perkembangan Mutakhir Material Komposit, Peluang, dan Tantangannya Dalam Aplikasi Di Bidang Otomotif*. Pidato Pengukuhan Guru Besar, Universitas Gadjah Mada. https://dgb.ugm.ac.id/file/perkembangan-mutakhir-material-komposit-peluang-dan-tantangannya-dalam-aplikasi-di-bidang-otomotif/

Ross, F. (2023). *What Kind of Concrete is Used for 3D Printing? A Quick Guide*. https://Ultimatelytech.Com/What-Kind-Concrete-Used-3d-Printing/?Form=MG0AV3.

Saidah, A., Susilowati, S. E., & Nofendri, Y. (2018). Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy Dan Serat Jerami Padi Resin Yukalac 157. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, Vol. 5(2), pp. 96–101. https://doi.org/10.21009/jkem.5.2.7

Sika Indonesia. (2022). *SikaCeram®-150 CA TileFix*. Https://Idn.Sika.Com/En/Distributor-Retail/Finish/Tile/Tile-Adhesive/Sikaceram-150-Catilefix.Html.

SNI 03-6825-2002. (2002). *Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil ICS 27.180*. Badan Standardisasi Nasional.

Venkatesulu, M. (2021). A Review of Composite Materials: History, Types, Advantages, and Applications Over Traditional Materials. *International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical Engineering*, Vol. 9(4), pp. 32-38.

Widodo, E., Iswanto. (2022). Buku Ajar: *Mekanika Komposit dan Bio-Komposit*. Umsida Press, p. 1-111. https://doi.org/10.21070/2022/978-623-464-042-7.

Yoedono, B. S., Sunik, Inanta, C.A. (2020). Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Rumput Payung (Cyperus Alternifolius) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Dengan Matrik Epoxy. *Jurnal Teknik Sipil - Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, Vol. 15(3), pp. 162-169.