

EVALUASI KANDUNGAN KLORIDA AIR PAYAU TERHADAP KARAKTERISTIK MORTAR DAN POTENSI KOROSI BESI TULANGAN

Adiwijaya¹⁾, Yohanis Sarungallo Tikupadang²⁾

^{1),2)} Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The objective of this research is to investigate the influence brackish water as mixing water on characteristics of mortar and potential corrosion of reinforcement steel bars. Research was conducted in several stages, firstly, evaluating results of chloride compound that it was observed in two seasons, dry season and rainy season. Then, data of brackish water samples were analyzed to predict potential corrosion of steel bars. Secondly, characteristics of fine aggregate and characteristics of PCC cement paste using brackish water were investigated. Finally, cube mortar specimens were casted using brackish water as mixing and curing water according with SNI 03-6825-2002 standards. After achievement at certain day of 3, 7, 14 and 28 days, cube mortar samples were tested in compressive strength. Results concluded that brackish water improves compressive strength of mortar up to 28 days and the content of chloride in brackish water in two seasons is not to be potential to cause corrosion of reinforcement steel bars.

Keywords: *Brackish water, Potential corrosion, Cement characteristics, Compressive strength*

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia terdiri dari 17.580 pulau dengan garis pantai sepanjang 81.000 km. Kondisi geografis ini, menuntut kebutuhan pembangunan infrastruktur terutama konstruksi bangunan seperti pelabuhan, dermaga, gedung, jalan dan lain-lain. Dengan semakin meningkatnya pembangunan infrastruktur tersebut, maka makin meningkat pula permintaan penggunaan mortar dan beton sebagai bahan konstruksi. Hal ini berdampak pada peningkatan kebutuhan material beton seperti air pencampur (*mixing water*). Otsuki (2011) menyatakan bahwa secara global, dalam industri beton, miliar ton air bersih setiap tahun digunakan untuk pencampuran beton dan perawatan beton.

Kebanyakan peraturan atau standar struktur beton menghindari pemanfaatan air laut dan air payau pada industri beton karena dapat meningkatkan resiko percepatan korosi awal (*corrosion initiation*). Namun, dalam situasi-situasi yang tidak dapat dihindari, air laut dapat digunakan sebagai air pencampur, tidak hanya untuk beton biasa, tetapi juga untuk beton bertulang (JSCE Standard, 2002 dan Indian Standard, 2000). Oleh karena itu, industri konstruksi khususnya industri beton perlu memikirkan alternatif penggunaan air laut (*seawater*) atau air payau (*brackish water*) sebagai air pencampuran beton, sehingga dapat menghemat penggunaan air tawar dan mengatasi kelangkaan air bersih. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian tentang pemanfaatan air payau dalam produksi mortar dan beton sangat diperlukan, bertujuan tidak hanya dapat mengatasi kelangkaan air bersih tetapi juga dapat menghemat biaya konstruksi terutama di daerah-daerah pesisir.

Penelitian pengaruh air laut sebagai air pencampur dan air perawatan pada karakteristik dan kuat tekan mortar telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya (Adiwijaya, 2016). Namun, penelitian mengenai pengaruh air payau sebagai air pencampur terhadap karakteristik dan kuat tekan mortar belum diteliti secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh air payau pada karakteristik dan kuat tekan mortar. Efek dari kandungan klorida air payau terhadap potensi korosi besi tulangan juga dipresentasikan.

2. METODE PENELITIAN

Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus pasir sungai, semen PCC dan air pencampur air tawar dan air payau alami yang diambil dari sumber-sumber air di Pulau Sanane Kabupaten Pangkajene Kepulauan Sulawesi Selatan. Karakteristik agregat halus, seperti berat jenis *Saturated Surface Dry* (SSD) 2.48, Penyerapan 6.34 % dan 2.52 modulus kehalusan butir (MHB). Komposisi senyawa semen PCC yang diukur menggunakan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*

¹ Korespondensi : Adiwijaya, adiwijaya@poliupg.ac.id

(SEM-EDS) ditunjukkan dalam **Tabel 1**. Sementara itu, **Tabel 2** memperlihatkan kandungan klorida lima sumber air payau (P1, P2, P3, P4 dan P5) yang diamati dalam penelitian ini.

Tabel 1. Komposisi senyawa kimia semen PCC

Semen	Kandungan senyawa (%)									
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO
PCC	0,11	2,34	3,40	21,49	1,87	1,57	67.02	-	-	1,82

Tabel 2. Hasil pengujian kandungan klorida air payau

Kondisi musim	Kadar klorida tiap sumber mata air (mg/L)					Rata-rata (mg/L)
	P1	P2	P3	P4	P5	
Kemarau	1037	2570	2447	466	5541	2412
Hujan	386	675	309	251	328	390

Matriks Spesimen Mortar

Tabel 3 mendemonstrasikan matriks spesimen mortar yang diteliti dalam makalah ini. Spesimen-spesimen mortar didesain dengan menggunakan tiga jenis air pencampur, air tawar atau air PDAM (T), air payau dengan kandungan klorida tertinggi yang diambil dimusim kemarau (P_K) dan air payau dengan kandungan klorida tertinggi yang diambil dimusim hujan (P_H). Terkait dengan air perawatan, seluruh sampel menggunakan air payau PK sebagai air perawatan. Sampel mortar kubus 50 mm x 50 mm x 50 mm dirancang dan dicetak mengacu pada SNI 03-6825-2002. Rancangan campuran mortar dan nilai konsistensi sampel yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam **Tabel 4**.

Tabel 3. Matriks spesimen mortar

No.	Kode Sampel	Air Pencampur			Air Perawatan
		T	P _K	P _H	
1	M-0	√			P _K
2	M-1		√		P _K
3	M-2			√	P _K

Keterangan:

M-0 : Mortar pencampur air tawar (PDAM)

M-1 : Mortar pencampur air payau dengan kandungan klorida tertinggi

M-2 : Mortar pencampur air payau dengan kandungan klorida terkecil

Tabel 4. Rancangan campuran dan konsistensi mortar

Kode Sampel	Jenis Material (gram)			Konsistensi (%)
	Semen	Pasir	Air	
M-0	500	1375	300	114.706
M-1	500	1375	300	103.676
M-2	500	1375	300	109.804

Metode Pengujian

Setelah rancangan campuran mortar (*mortar mix design*) ditentukan, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji kubus 50 mm x 50 mm x 50 mm menggunakan air tawar dan air payau sebagai air pencampur. 24 jam setelah dicetak, spesimen mortar dibuka dari cetakan lalu direndam dalam air payau sebagai perawatan. Sampai pada perawatan umur tertentu 3, 7, 14 dan 28 hari, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan (SNI 03-6825-2002) menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Tiga sampel kubus mortar setiap pengujian dicatat sebagai data kuat tekan mortar.

Dalam penelitian ini, potensi korosi besi tulangan dianalisis dengan menentukan kandungan klorida air payau, kemudian total kandungan klorida payau yang terkandung dalam 1 m³ beton diestimasi berdasarkan dengan faktor air semen (fas) maksimum 0.45 atau 45 % yang ditetapkan sesuai SNI 03-2834-1993 dan kadar air bebas dirancang dan ditetapkan sebesar 190 kg tiap 1 m³ beton. Persentasi jumlah klorida terhadap berat semen dalam 1 m³ beton ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{Kadar Air}}{\text{fas}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\% \text{ Cl terhadap berat semen} = \frac{(\text{Berat Cl Air Payau}) \times \text{Kadar air}}{\text{Berat Semen}} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

Selanjutnya, evaluasi potensi korosi besi tulangan yang menggunakan air payau sebagai air pencampur dapat ditentukan berdasarkan nilai ambang batas (*threshold*) yang dapat menyebabkan korosi awal (*initial corrosion*) pada besi tulangan. Berdasarkan aturan standar beberapa negara, nilai ambang batas klorida bervariasi antara 0.17% dan 2.5% berat semen. Namun, secara garis besar, konsentrasi klorida kritis ditetapkan sebesar 0.4% berat semen atau 1.2 kg/m³ beton. Brown (1980) melaporkan bahwa kemungkinan korosi terjadi berdasarkan tingkat konsentrasi ion klorida dapat dikategorikan seperti ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Nilai ambang batas klorida

Konsentrasi ion klorida (% berat semen)	Kemungkinan korosi
< 0.4	Dapat diabaikan
0.4 – 1.0	Mungkin
1.0 – 2.0	Dapat
> 2.0	Pasti

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Semen

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian karakteristik semen yang meliputi berat jenis, konsistensi normal, dan waktu pengikatan (*setting time*) menggunakan dua dua jenis air pencampur, air tawar dan air payau di musim kemarau P_K serta air payau di musim hujan P_H.

Tabel 6. Hasil pengujian karakteristik pasta semen

Karakteristik pasta semen	Air Pencampur		
	Tawar	P _K	P _H
Berat jenis semen	3.08		
Konsistensi normal (%)	117	111	112
Waktu pengikatan awal (menit)	112	110	111
Waktu pengikatan akhir (menit)	225	195	210

Hasil pemeriksaan karakteristik semen diperoleh bahwa konsistensi normal semen PCC dengan pencampur air tawar dan pencampur air payau tidak berbeda signifikan, memenuhi standar konsistensi normal antara 110%-120%. Hasil ini mengindikasikan bahwa konsistensi pasta semen tidak dipengaruhi oleh jenis air pencampur, air tawar atau air payau meskipun konsistensi air payau lebih kecil dibandingkan konsistensi air tawar. Demikian pula dengan hasil pengujian waktu pengikatan awal semen, diperoleh bahwa pasta semen dengan pencampur air payau hampir sama dengan waktu pengikatan pasta semen pencampur air tawar (112 menit ≈ 110 menit). Demikian, secara umum dapat disimpulkan bahwa karakteristik semen PCC tidak dipengaruhi oleh jenis air pencampur.

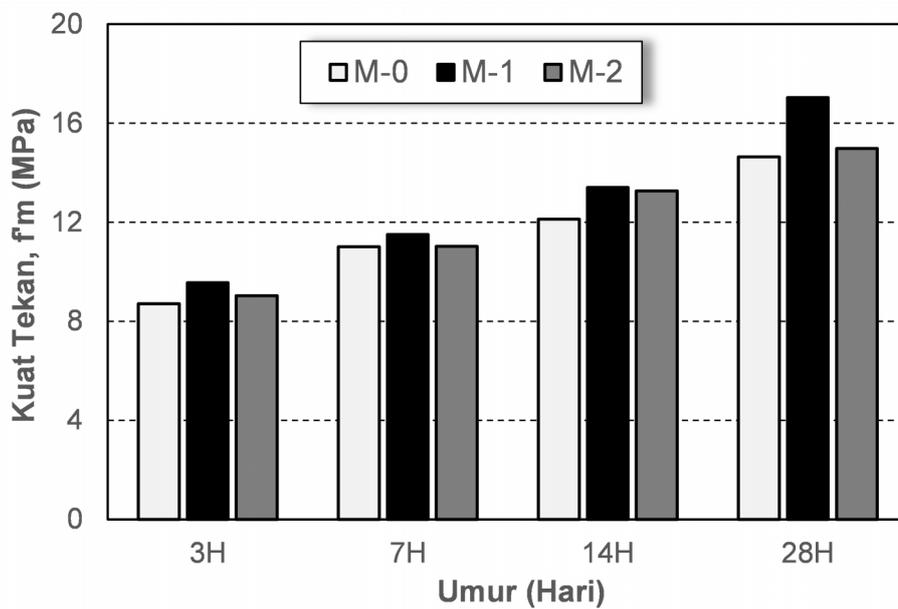
Kuat Tekan Mortar

Sampel mortar kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm menggunakan pencampur air tawar (M-0) dan mortar pencampur air payau musim kemarau (M-1) serta mortar pencampur air payau musim hujan (M-2) dicetak sebanyak 36 sampel, dilanjutkan dengan perawatan menggunakan air payau sebagai air perawatan (*curing water*). Setelah dirawat pada umur tertentu (3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari), sampel diuji kuat tekan sesuai standar SNI 03-6825-2002. Hasil pengujian kuat tekan mortar (f'm) berbagai variasi campuran mortar dideskripsikan dalam **Tabel 7**.

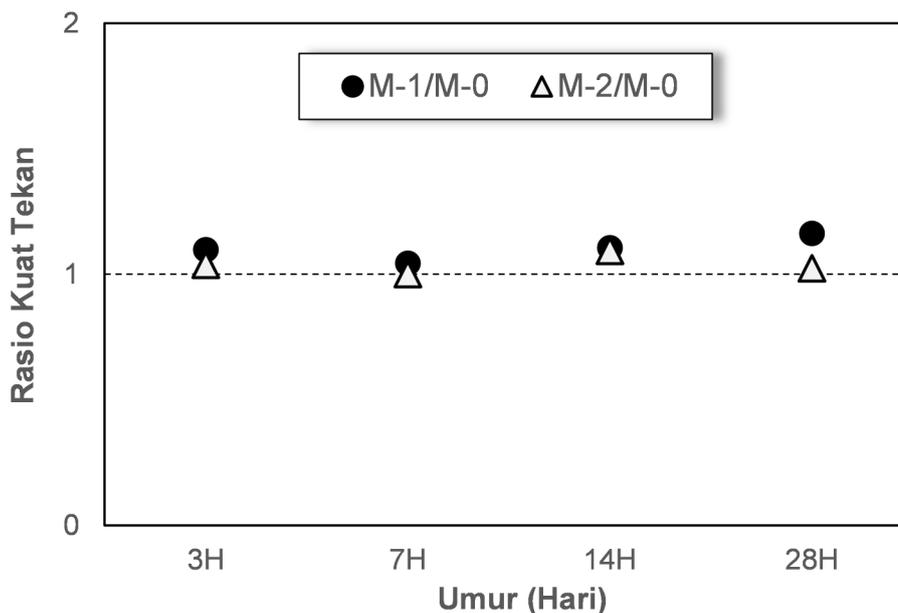
Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan mortar

Kode Sampel	f'm (N/mm ²)			
	3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
M-0	8,70	11,01	12,12	14,64
M-1	9,55	11,50	13,40	17,03
M-2	9,03	11,02	13,26	14,98

Gambar 1 memperlihatkan grafik perkembangan kuat tekan mortar air tawar dan mortar air payau. Hasil pengujian diperoleh bahwa kuat tekan mortar air tawar dan mortar air payau mengalami peningkatan seiring perkembangan umur perawatan. Kuat tekan mortar air payau kemarau M-1 pada umur 28 hari lebih tinggi dari kuat tekan mortar air tawar M-0 dan kuat tekan mortar air payau musim hujan M-2. Rasio kuat tekan mortar air payau terhadap kuat tekan mortar air tawar seluruh sampel mortar pada berbagai umur perawatan berada di atas garis persamaan (rasio > 1) sebagaimana ditunjukkan dalam **Gambar 2**. Hasil ini mengindikasikan bahwa air payau dapat memperbaiki kuat tekan mortar sampai pada umur 28 hari.



Gambar 1. Perkembangan kuat tekan mortar



Gambar 2. Rasio kuat tekan mortar

Evaluasi Potensi Korosi Besi Tulangan

Hasil analisis persentase jumlah klorida dari berat semen untuk 1 m³ beton dengan nilai fas rencana 0.45 dan kadar air bebas 190 kg/m³ pada berbagai sumber air payau diperlihatkan dalam **Tabel 8**. Persentasi klorida ini dihitung berdasarkan Pers. 1 dan Pers. 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan klorida baik dimusim kemarau maupun di musim hujan masih dibawah ambang batas klorida yang telah dipersyaratkan yakni maksimal 0.4% terhadap berat semen. Demikian, jika air payau digunakan sebagai air pencampur, maka dapat disimpulkan bahwa aman terhadap potensi korosi sebagaimana dijelaskan dalam **Tabel 5** di atas. Dengan kata lain, potensi korosi besi tulangan dalam beton yang menggunakan air payau sebagai air pencampur dapat diabaikan.

Tabel 8. Hasil analisis persentase klorida terhadap berat semen

Kondisi musim	Persentase jumlah klorida dari berat semen (%) fas 0.45				
	P1	P2	P3	P4	P5
Kemarau	0.04	0.11	0.11	0.02	0.25
Hujan	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Air payau memperbaiki kuat tekan mortar sampai pada umur 28 hari.
2. Air payau dimusim kemarau dan musim hujan aman terhadap potensi korosi besi tulangan. Demikian, potensi korosi besi tulangan dalam beton yang menggunakan air payau sebagai air pencampur dapat diabaikan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijaya, 2016, *Studi Karakteristik Mortar Yang Menggunakan Air Laut Sebagai Air Pencampur dan Air Perawatan*, Laporan Penelitian Rutin 2016, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Brown, R.D., 1980, *Mechanism of Corrosion of Steel in Concrete in Relation to Design, Inspection and Repair Offshore and Coastal Structures, Performance of Concrete in Marine Environment*, ACI SP 65, pp.169-204.
- Bureau of Indian Standards, Indian standard, 2000, *Plain and Reinforced Practice*, 4th revision, India.
- Japan Society of Civil Engineers, 2002, *Standard Specifications for Concrete Structures-2002: Material and Construction*, JSCE, Japan.
- Otsuki, Nobuaki. Dkk. 2011. *Possibility of Sea Water as Mixing Water in Concrete*”, 36th Conference on Our world in Concrete & Structures, Singapore.
- SNI 03-6825-2002 *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2834-1993 *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis utama ingin menyampaikan terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dan bantuan selama proses penelitian ini berlangsung, mulai proses seleksi proposal, pelaksanaan penelitian hingga proses perampungan laporan. Juga, ucapan terima kasih dan apresiasi kepada Institusi Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dana kepada peneliti, sehingga penelitian ini berjalan dengan baik dan sukses.