

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC002024191321, 23 September 2024

Pencipta

Nama : **Adnan**
Alamat : Jl. Jend. Sudirman, No. 227, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia., Ujung, Parepare, Sulawesi Selatan, 91112
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Adnan**
Alamat : Jl. Jend. Sudirman, No. 227, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia., Ujung, Parepare, Sulawesi Selatan 91112
Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Karya Ilmiah**
Judul Ciptaan : **Produksi Beton Pasir Laut Dan Air Laut Dengan Rasio Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan Teknologi Self-compacting Concrete**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 1 Agustus 2024, di Parepare
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000763797

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u.b

Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

IGNATIUS M.T. SILALAH
NIP. 196812301996031001

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

Produksi beton pasir laut dan air laut dengan rasio kuat lentur terhadap kuat tekan Teknologi self-compacting concrete.

Adnan (No. Hp. 08875314950; Email. Ferlywijaya774@gmail.com)

Karakteristik Agregat

Agregat penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus (pasir laut) dari Pantai Parepare, dan agregat kasar (batu pecah) bersumber dari daerah Parepare Sulawesi- Selatan. Seluruh pengujian pada penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI yang ditetapkan. Hasil pengujian karakteristik fisik agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir laut) diperlihatkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Penyediaan Material agregat Pasir laut Pantai Parepare.

Tabel 1. Hasil rekapitulasi karakteristik agregat.

NO.	Karakteristik Agregat	Agregat Halus (Pasir Laut)	Agregat Kasar (Batu Pecah)
1	Ukuran Maks. Agregat	5 mm	20 mm
2	Modulus Kehalusan	1.90	8.10
3	Berat Jenis Spesifik*		
	a. BJ. Nyata	2.41	2.63
	b. BJ. Dasar Kering	2.56	2.82
	c. BJ. Kering Permukaan	2.47	2.70
4	Penyerapan Air	2.46%	2.57%
5	Berat Volume		
	a. Kondisi Lepas	1.42	1.80
	b. Kondisi Padat	1.69	1.90
6	Kadar Air	-	1.69%
7	Kadar Lumpur	1,50%	0.50%
8	Kadar Organik	No. 1 (Rendah)	-

Karakteristik Air Laut

Air pancampuran yang digunakan pada penelitian ini yakni air laut yang bersumber dari

Pantai Lumpue - Parepare, Sulawesi-Selatan. Komposisi kimia yang terkandung dijabarkan pada tabel 2.



Gambar 2. Penyediaan Bahan pencampuran Air laut Pantai Parepare.

Tabel 2. Komposisi kimia air laut pantai Lumpue - Parepare, Sulawesi-Selatan.

Berat Jenis (gr/cm ³)	pH	Salinitas (%)	Komposisi Kimia (mg/l)					
			Na	Ca	Mg	Cl ⁻	SO ₄	CO ₃
1,029	8,53	18	2085,22	348,348	1973,492	5303,70	134	576,576

Tabel 2, menunjukkan bahwa kandungan Cl⁻ (klorida) lebih mendominasi dengan nilai 5303,70 mg/l. Kadar ion Cl⁻ (klorida) larut air maksimum dalam beton berdasarkan SNI 2487-2013 adalah 1% dari berat semen.

Karakteristik Serat Baja

Sesuai dengan persyaratan ASTM A820 bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat baja. Karakteristik dari serat baja diperlihatkan pada Tabel 3.



Gambar 3. Serat baja (*dramix 3D 80/60 BG*).

Tabel 3. Karakteristik serat baja (*dramix 3D BEKAERT.*)

No.	Karakteristik	<i>Dramix 3D</i>
1	Panjang	60 mm
2	Diameter	0.75 mm
3	Kekuatan tarik	1.225 N/mm ²
4	Modulus elastisitas	210.000 N/mm ²
5	<i>Aspect ratio</i>	80
6	Berat jenis	3.15 Kg/l

Rancangan Campuran Beton Air Laut

Rancangan campuran beton air laut dengan fraksi volume serat baja yakni 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dari berat semen. Beton di desain dengan *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm dan kuat tekan rencana 35 ± 5 MPa. Tabel 4, memperlihatkan komposisi campuran beton untuk 1 m³.

Tabel 4. Komposisi campuran beton untuk (kg/m³).

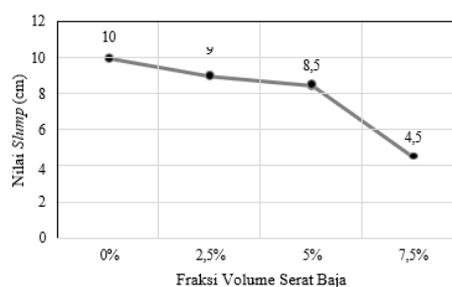
No.	Material	Jenis Beton							
		0%		2,5%		5%		7,5%	
		kg	<i>l</i>	kg	<i>l</i>	kg	<i>l</i>	kg	<i>l</i>
1	Air laut	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12
2	Semen	512.50	162.70	512.50	162.70	512.50	162.70	512.50	162.70
3	Pasir laut	477.30	176.78	477.30	176.78	477.30	176.78	477.30	176.78
4	Batu Pecah	1099.29	416.40	1094.97	414.76	1090.64	413.12	1086.32	411.48
5	Serat Baja	-	-	12.81	1.64	25.63	3.28	38.44	4.92
Total		2293	1000	2289	1000	2.285	1000	2.280	1000

Pengujian *Slump Test*

Tingkat kelecakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya. Hasil pengujian *slump test* diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran nilai *slump*.

No.	Fraksi Volume Serat Baja	Nilai <i>Slump</i> (cm)	Syarat Nilai <i>Slump</i> (cm)
1.	0%	10	$10 \pm 2,5$
2.	2,5%	9	
3.	5%	8,5	
4.	7,5%	8	



Gambar 4. Hubungan nilai *slump test* terhadap fraksi volume serat baja.



Gambar 5. Pengujian *slump test*.

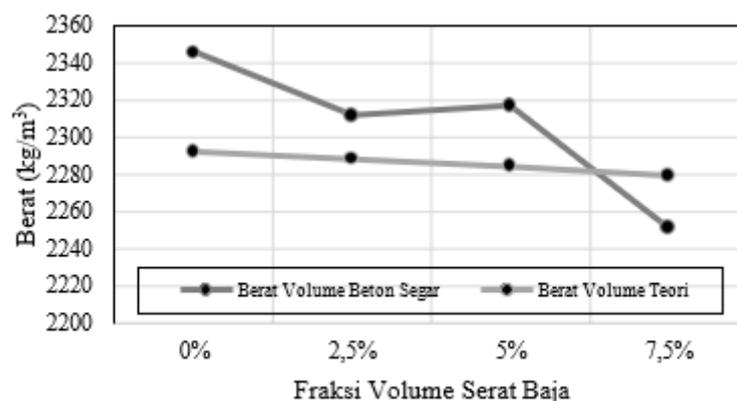
Beton segar dengan fraksi volume serat baja memenuhi nilai *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm, meskipun demikian semakin besar fraksi volume serat baja dengan tingkat kenaikan 2,5% nilai *slump* beton segar mengalami penurunan. Gambar 5, menunjukkan bahwa beton segar tanpa dan dengan perkuatan serat baja mampu menyatu dengan baik dan tidak terjadi segregasi. Hal ini disebabkan karena serat baja menambah gesekan antara sesama material kasar sehingga mengurangi kemampuan pengaliran.

Berat Satuan Beton

Pemeriksaan berat satuan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian berat satuan beton dilakukan untuk mengetahui jenis beton termasuk beton normal atau beton ringan. Adapun hasil pengujian berat satuan beton rata- rata dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan berat volume beton segar dengan berat volume teori.

Jenis Beton	0%	2,5%	5%	7,5%
Berat Volume Beton Segar (kg/m^3)	2346.07	2312.1	2317.41	2251.92
Berat Volume Teori (kg/m^3)	2293	2289	2285	2280



Gambar 6. Hubungan berat volume beton segar dengan berat volume teori terhadap fraksi volume serat baja.

Dari tabel 6 dan gambar 6, memperlihatkan bahwa semakin besar fraksi volume serat baja pada campuran beton, maka berat satuan beton akan semakin berkurang, namun besarnya persentase serat baja tidak mengubah jenis beton menjadi beton ringan karena berat volume beton ringan antara 1140 – 1840 kg/m³ (SNI 03-2847-2013).

Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan (f_c) beton air laut serat baja dilakukan dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam tabel 7. Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 1974:2011.

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton air laut *curing* air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur	Beban Maksimum	f_c	f_c Rata-rata
	(Hari)	(kN)	MPa	MPa
0%	28	293.9	37.42	38.77
	28	309.52	39.40	
	28	310.18	39.49	
2,5%	28	343.02	43.67	44.7
	28	350.38	44.61	
	28	360.02	45.83	
5%	28	362.94	46.21	45.74
	28	354.56	45.14	
	28	360.22	45.86	
7,5%	28	383.96	48.88	49.7
	28	388.68	49.48	
	28	398.5	50.73	

Kuat lentur

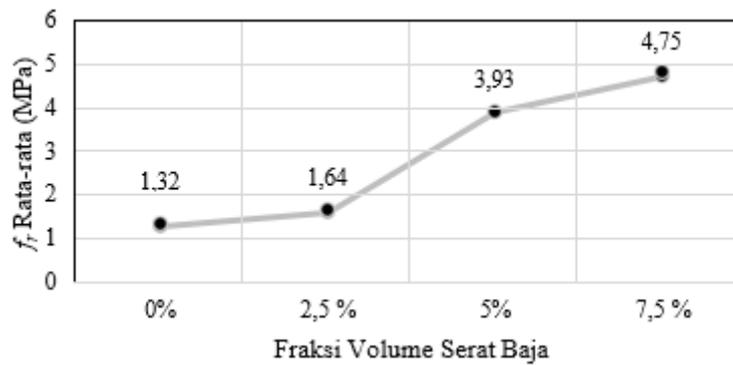
Pengujian kuat lentur beton air laut dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan balok berukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam tabel 8, dimana pembebanan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser. Pengujian kuat lentur mengacu pada SNI 03-4431-1997. Kuat lentur (f_r) atau *modulus of rupture* dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R = \frac{P \cdot l}{bh^2} \dots \text{bila benda uji patah pada } 1/3 \text{ bentang}$$

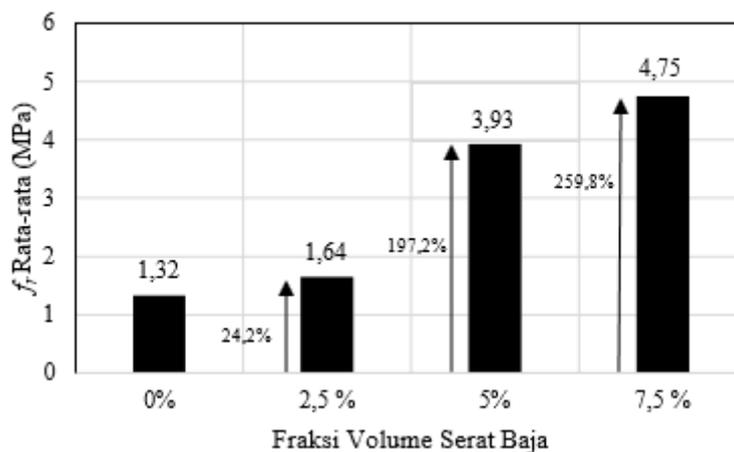
$$R = 3 \frac{P \cdot n}{bh^2} \dots \text{bila benda uji patah diluar } \frac{1}{3} \text{ bentang dan garis patah } < 5\% \text{ dari bentang}$$

Tabel 8. Hasil pengujian kuat lentur beton air laut *curing* air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur	Berat	Tinggi	Tinggi	Beban	<i>Modulus of Rupture</i>	<i>Modulus of Rupture Rata-rata</i>
		L	b	h	(P)	$R = (P.L)/(bh^2)$	
	(hari)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	MPa	MPa
0%	28	40	10	10	4.16	1.66	1.32
	28	40	10	10	2.38	0.95	
	28	40	10	10	3.37	1.35	
2,5%	28	40	10	10	2.94	1.18	1.64
	28	40	10	10	3.47	1.39	
	28	40	10	10	5.86	2.34	
5%	28	40	10	10	10.98	4.39	3.93
	28	40	10	10	8.74	3.50	
	28	40	10	10	9.74	3.90	
7,5%	28	40	10	10	11.19	4.48	4.75
	28	40	10	10	10.46	4.18	
	28	40	10	10	14.01	5.60	



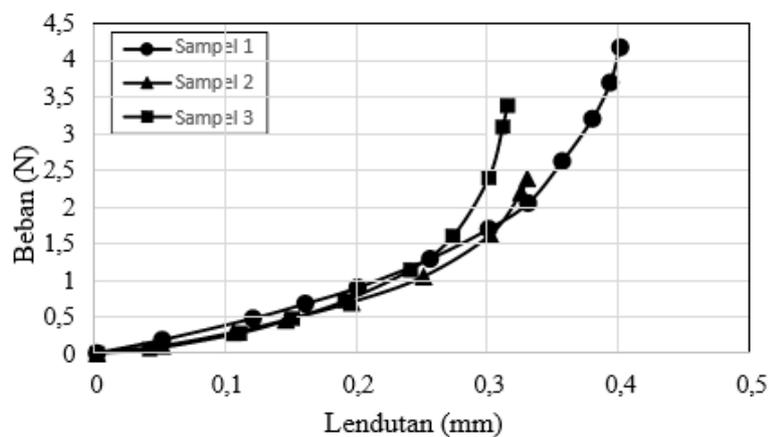
Gambar 7. Hubungan kuat lentur rata-rata beton air laut terhadap fraksi volume serat baja.



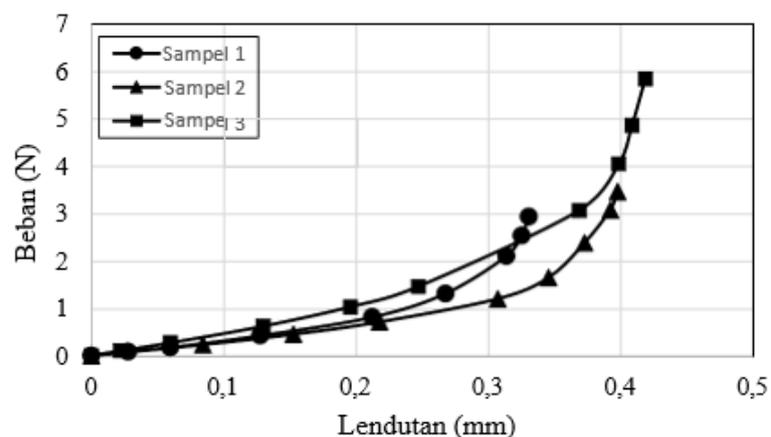
Gambar 8. Persentase peningkatan kuat lentur rata-rata beton air laut terhadap fraksi volume serat baja.

Gambar 7 dan gambar 8, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat lentur (f_r) beton air laut fraksi volume 0% pada umur 28 hari mengalami peningkatan akibat penambahan serat baja, dimana

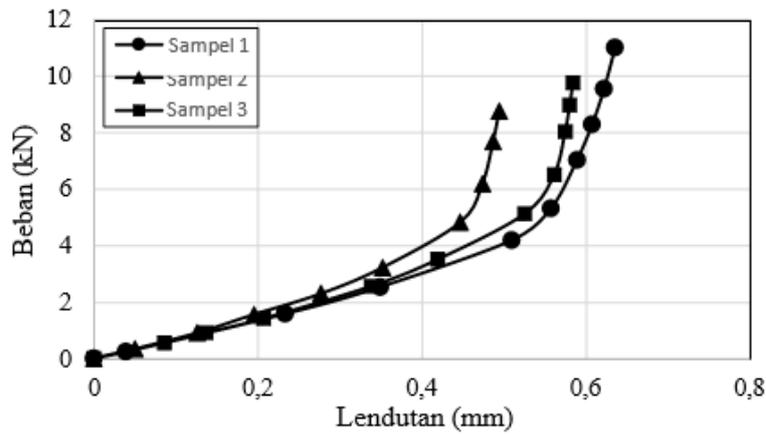
untuk fraksi volume serat baja 2,5% mengalami kenaikan kekuatan sebesar 24,2% (meningkat sebesar 0.32 MPa), penambahan serat baja 5% mengalami kenaikan kekuatan sebesar 197,2%. (meningkat sebesar 2.61 MPa), dan penambahan serat baja 7,5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 259,8% (meningkat sebesar 3.43 MPa). Apabila beban pada balok bertambah, maka akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentang balok. Bila beban pada balok semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur. Taraf pembebanan yang demikian disebut keadaan *limit* dari keruntuhan pada lentur. Apabila suatu beban menyebabkan lentur, maka balok pasti akan mengalami defleksi atau lendutan. Dalam pelaksanaan pengujian kuat lentur terhadap benda uji, juga dilakukan pengamatan terhadap deformasi yang terjadi selama pembebanan atau yang sering dikenal sebagai lendutan.



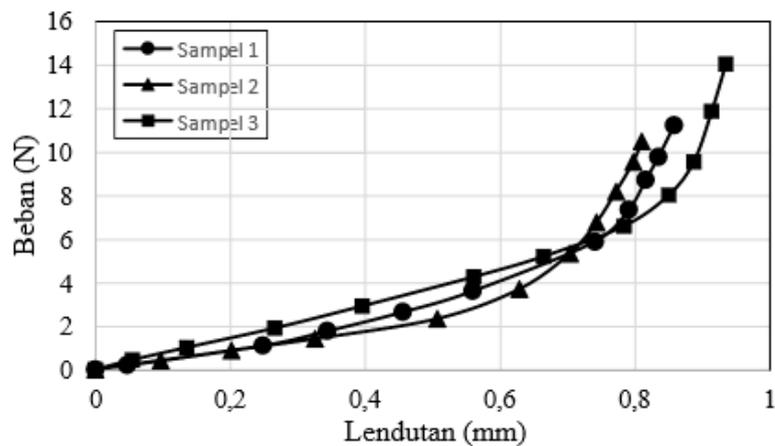
Gambar 9. Hubungan beban lentur dan lendutan beton air laut *curing* air laut tanpa perkuatan serat baja.



Gambar 10. Hubungan beban lentur dan lendutan beton air laut *curing* air laut dengan perkuatan serat baja 2,5%.



Gambar 11. Hubungan beban lentur dan lendutan beton air laut *curing* air laut dengan perkuatan serat baja 5%.



Gambar 12. Hubungan beban lentur dan lendutan beton air laut *curing* air laut dengan perkuatan serat baja 7,5%.

Gambar 9, 10, 11, dan 12, menunjukkan grafik hubungan antara beban dan lendutan memperlihatkan bahwa hubungan antara beban dan lendutan cenderung membentuk garis linier. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi beban yang diberikan maka pertambahan nilai lendutan semakin besar hingga mencapai kondisi lentur maksimum sebelum sampel akhirnya runtuh.

Tabel 9. Rekapitulasi nilai hubungan antara beban dan lendutan.

Fraksi Volume Serat Baja	Sampel 1		Sampel 2		Sampel 3		Rata-rata	
	Beban (N)	Lendutan (mm)						
0%	4160	0,3990	2380	0,3280	3370	0,3130	3303	0,3467
2,5%	2940	0,3310	3470	0,3980	5860	0,4190	4090	0,3827
5%	10980	0,6365	8740	0,4950	9740	0,5850	9743	0,5722
7,5%	11190	0,8590	10460	0,8110	14010	0,9360	11887	0,8687

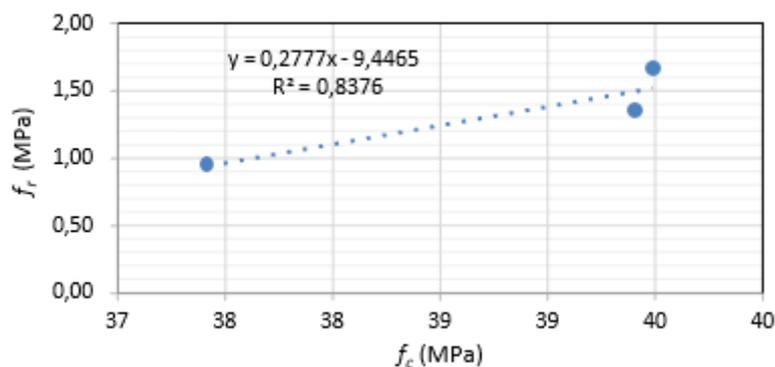
Tabel 9, menunjukkan bahwa penambahan serat baja terhadap beton tanpa perkuatan serat baja meningkatkan nilai lendutan dan mampu menahan beban lentur lebih besar, dimana untuk

penambahan serat baja 2,5% mampu menahan beban lentur sebesar 23,9% (meningkat sebesar 787 N) dan lendutan meningkat sebesar 10,4 % (meningkat sebesar 0,036 mm), penambahan serat baja 5% mampu menahan beban lentur sebesar 195% (meningkat sebesar 6440 N) dan lendutan meningkat sebesar 65,1% (meningkat sebesar 0,226 mm), dan penambahan serat baja sebesar 7,5% mampu menahan beban lentur sebesar 260% (meningkat sebesar 8584 N) dan lendutan meningkat sebesar 151% (meningkat sebesar 0,522 mm).

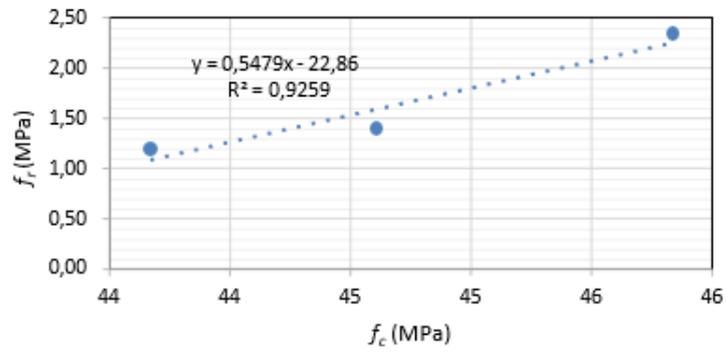
Penambahan serat baja pada beton menunjukkan bahwa pada saat beban tarik belah, batang serat baja mampu menjembatani retak yang terjadi di dalam benda uji dan meneruskan tegangan tarik melewati celah retak meskipun ketika kapasitas menjembatani retak (*crack bridging capacity*) yang dimiliki oleh agregat telah hancur. Hasil dari mekanisme ini meningkatkan daktilitas elemen struktur yang menggunakan beton serta keruntuhan bersifat getas dan terjadi tiba-tiba pada beton tanpa tulangan dapat dihindari. Dalam penelitian ini juga, seluruh benda uji tidak memperlihatkan retak saat menerima beban dan langsung patah sambil mengeluarkan bunyi, ini menunjukkan bahwa benda uji bersifat getas.

Hasil pengujian kuat lentur (f_r) menunjukkan bahwa penggunaan air laut sebagai air pencampur mampu membuat ikatan yang baik antara pasta atau mortar dengan agregat kasar (batu pecah) dan serat baja dan proses hidrasi yang terjadi pada beton tanpa dan dengan perkuatan serat baja berlangsung dengan baik sehingga nilai kuat tarik belah mengalami peningkatan dari 7 hari ke 28 hari dan nilai kuat lentur mengalami peningkatan. Penjangkaran yang baik antara serat baja dengan mortar maupun pasta yang mengandung air laut menghasilkan peningkatan kuat tarik belah dan kuat lentur seiring dengan penambahan serat baja.

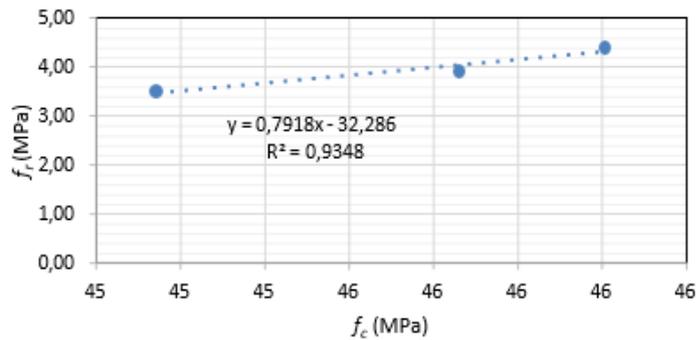
Rasio Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan



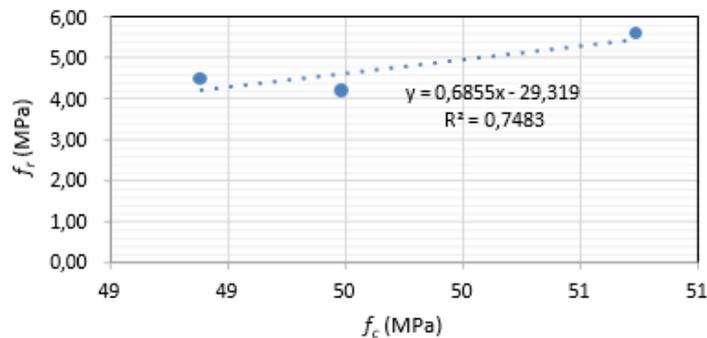
Gambar 13. Hubungan kuat lentur dan kuat tekan beton air laut tanpa perkuatan serat baja.



Gambar 14. Hubungan kuat lentur dan kuat tekan beton air laut perkuatan serat baja 2,5%.



Gambar 15. Hubungan kuat lentur dan kuat tekan beton air laut perkuatan serat baja 5%.



Gambar 16. Hubungan kuat lentur dan kuat tekan beton air laut perkuatan serat baja 7,5%.

Gambar 13, 14, 15, dan gambar 16, menunjukkan grafik rasio kuat tekan dan kuat lentur diatas dapat dihitung korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur sesuai dengan persamaan yang didapat dari persamaan linear dari grafik diatas. Adapun persamaan yang didapat diperlihatkan pada tabel. 10.

Tabel 10. Persamaan korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur.

Fraksi Volume Serat Baja	Persamaan Korelasi
0%	$y = 0,2777x - 9,4465$
2,5%	$y = 0,5479x - 22,86$
5%	$y = 0,7918x - 32,286$
7,5%	$y = 0,6855x - 29,319$

Perbandingan Teoritis dan Eksperimental Pada Kuat Lentur Beton Air Laut

Kuat lentur beton dengan perkuatan serat baja secara teoritis dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$F_{lf} = 0.97*(f_{cu}')^{0.5} + 0.295*(f_{cu}')^{0.5}RI_v + 1.117*Riv$$

$$RI_v = V_f * L_f / D_f$$

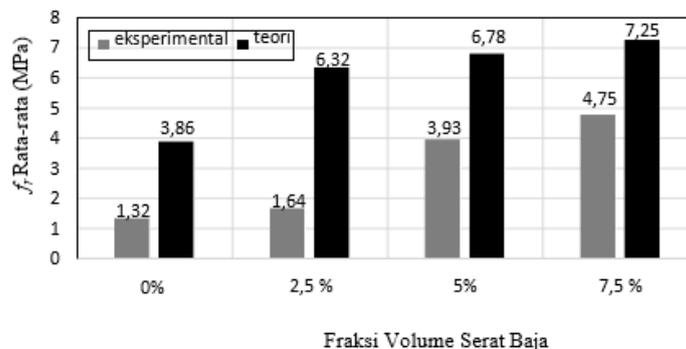
Sedangkan beton tanpa perkuatan serat baja secara teoritis dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f'c} \text{ (Mpa)}$$

Maka perbandingan kuat tarik belah beton air laut secara teoritis dengan eksperimental dapat dilihat pada tabel 11. dan gambar 17.

Tabel 11. Perbandingan kuat lentur secara teoritis dan eksperimental.

Fraksi Volume Serat Baja	Kuat Lentur (MPa)	
	Eksperimental	Teoritis
0%	1.32	3.86
2,5%	1.64	4.15
5%	3.93	4.19
7,5%	4.75	4.37



Gambar 17. Perbandingan kuat lentur beton air laut secara teoritis dan eksperimental.

Perbandingan teoritis dan eksperimental pada kuat lentur beton air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja, menunjukkan bahwa hasil eksperimental kuat lentur lebih kecil dari kuat lentur secara teoritis.

Perbandingan Kuat Lentur Beton Air Laut Dengan Beton Normal

Pengujian kuat lentur beton normal dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dengan kuat tekan rencana 20 MPa dan 40 MPa dilakukan oleh Malite, A. (2015) dengan menggunakan balok berukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam tabel 12. dan tabel 13.

Tabel 12. Hasil pengujian kuat lentur beton normal tanpa dan dengan perkuatan serat baja dengan kuat tekan rencana 20 MPa.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur	Berat	Tinggi	Tinggi	Beban	Modulus of Rupture	Modulus of Rupture
		L	b	h	(P)	$R = (P.L)/(bh^2)$	Rata - rata
	(hari)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	MPa	MPa
0%	28	40	10	10	15.5	6.20	6.80
	28	40	10	10	17.0	6.80	
	28	40	10	10	18.5	7.40	
2,5%	28	40	10	10	18.5	7.40	7.13
	28	40	10	10	17.5	7.00	
	28	40	10	10	17.5	7.00	
5%	28	40	10	10	15.5	6.20	6.67
	28	40	10	10	17.5	7.00	
	28	40	10	10	17.0	6.80	
7,5%	28	40	10	10	11.5	4.60	5.53
	28	40	10	10	15.5	6.20	
	28	40	10	10	14.5	5.80	

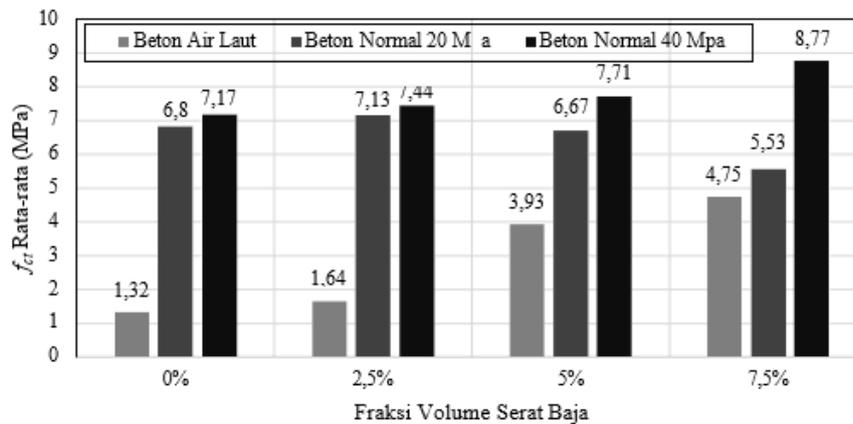
Tabel 13. Hasil pengujian kuat lentur beton normal tanpa dan dengan perkuatan serat baja dengan kuat tekan rencana 40 MPa.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur	Berat	Tinggi	Tinggi	Beban	Modulus of Rupture	Modulus of Rupture
		L	b	h	(P)	$R = (P.L)/(bh^2)$	Rata - rata
	(hari)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	MPa	MPa
0%	28	40	10	10	20.0	6.80	7.17
	28	40	10	10	18.8	7.52	
	28	40	10	10	20.6	7.20	
2,5%	28	40	10	10	18.6	7.44	7.44
	28	40	10	10	18.0	7.20	
	28	40	10	10	19.2	7.68	
5%	28	40	10	10	20.2	8.08	7.71
	28	40	10	10	19.8	7.92	
	28	40	10	10	17.8	7.12	
7,5%	28	40	10	10	19.0	7.60	8.77
	28	40	10	10	22.2	8.88	
	28	40	10	10	24.6	9.84	

Perbandingan kuat lentur (f_r) beton air laut yang tercantum dalam tabel 8, dengan beton normal (Malite, A. 2015) yang tercantum pada tabel 12. dan tabel 13. dapat dilihat pada Gambar 18.

Gambar 18, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat lentur (f_r) umur 28 hari beton air laut lebih kecil dibanding umur 28 hari beton normal. Dimana untuk fraksi volume serat baja 0% f_r beton air laut lebih kecil 415,2% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (6.8 MPa) dan lebih kecil 443,2% dari f_r beton normal 40 MPa (7.17 MPa), untuk fraksi volume serat baja 2,5% f_r beton air laut lebih kecil 334,8% dari f_r beton normal 20MPa (7.13 MPa) dan lebih kecil 353,7% dari f_r beton normal 40 MPa (7.44 MPa), untuk fraksi volume serat baja 5% f_r beton air laut lebih kecil 69,7%

dari f_r beton normal 20MPa (6.67 MPa) dan lebih kecil 96,2% dari f_r beton normal 40 MPa (7.71 MPa), dan untuk fraksi volume serat baja 7,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 16,4% dari f_r beton normal 20MPa (5.53 MPa) dan lebih kecil 84,6% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (8.77 MPa).



Gambar 18. Perbandingan kuat lentur beton air laut dengan beton normal umur 28 hari.

Analisa Pola Keretakan

Setelah pengujian kuat lentur balok, hal lain yang diamati pada benda uji adalah saat benda uji runtuh (*failure*). Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada sebahagian besar sampel kuat lentur menunjukkan keruntuhan yang terjadi pada daerah 1/3 tengah bentang. Hal ini menunjukkan bahwa benda uji tersebut mampu menahan beban lentur dan tidak menyebabkan keruntuhan geser pada benda uji balok. Hasil pengamatan ini juga yang menjadi dasar perhitungan kuat lentur dengan menggunakan rumus sesuai acuan. Pola keruntuhan balok dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pola keruntuhan pada pengujian lentur.

Pengujian Homogenitas Beton

Setelah pengujian kuat tarik belah dan kuat lentur, maka selanjutnya benda uji dibelah untuk mengamati susunan agregat kasar (batu pecah) dan serat baja di dalam benda uji. gambar 20. dan Gambar 21. memperlihatkan kondisi penampang benda uji setelah dibelah. Terlihat bahwa agregat kasar (batu pecah) dan serat baja tersebar merata di dalam benda uji, tidak terdapat

gumpalan- gumpalan serat baja (*balling*) dan penumpukan (*pilling*) serat baja dan agregat kasar (batu pecah) di lapisan bawah benda uji. Serat baja juga tertanam dengan baik di dalam beton. Faktor-faktor tersebut membuat benda uji mampu memikul beban tarik belah dan lentur dengan baik.



Gambar 20. Kondisi benda uji silinder setelah dibelah.



Gambar 21. Kondisi benda uji balok setelah dibelah.

Tabel 14. Distribusi agregat kasar dan serat baja pada benda uji silinder 100 x 200 mm.

Benda Uji Silinder	Agregat Kasar		Serat Baja		Jumlah	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Agregat Kasar	Serat Baja
0%	21	26	-	-	47	-
2,5%	20	23	21	23	43	44
5%	20	21	24	26	41	50
7,5%	18	19	26	30	37	56

Tabel 15. Distribusi agregat kasar dan serat baja pada benda uji balok 100 x 100 x 400 mm.

Benda Uji Balok	Agregat Kasar		Serat baja		Jumlah	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Agregat Kasar	Serat Baja
0%	19	20	-	-	39	-
2,5%	16	16	13	17	32	30
5%	15	14	16	15	29	31
7,5%	13	13	16	20	26	36

Dari hasil pengamatan mengenai distribusi agregat kasar (batu pecah) pada benda uji dan setelah melakukan perhitungan langsung pada permukaan penampang, hasil perhitungan pada tabel 14 dan tabel 15, menunjukkan bahwa semua benda uji memiliki jumlah distribusi agregat kasar (batu pecah) untuk bagian atas dan bagian bawah sampel yang tidak signifikan, sehingga dapat dikatakan benda uji yang dihasilkan pada penelitian ini tidak homogen. Sedangkan distribusi penyebaran serat baja pada benda uji yang dilihat secara visual setelah pengujian mengalami penyebaran distribusi yang merata pada beton.

Kesimpulan

1. Material pasir laut memenuhi persyaratan karakteristik sebagai bahan produksi beton dari hasil pengujian dilakukan berdasarkan SNI yang ditetapkan.
2. Material pencampuran air laut untuk produksi beeton dengan kandungan Cl^- (klorida) lebih mendominasi dengan nilai 5303,70 mg/l. Kadar ion Cl^- (klorida) larut air maksimum dalam beton berdasarkan SNI 2487-2013 adalah 1% dari berat semen.
3. Material serat baja (*dramix* 3D 80/60 BG), sesuai dengan persyaratan ASTM A820 bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat baja.
4. Rancangan campuran beton air laut dengan fraksi volume serat baja yakni 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dari berat semen. Beton di desain dengan *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm dan kuat tekan rencana 35 ± 5 Mpa
5. Beton segar dengan fraksi volume serat baja memenuhi nilai *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm, meskipun demikian semakin besar fraksi volume serat baja dengan tingkat kenaikan 2,5% nilai *slump* beton segar mengalami penurunan.
6. semakin besar fraksi volume serat baja pada campuran beton, maka berat satuan beton akan semakin berkurang, namun besarnya persentase serat baja tidak mengubah jenis beton menjadi beton ringan karena berat volume beton ringan antara 1140 – 1840 kg/m³ (SNI 03-2847-2013).
7. Pengujian kuat tekan (f_c) beton air laut serat baja dilakukan dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm, mengacu pada SNI 1974:2011.
8. Pengujian kuat lentur beton air laut dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan balok berukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm, dimana pembebanan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser. Pengujian kuat lentur mengacu pada SNI 03-4431-1997.
9. Hubungan antara beban dan lendutan cenderung membentuk garis linier. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi beban yang diberikan maka pertambahan nilai

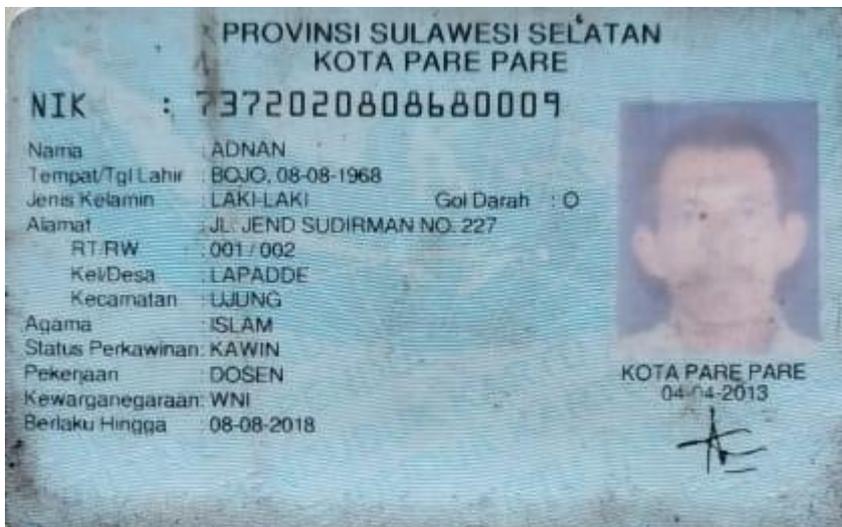
lendutan semakin besar hingga mencapai kondisi lentur maksimum sebelum sampel akhirnya runtuh.

10. Rasio kuat tekan dan kuat lentur diatas dapat dihitung korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur sesuai dengan persamaan yang didapat dari persamaan linear. Untuk 0% serat $y = 0,2777x - 9,4465$; untuk 2,5% serat $y = 0,5479x - 22,86$; untuk 5% serat $y = 0,7918x - 32,286$; dan untuk 7,5% serat $y = 0,6855x - 29,319$.
11. Distribusi agregat kasar (batu pecah) pada benda uji dan setelah melakukan perhitungan langsung pada permukaan penampang, jumlah distribusi agregat kasar (batu pecah) untuk bagian atas dan bagian bawah sampel yang tidak signifikan, sehingga dapat dikatakan benda uji yang dihasilkan pada penelitian ini tidak homogen. Sedangkan distribusi penyebaran serat baja pada benda uji yang dilihat secara visual setelah pengujian mengalami penyebaran distribusi yang merata pada beton.

Nama: Adnan

Email: ferlywijaya774@gmail.com

TLP: 08875314950



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, pemegang hak cipta:

Nama : Adnan
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Jl. Jend. Sudirman, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia.

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya Cipta yang saya mohonkan:
 - Berupa : Karya Tulis (Karya Ilmiah)
 - Berjudul : Produksi beton pasir laut dan air laut dengan rasio kuat lentur terhadap kuat tekan teknologi self-compacting concrete
 - Tidak meniru dan tidak sama secara esensial dengan Karya Cipta milik pihak lain atau obyek kekayaan intelektual lainnya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 68 ayat (2);
 - Bukan merupakan Ekspresi Budaya Tradisional sebagaimana dimaksud dalam Pasal 38;
 - Bukan merupakan Ciptaan yang tidak diketahui penciptanya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 39;
 - Bukan merupakan hasil karya yang tidak dilindungi Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 41 dan 42;
 - Bukan merupakan Ciptaan seni lukis yang berupa logo atau tanda pembeda yang digunakan sebagai merek dalam perdagangan barang/jasa atau digunakan sebagai lambang organisasi, badan usaha, atau badan hukum sebagaimana dimaksud dalam Pasal 65 dan;
 - Bukan merupakan Ciptaan yang melanggar norma agama, norma susila, ketertiban umum, pertahanan dan keamanan negara atau melanggar peraturan perundang-undangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (1) huruf d Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.
2. Sebagai pemohon mempunyai kewajiban untuk menyimpan asli contoh ciptaan yang dimohonkan dan harus memberikan apabila dibutuhkan untuk kepentingan penyelesaian sengketa perdata maupun pidana sesuai dengan ketentuan perundang-undangan.
3. Karya Cipta yang saya mohonkan pada Angka 1 tersebut di atas tidak pernah dan tidak sedang dalam sengketa pidana dan/atau perdata di Pengadilan.
4. Dalam hal ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Angka 1 dan Angka 3 tersebut di atas saya / kami langgar, maka saya / kami bersedia secara sukarela bahwa:
 - a. permohonan karya cipta yang saya ajukan dianggap ditarik kembali; atau
 - b. Karya Cipta yang telah terdaftar dalam Daftar Umum Ciptaan Direktorat Hak Cipta, Direktorat Jenderal Hak Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum Dan Hak Asasi Manusia R.I dihapuskan sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku.
 - c. Dalam hal kepemilikan Hak Cipta yang dimohonkan secara elektronik sedang dalam berperkara dan/atau sedang dalam gugatan di Pengadilan maka status kepemilikan surat pencatatan elektronik tersebut ditanggihkan menunggu putusan Pengadilan yang berkekuatan hukum tetap.

Demikian Surat pernyataan ini saya/kami buat dengan sebenarnya dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Parepare, 31 Agustus 2024



(Adnan)

* Semua pemegang hak cipta agar menandatangani di atas materai.

Produksi beton pasir laut dan air laut dengan rasio kuat lentur terhadap kuat tekan Teknologi self-compacting concrete.

Adnan (No. Hp. 08875314950; Email. Ferlywijaya774@gmail.com)

Karakteristik Agregat

Agregat penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus (pasir laut) dari Pantai Parepare, dan agregat kasar (batu pecah) bersumber dari daerah Parepare Sulawesi- Selatan. Seluruh pengujian pada penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI yang ditetapkan. Hasil pengujian karakteristik fisik agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir laut) diperlihatkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Penyediaan Material agregat Pasir laut Pantai Parepare.

Tabel 1. Hasil rekapitulasi karakteristik agregat.

NO.	Karakteristik Agregat	Agregat Halus (Pasir Laut)	Agregat Kasar (Batu Pecah)
1	Ukuran Maks. Agregat	5 mm	20 mm
2	Modulus Kehalusan	1.90	8.10
3	Berat Jenis Spesifik*		
	a. BJ. Nyata	2.41	2.63
	b. BJ. Dasar Kering	2.56	2.82
	c. BJ. Kering Permukaan	2.47	2.70
4	Penyerapan Air	2.46%	2.57%
5	Berat Volume		
	a. Kondisi Lepas	1.42	1.80
	b. Kondisi Padat	1.69	1.90
6	Kadar Air	-	1.69%
7	Kadar Lumpur	1,50%	0.50%
8	Kadar Organik	No. 1 (Rendah)	-

Karakteristik Air Laut

Air pancampuran yang digunakan pada penelitian ini yakni air laut yang bersumber dari

Pantai Lumpue - Parepare, Sulawesi-Selatan. Komposisi kimia yang terkandung dijabarkan pada tabel 2.



Gambar 2. Penyediaan Bahan pencampuran Air laut Pantai Parepare.

Tabel 2. Komposisi kimia air laut pantai Lumpue - Parepare, Sulawesi-Selatan.

Berat Jenis (gr/cm ³)	pH	Salinitas (%)	Komposisi Kimia (mg/l)					
			Na	Ca	Mg	Cl ⁻	SO ₄	CO ₃
1,029	8,53	18	2085,22	348,348	1973,492	5303,70	134	576,576

Tabel 2, menunjukkan bahwa kandungan Cl⁻ (klorida) lebih mendominasi dengan nilai 5303,70 mg/l. Kadar ion Cl⁻ (klorida) larut air maksimum dalam beton berdasarkan SNI 2487-2013 adalah 1% dari berat semen.

Karakteristik Serat Baja

Sesuai dengan persyaratan ASTM A820 bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat baja. Karakteristik dari serat baja diperlihatkan pada Tabel 3.



Gambar 3. Serat baja (*dramix 3D 80/60 BG*).

Tabel 3. Karakteristik serat baja (*dramix 3D BEKAERT*.)

No.	Karakteristik	<i>Dramix 3D</i>
1	Panjang	60 mm
2	Diameter	0.75 mm
3	Kekuatan tarik	1.225 N/mm ²
4	Modulus elastisitas	210.000 N/mm ²
5	<i>Aspect ratio</i>	80
6	Berat jenis	3.15 Kg/l

Rancangan Campuran Beton Air Laut

Rancangan campuran beton air laut dengan fraksi volume serat baja yakni 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dari berat semen. Beton di desain dengan *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm dan kuat tekan rencana 35 ± 5 MPa. Tabel 4, memperlihatkan komposisi campuran beton untuk 1 m³.

Tabel 4. Komposisi campuran beton untuk (kg/m³).

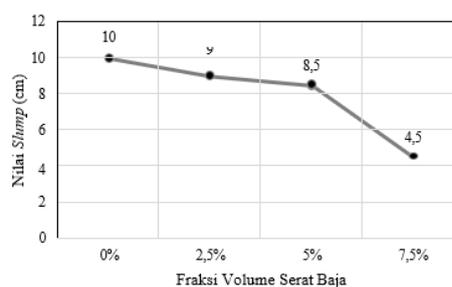
No.	Material	Jenis Beton							
		0%		2,5%		5%		7,5%	
		kg	l	kg	l	kg	l	kg	l
1	Air laut	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12
2	Semen	512.50	162.70	512.50	162.70	512.50	162.70	512.50	162.70
3	Pasir laut	477.30	176.78	477.30	176.78	477.30	176.78	477.30	176.78
4	Batu Pecah	1099.29	416.40	1094.97	414.76	1090.64	413.12	1086.32	411.48
5	Serat Baja	-	-	12.81	1.64	25.63	3.28	38.44	4.92
Total		2293	1000	2289	1000	2.285	1000	2.280	1000

Pengujian *Slump Test*

Tingkat kelecakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya. Hasil pengujian *slump test* diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran nilai *slump*.

No.	Fraksi Volume Serat Baja	Nilai <i>Slump</i> (cm)	Syarat Nilai <i>Slump</i> (cm)
1.	0%	10	$10 \pm 2,5$
2.	2,5%	9	
3.	5%	8,5	
4.	7,5%	8	



Gambar 4. Hubungan nilai *slump test* terhadap fraksi volume serat baja.



Gambar 5. Pengujian *slump test*.

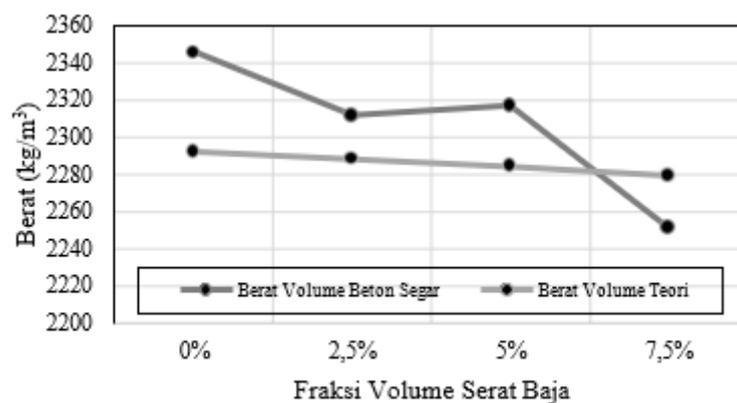
Beton segar dengan fraksi volume serat baja memenuhi nilai *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm, meskipun demikian semakin besar fraksi volume serat baja dengan tingkat kenaikan 2,5% nilai *slump* beton segar mengalami penurunan. Gambar 5, menunjukkan bahwa beton segar tanpa dan dengan perkuatan serat baja mampu menyatu dengan baik dan tidak terjadi segregasi. Hal ini disebabkan karena serat baja menambah gesekan antara sesama material kasar sehingga mengurangi kemampuan pengaliran.

Berat Satuan Beton

Pemeriksaan berat satuan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian berat satuan beton dilakukan untuk mengetahui jenis beton termasuk beton normal atau beton ringan. Adapun hasil pengujian berat satuan beton rata-rata dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan berat volume beton segar dengan berat volume teori.

Jenis Beton	0%	2,5%	5%	7,5%
Berat Volume Beton Segar (kg/m^3)	2346.07	2312.1	2317.41	2251.92
Berat Volume Teori (kg/m^3)	2293	2289	2285	2280



Gambar 6. Hubungan berat volume beton segar dengan berat volume teori terhadap fraksi volume serat baja.

Dari tabel 6 dan gambar 6, memperlihatkan bahwa semakin besar fraksi volume serat baja pada campuran beton, maka berat satuan beton akan semakin berkurang, namun besarnya persentase serat baja tidak mengubah jenis beton menjadi beton ringan karena berat volume beton ringan antara 1140 – 1840 kg/m³ (SNI 03-2847-2013).

Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan (f_c) beton air laut serat baja dilakukan dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam tabel 7. Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 1974:2011.

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton air laut *curing* air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur	Beban Maksimum	f_c	f_c Rata-rata
	(Hari)	(kN)	MPa	MPa
0%	28	293.9	37.42	38.77
	28	309.52	39.40	
	28	310.18	39.49	
2,5%	28	343.02	43.67	44.7
	28	350.38	44.61	
	28	360.02	45.83	
5%	28	362.94	46.21	45.74
	28	354.56	45.14	
	28	360.22	45.86	
7,5%	28	383.96	48.88	49.7
	28	388.68	49.48	
	28	398.5	50.73	

Kuat lentur

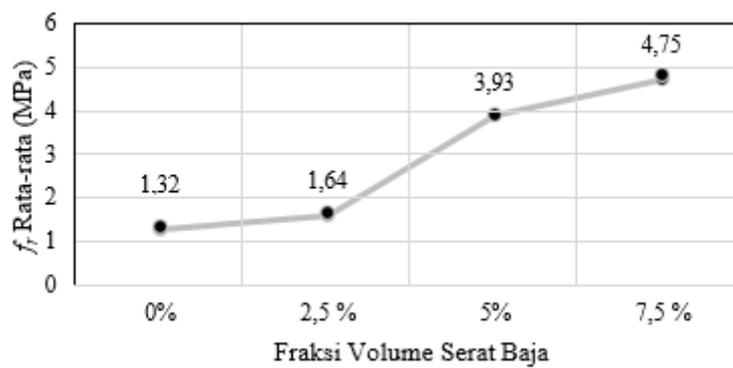
Pengujian kuat lentur beton air laut dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan balok berukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam tabel 8, dimana pembebanan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser. Pengujian kuat lentur mengacu pada SNI 03-4431-1997. Kuat lentur (f_r) atau *modulus of rupture* dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R = \frac{P \cdot l}{bh^2} \dots \text{bila benda uji patah pada } 1/3 \text{ bentang}$$

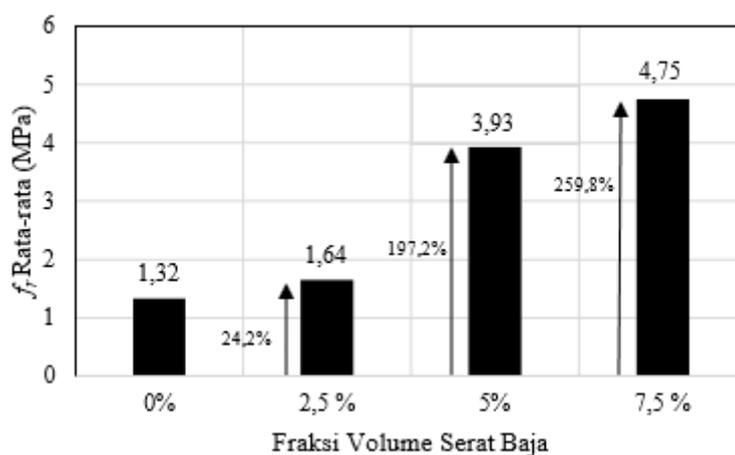
$$R = 3 \frac{P \cdot n}{bh^2} \dots \text{bila benda uji patah diluar } \frac{1}{3} \text{ bentang dan garis patah } < 5\% \text{ dari bentang}$$

Tabel 8. Hasil pengujian kuat lentur beton air laut *curing* air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur	Berat	Tinggi	Tinggi	Beban	Modulus of Rupture	Modulus of Rupture Rata-rata
		L	b	h	(P)	$R = (P.L)/(bh^2)$	
	(hari)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	MPa	MPa
0%	28	40	10	10	4.16	1.66	1.32
	28	40	10	10	2.38	0.95	
	28	40	10	10	3.37	1.35	
2,5%	28	40	10	10	2.94	1.18	1.64
	28	40	10	10	3.47	1.39	
	28	40	10	10	5.86	2.34	
5%	28	40	10	10	10.98	4.39	3.93
	28	40	10	10	8.74	3.50	
	28	40	10	10	9.74	3.90	
7,5%	28	40	10	10	11.19	4.48	4.75
	28	40	10	10	10.46	4.18	
	28	40	10	10	14.01	5.60	



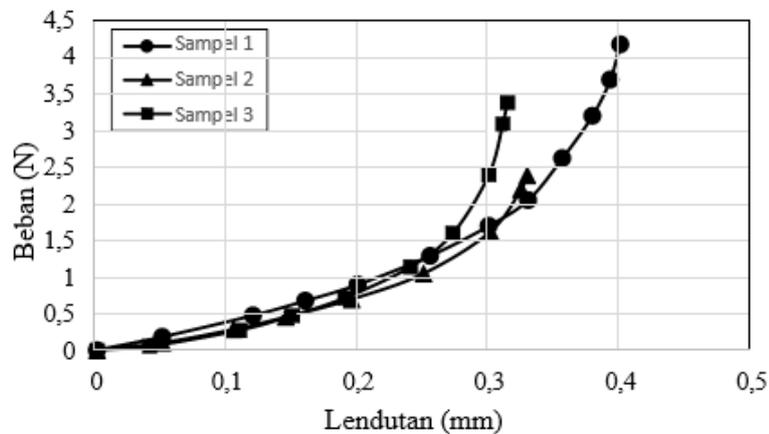
Gambar 7. Hubungan kuat lentur rata-rata beton air laut terhadap fraksi volume serat baja.



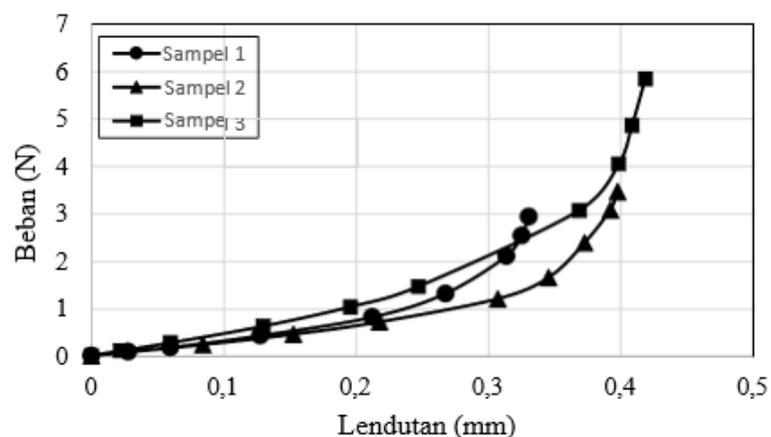
Gambar 8. Persentase peningkatan kuat lentur rata-rata beton air laut terhadap fraksi volume serat baja.

Gambar 7 dan gambar 8, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat lentur (f_r) beton air laut fraksi volume 0% pada umur 28 hari mengalami peningkatan akibat penambahan serat baja, dimana

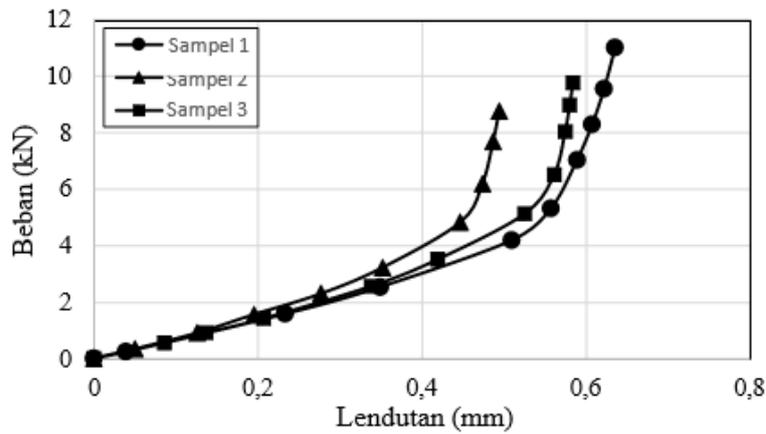
untuk fraksi volume serat baja 2,5% mengalami kenaikan kekuatan sebesar 24,2% (meningkat sebesar 0.32 MPa), penambahan serat baja 5% mengalami kenaikan kekuatan sebesar 197,2%. (meningkat sebesar 2.61 MPa), dan penambahan serat baja 7,5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 259,8% (meningkat sebesar 3.43 MPa). Apabila beban pada balok bertambah, maka akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentang balok. Bila beban pada balok semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur. Taraf pembebanan yang demikian disebut keadaan *limit* dari keruntuhan pada lentur. Apabila suatu beban menyebabkan lentur, maka balok pasti akan mengalami defleksi atau lendutan. Dalam pelaksanaan pengujian kuat lentur terhadap benda uji, juga dilakukan pengamatan terhadap deformasi yang terjadi selama pembebanan atau yang sering dikenal sebagai lendutan.



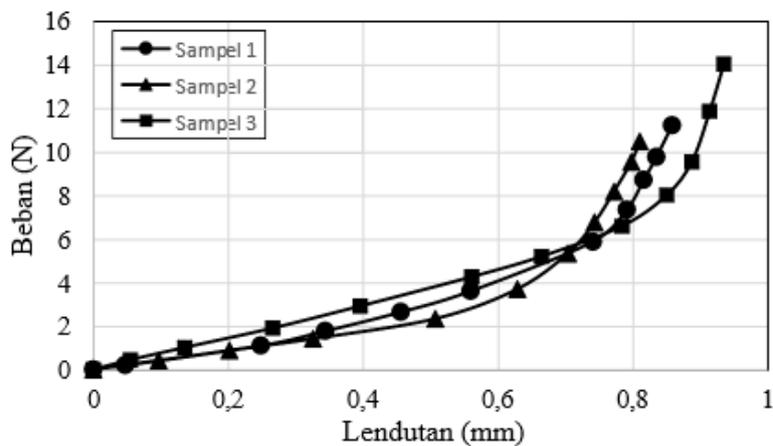
Gambar 9. Hubungan beban lentur dan lendutan beton air laut *curing* air laut tanpa perkuatan serat baja.



Gambar 10. Hubungan beban lentur dan lendutan beton air laut *curing* air laut dengan perkuatan serat baja 2,5%.



Gambar 11. Hubungan beban lentur dan lendutan beton air laut *curing* air laut dengan perkuatan serat baja 5%.



Gambar 12. Hubungan beban lentur dan lendutan beton air laut *curing* air laut dengan perkuatan serat baja 7,5%.

Gambar 9, 10, 11, dan 12, menunjukkan grafik hubungan antara beban dan lendutan memperlihatkan bahwa hubungan antara beban dan lendutan cenderung membentuk garis linier. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi beban yang diberikan maka pertambahan nilai lendutan semakin besar hingga mencapai kondisi lentur maksimum sebelum sampel akhirnya runtuh.

Tabel 9. Rekapitulasi nilai hubungan antara beban dan lendutan.

Fraksi Volume Serat Baja	Sampel 1		Sampel 2		Sampel 3		Rata-rata	
	Beban (N)	Lendutan (mm)						
0%	4160	0,3990	2380	0,3280	3370	0,3130	3303	0,3467
2,5%	2940	0,3310	3470	0,3980	5860	0,4190	4090	0,3827
5%	10980	0,6365	8740	0,4950	9740	0,5850	9743	0,5722
7,5%	11190	0,8590	10460	0,8110	14010	0,9360	11887	0,8687

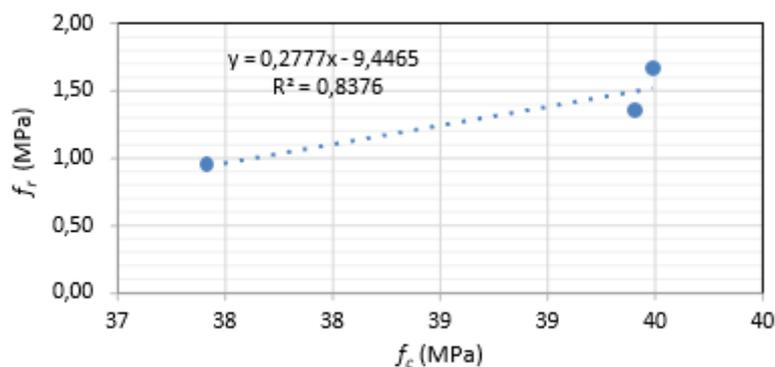
Tabel 9, menunjukkan bahwa penambahan serat baja terhadap beton tanpa perkuatan serat baja meningkatkan nilai lendutan dan mampu menahan beban lentur lebih besar, dimana untuk

penambahan serat baja 2,5% mampu menahan beban lentur sebesar 23,9% (meningkat sebesar 787 N) dan lendutan meningkat sebesar 10,4 % (meningkat sebesar 0,036 mm), penambahan serat baja 5% mampu menahan beban lentur sebesar 195% (meningkat sebesar 6440 N) dan lendutan meningkat sebesar 65,1% (meningkat sebesar 0,226 mm), dan penambahan serat baja sebesar 7,5% mampu menahan beban lentur sebesar 260% (meningkat sebesar 8584 N) dan lendutan meningkat sebesar 151% (meningkat sebesar 0,522 mm).

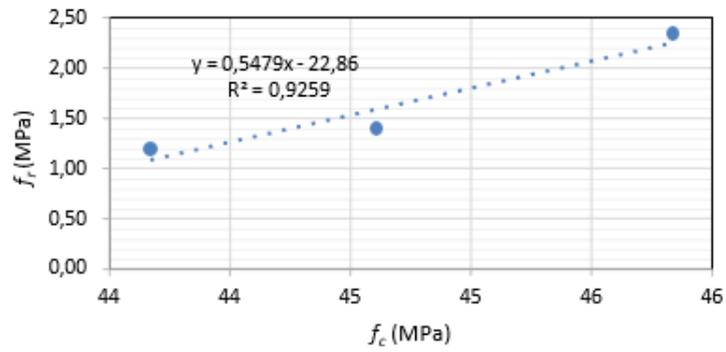
Penambahan serat baja pada beton menunjukkan bahwa pada saat beban tarik belah, batang serat baja mampu menjembatani retak yang terjadi di dalam benda uji dan meneruskan tegangan tarik melewati celah retak meskipun ketika kapasitas menjembatani retak (*crack bridging capacity*) yang dimiliki oleh agregat telah hancur. Hasil dari mekanisme ini meningkatkan daktilitas elemen struktur yang menggunakan beton serta keruntuhan bersifat getas dan terjadi tiba-tiba pada beton tanpa tulangan dapat dihindari. Dalam penelitian ini juga, seluruh benda uji tidak memperlihatkan retak saat menerima beban dan langsung patah sambil mengeluarkan bunyi, ini menunjukkan bahwa benda uji bersifat getas.

Hasil pengujian kuat lentur (f_r) menunjukkan bahwa penggunaan air laut sebagai air pencampur mampu membuat ikatan yang baik antara pasta atau mortar dengan agregat kasar (batu pecah) dan serat baja dan proses hidrasi yang terjadi pada beton tanpa dan dengan perkuatan serat baja berlangsung dengan baik sehingga nilai kuat tarik belah mengalami peningkatan dari 7 hari ke 28 hari dan nilai kuat lentur mengalami peningkatan. Penjangkaran yang baik antara serat baja dengan mortar maupun pasta yang mengandung air laut menghasilkan peningkatan kuat tarik belah dan kuat lentur seiring dengan penambahan serat baja.

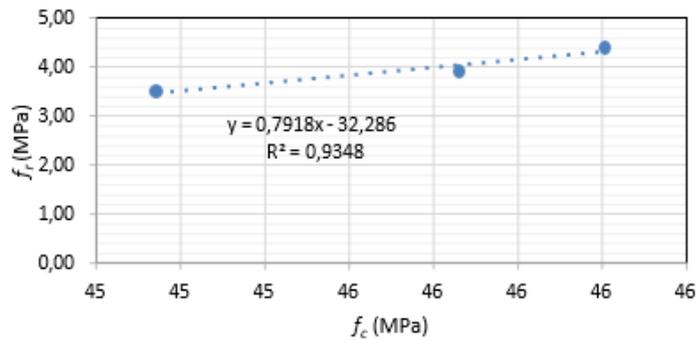
Rasio Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan



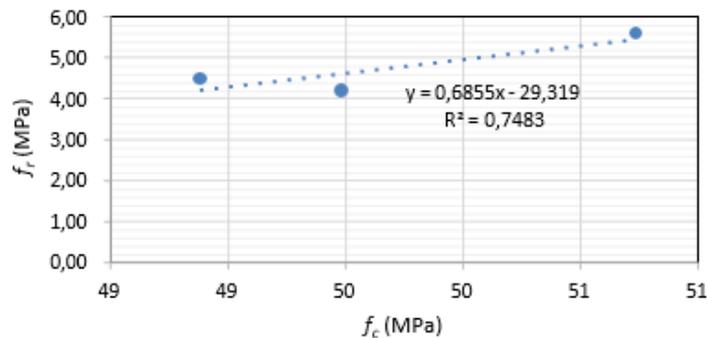
Gambar 13. Hubungan kuat lentur dan kuat tekan beton air laut tanpa perkuatan serat baja.



Gambar 14. Hubungan kuat lentur dan kuat tekan beton air laut perkuatan serat baja 2,5%.



Gambar 15. Hubungan kuat lentur dan kuat tekan beton air laut perkuatan serat baja 5%.



Gambar 16. Hubungan kuat lentur dan kuat tekan beton air laut perkuatan serat baja 7,5%.

Gambar 13, 14, 15, dan gambar 16, menunjukkan grafik rasio kuat tekan dan kuat lentur diatas dapat dihitung korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur sesuai dengan persamaan yang didapat dari persamaan linear dari grafik diatas. Adapun persamaan yang didapat diperlihatkan pada tabel. 10.

Tabel 10. Persamaan korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur.

Fraksi Volume Serat Baja	Persamaan Korelasi
0%	$y = 0,2777x - 9,4465$
2,5%	$y = 0,5479x - 22,86$
5%	$y = 0,7918x - 32,286$
7,5%	$y = 0,6855x - 29,319$

Perbandingan Teoritis dan Eksperimental Pada Kuat Lentur Beton Air Laut

Kuat lentur beton dengan perkuatan serat baja secara teoritis dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$F_{lf} = 0.97*(f_{cu}')^{0.5} + 0.295*(f_{cu}')^{0.5}RI_v + 1.117*Riv$$

$$RI_v = V_f * L_f / D_f$$

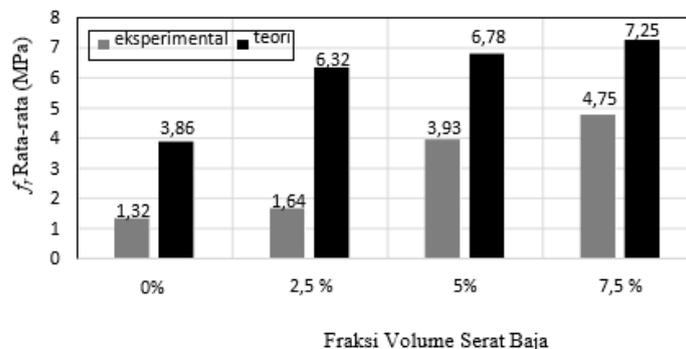
Sedangkan beton tanpa perkuatan serat baja secara teoritis dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f'c} \text{ (Mpa)}$$

Maka perbandingan kuat tarik belah beton air laut secara teoritis dengan eksperimental dapat dilihat pada tabel 11. dan gambar 17.

Tabel 11. Perbandingan kuat lentur secara teoritis dan eksperimental.

Fraksi Volume Serat Baja	Kuat Lentur (MPa)	
	Eksperimental	Teoritis
0%	1.32	3.86
2,5%	1.64	4.15
5%	3.93	4.19
7,5%	4.75	4.37



Gambar 17. Perbandingan kuat lentur beton air laut secara teoritis dan eksperimental.

Perbandingan teoritis dan eksperimental pada kuat lentur beton air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja, menunjukkan bahwa hasil eksperimental kuat lentur lebih kecil dari kuat lentur secara teoritis.

Perbandingan Kuat Lentur Beton Air Laut Dengan Beton Normal

Pengujian kuat lentur beton normal dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dengan kuat tekan rencana 20 MPa dan 40 MPa dilakukan oleh Malite, A. (2015) dengan menggunakan balok berukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam tabel 12. dan tabel 13.

Tabel 12. Hasil pengujian kuat lentur beton normal tanpa dan dengan perkuatan serat baja dengan kuat tekan rencana 20 MPa.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur	Berat	Tinggi	Tinggi	Beban	Modulus of Rupture	Modulus of Rupture
		L	b	h	(P)	$R = (P.L)/(bh^2)$	Rata - rata
	(hari)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	MPa	MPa
0%	28	40	10	10	15.5	6.20	6.80
	28	40	10	10	17.0	6.80	
	28	40	10	10	18.5	7.40	
2,5%	28	40	10	10	18.5	7.40	7.13
	28	40	10	10	17.5	7.00	
	28	40	10	10	17.5	7.00	
5%	28	40	10	10	15.5	6.20	6.67
	28	40	10	10	17.5	7.00	
	28	40	10	10	17.0	6.80	
7,5%	28	40	10	10	11.5	4.60	5.53
	28	40	10	10	15.5	6.20	
	28	40	10	10	14.5	5.80	

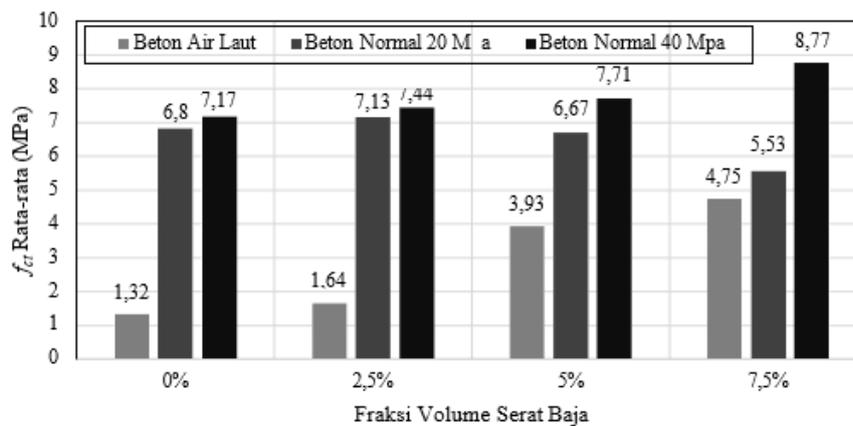
Tabel 13. Hasil pengujian kuat lentur beton normal tanpa dan dengan perkuatan serat baja dengan kuat tekan rencana 40 MPa.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur	Berat	Tinggi	Tinggi	Beban	Modulus of Rupture	Modulus of Rupture
		L	b	h	(P)	$R = (P.L)/(bh^2)$	Rata - rata
	(hari)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	MPa	MPa
0%	28	40	10	10	20.0	6.80	7.17
	28	40	10	10	18.8	7.52	
	28	40	10	10	20.6	7.20	
2,5%	28	40	10	10	18.6	7.44	7.44
	28	40	10	10	18.0	7.20	
	28	40	10	10	19.2	7.68	
5%	28	40	10	10	20.2	8.08	7.71
	28	40	10	10	19.8	7.92	
	28	40	10	10	17.8	7.12	
7,5%	28	40	10	10	19.0	7.60	8.77
	28	40	10	10	22.2	8.88	
	28	40	10	10	24.6	9.84	

Perbandingan kuat lentur (f_r) beton air laut yang tercantum dalam tabel 8, dengan beton normal (Malite, A. 2015) yang tercantum pada tabel 12. dan tabel 13. dapat dilihat pada Gambar 18.

Gambar 18, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat lentur (f_r) umur 28 hari beton air laut lebih kecil dibanding umur 28 hari beton normal. Dimana untuk fraksi volume serat baja 0% f_r beton air laut lebih kecil 415,2% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (6.8 MPa) dan lebih kecil 443,2% dari f_r beton normal 40 MPa (7.17 MPa), untuk fraksi volume serat baja 2,5% f_r beton air laut lebih kecil 334,8% dari f_r beton normal 20MPa (7.13 MPa) dan lebih kecil 353,7% dari f_r beton normal 40 MPa (7.44 MPa), untuk fraksi volume serat baja 5% f_r beton air laut lebih kecil 69,7%

dari f_r beton normal 20MPa (6.67 MPa) dan lebih kecil 96,2% dari f_r beton normal 40 MPa (7.71 MPa), dan untuk fraksi volume serat baja 7,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 16,4% dari f_r beton normal 20MPa (5.53 MPa) dan lebih kecil 84,6% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (8.77 MPa).



Gambar 18. Perbandingan kuat lentur beton air laut dengan beton normal umur 28 hari.

Analisa Pola Keretakan

Setelah pengujian kuat lentur balok, hal lain yang diamati pada benda uji adalah saat benda uji runtuh (*failure*). Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada sebahagian besar sampel kuat lentur menunjukkan keruntuhan yang terjadi pada daerah 1/3 tengah bentang. Hal ini menunjukkan bahwa benda uji tersebut mampu menahan beban lentur dan tidak menyebabkan keruntuhan geser pada benda uji balok. Hasil pengamatan ini juga yang menjadi dasar perhitungan kuat lentur dengan menggunakan rumus sesuai acuan. Pola keruntuhan balok dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pola keruntuhan pada pengujian lentur.

Pengujian Homogenitas Beton

Setelah pengujian kuat tarik belah dan kuat lentur, maka selanjutnya benda uji dibelah untuk mengamati susunan agregat kasar (batu pecah) dan serat baja di dalam benda uji. gambar 20. dan Gambar 21. memperlihatkan kondisi penampang benda uji setelah dibelah. Terlihat bahwa agregat kasar (batu pecah) dan serat baja tersebar merata di dalam benda uji, tidak terdapat

gumpalan- gumpalan serat baja (*balling*) dan penumpukan (*pilling*) serat baja dan agregat kasar (batu pecah) di lapisan bawah benda uji. Serat baja juga tertanam dengan baik di dalam beton. Faktor-faktor tersebut membuat benda uji mampu memikul beban tarik belah dan lentur dengan baik.



Gambar 20. Kondisi benda uji silinder setelah dibelah.



Gambar 21. Kondisi benda uji balok setelah dibelah.

Tabel 14. Distribusi agregat kasar dan serat baja pada benda uji silinder 100 x 200 mm.

Benda Uji Silinder	Agregat Kasar		Serat Baja		Jumlah	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Agregat Kasar	Serat Baja
0%	21	26	-	-	47	-
2,5%	20	23	21	23	43	44
5%	20	21	24	26	41	50
7,5%	18	19	26	30	37	56

Tabel 15. Distribusi agregat kasar dan serat baja pada benda uji balok 100 x 100 x 400 mm.

Benda Uji Balok	Agregat Kasar		Serat baja		Jumlah	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Agregat Kasar	Serat Baja
0%	19	20	-	-	39	-
2,5%	16	16	13	17	32	30
5%	15	14	16	15	29	31
7,5%	13	13	16	20	26	36

Dari hasil pengamatan mengenai distribusi agregat kasar (batu pecah) pada benda uji dan setelah melakukan perhitungan langsung pada permukaan penampang, hasil perhitungan pada tabel 14 dan tabel 15, menunjukkan bahwa semua benda uji memiliki jumlah distribusi agregat kasar (batu pecah) untuk bagian atas dan bagian bawah sampel yang tidak signifikan, sehingga dapat dikatakan benda uji yang dihasilkan pada penelitian ini tidak homogen. Sedangkan distribusi penyebaran serat baja pada benda uji yang dilihat secara visual setelah pengujian mengalami penyebaran distribusi yang merata pada beton.

Kesimpulan

1. Material pasir laut memenuhi persyaratan karakteristik sebagai bahan produksi beton dari hasil pengujian dilakukan berdasarkan SNI yang ditetapkan.
2. Material pencampuran air laut untuk produksi beeton dengan kandungan Cl^- (klorida) lebih mendominasi dengan nilai 5303,70 mg/l. Kadar ion Cl^- (klorida) larut air maksimum dalam beton berdasarkan SNI 2487-2013 adalah 1% dari berat semen.
3. Material serat baja (*dramix* 3D 80/60 BG), sesuai dengan persyaratan ASTM A820 bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat baja.
4. Rancangan campuran beton air laut dengan fraksi volume serat baja yakni 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dari berat semen. Beton di desain dengan *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm dan kuat tekan rencana 35 ± 5 Mpa
5. Beton segar dengan fraksi volume serat baja memenuhi nilai *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm, meskipun demikian semakin besar fraksi volume serat baja dengan tingkat kenaikan 2,5% nilai *slump* beton segar mengalami penurunan.
6. semakin besar fraksi volume serat baja pada campuran beton, maka berat satuan beton akan semakin berkurang, namun besarnya persentase serat baja tidak mengubah jenis beton menjadi beton ringan karena berat volume beton ringan antara 1140 – 1840 kg/m³ (SNI 03-2847-2013).
7. Pengujian kuat tekan (f_c) beton air laut serat baja dilakukan dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm, mengacu pada SNI 1974:2011.
8. Pengujian kuat lentur beton air laut dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan balok berukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm, dimana pembebanan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser. Pengujian kuat lentur mengacu pada SNI 03-4431-1997.
9. Hubungan antara beban dan lendutan cenderung membentuk garis linier. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi beban yang diberikan maka pertambahan nilai

lendutan semakin besar hingga mencapai kondisi lentur maksimum sebelum sampel akhirnya runtuh.

10. Rasio kuat tekan dan kuat lentur diatas dapat dihitung korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur sesuai dengan persamaan yang didapat dari persamaan linear. Untuk 0% serat $y = 0,2777x - 9,4465$; untuk 2,5% serat $y = 0,5479x - 22,86$; untuk 5% serat $y = 0,7918x - 32,286$; dan untuk 7,5% serat $y = 0,6855x - 29,319$.
11. Distribusi agregat kasar (batu pecah) pada benda uji dan setelah melakukan perhitungan langsung pada permukaan penampang, jumlah distribusi agregat kasar (batu pecah) untuk bagian atas dan bagian bawah sampel yang tidak signifikan, sehingga dapat dikatakan benda uji yang dihasilkan pada penelitian ini tidak homogen. Sedangkan distribusi penyebaran serat baja pada benda uji yang dilihat secara visual setelah pengujian mengalami penyebaran distribusi yang merata pada beton.

Nama: Adnan

Email: ferlywijaya774@gmail.com

TLP: 08875314950

