

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 : EC002024236846, 28 November 2024

Pencipta

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

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Adnan, Jasman dkk**
Alamat : Jl. Jend. Sudirman, 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 Tekan Terhadap Kuat Tarik Belah Teknologi Self Compacting Concrete Dan Serat Baja Di Daerah Pesisir Dan Pulau-pulau Terisolir**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 1 November 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 : 000809278

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. SILALAHI
NIP. 196812301996031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Adnan	Jl. Jend. Sudirman, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia, Ujung, Parepare
2	Jasman	Jl. Atletik No. 7B, RT/RW: 002/001, Kelurahan Lapadde, Kecamatan Ujung, Kota Parepare, Sulawesi Selatan, 91112, Ujung, Parepare
3	Salasiah	Jl. Enggang Perumnas Blok F No. 79, RT/RW: 002/005, Lompoe, Bacukiki, Parepare, Sulawesi Selatan, Bacukiki, Parepare

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Adnan	Jl. Jend. Sudirman, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia, Ujung, Parepare
2	Jasman	Jl. Atletik No. 7B, RT/RW: 002/001, Kelurahan Lapadde, Kecamatan Ujung, Kota Parepare, Sulawesi Selatan, 91112, Ujung, Parepare
3	Salasiah	Jl. Enggang Perumnas Blok F No. 79, RT/RW: 002/005, Lompoe, Bacukiki, Parepare, Sulawesi Selatan, Bacukiki, Parepare



Produksi beton pasir laut dan air laut dengan rasio kuat tekan terhadap kuat tarik belah Teknologi self compacting concrete dan serat baja di Daerah pesisir dan pulau-pulau terisolir

Adnan, Jasman, Salasiah

Karakteristik Agregat

Agregat penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus bersumber dari pasir laut, dan agregat kasar bersumber dari batu pecah daerah Sulawesi- Selatan. Seluruh pengujian pada penelitian dilakukan di Laboratorium Riset *Eco Material* Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa dan Laboratorium 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.

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)	-

Ket : *Diuji dengan menggunakan air laut.

Karakteristik Air Laut

Air pancampuran yang digunakan pada penelitian ini yakni air laut yang bersumber dari laut Sulawesi-Selatan. Komposisi kimia yang terkandung dijabarkan pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia air laut

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

(Sumber : Laboratorium Oceanografi Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar.)

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.

Tabel 3. Karakteristik serat baja.

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

(Sumber : *dramix 3D BEKAERT.*)

Fiche technique

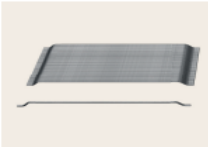


Dramix® 3D

80/25 **BGP**

Rapport l/d | Longueur | Acier nu (Bright) | Fibre encolée (Glued) | Premium

Renforcement du béton



Crochet d'ancrage classique
La Dramix® 3D est la fibre standard pour les ouvrages en béton soumis à des sollicitations statiques, cycliques ou dynamiques.

Force hautes performances
Dramix® 3D Premium est une fibre haute performance créant une ductilité optimale dans le béton haute résistance.

Procédé d'encollage pour un renforcement tridimensionnel
Dramix® Les fibres d'acier sont encolées en plaquettes avec une colle soluble dans l'eau. La colle permet d'éviter l'agglomération des fibres pendant le malaxage et assure une distribution homogène des fibres au sein du mélange de béton.

Propriétés du matériau

Résistance nominale à la traction: 3.250 (N/mm²)

Module de Young: 210.000 (N/mm²)

Ductilité du fil: 0,8 %

Dosage minimum par EN 14889-1

30 kg/m³

Reseau de fibres

47.457 m/m³ par 30 kg/m³

59.921 fibres/kg

Géométrie

Famille de fibre



Longueur (l) * / Diamètre (d)

25 mm | 0,32 mm

Alongement de fibre (l/d): 80

* valeur indicative

Emballage

SACS: 20 kg

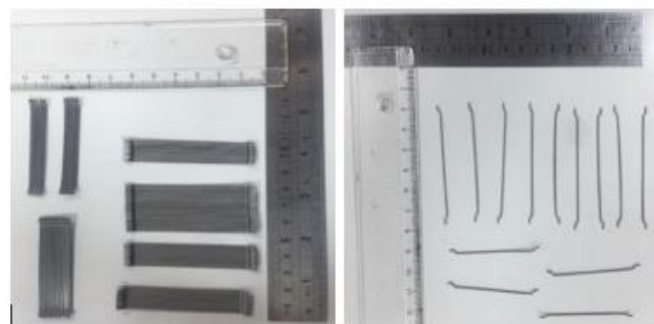
BIG BAG: 1.100 - 1.200 kg



Stockage




PAS D'EMPILEMENT | AU SEC



Gambar 1. Serat baja (*dramix 3D 80/60 BG*).

Gambar 1, memperlihatkan kondisi fisik serat baja. Sebelum digunakan serat baja masih dalam kondisi saling terikat dikarenakan oleh lem yang terdapat pada serat baja dan akan terurai setelah bercampur dengan air.

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).

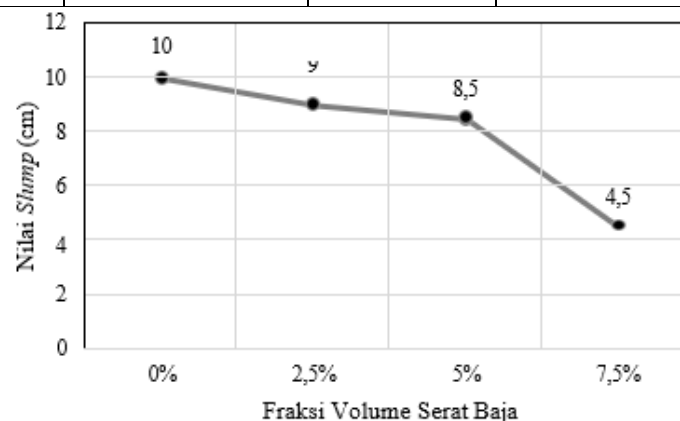
No.	Material	Jenis Beton							
		0%		2,5%		5%		7,5%	
		kg	l	kg	l	kg	l	kg	l
1	Air laut	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12
2	Semen	512.50	162.70	512.50	162.70	512.50	162.70	512.50	162.70
3	Pasir laut	477.30	176.78	477.30	176.78	477.30	176.78	477.30	176.78
4	Batu Pecah	1099.29	416.40	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 2, Hubungan nilai *slump test* terhadap fraksi volume serat baja



Gambar 3. Pengujian *slump test*.

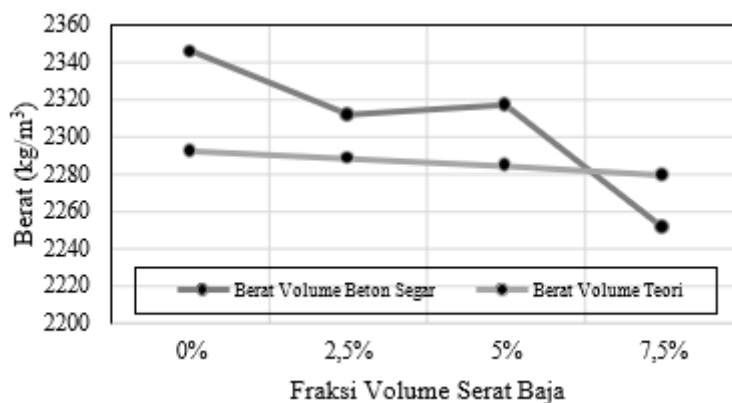
Beton segar dengan fraksi volume serat baja memenuhi nilai *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm, meskipun demikian semakin besar fraksi volume serat baja dengan tingkat kenaikan 2,5% nilai *slump* beton segar mengalami penurunan. Gambar 3, menunjukkan bahwa beton segar tanpa dan dengan perkuatan serat baja 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 4. Hubungan berat volume beton segar dengan berat volume teori terhadap fraksi volume serat baja.

Dari Tabel 6, dan Gambar 4, 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 dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm diperlihatkan pada Tabel 7, Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 1974:2011.

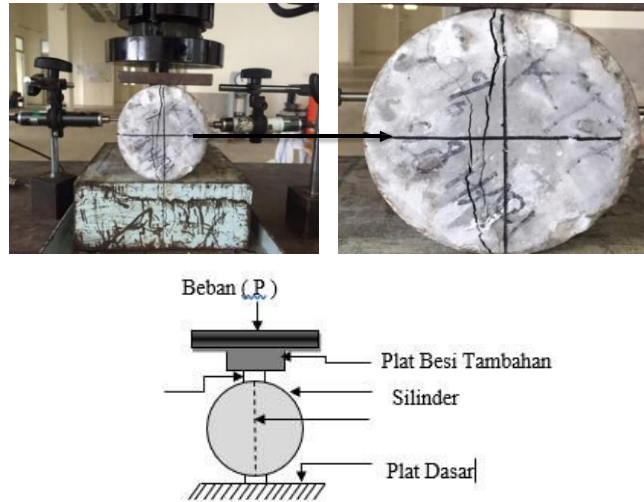
Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton air laut *curing* air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja.

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 Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton air laut dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% yang telah dilakukan pada umur 7 dan 28 hari dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam Tabel 8, Gambar 5, menunjukkan pola retak yang terjadi setelah pengujian tarik belah. Pada Pengujian kuat tarik belah pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-2491-2002. Kuat tarik belah dihitung dengan menggunakan persamaan :

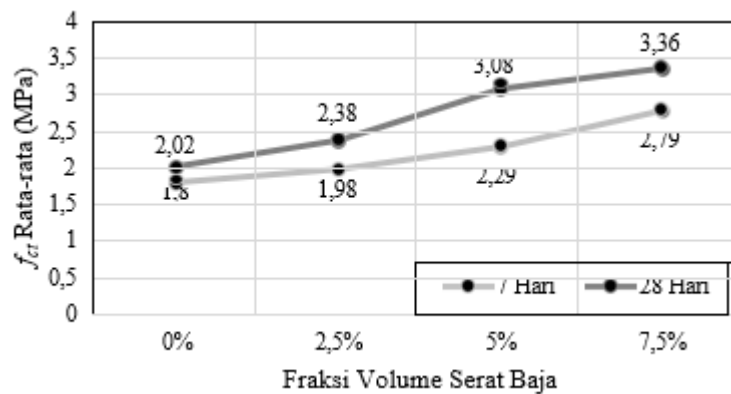
$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$$



Gambar 5. Visual pola retak pengujian kuat tarik belah.

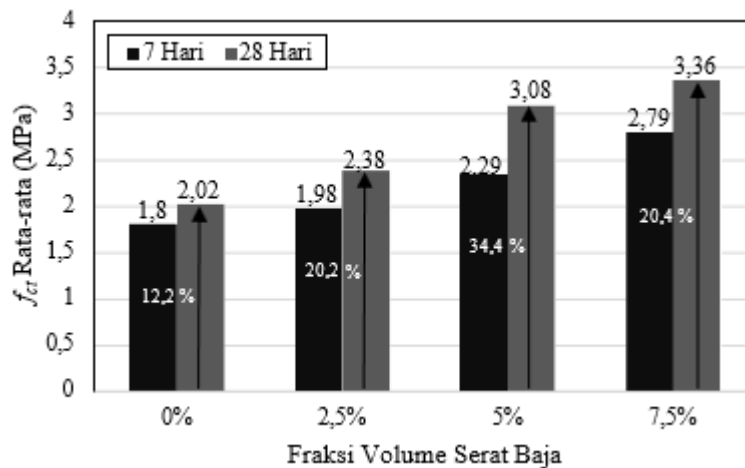
Tabel 8. Hasil pengujian kuat tarik belah beton air laut *curing* air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur (Hari)	Tinggi (L)	Diameter (d)	Beban (P)	f_{ct} MPa	f_{ct} rata-rata MPa	Standar Deviasi MPa
		(cm)	(cm)	(kN)			
0%	7	20	10	56.40	1.80	1.80	0.01
	7	20	10	56.80	1.81		
	7	20	10	56.80	1.81		
	28	20	10	62.80	2.00	2.02	0.05
	28	20	10	62.20	1.98		
	28	20	10	65.00	2.07		
2,5%	7	20	10	62.50	1.99	1.98	0.03
	7	20	10	63.00	2.01		
	7	20	10	61.00	1.94		
	28	20	10	74.60	2.37	2.38	0.05
	28	20	10	73.40	2.34		
	28	20	10	76.60	2.44		
5%	7	20	10	73.50	2.34	2.29	0.05
	7	20	10	71.40	2.27		
	7	20	10	70.80	2.25		
	28	20	10	97.20	3.09	3.08	0.05
	28	20	10	98.00	3.12		
	28	20	10	95.20	3.03		
7,5%	7	20	10	87.80	2.80	2.79	0.03
	7	20	10	88.40	2.81		
	7	20	10	86.50	2.75		
	28	20	10	108.80	3.46	3.36	0.12
	28	20	10	101.60	3.23		
	28	20	10	106.20	3.38		



Gambar 6. Hubungan kuat tarik belah rata-rata beton air laut terhadap fraksi volume serat baja.

Gambar 6, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) beton air laut fraksi volume serat baja 0% pada umur 7 hari mengalami peningkatan akibat penambahan serat baja, dimana untuk fraksi volume serat baja sebesar 2,5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 10% (meningkat sebesar 0.18 MPa), fraksi volume serat baja 5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 27,2% (meningkat sebesar 0.49 MPa), dan fraksi volume serat baja 7,5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 55% (meningkat sebesar 0.99 MPa). Sedangkan rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) beton air laut fraksi volume serat baja 0% pada umur 28 hari mengalami peningkatan akibat penambahan serat baja, dimana untuk fraksi volume serat baja sebesar 2,5% mengalami kenaikan kekuatan peningkatan kekuatan sebesar 17,8% (meningkat sebesar 0.36 MPa), fraksi volume serat baja 5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 52,5% (meningkat sebesar 1.06 MPa), dan fraksi volume serat baja 7,5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 66,3% (meningkat sebesar 1.34 MPa).



Gambar 7, Persentase peningkatan kuat tarik belah rata-rata beton air laut antara umur 7 dan 28 hari terhadap fraksi volume serat baja.

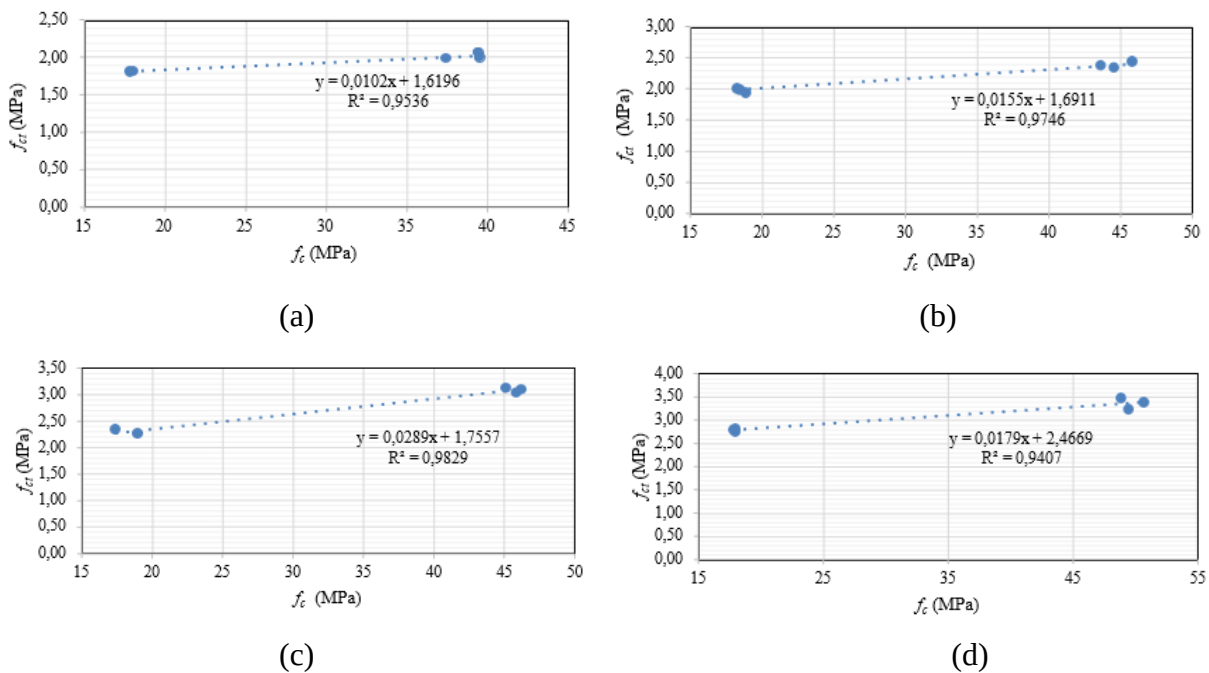
Gambar 7, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) beton air laut dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% mengalami peningkatan yang dipengaruhi masa *curing* air laut, dimana untuk fraksi volume serat baja sebesar 0% pada umur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan sebesar 12,2% (meningkat sebesar 0.22 MPa) dari umur 7 hari, fraksi volume serat baja

2,5% pada umur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan sebesar 20,2% (meningkat sebesar 0.4 MPa) dari umur 7 hari, fraksi volume serat baja 5 % pada umur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan sebesar 34,4% (meningkat sebesar 0.79 MPa) dari umur 7 hari, dan fraksi volume serat baja 7,5% pada umur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan sebesar 20,4% (meningkat sebesar 0.57 MPa) dari umur 7 hari.

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.

Rasio Kuat Tarik Belah Terhadap Kuat Tekan

Rasio kuat tarik belah yang tercantum pada Tabel 8, dengan kuat tekan (Hidayat, A.M. 2016) yang tercantum pada Tabel 7, dapat dilihat pada Gambar 8. (a), (b), (c), dan (d). dibawah ini.



Gambar 8. Hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan beton air laut dengan fraksi volume serat baja (a) 0%. (b) 2,5% (c) 5,0% dan (d) 7,5%

Dari grafik rasio kuat tekan dan kuat tarik belah diatas dapat dihitung korelasi antara kuat tekan dan kuat tarik belah sesuai dengan persamaan yang didapat dari persamaan linear dari grafik diatas. Adapun persamaan yang didapat diperlihatkan pada Tabel. 9.

Tabel 9. Persamaan korelasi antara kuat tekan dan kuat tarik belah.

Fraksi Volume Serat Baja	Persamaan Korelasi
0%	$y = 0,0102x + 1,6196$
2,5%	$y = 0,0155x + 1,6911$
5%	$y = 0,0289x + 1,7557$
7,5%	$y = 0,0179x + 2,4669$

Perbandingan Teoritis dan Eksperimental Pada Kuat Tarik Belah Beton Air Laut

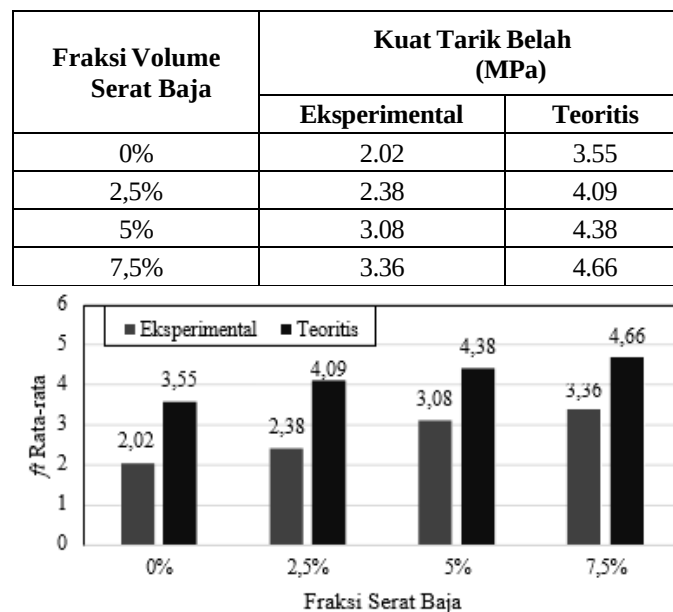
Kuat tarik belah beton dengan perkuatan serat baja secara teoritis dihitung dengan menggunakan persamaan : $F_{tf} = 0.63*(f_{cu})^{0.5} + 0.288*(f_{cu})^{0.5}*RI_v + 0.052*RI_v$

$$RI_v = V_f * L_f / D_f$$

Sedangkan beton tanpa perkuatan serat baja secara teoritis dihitung dengan menggunakan persamaan : $0,57 \sqrt{f'c}$

Maka perbandingan kuat tarik belah beton air laut secara teoritis dengan eksperimental dapat dilihat pada tabel 10, dan Gambar 12.

Tabel 10. Perbandingan kuat tarik belah secara teoritis dan eksperimental.



Gambar 12. Perbandingan kuat tarik belah secara eksperimental dan teoritis.

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

Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton Air Laut Dengan Beton Normal

Pengujian kuat tarik belah beton normal dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dengan kuat tekan rencana 20 MPa dan 40 MPa dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam Tabel 11. dan Tabel 12.

Tabel 11. Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal tanpa dan dengan perkuatan serat baja dengan kuat tekan rencana 20 MPa.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur (Hari)	Tinggi (L) (cm)	Diameter (d) (cm)	Beban (P) (kN)	f_{ct} MPa	f_{ct} rata-rata MPa
0%	7	20	10	73.5	2.34	2.44
	7	20	10	73	2.32	
	7	20	10	83	2.64	
	28	20	10	112	3.57	3.58
	28	20	10	110	3.50	
	28	20	10	115	3.66	
2,5%	7	20	10	73.75	2.35	2.51
	7	20	10	80.5	2.56	
	7	20	10	82	2.61	
	28	20	10	115	3.66	3.68
	28	20	10	116	3.99	
	28	20	10	93	2.96 ^{*)}	
5%	7	20	10	89.5	2.85	2.72
	7	20	10	74.5	2.37	
	7	20	10	92.5	2.95	
	28	20	10	113.5	3.61	3.74
	28	20	10	117.5	3.74	
	28	20	10	121.5	3.87	
7,5%	7	20	10	88.5	2.82	2.82
	7	20	10	85	2.71	
	7	20	10	92	2.93	
	28	20	10	97.20	3.82	3.83
	28	20	10	98.00	3.71	
	28	20	10	95.20	3.96	

Keterangan : ^{*)} Tidak dimasukkan dalam perhitungan rata-rata.

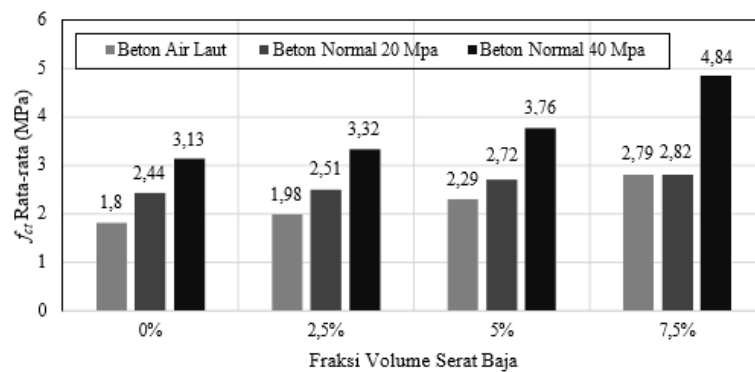
Tabel 12. Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal tanpa dan dengan perkuatan serat baja dengan kuat tekan rencana 40 MPa.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur (Hari)	Tinggi (L) (cm)	Diameter (d) (cm)	Beban (P) (kN)	f_{ct} MPa	f_{ct} rata-rata MPa
0%	7	20	10	101	3.22	3.13
	7	20	10	99.5	3.17	
	7	20	10	94	2.99	
	28	20	10	131.8	4.20	4.04
	28	20	10	125.8	4.01	
	28	20	10	123	3.92	
2,5%	7	20	10	103	3.28	3.32
	7	20	10	109.5	3.49	
	7	20	10	100	3.18	
	28	20	10	135.5	4.32	4.28
	28	20	10	92	2.93 ^{*)}	
	28	20	10	132	4.20	
5%	7	20	10	116.5	3.71	3.76
	7	20	10	115	3.66	
	7	20	10	122.5	3.90	
	28	20	10	152	4.84	4.77
	28	20	10	141	4.49	
	28	20	10	156	4.97	

7,5%	7	20	10	150	4.78	4.84
	7	20	10	155	4.94	
	7	20	10	151	4.81	
	28	20	10	174	5.54	5.55
	28	20	10	180	5.73	
	28	20	10	168.4	5.36	

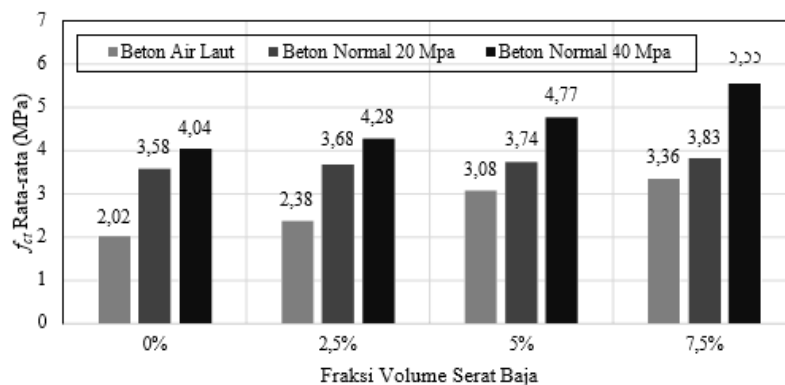
Keterangan : *) Tidak dimasukkan dalam perhitungan rata-rata.

Perbandingan kuat tarik belah beton air laut yang tercantum dalam Tabel 8. dengan beton normal yang tercantum pada Tabel 11. dan Tabel 12. dapat dilihat pada Gambar 13. dan Gambar 14.



Gambar 13. Perbandingan beton air laut dengan beton normal umur 7 hari.

Gambar 13, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) umur 7 hari beton air laut lebih kecil dibanding umur 7 hari beton normal. Dimana untuk fraksi volume serat baja 0% f_{ct} beton air laut lebih kecil 35,6% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (2.44 MPa) dan lebih kecil 73,9% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (3.13 MPa), untuk fraksi volume serat baja 2,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 26,8 % dari f_{ct} beton normal 20 MPa (2.51 MPa) dan lebih kecil 67,7% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (3.32 MPa), untuk fraksi volume serat baja 5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 18,8% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (2.72 MPa) dan lebih kecil 64,2% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (3.76 MPa), dan untuk fraksi volume serat baja 7,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 0,11% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (2.82 MPa) dan lebih kecil 73,5% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (4.84 MPa).



Gambar 14. Perbandingan beton air laut dengan beton normal umur 28 hari.

Gambar 14, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) umur 28 hari beton air laut

lebih kecil dibanding umur 28 hari beton normal. Dimana untuk fraksi volume serat baja 0% f_{ct} beton air laut lebih kecil 77,2% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (3.58 MPa) dan lebih kecil 100% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (4.04 MPa), untuk fraksi volume serat baja 2,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 54,6 % dari f_{ct} beton normal 20 MPa (3.68 MPa) dan lebih kecil 79,8% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (4.28 MPa), untuk fraksi volume serat baja 5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 21,4 % dari f_{ct} beton normal 20 MPa (3.74 MPa) dan lebih kecil 54,9% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (4,77 MPa), dan untuk fraksi volume serat baja 7,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 14% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (3.83 MPa) dan lebih kecil 65,1% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (5.55 MPa).

KESIMPULAN

Agregat penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus bersumber dari pasir laut, dan agregat kasar bersumber dari batu pecah. Air pancampuran yang digunakan pada penelitian ini yakni air laut yang bersumber dari laut, menunjukkan bahwa kandungan Cl^- (klorida) lebih mendominasi larut air maksimum dalam beton berdasarkan SNI 2487-2013 adalah 1% dari berat semen. Tingkat kelecakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya. Beton segar dengan fraksi volume serat baja memenuhi nilai *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm, meskipun demikian semakin besar fraksi volume serat baja nilai *slump* beton segar mengalami penurunan, 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. Pemeriksaan berat satuan beton dilakukan untuk mengetahui jenis beton termasuk beton normal atau beton ringan. 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).

Pengujian kuat tekan (f_c) beton air laut serat baja mengacu pada SNI 1974:2011. Pengujian kuat tarik belah beton air laut menunjukkan pola retak yang terjadi setelah pengujian tarik belah. Pada Pengujian kuat tarik belah pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-2491-2002. Rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) umur 28 hari beton air laut lebih kecil dibanding beton normal. Dimana untuk fraksi volume serat baja f_{ct} beton air laut lebih kecil 14,0% dari f_{ct} beton normal 20 MPa dan fraksi volume serat baja f_{ct} beton air laut lebih kecil 65,1% beton normal 40 Mpa.

REFERENSI

1. [https://www, Kompas.com](https://www.kompas.com) 2020. Badan Informasi Geospasial (BIG), Pulau - Pulau Terluar Indonesia,.
2. Adnan, H Parung, M W Tjaronge and R Djamaluddin 2017. Compressive strength of marine material mixed concrete. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (GCoMSE), Malaysia.
3. Dipohusodo 1994. Istimawan, Struktur Beton Bertulang, Jakarta, PT. Gramedia Pustaka Utama.
4. M. W. Tjaronge, R. Irmawaty, S. A. Adisasmita, A. Amiruddin H 2014. Compressive Strength and Hydration Process of Self Compacting Concrete (SCC) Mixed with Sea Water, Marine Sand and Portland Composite Cement". Advanced Materials Research, Vol. 935, pp. 242-246, 2014.
5. Mohammed, T.U., Hamada, H. and Yamaji T 2004. Performance of seawater-mixed Concrete in the Tidal Environment. Cement and Concrete Research 34 : 593-603. Japan.
6. EFNARC (2005). Spesification and Guidelines for Self Compacting Concrete, The European Guidelines for Self-Compacting Concrete.
7. ASTM C1602/C1602M-22. Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete.
8. SNI-2847-2019. Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung-1.
9. SNI 03-2834-2000. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.
10. SNI 03 – 1972 – 1990. Metode pengujian slump beton.
11. SNI 1974-2011. Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.
12. ACI Committee 363 (1994). State of The Art on High Strength Concrete, ACI journal, 8(4),48 pp.
13. RILEM-FIP-CEB 1978. Bond test for reinforcing steel: 1. Beam test (7-II-28 D). 2. Pull-Out Test (7-II-128). Tentative Recommendations. Materials and Structures, v. 6, n. 32, p. 96-105.
14. Rilem/Ceb/Fip 1983. Recommendation reinforcement steel for reinforced concrete. Revised edition of: RC 6 bond test for reinforcement steel; (2) Pull-out test, CEB News 73, Lausanne, Switzerland.
15. ACI 222R-01 1996. Protection of Metals in Concrete Against Corrosion.
16. ASTM C876-09 2009. Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.
17. Bartos P 1992. Fresh Concrete: Workability and Tests, Elsevier Science, Amsterdam, the Netherlands.
18. EN 206-1 2000. Concrete – Part 1: Definitions, specifications and quality control,.
19. Concrete Society 2005. Self-compacting concrete – A review, The Concrete Society and BRE, 2005, Technical Report 62.

20. Guidelines E 2005. European Guidelines for Self-compacting Concrete, Joint Project Group, EFNARC, Brussels, Belgium. www.efnarc.org.
21. Bartos P.J.M 2005. Self-compacting Concrete in Bridge Construction, UK Concrete Bridge Development Group, Camberley, UK.
22. Adnan, Jasman H 2007. Simulasi Additive terhadap tingkat kualitas/mutu beton dan efisiensi biaya dengan mix disain self compacting concrete, Laporan Penelitian Dosen Muda dan Kajian Wanita,.
23. Adnan, Herman Parung, MW. Tjaronge, R. Djamaluddin 2017. Pengaruh Korosi Tulangan Baja Terhadap Kuat Lekat Yang Tertanam Dalam Beton Yang Menggunakan Semen Portland Komposit Prosiding Konferensi Nasional Pasca Sarjana Teknik Sipil (KNPTS) ITB 1 (1), 1-10.
24. A Adnan, H Parung, MW Tjaronge RD, 2020. Bond between steel reinforcement bars and seawater concrete, Civil Engineering Journal 6, 61-68,.
25. Adnan 2021. Prilaku Lentur Self Compacting Concrete Berserat Baja No. Permohonan : EC00202117949,.
26. Adnan, Hamsyah, Rusvita 2023. Rekayasa Beton Material Pasir Pantai Bawasalo No. Permohonan : EC002023117991.
27. Adnan 2023. Beton Self Compacting Concrete Berserat Baja No. Permohonan : S00202312279,.
28. Adnan A, 2024. Inovasi Teknologi Beton Self Compacting Concrete Terhadap Panjang Pengaliran (L-Flow) Dengan Variasi Umur Perawatan Beton, Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan 2 (1), 125-139,.
29. Adnan 2024. Beton Porous Memanfaatkan Material Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton No. Permohonan : EC00202440220.
30. Adnan 2024. Teknologi Beton Self Compacting Concrete Terhadap Perilaku Lentur Balok Beton, ISBN : 9786231007896, PT. Duta Media Press :
31. Adnan 2024. Komposisi Beton Mengandung Air Laut dan Semen Portland Komposit, Paten sederhana, No. Permohonan : S00202405484.
32. Badan Pusat Statistik Indonesia (bps.go.id) 2023. Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir 2023.

UCAPAN TERIMA KASIH

Inventor dan tim sangat berterima kasih kepada Pendanaan Prototipe DRPTM 2024, kepada laboratorium Universitas Hasanuddin, kepada laboratorium Universitas Muhammadiyah Parepare, kepada tim peneliti dan mahasiswa yang berkontribusi dalam terwujudnya invensi (Hak Cipta) ini.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, pemegang hak cipta

Nama : (1) Adnan, (2) Jasman, (3) Salsiah
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : (1) Jl Jend. Sudirman, RT/RW 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia, (2) Jl Atletik No. 70, RT/RW 002/001, Kelurahan Lapadde, Kecamatan Ujung, Kota Parepare, Sulawesi Selatan, 91112, (3) Jl. Enggang Perumnas Blok F No 79, RT/RW 002/005, Kelurahan Lompoe, Kecamatan, Bacukiki, Parepare, Sulawesi Selatan

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 tekan terhadap kuat tarik belah Teknologi self compacting concrete dan serat baja di Daerah pesisir dan pulau-pulau terisolir

- 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

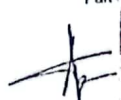
3. Karya Cipta yang saya mohonkan pada Angka 1 tersebut di atas tidak pernah dan tidak sedang dalam sengketa pidana dan/atau perdata di Pengadilan

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 RI 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 ditangguhkan menunggu putusan Pengadilan yang berkekuatan hukum tetap.

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

Parepare, 18 November 2024


(Adnan)


(Jasman)


(Salsiah)

* Semua pemegang hak cipta agar menandatangani di atas mukanya

 Dipindai dengan CamScanner

 Dipindai dengan CamScanner

 Dipindai dengan CamScanner

Produksi beton pasir laut dan air laut dengan rasio kuat tekan terhadap kuat tarik belah Teknologi self compacting concrete dan serat baja di Daerah pesisir dan pulau-pulau terisolir

Adnan, Jasman, Salasiah

Karakteristik Agregat

Agregat penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus bersumber dari pasir laut, dan agregat kasar bersumber dari batu pecah daerah Sulawesi- Selatan. Seluruh pengujian pada penelitian dilakukan di Laboratorium Riset *Eco Material* Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa dan Laboratorium 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.

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)	-

Ket : *Diuji dengan menggunakan air laut.

Karakteristik Air Laut

Air pancampuran yang digunakan pada penelitian ini yakni air laut yang bersumber dari laut Sulawesi-Selatan. Komposisi kimia yang terkandung dijabarkan pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia air laut

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

(Sumber : Laboratorium Oceanografi Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar.)

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.

Tabel 3. Karakteristik serat baja.

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

(Sumber : *dramix 3D BEKAERT.*)

Fiche technique

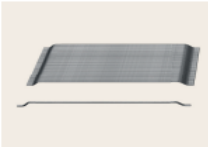


Dramix® 3D

80/25 **BGP**

Rapport l/d | Longueur | Acier nu (Bright) | Fibre encolée (Glued) | Premium

Renforcement du béton



Crochet d'ancrage classique
La Dramix® 3D est la fibre standard pour les ouvrages en béton soumis à des sollicitations statiques, cycliques ou dynamiques.

Force hautes performances
Dramix® 3D Premium est une fibre haute performance créant une ductilité optimale dans le béton haute résistance.

Procédé d'encollage pour un renforcement tridimensionnel
Dramix® Les fibres d'acier sont encolées en plaquettes avec une colle soluble dans l'eau. La colle permet d'éviter l'agglomération des fibres pendant le malaxage et assure une distribution homogène des fibres au sein du mélange de béton.

Propriétés du matériau

Résistance nominale à la traction: 3.250 (N/mm²)
Module de Young: 210.000 (N/mm²)
Ductilité du fil: 0,8 %

Dosage minimum par EN 14889-1
30 kg/m³

Reseau de fibres
47457 m/m³ par 30 kg/m³
59.921 fibres/kg

Géométrie

Famille de fibre



Longueur (l) * / Diamètre (d)

25 mm | 0,32 mm

Alongement de fibre (l/d): 80

* valeur indicative

Emballage

SACS: 20 kg

BIG BAG: 1.100 - 1.200 kg

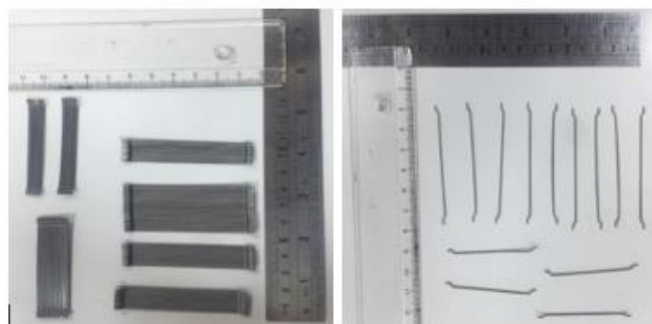


Stockage




PAS D'EMPILEMENT

AU SEC



Gambar 1. Serat baja (*dramix 3D 80/60 BG*).

Gambar 1, memperlihatkan kondisi fisik serat baja. Sebelum digunakan serat baja masih dalam kondisi saling terikat dikarenakan oleh lem yang terdapat pada serat baja dan akan terurai setelah bercampur dengan air.

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).

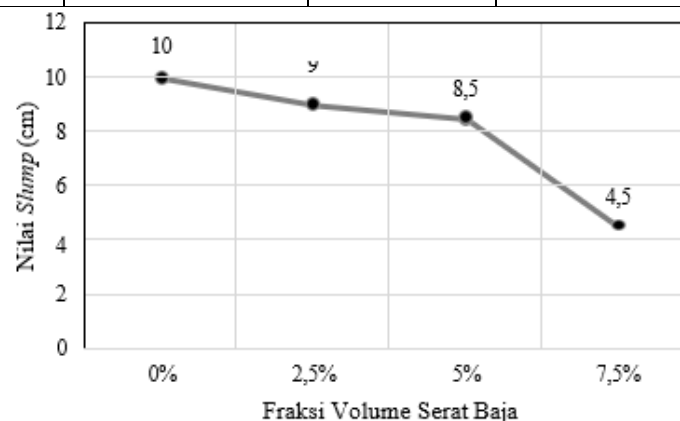
No.	Material	Jenis Beton							
		0%		2,5%		5%		7,5%	
		kg	l	kg	l	kg	l	kg	l
1	Air laut	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12	204.12
2	Semen	512.50	162.70	512.50	162.70	512.50	162.70	512.50	162.70
3	Pasir laut	477.30	176.78	477.30	176.78	477.30	176.78	477.30	176.78
4	Batu Pecah	1099.29	416.40	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 2, Hubungan nilai *slump test* terhadap fraksi volume serat baja



Gambar 3. Pengujian *slump test*.

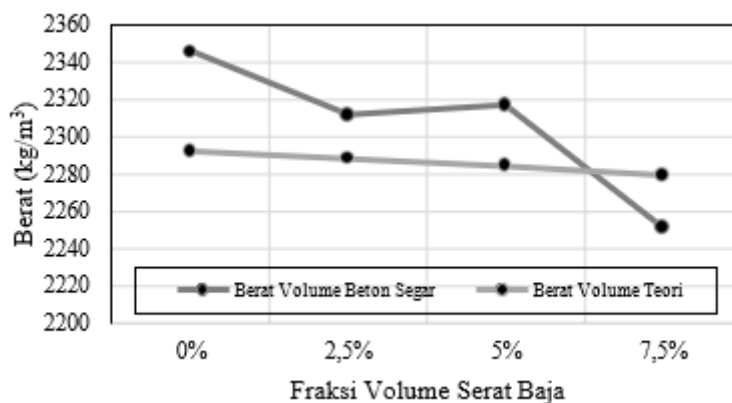
Beton segar dengan fraksi volume serat baja memenuhi nilai *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm, meskipun demikian semakin besar fraksi volume serat baja dengan tingkat kenaikan 2,5% nilai *slump* beton segar mengalami penurunan. Gambar 3, menunjukkan bahwa beton segar tanpa dan dengan perkuatan serat baja 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 4. Hubungan berat volume beton segar dengan berat volume teori terhadap fraksi volume serat baja.

Dari Tabel 6, dan Gambar 4, 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 dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm diperlihatkan pada Tabel 7, Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 1974:2011.

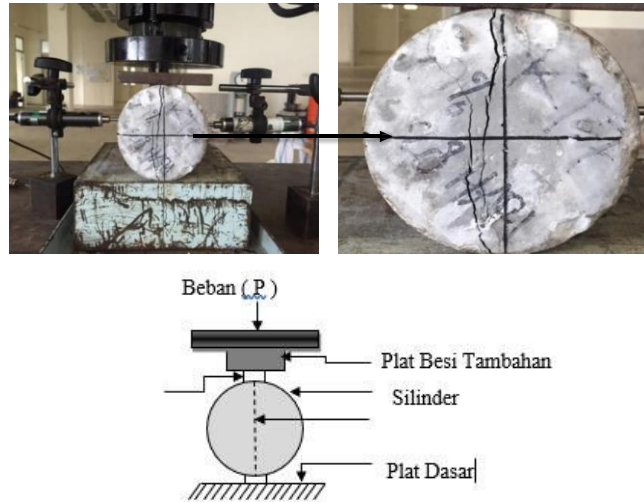
Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton air laut *curing* air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja.

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 Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton air laut dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% yang telah dilakukan pada umur 7 dan 28 hari dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam Tabel 8, Gambar 5, menunjukkan pola retak yang terjadi setelah pengujian tarik belah. Pada Pengujian kuat tarik belah pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-2491-2002. Kuat tarik belah dihitung dengan menggunakan persamaan :

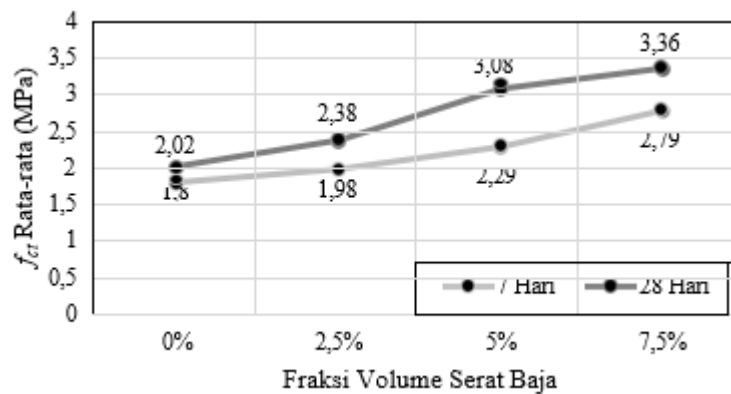
$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$$



Gambar 5. Visual pola retak pengujian kuat tarik belah.

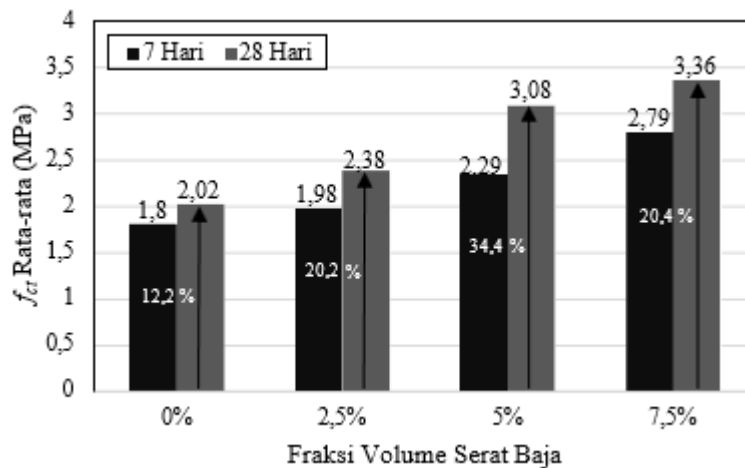
Tabel 8. Hasil pengujian kuat tarik belah beton air laut *curing* air laut tanpa dan dengan perkuatan serat baja.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur (Hari)	Tinggi (L)	Diameter (d)	Beban (P)	f_{ct}	f_{ct} rata- rata MPa	Standar Deviasi MPa
		(cm)	(cm)	(kN)	MPa		
0%	7	20	10	56.40	1.80	1.80	0.01
	7	20	10	56.80	1.81		
	7	20	10	56.80	1.81		
	28	20	10	62.80	2.00	2.02	0.05
	28	20	10	62.20	1.98		
	28	20	10	65.00	2.07		
2,5%	7	20	10	62.50	1.99	1.98	0.03
	7	20	10	63.00	2.01		
	7	20	10	61.00	1.94		
	28	20	10	74.60	2.37	2.38	0.05
	28	20	10	73.40	2.34		
	28	20	10	76.60	2.44		
5%	7	20	10	73.50	2.34	2.29	0.05
	7	20	10	71.40	2.27		
	7	20	10	70.80	2.25		
	28	20	10	97.20	3.09	3.08	0.05
	28	20	10	98.00	3.12		
	28	20	10	95.20	3.03		
7,5%	7	20	10	87.80	2.80	2.79	0.03
	7	20	10	88.40	2.81		
	7	20	10	86.50	2.75		
	28	20	10	108.80	3.46	3.36	0.12
	28	20	10	101.60	3.23		
	28	20	10	106.20	3.38		



Gambar 6. Hubungan kuat tarik belah rata-rata beton air laut terhadap fraksi volume serat baja.

Gambar 6, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) beton air laut fraksi volume serat baja 0% pada umur 7 hari mengalami peningkatan akibat penambahan serat baja, dimana untuk fraksi volume serat baja sebesar 2,5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 10% (meningkat sebesar 0.18 MPa), fraksi volume serat baja 5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 27,2% (meningkat sebesar 0.49 MPa), dan fraksi volume serat baja 7,5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 55% (meningkat sebesar 0.99 MPa). Sedangkan rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) beton air laut fraksi volume serat baja 0% pada umur 28 hari mengalami peningkatan akibat penambahan serat baja, dimana untuk fraksi volume serat baja sebesar 2,5% mengalami kenaikan kekuatan peningkatan kekuatan sebesar 17,8% (meningkat sebesar 0.36 MPa), fraksi volume serat baja 5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 52,5% (meningkat sebesar 1.06 MPa), dan fraksi volume serat baja 7,5% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 66,3% (meningkat sebesar 1.34 MPa).



Gambar 7, Persentase peningkatan kuat tarik belah rata-rata beton air laut antara umur 7 dan 28 hari terhadap fraksi volume serat baja.

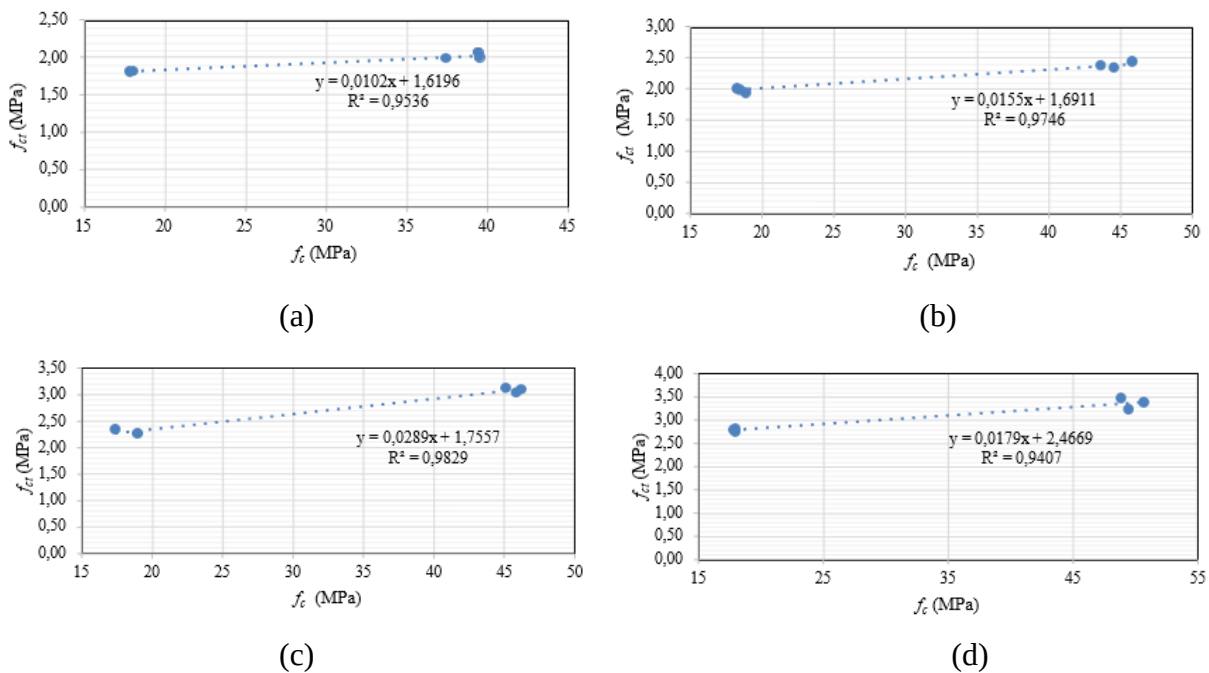
Gambar 7, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) beton air laut dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% mengalami peningkatan yang dipengaruhi masa *curing* air laut, dimana untuk fraksi volume serat baja sebesar 0% pada umur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan sebesar 12,2% (meningkat sebesar 0.22 MPa) dari umur 7 hari, fraksi volume serat baja

2,5% pada umur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan sebesar 20,2% (meningkat sebesar 0.4 MPa) dari umur 7 hari, fraksi volume serat baja 5 % pada umur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan sebesar 34,4% (meningkat sebesar 0.79 MPa) dari umur 7 hari, dan fraksi volume serat baja 7,5% pada umur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan sebesar 20,4% (meningkat sebesar 0.57 MPa) dari umur 7 hari.

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.

Rasio Kuat Tarik Belah Terhadap Kuat Tekan

Rasio kuat tarik belah yang tercantum pada Tabel 8, dengan kuat tekan (Hidayat, A.M. 2016) yang tercantum pada Tabel 7, dapat dilihat pada Gambar 8. (a), (b), (c), dan (d). dibawah ini.



Gambar 8. Hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan beton air laut dengan fraksi volume serat baja (a) 0%. (b) 2,5% (c) 5,0% dan (d) 7,5%

Dari grafik rasio kuat tekan dan kuat tarik belah diatas dapat dihitung korelasi antara kuat tekan dan kuat tarik belah sesuai dengan persamaan yang didapat dari persamaan linear dari grafik diatas. Adapun persamaan yang didapat diperlihatkan pada Tabel. 9.

Tabel 9. Persamaan korelasi antara kuat tekan dan kuat tarik belah.

Fraksi Volume Serat Baja	Persamaan Korelasi
0%	$y = 0,0102x + 1,6196$
2,5%	$y = 0,0155x + 1,6911$
5%	$y = 0,0289x + 1,7557$
7,5%	$y = 0,0179x + 2,4669$

Perbandingan Teoritis dan Eksperimental Pada Kuat Tarik Belah Beton Air Laut

Kuat tarik belah beton dengan perkuatan serat baja secara teoritis dihitung dengan menggunakan persamaan : $F_{tf} = 0.63*(f_{cu})^{0.5} + 0.288*(f_{cu})^{0.5}*RI_v + 0.052*RI_v$

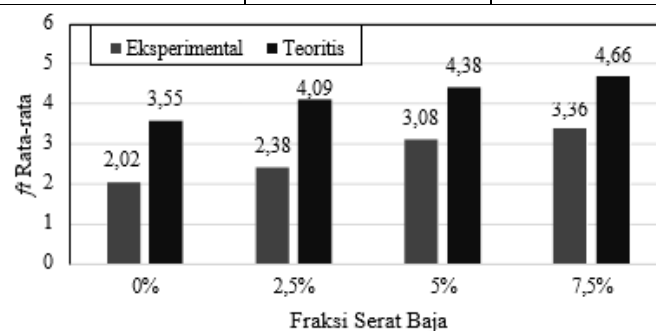
$$RI_v = V_f * L_f / D_f$$

Sedangkan beton tanpa perkuatan serat baja secara teoritis dihitung dengan menggunakan persamaan : $0,57 \sqrt{f'c}$

Maka perbandingan kuat tarik belah beton air laut secara teoritis dengan eksperimental dapat dilihat pada tabel 10, dan Gambar 12.

Tabel 10. Perbandingan kuat tarik belah secara teoritis dan eksperimental.

Fraksi Volume Serat Baja	Kuat Tarik Belah (MPa)	
	Eksperimental	Teoritis
0%	2.02	3.55
2,5%	2.38	4.09
5%	3.08	4.38
7,5%	3.36	4.66



Gambar 12. Perbandingan kuat tarik belah secara eksperimental dan teoritis.

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

Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton Air Laut Dengan Beton Normal

Pengujian kuat tarik belah beton normal dengan fraksi volume serat baja 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dengan kuat tekan rencana 20 MPa dan 40 MPa dengan menggunakan silinder berukuran 100 mm x 200 mm, masing-masing sebanyak 3 buah, tercantum dalam Tabel 11. dan Tabel 12.

Tabel 11. Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal tanpa dan dengan perkuatan serat baja dengan kuat tekan rencana 20 MPa.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur (Hari)	Tinggi (L) (cm)	Diameter (d) (cm)	Beban (P) (kN)	f_{ct} MPa	f_{ct} rata-rata MPa
0%	7	20	10	73.5	2.34	2.44
	7	20	10	73	2.32	
	7	20	10	83	2.64	
	28	20	10	112	3.57	3.58
	28	20	10	110	3.50	
	28	20	10	115	3.66	
2,5%	7	20	10	73.75	2.35	2.51
	7	20	10	80.5	2.56	
	7	20	10	82	2.61	
	28	20	10	115	3.66	3.68
	28	20	10	116	3.99	
	28	20	10	93	2.96 ^{*)}	
5%	7	20	10	89.5	2.85	2.72
	7	20	10	74.5	2.37	
	7	20	10	92.5	2.95	
	28	20	10	113.5	3.61	3.74
	28	20	10	117.5	3.74	
	28	20	10	121.5	3.87	
7,5%	7	20	10	88.5	2.82	2.82
	7	20	10	85	2.71	
	7	20	10	92	2.93	
	28	20	10	97.20	3.82	3.83
	28	20	10	98.00	3.71	
	28	20	10	95.20	3.96	

Keterangan : ^{*)} Tidak dimasukkan dalam perhitungan rata-rata.

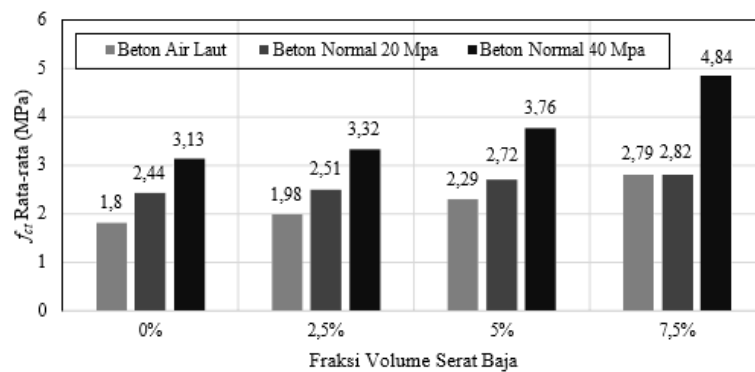
Tabel 12. Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal tanpa dan dengan perkuatan serat baja dengan kuat tekan rencana 40 MPa.

Fraksi Volume Serat Baja	Umur (Hari)	Tinggi (L) (cm)	Diameter (d) (cm)	Beban (P) (kN)	f_{ct} MPa	f_{ct} rata-rata MPa
0%	7	20	10	101	3.22	3.13
	7	20	10	99.5	3.17	
	7	20	10	94	2.99	
	28	20	10	131.8	4.20	4.04
	28	20	10	125.8	4.01	
	28	20	10	123	3.92	
2,5%	7	20	10	103	3.28	3.32
	7	20	10	109.5	3.49	
	7	20	10	100	3.18	
	28	20	10	135.5	4.32	4.28
	28	20	10	92	2.93 ^{*)}	
	28	20	10	132	4.20	
5%	7	20	10	116.5	3.71	3.76
	7	20	10	115	3.66	
	7	20	10	122.5	3.90	
	28	20	10	152	4.84	4.77
	28	20	10	141	4.49	
	28	20	10	156	4.97	

7,5%	7	20	10	150	4.78	4.84
	7	20	10	155	4.94	
	7	20	10	151	4.81	
	28	20	10	174	5.54	5.55
	28	20	10	180	5.73	
	28	20	10	168.4	5.36	

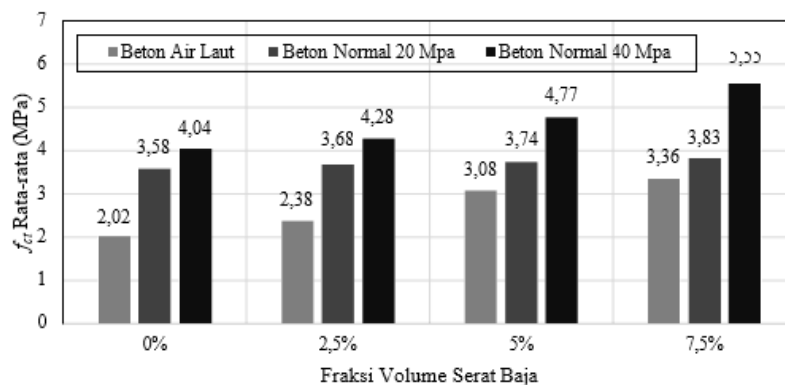
Keterangan : *) Tidak dimasukkan dalam perhitungan rata-rata.

Perbandingan kuat tarik belah beton air laut yang tercantum dalam Tabel 8. dengan beton normal yang tercantum pada Tabel 11. dan Tabel 12. dapat dilihat pada Gambar 13. dan Gambar 14.



Gambar 13. Perbandingan beton air laut dengan beton normal umur 7 hari.

Gambar 13, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) umur 7 hari beton air laut lebih kecil dibanding umur 7 hari beton normal. Dimana untuk fraksi volume serat baja 0% f_{ct} beton air laut lebih kecil 35,6% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (2.44 MPa) dan lebih kecil 73,9% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (3.13 MPa), untuk fraksi volume serat baja 2,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 26,8 % dari f_{ct} beton normal 20 MPa (2.51 MPa) dan lebih kecil 67,7% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (3.32 MPa), untuk fraksi volume serat baja 5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 18,8% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (2.72 MPa) dan lebih kecil 64,2% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (3.76 MPa), dan untuk fraksi volume serat baja 7,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 0,11% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (2.82 MPa) dan lebih kecil 73,5% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (4.84 MPa).



Gambar 14. Perbandingan beton air laut dengan beton normal umur 28 hari.

Gambar 14, memperlihatkan bahwa rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) umur 28 hari beton air laut

lebih kecil dibanding umur 28 hari beton normal. Dimana untuk fraksi volume serat baja 0% f_{ct} beton air laut lebih kecil 77,2% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (3.58 MPa) dan lebih kecil 100% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (4.04 MPa), untuk fraksi volume serat baja 2,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 54,6 % dari f_{ct} beton normal 20 MPa (3.68 MPa) dan lebih kecil 79,8% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (4.28 MPa), untuk fraksi volume serat baja 5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 21,4 % dari f_{ct} beton normal 20 MPa (3.74 MPa) dan lebih kecil 54,9% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (4,77 MPa), dan untuk fraksi volume serat baja 7,5% f_{ct} beton air laut lebih kecil 14% dari f_{ct} beton normal 20 MPa (3.83 MPa) dan lebih kecil 65,1% dari f_{ct} beton normal 40 MPa (5.55 MPa).

KESIMPULAN

Agregat penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus bersumber dari pasir laut, dan agregat kasar bersumber dari batu pecah. Air pancampuran yang digunakan pada penelitian ini yakni air laut yang bersumber dari laut, menunjukkan bahwa kandungan Cl^- (klorida) lebih mendominasi larut air maksimum dalam beton berdasarkan SNI 2487-2013 adalah 1% dari berat semen. Tingkat kelecakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya. Beton segar dengan fraksi volume serat baja memenuhi nilai *slump* rencana $10 \pm 2,5$ cm, meskipun demikian semakin besar fraksi volume serat baja nilai *slump* beton segar mengalami penurunan, 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. Pemeriksaan berat satuan beton dilakukan untuk mengetahui jenis beton termasuk beton normal atau beton ringan. 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).

Pengujian kuat tekan (f_c) beton air laut serat baja mengacu pada SNI 1974:2011. Pengujian kuat tarik belah beton air laut menunjukkan pola retak yang terjadi setelah pengujian tarik belah. Pada Pengujian kuat tarik belah pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-2491-2002. Rata-rata kuat tarik belah (f_{ct}) umur 28 hari beton air laut lebih kecil dibanding beton normal. Dimana untuk fraksi volume serat baja f_{ct} beton air laut lebih kecil 14,0% dari f_{ct} beton normal 20 MPa dan fraksi volume serat baja f_{ct} beton air laut lebih kecil 65,1% beton normal 40 Mpa.

REFERENSI

1. [https://www, Kompas.com](https://www.kompas.com) 2020. Badan Informasi Geospasial (BIG), Pulau - Pulau Terluar Indonesia,.
2. Adnan, H Parung, M W Tjaronge and R Djamaluddin 2017. Compressive strength of marine material mixed concrete. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (GCoMSE), Malaysia.
3. Dipohusodo 1994. Istimawan, Struktur Beton Bertulang, Jakarta, PT. Gramedia Pustaka Utama.
4. M. W. Tjaronge, R. Irmawaty, S. A. Adisasmita, A. Amiruddin H 2014. Compressive Strength and Hydration Process of Self Compacting Concrete (SCC) Mixed with Sea Water, Marine Sand and Portland Composite Cement". Advanced Materials Research, Vol. 935, pp. 242-246, 2014.
5. Mohammed, T.U., Hamada, H. and Yamaji T 2004. Performance of seawater-mixed Concrete in the Tidal Environment. Cement and Concrete Research 34 : 593-603. Japan.
6. EFNARC (2005). Spesification and Guidelines for Self Compacting Concrete, The European Guidelines for Self-Compacting Concrete.
7. ASTM C1602/C1602M-22. Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete.
8. SNI-2847-2019. Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung-1.
9. SNI 03-2834-2000. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.
10. SNI 03 – 1972 – 1990. Metode pengujian slump beton.
11. SNI 1974-2011. Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.
12. ACI Committee 363 (1994). State of The Art on High Strength Concrete, ACI journal, 8(4),48 pp.
13. RILEM-FIP-CEB 1978. Bond test for reinforcing steel: 1. Beam test (7-II-28 D). 2. Pull-Out Test (7-II-128). Tentative Recommendations. Materials and Structures, v. 6, n. 32, p. 96-105.
14. Rilem/Ceb/Fip 1983. Recommendation reinforcement steel for reinforced concrete. Revised edition of: RC 6 bond test for reinforcement steel; (2) Pull-out test, CEB News 73, Lausanne, Switzerland.
15. ACI 222R-01 1996. Protection of Metals in Concrete Against Corrosion.
16. ASTM C876-09 2009. Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.
17. Bartos P 1992. Fresh Concrete: Workability and Tests, Elsevier Science, Amsterdam, the Netherlands.
18. EN 206-1 2000. Concrete – Part 1: Definitions, specifications and quality control,.
19. Concrete Society 2005. Self-compacting concrete – A review, The Concrete Society and BRE, 2005, Technical Report 62.

20. Guidelines E 2005. European Guidelines for Self-compacting Concrete, Joint Project Group, EFNARC, Brussels, Belgium. www.efnarc.org.
21. Bartos P.J.M 2005. Self-compacting Concrete in Bridge Construction, UK Concrete Bridge Development Group, Camberley, UK.
22. Adnan, Jasman H 2007. Simulasi Additive terhadap tingkat kualitas/mutu beton dan efisiensi biaya dengan mix disain self compacting concrete, Laporan Penelitian Dosen Muda dan Kajian Wanita,.
23. Adnan, Herman Parung, MW. Tjaronge, R. Djamaluddin 2017. Pengaruh Korosi Tulangan Baja Terhadap Kuat Lekat Yang Tertanam Dalam Beton Yang Menggunakan Semen Portland Komposit Prosiding Konferensi Nasional Pasca Sarjana Teknik Sipil (KNPTS) ITB 1 (1), 1-10.
24. A Adnan, H Parung, MW Tjaronge RD, 2020. Bond between steel reinforcement bars and seawater concrete, Civil Engineering Journal 6, 61-68,.
25. Adnan 2021. Prilaku Lentur Self Compacting Concrete Berserat Baja No. Permohonan : EC00202117949,.
26. Adnan, Hamsyah, Rusvita 2023. Rekayasa Beton Material Pasir Pantai Bawasalo No. Permohonan : EC002023117991.
27. Adnan 2023. Beton Self Compacting Concrete Berserat Baja No. Permohonan : S00202312279,.
28. Adnan A, 2024. Inovasi Teknologi Beton Self Compacting Concrete Terhadap Panjang Pengaliran (L-Flow) Dengan Variasi Umur Perawatan Beton, Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan 2 (1), 125-139,.
29. Adnan 2024. Beton Porous Memanfaatkan Material Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton No. Permohonan : EC00202440220.
30. Adnan 2024. Teknologi Beton Self Compacting Concrete Terhadap Perilaku Lentur Balok Beton, ISBN : 9786231007896, PT. Duta Media Press :
31. Adnan 2024. Komposisi Beton Mengandung Air Laut dan Semen Portland Komposit, Paten sederhana, No. Permohonan : S00202405484.
32. Badan Pusat Statistik Indonesia (bps.go.id) 2023. Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir 2023.

UCAPAN TERIMA KASIH

Inventor dan tim sangat berterima kasih kepada Pendanaan Prototipe DRPTM 2024, kepada laboratorium Universitas Hasanuddin, kepada laboratorium Universitas Muhammadiyah Parepare, kepada tim peneliti dan mahasiswa yang berkontribusi dalam terwujudnya invensi (Hak Cipta) ini.