

PENGARUH SERAT ROTAN SEBAGAI BAHAN TAMBAH AGREGAT KASAR KUAT TEKAN BETON MENURUN KERUNTUHAN BERMANFAAT

SARI WAHYU NINGSIH, ARMAN A, MUHAMMAD RIDWAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang
arman.agung@itp.ac.id

Abstrak: Beton terbuat dari campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat kasar, agregat halus dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan masa padat (SNI 7656-2012). Dengan meningkatnya penggunaan agregat kasar tentu hal ini juga menimbulkan permasalahan baru, yakni menipisnya ketersediaan material agregat kasar yang berasal dari alam. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serat rotan sebagai bahan tambah pada agregat kasar kuat tekan beton menurun keruntuhan bermanfaat. Pada penelitian ini menggunakan serat rotan dengan persentase 0%, 1% (Serat rotan 3 cm), 2% (Serat rotan 4 cm), dan 3% (Serat rotan 5 cm) dari berat agregat kasar dengan 3 sampel untuk tiap persentase. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder baja dengan ukuran diameter 150 mm x tinggi 300 mm. Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton yang dilakukan pada umur 28 hari dari beton normal mengalami keruntuhan dan keretakan yang sangat besar, dikarenakan campuran pada pembuatan beton normal tidak menggunakan serat rotan sebagai bahan tambah. Sedangkan pada pengujian kuat tekan beton dengan tambahan serat rotan 1% dengan ukuran serat rotan 3 cm masih terjadi sedikit keruntuhan dan keretakan, beton dengan tambahan serat rotan 2% dengan ukuran serat rotan 4 cm sudah tidak terjadi keruntuhan, tetapi terjadi sedikit keretakan dan beton dengan tambahan serat rotan 3% dengan ukuran serat rotan 5 cm tidak terjadi keruntuhan, serta hampir tidak terjadi keretakan sama sekali. Hal ini disebabkan karena semakin bertambah panjangnya serat rotan pada tiap persentase yang telah dijadikan serat tersebar dan merata ke dalam campuran beton yang berfungsi sebagai tulangan mini di dalam beton.

Kata kunci: Beton, Serat rotan, Kuat tekan beton

A. Pendahuluan

Perkembangan dan kemajuan teknologi telah menimbulkan peningkatan dalam berbagai sektor kehidupan manusia, salah satu sektor yang berkembang adalah pembangunan infrastruktur untuk menunjang kemajuan daerah. Pembangunan infrastruktur terdiri dari bangunan gedung, perumahan, sarana dan prasarana jalan, jembatan, serta bangunan perairan baik yang berskala besar maupun yang berskala kecil.

Beton terbuat dari campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat kasar, agregat halus dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan masa padat (SNI 7656-2012). Dengan banyaknya permintaan dan sudah menjadi bahan baku yang umum digunakan. Akan tetapi keadaan ini juga menimbulkan permasalahan baru, yakni meningkatnya permintaan akan bahan baku bangunan, salah satu bahan baku bangunan yang sering dipakai yaitu agregat kasar. Dengan meningkatnya penggunaan agregat kasar tentu hal ini juga menimbulkan permasalahan baru, yakni menipisnya ketersediaan material agregat kasar yang berasal dari alam. Oleh karena itu perlu adanya alternatif bahan yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan agregat kasar pada campuran pembuatan beton. Salah satu material yang patut dipertimbangkan adalah serat rotan.

Indonesia mempunyai potensi sumber daya hutan yang sangat besar, luas hutan di Indonesia diperkirakan mencapai 52,3% dari seluruh wilayah Indonesia atau 99,6 juta hektar (Kemenhut, 2011). Pulau Kalimantan, Papua, Sulawesi, dan Sumatra merupakan pulau dengan hutan yang sangat besar di Indonesia. Rotan merupakan salah satu hasil hutan di Indonesia yang memiliki banyak kegunaan, salah satunya dimanfaatkan untuk membuat interior rumah. Batang rotan bisa mencapai panjang hingga puluhan meter. Berat rotan yang relatif ringan, sehingga sering dijadikan pengganti kayu. Rotan memiliki kandungan kimiawi yang membuatnya kuat dan tahan lama jika di bandingkan kayu, yaitu holoselulosa, selulosa, lignin, tanin, dan pati.

Penggunaan serat rotan sebagai bahan campuran pembuatan beton akan sangat bermanfaat dari segi ekonomi dikarenakan harga rotan jauh lebih murah dibandingkan dengan harga agregat kasar. Maka dari itu penulis tertarik untuk meneliti lebih lanjut mengenai penggunaan serat rotan sebagai bahan alternatif penambah agregat kasar pada campuran beton. Inovasi ini merupakan langkah awal untuk mengurangi ketergantungan pada penggunaan agregat kasar, serta memanfaatkan rotan yang masih sangat melimpah jumlahnya di alam.

B. Metodologi Penelitian

Jenis penelitian pada Tugas Akhir ini bersifat Eksperimen yang akan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Padang (ITP). Penelitian ini menggunakan bahan Standar SNI 7656-2012. Pada penelitian ini penulis menggunakan serat rotan sebagai penambah dari berat agregat kasar dengan persentase 1%, 2%, 3%.

Tabel 1 Jumlah benda uji

Persentase Campuran Beton	Jumlah
Beton Normal	3
Serat Rotan 1%	3
Serat Rotan 2%	3
Serat Rotan 3%	3
Total Jumlah Sampel	12

Pembuatan benda uji yang akan digunakan yaitu berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm x tinggi 30 cm sebanyak 3 (tiga) benda uji pada tiap persentase campuran yang berbeda dengan umur beton 28 hari. Bahan dari penelitian ini adalah: 1) Agregat kasar (batu pecah) ukuran 1/2, diambil dari Sungai Batang Kuranji; 2) Agregat halus (pasir) diambil dari Gunung Nago; 3) Semen PCC produksi PT. Semen Padang; 4) Air diambil dari sumur bor ITP; dan 5) Rotan berasal dari Kecamatan Koto XI Tarusan, Pesisir Selatan. Penelitian dan pengujian kuat tekan beton akan dilakukan di labor Teknik Sipil Institut Teknologi Padang metode penelitian bisa dilihat di bawah ini sebagai berikut: 1) Mulai; 2) Persiapan bahan dan alat; 3) Pengujian sifat dasar material; 4) *Mix design*; 5) Pengujian *slump* dan γ beton; 6) Pembuatan beton normal; 7) Pembuatan benda uji dengan serat rotan persentase 1% ukuran 3 cm, serat rotan persentase 2% ukuran 4 cm, serat rotan persentase 3% ukuran 5 cm; 8) *Curing* 28 hari; 9) Pengujian kuat tekan beton; 10) Analisa data dan pembahasan; dan 11) Pelaporan dan selesai.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Pemeriksaan Material Agregat Halus

Pengujian atau pemeriksaan yang dilakukan terhadap material agregat halus yaitu:

1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Tabel 2 Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus

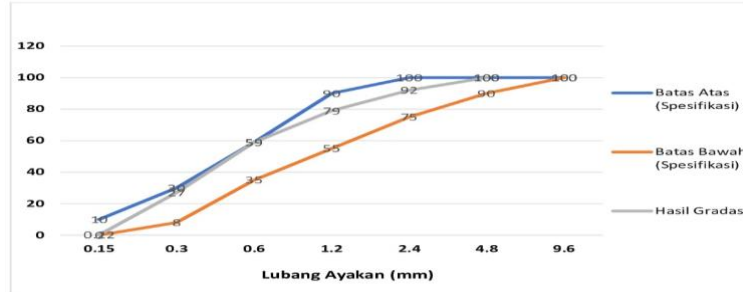
Sieve Size		Weight Retained (gr)	Cumulative Retained (gr)	(% Retained (gr)	Passing (%)	Spec Passing (gr)	Daerah Gradasi II
(mm)	(Inch)						
4.80	#4	-	-	-	100	100	90 – 100
2.40	#8	39	39	7,80	92,20	93	75 – 100
1.20	#16	67,73	106,73	21,35	78,65	79	55 – 90
0.60	#30	100,26	206,99	41,40	58,60	59	35 – 59
0.30	#50	155	361,99	72,40	27,60	27	8 – 30
0.15	#100	136,25	498,90	99,78	0,22	0	0 – 10
0,075	#200	1,15	499,39	100	-	-	0 - 0
Jumlah berat tertahan kumulatif				243			

Modulus Kehalusan (FM) = Jumlah berat tertahan kumulatif /100%

$$= 243/100\%$$

$$= 2,43 \text{ (Batas gradasi agregat masuk zona II)}$$

Dari hasil pengujian agregat halus yang dilakukan dapat dilihat bahwa material agregat halus dari *quarry* Gunung Nago memenuhi spesifikasi gradasi sesuai standar, masuk pada zona II (Pasir agak kasar), berdasarkan hasil berat tertahan kumulatif yaitu sebesar 243, sehingga diperoleh nilai modulus kehalusan halus butir yaitu sebesar 2,43. Nilai tersebut memenuhi syarat sesuai dengan SNI ASTM C136-2012.



Gambar 1 Grafik batas gradasi agregat halus masuk pada zona II

2. Pemeriksaan Zat Organik Agregat Halus (ASTM C 136-2012)

Dari hasil pemeriksaan kadar zat organik diperoleh warna yang sesuai dengan warna No.2 pada *tinto* meter. Warna ini menyatakan bahwa kadar zat organik yang terkandung di dalam pasir tersebut masih berada pada batas normal, seperti yang terlihat pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 2 Pemeriksaan zat organik agregat halus

3. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200 Agregat Halus

Tabel 3 Hasil pemeriksaan bahan lolos saringan No. 200 agregat halus

No.	Uraian	Berat (gr)
A	Berat Benda Uji Semula (Sebelum Dicuci)	500
B	Berat Benda Uji Saringan No. 200	484,19
C	Berat Benda Uji Lewat Saringan No. 200	3,16

$$\begin{aligned} \text{Passing No. 200} &= \frac{C}{A} \times 100\% \\ &= \frac{3,16}{500} \times 100\% \\ &= 0,63\% \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan bahan dapat dijelaskan bahwa persentase bahan yang terdapat pada agregat halus dari *quarry* Gunung Nago yang lolos saringan no. 200 sebesar 0,63%. Ini menunjukkan bahwa agregat halus tersebut memiliki kandungan lumpur di bawah batas maksimum 5% SNI ASTM C 117:2012.

4. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Tabel 4 Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus

No.	Lepas/Gembur	I	II	III
A	Berat Tempat + Benda Uji	7762	7723	7662
B	Berat Tempat	3825	3825	3825
C	Berat Benda Uji (A-B)	3937	3898	3837
D	Volume Tempat	2826	2826	2826
E	Berat Isi Benda Uji (C:D)	1,393	1,379	1,358

F	Berat Isi Benda Uji Rata-rata	1,38
---	-------------------------------	------

Dari hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh berat isi agregat halus dari *quarry* Gunung Nago sebesar 1,38 gr/cm³ dengan standard minimal sebesar 1,2 gr/cm³. Ini menunjukkan bahwa pasir yang akan digunakan sebagai campuran beton memenuhi standar SNI 7656-2012.

5. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Tabel 5 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

No.	Uraian	Berat (gr)
A	Labu Takar No.	1
B	Berat Labu Takar + Benda Uji SSD	661,30
C	Berat Labu Takar	161,30
D	Berat Benda Uji SSD (B-C)	500
E	Berat Labu Takar + Air + Benda Uji	962,36
F	Berat Labu Takar + Air	658,20
G	Berat Benda Uji Kering (Oven)	480,58

$$\text{Berat Jenis Apparent} = \frac{G}{G-(E-F)} = 2,72 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Jenis Kering (Dry Basis)} = \frac{G}{D-(E-F)} = 2,45 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{D}{D-(E-F)} = 2,55 \text{ gr}$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{D-G}{G} \times 100\% = 4,04 \%$$

Dari hasil pengujian berat jenis agregat halus dari *quarry* Gunung Nago dapat dilihat bahwa agregat halus memenuhi standard SNI ASTM C136-06 dengan standar Bj minimal sebesar 2,3 dan penyerapan air 5%.

2. Pemeriksaan Material Agregat Kasar

Pengujian atau pemeriksian yang dilakukan terhadap material agregat kasar yaitu:

1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

Tabel 6 Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar

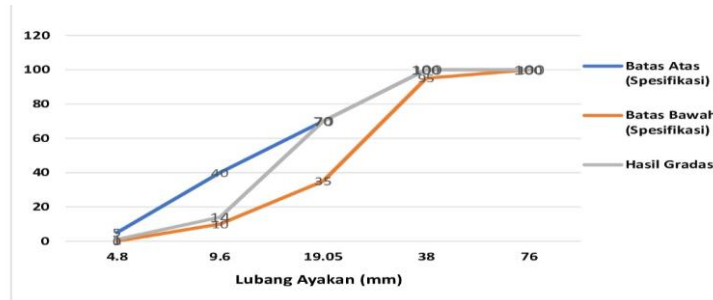
Sieve Size		Weight	Cumulative	(%) Retained	Passing	Spec	Daerah Gradasi Max 40
(mm)	(Inch)	Retained (gr)	Retained (gr)	(gr)	(%)	Passing (gr)	
38	1.5"	-	-	-	100	100	95 – 100
19.05	3/4"	1475,7	1475,7	29,51	70,49	70	35 – 70
9.60	3/8"	2800	4275,7	85,51	14,49	14	10 – 40
4.80	#4	658,19	4933,89	99,68	1,32	1	0 – 5
2.40	#8	51,52	4985,41	99,71	0,29	0	
1.20	#16	0,20	4985,61	99,71	0,29	0	
0.60	#30	0,15	4985,76	99,72	0,28	0	
0.30	#50	0,10	4985,86	99,72	0,28	0	
0.15	#100	0,1	4985,96	99,72	0,28	0	
Jumlah berat tertahan kumulatif				712			

Modulus Kehalusan (FM) = Jumlah Berat Tertahan Kumulatif/100%

$$= 712/100\%$$

$$= 7,12 \text{ (Ukuran butiran max 40 mm)}$$

Dari hasil pengujian agregat kasar yang dilakukan dapat dilihat bahwa material agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji memenuhi spesifikasi sesuai standar dengan nilai FM = 7,12 Nilai tersebut memenuhi spesifikasi gradasi masuk pada ukuran butiran max 40 mm dan memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton sesuai dengan SNI ASTM C136-2012.



Gambar 3 Grafik batas gradasi agregat kasar masuk pada ukuran butiran Max 40 mm

2. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No.200 Agregat Kasar

Tabel 4.6 Hasil pemeriksaan bahan lolos saringan No. 200 agregat kasar

No.	Uraian	Berat (gr)
A	Berat Benda Uji Semula (Sebelum Dicuci)	5000
B	Berat Benda Uji Saringan No. 200	4945
C	Berat Benda Uji Lewat Saringan No. 200	55

$$\begin{aligned} \text{Passing No. 200} &= \frac{C}{A} \times 100\% \\ &= \frac{55}{5000} \times 100\% \\ &= 0,011\% \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan bahan dapat dijelaskan bahwa persentase bahan yang terdapat pada agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji yang lolos saringan No. 200 yaitu sebesar 0,011%. Ini menunjukkan bahwa agregat kasar tersebut memiliki kandungan lumpur di bawah batas maksimum yaitu 1% SNI ASTM C 117:2012.

3. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Tabel 7 Hasil pemeriksaan berat isi agregat kasar

No.	Lepas/Gembur	I	II	III
A	Berat Tempat + Benda Uji	8023	8044	8050
B	Berat Tempat	3825	3825	3825
C	Berat Benda Uji (A-B)	4198	4219	4225
D	Volume Tempat	2826	2826	2826
E	Berat Isi Benda Uji (C:D)	1,485	1,493	1,495
F	Berat Isi Benda Uji Rata-rata	1,49		

Dari hasil pengujian berat isi agregat kasar diperoleh berat isi agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji yaitu sebesar 1,49 gr/cm³ dengan standard minimal yaitu sebesar 1,2 gr/cm³. Ini menunjukkan bahwa agregat yang akan digunakan sebagai campuran beton memenuhi standar SNI 7656-2012.

4. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 8 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

No.	Uraian	Berat (gr)
A.	Berat Benda Contoh SSD di Udara	5000
B.	Berat Benda Conton SSD Dalam Air	3321
C.	Berat benda Uji Kering (Oven)	4906

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Apparent} &= \frac{C}{C-B} = 3,10 \text{ gr} \\ \text{Berat Jenis Kering (Dry Basis)} &= \frac{C}{A-B} = 2,92 \text{ gr} \\ \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{A}{C} = 2,98 \text{ gr} \\ \text{Penyerapan Air} &= \frac{A-C}{C} \times 100\% = 1,92\% \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji dapat dilihat bahwa agregat halus memenuhi standard ASTM C 136-06 dengan standar B_j minimal sebesar 2,3 dan penyerapan air 5%.

5. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angeles

Tabel 9 Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar

No.	Uraian	Berat (gr)
A.	Berat Benda Contoh SSD di Udara	5000
B.	Berat Benda Conton SSD Dalam Air	4137
C.	Berat benda Uji Kering (Oven)	863

$$\text{Keausan} = \frac{C}{A} = \frac{863}{5000} \times 100\% = 17,26\%$$

Dari hasil pengujian keausan agregat kasar diperoleh keausan agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji dengan mesin Los Angeles yaitu sebesar 17,26%. Ini menunjukkan bahwa nilai keausan agregat kasar memenuhi standar batas max yang diizinkan yaitu sebesar maks 27% - 30% (SNI ATM C 136-06).

3. Rancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dari hasil pengujian sifat dasar material pembentuk beton di atas, kemudian dihitung perencanaan campuran beton. Dalam penelitian ini menggunakan metode SNI 7656-2012 (Tata cara pembuatan renacana campuran beton normal). Kemudian melakukan analisis data kombinasi penggunaan agregat untuk menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan untuk merencanakan campuran beton.

Berdasarkan hasil pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar yang diperoleh untuk menentukan perhitungan agregat campuran adalah berdasarkan susunan masing-masing butiran lolos saringan :

1. Agregat halus : lolos saringan no. 4 s/d no. 100
2. Agregat kasar : lolos saringan no. 1,5 s/d no. 100

Dari hasil pengujian sifat dasar material pembentuk beton, kemudian dihitung perencanaan campuran beton. Dalam penelitian ini menggunakan metode SNI 7656-2012 (Tata Cara Pembuatan Renacana Campuran Beton Normal). Data Pemeriksaan dan Hitungan:

- a. Kuat tekan yang disyaratkan 225 Kg/cm².
- b. Jenis semen PCC.
- c. Slump lapangan direncanakan 25-50 mm.
- d. Ukuran maksimum agregat kasar 40 mm.
- e. Agregat halus alami dan agregat kasar (*split*).

Tabel 10 Data perencanaan awal

No.	Uraian	Nilai	Keterangan
1	Kuat Tekan Beton (Fc 18,301)	18,30 Mpa	
2	Deviasi Standar	6 Mpa	
3	Kuat Tekan Yang Direncanakan	24,30 Mpa	
4	Modulus Kehalusan	2,43	Agregat Halus
5	Berat Jenis SSD	2,55	Agregat Halus
6	Penyerapan Air	4,04	Agregat Halus
7	Ukuran Maksimal	19,05	Agregat Kasar
8	Berat Jenis SSD	2,98	Agregat Kasar
9	Penyerapan Air	1,92	Agregat Kasar
10	Berat Kering	1490	Agregat Kasar

Tabel 11 Densitas untuk semua material

No.	Material	Gs	Densitas
1	Air	1	1000
2	Semen	3,15	3150
3	Agregat Halus	2,55	2550

4	Agregat Kasar	2,98	2980
5	Berat Kering Agregat Kasar	1,49	1490

Slump lapangan direncanakan 25-50

Penggunaan nilai *slump* 25-50 ditujukan atau diperuntukan untuk pembuatan beton massa atau pembuatan beton dalam jumlah yang banyak, contohnya seperti pembuatan DAM, Bendungan, Waduk, dan pembuatan infrastruktur yang membutuhkan dalam jumlah yang banyak. Dikarenakan campuran beton dengan nilai *slump* 25-50 lebih keras dibandingkan nilai *slump* yang lain, hal ini supaya pada saat pengerjaan pembuatan DAM, Bendungan, Waduk beton tidak menjadi terlalu encer dikarenakan terkena air.

Tabel 12 Nilai *slump* yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (SNI 7656-2012)

Tipe Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding, dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah	72	25
Balok dan dinding betulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

Perkiraan Air Pencampur

Tabel 4.13 Tabel perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai *Slump* dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm ^{†*}	75 mm ^{††}	150 mm ^{††}
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat paparan sebagai berikut : ringan (%)								
	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5 ^{***††}	1,0 ^{***††}
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5 ^{***††}	3,0 ^{***††}
berat ^{††} (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5 ^{***††}	4,0 ^{***††}

Dari hasil penelitian analisa agregat yang sudah dilakukan didapatkan perkiraan air pencampur yaitu sebesar, $168 + (160-168) \times (19,05-19) : (25-50) = 167,9333 \text{ Kg/M}^3$.

Pemilihan Rasio Air Semen (w/c)

Tabel 13 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

(w/(c+p)) dan kekuatan beton

Dari hasil penelitian analisa agregat yang sudah dilakukan didapatkan rasio air-semen yaitu sebesar, $0,52 + (0,45-0,52) \times (24,301-25) : (30-25) = 0,529$ (Interpolasi).

Penambah air dan semen

Rumusnya : Penambahan semen = $\frac{\text{penambahan air}}{\text{rasio air semen}}$

Tabel 14 Penambah air dan semen

Beton Tambah Serat Rotan	Penambahan Air (MI)	Rasio air Semen	Penambahan Semen (gram)
Serat rotan 1%	300	0,529	567,10
Serat rotan 2%	400	0,529	756,14
Serat rotan 3%	600	0,529	1134,21

Apabila pada saat pengadukan campuran beton masih terlihat keras atau kekurangan air, maka dilakukan penambahan air, hal tersebut juga harus dibarengi dengan penambahan semen. Penambahan air dan semen dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

Kadar Semen (4) : (3) = $0,529 : 167,933 = 16,9875 \text{ Kg/cm}^3$

Kadar Agregat Kasar

Tabel 15 Volume agregat kasar persatuan volume beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan [†] dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Ket : Volume berdasarkan berat kering oven sesuai SNI 03-4804-1998
 Lihat SNI 03-1968-1990 untuk menghitung modulus kehalusan

FM agregat halus= 2,43

Ukuran agregat maksimal= 19,05

Berat kering agregat kasar= 1490

Kadar agregat kasar

$2,40 = 0,66 + (0,66-0,71) : (19,05-19) : (25-19) = 0,659$

$2,60 = 0,64 + (0,64-0,69) : (19,05-19) : (25-19) = 0,639$

Kadar agregat kasar didapatkan dari interpolasi nilai dari hasil interpolasi 2,40 dan 2,60 yaitu, $0,659 + (0,659-0,639) : (2,43-2,40) : (2,60-2,40) = 0,65658$ (interpolasi)

Berat agregat kasar= $0,65658 \times 1490 = 978,309 \text{ Kg}$

Perkiraan Berat Beton Segar

Tabel 16 Perkiraan awal berat beton segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³ *	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Bila digunakan perhitungan berat beton per m³, secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan :

Perkiraan berat beton segar, maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$U = 10 Ga (100-A) + c (1-Ga/Gc) - w (Ga-1) \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan : *U* = Berat beton segar Kg/m³

Ga = Berat jenis rata-rata gabungan agregat halus dan agregat kasar, kering permukaan jenuh (SSD, *saturated surface dry*)

Gc = Berat jenis semen (umumnya 3,15)

A = Kadar udara (umumnya 1%)

w = Syarat banyak air pencampuran Kg/m³

c = Syarat banyak semen Kg/m³

Untuk Semen <330 kg

Ga = 2,765

Gc = 3,15

A = 1%

w = 167,933 Kg/m³

c = 316,987 Kg/m³

U = 2275,125 Kg/m³

Kadar Agregat Gabungan

Atas dasar massa (berat) per m³

Beton berat awal= 2275,125 Kg

Berat air= 167,933 Kg

Berat semen= 316,987 Kg

Berat agg kasar= 978,309 Kg

Berat agg halus= 2275,125 – 167,933 – 316,987 – 978,309 = 811,895 Kg

Atas dasar volume absolut

Berat air

Berat air – (berat agregat kasar x $\frac{\text{penyerapan air agregat kasar}}{100}$) – (berat agregat halus x $\frac{\text{penyerapan air agregat halus}}{100}$) = 116,349 kg

Berat semen = 316,987 kg

Berat agregat kasar

Berat agregat kasar x (1 + $\frac{\text{penyerapan air agregat kasar}}{100}$) = 997,092 Kg

Berat agregat halus

Berat agregat halus x (1 + $\frac{\text{penyerapan air agregat halus}}{100}$) = 844,695 Kg

Jumlah

Berat air + berat semen + berat agregat kasar + berat agregat halus = 2275,125 kg

Perbandingan mix design

Rumusnya :

$$\text{Berat} = \frac{\text{data atas dasar massa}}{\text{berat semen atas dasar massa}}$$

$$\text{Volume} = \frac{\text{data atas dasar volume}}{\text{berat semen atas dasar volume}}$$

Tabel 17 Mix design

Material	Berat	Volume
Air	0,529	0,367
Semen	1	1
Agregat Kasar	3,086	3,145
Agregat Halus	2,561	2,664

Job Mix Beton Fc 18,30
Untuk 1 m³

Tabel 18 Job Mix fc 18,30

No.	Material	Berat	Satuan
1	Semen	316,987	Kg
2	Agregat Halus	811,895	Kg
3	Agregat Kasar	978,309	Kg
4	Air	167,933	Kg

Trial Mix

Untuk 3 silinder

Rumus Volume silinder, $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \times 30 : 100^3 = 0,0053$

Rumus mencari jumlah material untuk 3 silinder (data untuk 1 m³ x volume silinder x 3)

Tabel 19 Trial mix silinder

No.	Material	Berat/M ³	Volume (m ³)	Campuran 1 Silinder (Kg)	Campuran 3 Silinder + 13% (Kg)
1	Semen	316,987	0,0053	1,680	5,695
2	Agregat Halus	811,895	0,0053	4,303	14,587
3	Agregat Kasar	978,309	0,0053	5,185	17,577
4	Air	167,933	0,0053	0,890	3,017
5	Serat Rotan 1%	-	0,0053	-	29,492
6	Serat Rotan 2%	-	0,0053	-	88,476
7	Serat Rotan 3%	-	0,0053	-	147,460

Rancangan Bahan Tambah Campuran Beton (Mix Design)

Penambahan Serat Rotan 1% Dari Jumlah Berat Agregat Kasar

Adapun komposisi campuran beton untuk 3 benda uji berbentuk silinder baja dengan penambahan serat rotan sebagai bahan tambah dari berat agregat kasar sebanyak 1%, serta telah diketahui berat jenis serat rotan yaitu 0,5 dan berat jenis agregat kasar yaitu 2,98.

$$\text{Serat Rotan 1\%} = 1\% \times \frac{\text{Bj Serat Rotan}}{\text{Bj Agregat Kasar}} \times \text{Berat agregat kasar}$$

$$= 1\% \times \frac{0,5}{2,98} \times 17,57$$

$$= 0,02949 \text{ Kg}$$

$$= 29,49 \text{ gram}$$

Penambahan Serat Rotan 2% Dari Jumlah Berat Agregat Kasar

Adapun komposisi campuran beton untuk 3 benda uji berbentuk silinder baja dengan penambahan serat rotan sebagai bahan tambah dari berat agregat kasar sebanyak 2%, serta telah diketahui berat jenis serat rotan yaitu 0,5 dan berat jenis agregat kasar yaitu 2,98.

$$\begin{aligned} \text{Serat Rotan 2\%} &= 2\% \times \frac{\text{Bj Serat Rotan}}{\text{Bj Agregat Kasar}} \times \text{Berat Agregat Kasar} \\ &= 2\% \times \frac{0,5}{2,98} \times 17,57 \\ &= 0,08847 \text{ Kg} \\ &= 88,47 \text{ gram} \end{aligned}$$

Penambahan Serat Rotan 3% Dari Jumlah Berat Agregat Kasar

Adapun komposisi campuran beton untuk 3 benda uji berbentuk silinder baja dengan penambahan serat rotan sebagai bahan tambah dari berat agregat kasar sebanyak 3%, serta telah diketahui berat jenis serat rotan yaitu 0,5 dan berat jenis agregat kasar yaitu 2,98.

$$\begin{aligned} \text{Silika Fume 10\%} &= 3\% \times \frac{\text{Bj Serat Rotan}}{\text{Bj Agregat Kasar}} \times \text{Berat Agregat Kasar} \\ &= 3\% \times \frac{0,5}{2,98} \times 17,57 \\ &= 0,14746 \\ &= 147,46 \text{ gram} \end{aligned}$$

Nilai Test Slump

Dari test *slump* yang telah dilakukan diperoleh nilai *slump* seperti yang terlihat pada tabel 4.21 di bawah ini.

Tabel 20 Nilai *slump* benda uji beton

No.	Benda Uji	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Nilai Tes Slump (cm)
1	Beton normal tanpa tambahan serat rotan	26-12-2022	3,5
2	Beton dengan tambahan serat rotan 1%	26-12-2022	4,25
3	Beton dengan tambahan serat rotan 2%	26-12-2022	3,5
4	Beton dengan tambahan serat rotan 3%	03-01-2023	3

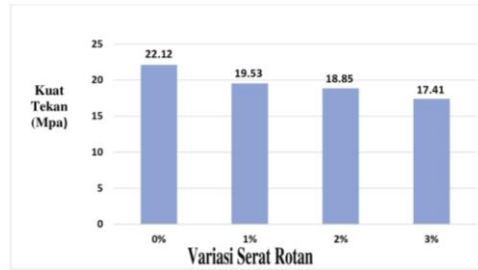
Hasil di atas menunjukkan nilai *slump* yang diperoleh memenuhi spesifikasi yang digunakan untuk adukan beton pada penelitian ini dengan standar *slump* 25-50 mm.

Nilai Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton yang telah dilakukan di labor ITP dengan kuat tekan rencana f_c' 18,30, maka didapatkan nilai kuat tekan beton seperti yang terlihat pada tabel 4.22 di bawah ini.

Tabel 21 Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

No.	Variasi	Berat (Kg)	Kekuatan Tekanan (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Nilai Kuat Tekan Rata-rata (N/mm ²)
1	Beton normal	1	12145	390	22,12
		2	12190	390	
		3	12113	370	
2	Beton dengan tambahan Serat Rotan 1%	1	11581	325	19,53
		2	11783	340	
		3	11817	350	
3	Beton dengan tambahan Serat Rotan 2%	1	11527	300	18,85
		2	11703	310	
		3	11471	275	
4	Beton dengan tambahan Serat Rotan 3%	1	11398	240	17,41
		2	11085	325	
		3	11140	280	



Gambar 4 Grafik hubungan perbandingan kuat tekan beton di labor ITP

Berdasarkan Gambar 4.19 Grafik Hubungan Perbandingan Kuat Tekan Beton di Labor ITP, untuk pengujian kuat tekan yang dilakukan di labor ITP pada umur 28 hari dari beton normal tanpa tambahan serat rotan diperoleh nilai kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 22,12 MPa, dari beton dengan tambahan serat rotan 1% mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 0,11% dengan diperoleh nilai kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 19,53 MPa, dari beton dengan tambahan serat rotan 2% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 0,14% dengan diperoleh nilai kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 18,85 MPa, dan dari beton dengan tambahan serat rotan 3% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 0,21% dengan diperoleh nilai kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 17,41 MPa.

Dokumentasi serta pembahasan hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan tambahan serat rotan 1%, 2% dan 3% dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 5 Dokumentasi hasil pengujian kuat tekan beton normal

Beton normal, beton mengalami retakan atau pecah, hal ini dikarenakan tidak adanya serat rotan yang menjadi pengikat antara campuran beton.



Gambar 6 Dokumentasi hasil pengujian kuat tekan beton tambahan serat rotan 1%

Retakan yang terjadi pada beton dengan tambahan serat rotan 1% cukup besar dan mengalami sedikit lendutan, hal ini disebabkan oleh ukuran serat rotan yang dipakai tidak terlalu panjang dan jumlah serat rotan yang sedikit sehingga campuran beton tidak terlalu mengikat antara satu sama lain.



Gambar 7 Dokumentasi hasil pengujian kuat tekan beton tambahan serat rotan 2%

Retakan yang terjadi pada beton dengan tambahan serat rotan 2% lebih sedikit dibandingkan dengan beton serat rotan 1% dan mengalami sedikit lendutan, hal tersebut dikarenakan ukuran serat rotan yang digunakan lebih panjang dan jumlah serat rotan lebih banyak dibandingkan dengan campuran serat rotan pada beton sebelumnya.



Gambar 8 Dokumentasi hasil pengujian kuat tekan beton tambahan serat rotan 3%

Pada beton dengan tambahan serat rotan 3% tidak terlihat mengalami retakan pada saat pengujian kuat tekan dan tetapi mengalami lendutan, hal tersebut dikarenakan serat rotan yang digunakan lebih panjang dan banyak dibandingkan 2 persentase serat rotan sebelumnya, serat rotan 3% sudah cukup mengikat campuran beton, sehingga benda uji tersebut tidak mengalami keretakan.

Serat rotan merupakan salah satu jenis serat alami, dalam kondisi yang tidak terlindungi atau terpapar udara bebas maka serat rotan akan mengalami pelapukan dan pembusukan secara alamiah. Akan tetapi setelah proses pengujian benda uji 28 hari, serat rotan pada benda uji beton secara visual dan fisik tidak terjadi pembusukan dan pelapukan. Serat rotan di dalam benda uji umur 28 hari masih kuat dan padat, atau tidak jauh berbeda dengan kondisi serat rotan sebelum dicampurkan pada campuran beton. Serat rotan dalam benda uji seperti terawetkan oleh campuran beton, atau tidak terdapat mikro organisme dan udara dalam benda uji yang menyebabkan tidak adanya proses pembusukan dan pelapukan pada serat rotan.

Penurunan kuat tekan beton dengan tambahan serat rotan dari beton normal terjadi karena semakin banyak semakin banyak serat rotan yang ditambahkan ke dalam campuran beton mengakibatkan faktor air semen lebih banyak yang diserap oleh serat rotan tersebut yang mengakibatkan beton kekurangan air semen, sehingga menyebabkan sulitnya peningkatan atau pematatan pada beton yang akhirnya beton tersebut menjadi berongga. Selain itu persentase serat rotan yang banyak menyebabkan sejumlah besar serat rotan tersebut berkumpul di satu titik sehingga persebaran serat rotan tidak merata yang akan mengakibatkan nilai kuat tekan berkurang. Adapula keunggulan dari serat rotan tersebut untuk campuran beton dengan penambahan serat rotan pada campuran beton dan semakin bertambahnya panjang serat rotan pada tiap persentase beton yang membuat beton lebih mengikat antar campuran beton, sehingga pada saat pengujian kuat tekan beton, beton tidak mengalami retakan yang parah seperti yang terjadi pada beton normal. Beton yang ditambahkan dengan serat rotan terlihat lebih merekat atau mengikat antara campuran beton, hal ini disebabkan karena rotan yang telah dijadikan serat tersebar dan merata ke dalam campuran beton yang berfungsi sebagai tulangan mini di dalam beton.

D. Penutup

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisa penulis mengenai pengaruh penambahan serat rotan kuat tekan beton menurun keruntuhan bermanfaat, maka secara umum dapat peneliti simpulkan sebagai berikut: 1) Pada pengujian kuat tekan beton normal mengalami keruntuhan dan keretakan yang sangat besar, dikarenakan campuran pada pembuatan beton normal tidak menggunakan serat rotan sebagai bahan tambah. Sedangkan pada pengujian kuat tekan beton dengan tambahan serat rotan 1% dengan ukuran serat rotan 3 cm masih terjadi sedikit keruntuhan dan keretakan, beton dengan tambahan serat rotan 2% dengan ukuran serat rotan 4 cm sudah tidak terjadi keruntuhan, tetapi terjadi sedikit keretakan dan beton dengan tambahan serat rotan 3% dengan ukuran serat rotan 5 cm tidak terjadi keruntuhan, serta hampir tidak terjadi keretakan sama sekali; dan 2) Beton yang ditambahkan dengan serat rotan terlihat lebih merekat atau mengikat antar campuran beton, hal ini disebabkan karena rotan yang telah dijadikan serat tersebar ke merata ke dalam campuran beton yang berfungsi sebagai tulangan mini di dalam beton.

Daftar Pustaka

- Fauzan, M. D. (2019). Penggunaan Serat Rotan Untuk Meningkatkan Mutu Beton (The Usage Of Rattan Fiber To Improve The Concrete Quality). *Universitas Islam Indonesia, 2019*, 1-82.
- SNI 7656-2012. *Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI ASTM C117:2012. *Metode Uji Bahan yang Lebih Halus dengan Saringan 75 (No. 200) dalam Agregat Mineral dengan Pencucian*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI ASTM C136-2012. *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C136-06, IDT)*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional Indonesia.