

**DAMPAK *MACROFOULING* TERHADAP KADAR SULFAT, KLORIDA,
DAN BIKARBONAT PADA SUBSTRAT BETON DI PERAIRAN
JEMBATAN SURAMADU SURABAYA**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains (S.Si) pada program studi Ilmu Kelautan



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh

**MAULIDYA NURCAHYA KINANTHI
NIM. 09040421054**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Maulidya Nurcahya Kinanthi

NIM : 09040421054

Program Studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2021

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penelitian skripsi saya yang berjudul "Dampak *Macrofouling* Terhadap Kadar Sulfat, Klorida, dan Bikarbonat Pada Substrat Beton di Perairan Jembatan Suramadu Surabaya". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 25 Mei 2025


Maulidya Nurcahya Kinanthi

1000
METERAL
TEMPEL
CEAMX347641335

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh:

Nama : Maulidya Nurcahya Kinanthi

NIM : 09040421054

Judul : Dampak *Macrofouling* Terhadap Kadar Sulfat, Klorida, dan Bikarbonat Pada Substrat Beton di Perairan Jembatan Suramadu Surabaya

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

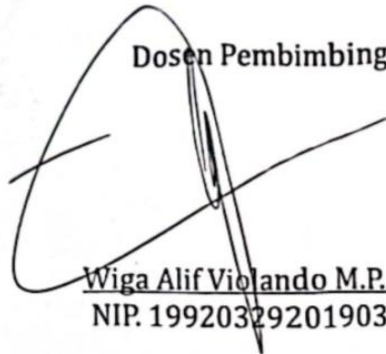
Surabaya, 25 Mei 2025

Dosen Pembimbing 1



Rizqi Abdi Perdanawati, M.T.
NIP. 19880926201432002

Dosen Pembimbing 2



Wiga Alif Violando M.P., M.Sc.
NIP. 199203292019031012

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Maulidya Nurcahya Kinanthi ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 17 Juni 2025

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I



Mauludiyah, M.T.
NIP. 198211172025212008

Penguji II



M. Yunan Fahmi, S.T., M.T.
NIP. 199007192023211021

Penguji III



Rizqi Abdi Perdanawati, M.T.
NIP. 19880926201432002

Penguji IV



Wiga Alif Volando M.P., M.Sc.
NIP. 199203292019031012

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya




Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd
NIP. 196507312000031002

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Maulidya Nurcahya Kinanthi
NIM : 09040421054
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Ilmu Kelautan
E-mail address : maw25.maudy@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Dampak *Macrofouling* Terhadap Kadar Sulfat, Klorida, dan Bikarbonat Pada Substrat Beton di

Perairan Jembatan Suramadu, Surabaya

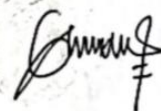
beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 25 Mei 2025

Penulis



(Maulidya Nurcahya Kinanthi)

ABSTRAK

Makrofouling merupakan biota laut yang menempel pada struktur beton di perairan laut, dan berpotensi menyebabkan kerusakan kimia maupun biologis pada beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak makrofouling terhadap kadar ion agresif berupa sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), dan bikarbonat (HCO_3^-) pada substrat beton geopolimer yang diletakkan di perairan Jembatan Suramadu Surabaya. Beton geopolimer berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm ditempatkan pada zona terendam pilar 22 Jembatan Suramadu, Surabaya selama lima bulan dengan pemantauan setiap 40 hari sekali. Pengamatan dilakukan terhadap dua model perlakuan beton yang terpapar langsung oleh makrofouling (*expose*) dan beton yang dilindungi dengan kain penutup (*cover*). Parameter kimia substrat beton uji dianalisis pada 3 lapisan (*layer*) 2 cm dari permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan makrofouling meningkatkan kadar bikarbonat dan klorida pada permukaan beton, serta menurunkan kadar sulfat akibat aktivitas bakteri pereduksi sulfat dan peningkatan kadar karbonat karena makrofouling mengonsumsi karbonat untuk biomineralisasi. Lingkungan mikro yang terbentuk akibat biofilm makrofouling turut mempercepat proses degradasi kimia pada beton yang menunjukkan bahwa makrofouling memiliki kontribusi terhadap percepatan pelapukan dan potensi korosi pada substrat beton di lingkungan laut, khususnya dalam infrastruktur pesisir seperti Jembatan Suramadu.

Kata Kunci: Beton Geopolimer, Bikarbonat, Jembatan Suramadu, Klorida, Makrofouling, Sulfat

UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

ABSTRACT

Macrofouling is macroscopic marine biota such as barnacles, molluscs, and bryozoans that adhere to concrete structures in seawater, and have the potential to cause chemical and biological damage to concrete. This study aims to analyze the impact of macrofouling on the levels of aggressive ions in the form of sulfate (SO_4^{2-}), chloride (Cl^-), and bicarbonate (HCO_3^-) on geopolymer concrete substrates placed in the waters of the Suramadu Bridge, Surabaya. Cylindrical geopolymer concrete with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm was placed in the submerged zone of pillar 22 of the Suramadu Bridge, Surabaya for five months with monitoring every 40 days. Observations were made on two treatment models concrete directly exposed to macrofouling (expose) and concrete protected with a cover cloth (cover). The chemical parameters of the test concrete substrate were analyzed in 3 layers (layers) 2 cm from the surface. The results of the study showed that the presence of macrofouling increased the levels of bicarbonate and chloride on the concrete surface, and decreased sulfate levels due to the activity of sulfate-reducing bacteria and increased carbonate levels because macrofouling consumed carbonate for biomineralization. The microenvironment formed by macrofouling biofilms also accelerated the chemical degradation process in concrete, indicating that macrofouling contributes to the acceleration of weathering and corrosion potential in concrete substrates in marine environments, especially in coastal infrastructure such as the Suramadu Bridge.

Keywords: Bicarbonate, Chloride, Geopolymer Concrete, Macrofouling, Sulfate, Suramadu Bridge

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR DIAGRAM	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Beton	6
2.2. Biofouling.....	7
2.3. <i>Macrofouling</i>	8
2.4. Parameter Perairan	10
2.4.1. Derajat Keasaman (pH)	10
2.4.2. Salinitas	10
2.4.3. Suhu	10
2.5. Lingkungan Agresif.....	11
2.5.1. Sulfat.....	12
2.5.2. Klorida	12
2.5.3. Karbonat Bikarbonat	13

2.6. Kerusakan Pada Substrat Beton.....	15
2.7. Penelitian Terdahulu	16
BAB III	21
METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	21
3.2. Penentuan Lokasi Penelitian	22
3.3. Alat dan Bahan	23
3.4. Alur Penelitian.....	24
3.5. Perlakuan Sampel Beton	25
3.5.1. Pembuatan Material Uji	25
3.5.2. Pelapisan (<i>Coating</i>) Beton	27
3.5.3. Persiapan Uji Sampel Beton.....	28
3.6. Perlakuan Sampel Perairan.....	29
3.6.1. Pengambilan Sampel Air Laut.....	29
3.6.2. Penyaringan Sampel Air Laut.....	29
3.7. Pengukuran Parameter Perairan dan Substrat Beton Uji.....	30
3.7.1. Derajat Keasaman (pH).....	30
3.7.2. Suhu.....	31
3.7.3. Salinitas	31
3.7.4. Sulfat	32
3.7.5. Klorida.....	34
3.7.6. Karbonat Bikarbonat.....	35
3.8. Analisa Data.....	38
3.8.1. Perhitungan Kadar Sulfat.....	38
3.8.2. Perhitungan Kadar Klorida	38
3.8.3. Perhitungan Kadar Karbonat dan Bikarbonat	39
3.8.4. Presentasi Tutupan Macrofouling.....	39
BAB IV.....	40
HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1. Parameter Fisika-Kimia Perairan.....	40
4.1.1. Suhu.....	40

4.1.2.	pH (Derajat Keasaman).....	41
4.1.3.	Salinitas.....	41
4.1.4.	Sulfat	42
4.1.5.	Klorida.....	43
4.1.6.	Karbonat Bikarbonat.....	44
4.2.	Parameter Kimia pada Substrat Beton	46
4.2.1.	Sulfat	46
4.2.2.	Klorida.....	48
4.2.3.	Karbonat Bikarbonat.....	50
4.3.	Dampak <i>Macrofouling</i> pada Beton.....	60
4.4.	Dampak <i>Macrofouling</i> Terhadap Kadar Ion Agresif pada Beton..	63
4.4.1.	Sulfat	65
4.4.2.	Klorida.....	67
4.4.3.	Karbonat Bikarbonat.....	68
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN.....		78

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Uji Karbonasi Beton	14
Gambar 2. 2 Skema kerusakan beton akibat air laut	15
Gambar 3. 1 Jembatan Suramadu Surabaya.....	21
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian.....	22
Gambar 3. 3 Beton Geopolimer	26
Gambar 3. 4 Coating Beton.....	27
Gambar 3. 5 Variasi Beton Cover	28
Gambar 3. 6 Filtrasi sampel air laut.....	30
Gambar 3. 7 Pengukuran pH.....	31
Gambar 3. 8 Pengukuran suhu	31
Gambar 3. 9 Pengukuran salinitas	32
Gambar 3. 10 Warna untuk penentuan nilai pH	37
Gambar 4. 1 Parameter Suhu Perairan (°C)	40
Gambar 4. 2 Parameter pH Perairan.....	41
Gambar 4. 3 Parameter Salinitas Perairan (ppt).....	42
Gambar 4. 4 Kadar Sulfat pada Perairan (ppm)	43
Gambar 4. 5 Kadar Klorida pada Perairan (ppm)	44
Gambar 4. 6 Kadar Karbonat pada Perairan (ppm)	45
Gambar 4. 7 Kadar Bikarbonat pada Perairan (ppm)	45
Gambar 4. 8 Perbandingan Kadar Sulfat Variasi Beton Cover dan Expose .	46
Gambar 4. 9 Perbandingan Kadar Klorida Variasi Beton Cover dan Expose	48
Gambar 4. 10 Perbandingan Kadar Karbonat Variasi Beton Cover dan Expose	51
Gambar 4. 11 Perbandingan Kadar Bikarbonat Variasi Beton Cover dan Expose	54
Gambar 4. 12 Presentase Tutupan Macrofouling pada Beton.....	60
Gambar 4. 13 Macrofouling pada Permukaan Beton. a)Spirobranchus triqueter ; b)Amphibalanus amphitrite ; c)Einhornia crustulenta.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu: Jurnal 1.....	17
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu: Jurnal 2.....	18
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu: Jurnal 3.....	20
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Peletakan Beton	23
Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Sampling.....	23
Tabel 3. 3 Perencanaan mix design.....	26
Tabel 4. 1 Kadar Sulfat pada Variasi Beton Cover (mg/L)	47
Tabel 4. 2 Kadar Sulfat pada Variasi Beton Expose (mg/L)	47
Tabel 4. 3 Kadar Klorida pada Variasi Beton Cover (mg/L)	49
Tabel 4. 4 Kadar Klorida pada Variasi Beton Expose (mg/L)	49
Tabel 4. 5 Kadar Karbonat pada Variasi Beton Cover (mg/L)	51
Tabel 4. 6 Kadar Karbonat pada Variasi Beton Expose (mg/L)	51
Tabel 4. 7 Kadar Bikarbonat pada Variasi Beton Cover (mg/L)	52
Tabel 4. 8 Kadar Bikarbonat pada Variasi Beton Expose (mg/L)	53
Tabel 4. 9 Hasil Uji Karbonasi pada Beton	55
Tabel 4. 10 Presentase Tutupan Macrofouling pada Beton	61

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 3. 1 Alur Penelitian.....	24
-----------------------------------	----



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, Nurmaidah, & Amsuardiman. (2017). Analisa Kenaikan Volume dan Kuat Tekan pada Campuran Beton Non Pasir dengan Penambahan Baking Powder Analysis of Volume and Strong Increase Press on Non-Sand Concrete Mixture with Addition of Baking Powder. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 1(1), 2017. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>
- Ahmad, S. B. (2018). Investigasi Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampuran Dan Perawatan Terhadap Sifat Beton. *Jurnal INTEK*, 5(1).
- Al-Kautsar, W., Perdanawati, R. A., & Noverma. (2020). Laju penempelan macrofouling pada tiang pancang jembatan Suramadu (The attachment rate of macrofouling on the poles of Suramadu bridge). *JURNALILMUKELAUTANKEPULAUAN*, 3(2), 211–221. <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/kelautan>
- Asni, N., Saleh, E. D., Arifin, D. T., Lusini, Y., & Setiawan, D. A. (2022). Verifikasi Metode Penetapan Kadar Sulfat (SO₄²⁻) Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(12). <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v7i12.11586>
- Atlanta, V., Ambarwati, R., & Nova, M. (2022). Diversity of Bivalvia in Estuarine of Suramadu Bridge of Surabaya. *Jurnal Moluska Indonesia*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.54115/jmi.v6i1.52>
- Banchhor, S., Sahu, T. K., Meshram, K., Mishra, U., & Imam, A. (2025). Effect of dolomite & glass fiber on properties of self-healing concrete. *Cleaner Waste Systems*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100204>
- Bui, H., Delattre, F., & Levacher, D. (2023). Experimental Methods to Evaluate the Carbonation Degree in Concrete—State of the Art Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app13042533>
- Chang, Y. S., Munro, C. J., Fortunato, L., AlAli, A., Marciulescu, C., Harvey, S. L., Vrouwenvelder, J., Arafat, H., & Dumée, L. F. (2024). Macrofouling remediation strategies for water intakes of desalination and other industrial plants – A review. In

Desalination (Vol. 590). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.117987>

Ellen, S., Susanne, Q., & Lena, K. (2025). Natural recovery of *Fucus vesiculosus* after reduction of the nutrient load to a coastal Baltic Sea area, Sweden. *Regional Studies in Marine Science*, 81.
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103974>

Evseeva, O. Y., Ishkulova, T. G., & Dvoretzky, A. G. (2022). Environmental Drivers of an Intertidal Bryozoan Community in the Barents Sea: A Case Study. *Animals*, 12(5).
<https://doi.org/10.3390/ani12050552>

Gaylarde, C. C., & Ortega-Morales, B. O. (2023). Biodeterioration and Chemical Corrosion of Concrete in the Marine Environment: Too Complex for Prediction. In *Microorganisms* (Vol. 11, Issue 10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/microorganisms11102438>

Gizer, G., Önal, U., Ram, M., & Sahiner, N. (2023). Biofouling and Mitigation Methods: A Review. In *Biointerface Research in Applied Chemistry* (Vol. 13, Issue 2). AMG Transcend Association.
<https://doi.org/10.33263/BRIAC132.185>

Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Study of Seawater Quality and Pollution Index Based on Physical-Chemical Parameters in the Waters of the Depapre District, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43.
<https://doi.org/10.14710/jil.16.135-43>

Hayek, M., Salgues, M., Souche, J. C., Cunge, E., Giraudel, C., & Paireau, O. (2021). Influence of the intrinsic characteristics of cementitious materials on biofouling in the marine environment. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su13052625>

Hulimka, J., & Kałuza, M. (2020). Basic chemical tests of concrete during the assessment of structure suitability-discussion on selected industrial structures. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(1).
<https://doi.org/10.3390/app10010358>

Ikomudin, R. A., Herbudiman, B., & Irawan, R. R. (2016). Ketahanan Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash terhadap Sulfat dan Klorida. *Reka Racana*, 2(4).

- Inam, I., Nasiry, M. K., Sediqmal, M., Wahdat, M. N., & Momand, I. (2021). A Study on the Carbonation Rate of Concrete Exposed in Different Climatic Conditions. *Australian Journal of Engineering and Innovative Technology*, 3(6), 128–136. <https://doi.org/10.34104/ajeit.021.01280136>
- Indriastoni, R. N., & Kustini, I. (2014). INTRUSI AIR LAUT TERHADAP KUALITAS AIR TANAH DANGKAL DI KOTA SURABAYA. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3).
- Indriyanto, L. A., Saputra, A., & Sulisty, D. D. (2020). PENGARUH AIR LAUT PADA MASA PERAWATAN TERHADAP INFILTRASI ION KLOORIDA PADA BETON DENGAN PENAMBAHAN FLY ASH 12,5%. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret*, 3(2), 61–67.
- Khirunnisa, S., Rifqi, M. G., & Amin, D. M. S. (2019). KAJIAN KUAT TEKAN BETON DI LINGKUNGAN LAUT TROPIS BANYUWANGI. *POTENSI: Jurnal Sipil Politeknik*, 21(2).
- La Russa, M. F., & Ruffolo, S. A. (2021). Mortars and plasters - How to characterize mortar and plaster degradation. In *Archaeological and Anthropological Sciences* (Vol. 13, Issue 10). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01405-1>
- Liang, C., Strickland, J., Ye, Z., Wu, W., Hu, B., & Rittschof, D. (2019). Biochemistry of Barnacle Adhesion: An Updated Review. In *Frontiers in Marine Science* (Vol. 6). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00565>
- Liu, J., Tang, K., Pan, D., Lei, Z., Wang, W., & Xing, F. (2014). Surface chloride concentration of concrete under shallow immersion conditions. *Materials*, 6(9), 6620–6631. <https://doi.org/10.3390/ma7096620>
- Nikitasari, A., Fadillah, B., Oediyani, S., & Mabururi, E. (2016). POLARISASI POTENSIDINAMIK BAJA BETON DI DALAM LARUTAN SIMULASI YANG TERKONTAMINASI AIR LAUT DAN KARBONAT. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 17(4), 165–171.
- P, F. E. G., & Tanzil, G. (2013). PENGARUH SULFAT TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN VARIASI BUBUK KACA SUBSTITUSI

SEBAGIAN PASIR DENGAN w/c 0,60 DAN 0,65. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1).

- Perdanawati, R. A., Risdanareni, P., Setiamarga, D. H. E., & Ekaputri, J. J. (2025). The Effect of Biofouling on Cement based Concrete Substrate: Insights from Microfouling and Macrofouling Growth. *BIO Web of Conferences*, 157. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202515706001>
- Rahayu, A., Andi mustari, A. pramutadi, & Amir, B. (2023). Analisis Image Processing pada Prasasti Teroksidasi Ayam Téas I. *PURBAWIDYA: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Arkeologi*, 12(2), 206–215. <https://doi.org/10.55981/purbawidya.2023.741>
- Rombe, K. H., Rosalina, D., Jusliana, Surachmat, A., Arafat, Y., Hawati, Roin Najih, M., Amiluddin, M., Rahman, A., & Hermawan, R. (2023). KEPADATAN DAN KEANEKARAGAMAN ANIMAL FOULING PADA DERMAGA BETON DI PULAU HARAPAN, BALAI TAMAN NASIONAL KEPULAUAN SERIBU DENSITY AND DIVERSITY OF ANIMAL FOULING AT THE CONCRETE PIER ON PULAU HARAPAN, SERIBU ISLAND. *Jurnal Kelautan*, 16(3). <https://doi.org/10.21107/jk.v16i3.21201>
- Rusdi, M., Amprin, A., & Kahar, K. (2021). Variasi Temperatur Dan Waktu Destilasi terhadap Sifat Fisik, Kimia, dan Rendemen Air Laut Menggunakan Pemanas Elektrik. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(2), 201–214. <https://doi.org/10.36084/jpt.v9i2.332>
- Setiawati, M. (2018). FLY ASH SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN PADA BETON. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 17.
- SNI 6989.19. (2009). Standar Nasional Indonesia Air dan air limbah- Bagian 19: Cara uji klorida (Cl-) dengan metode argentometri. *Badan Standardisasi Nasional*.
- Sudarno, Y., Hanafiah, A. S., & Sembiring, D. M. (2018). Uji Potensi Isolat Bakteri Pereduksi Sulfat (BPS) Terhadap Perubahan Kemasaman Tanah Sulfat Masam dan Pertumbuhan Tanaman Jagung dengan Kondisi Air Tanah Berbeda di Rumah Kaca. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 6(3), 515–525.

- Sun, D., Cao, Z., Huang, C., Wu, K., De Schutter, G., & Zhang, L. (2022). Degradation of concrete in marine environment under coupled chloride and sulfate attack: A numerical and experimental study. *Case Studies in Construction Materials*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01218>
- Supwatul Hakim, M., Hermayantiningsih, D., Riana Dewi, S., Ayu Andhita, N., & Jhonatan Krissilvio, E. (2023). Analysis of Acidity and Alkalinity Levels in Primary Drainage Canal IV Bukit Keminting, Palangka Raya, Central Kalimantan. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 8(1), 57–66.
- Torres-Luque, M., Bastidas-Arteaga, E., Schoefs, F., Sánchez-Silva, M., & Osmá, J. F. (2014). Non-destructive methods for measuring chloride ingress into concrete: State-of-the-art and future challenges. In *Construction and Building Materials* (Vol. 68, pp. 68–81). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.009>
- Tropis, J. P., Nasution, M. A., & Mudzni, A. (2016). KEPADATAN DAN SEBARAN TERITIP (*Amphibalanus* spp.) DI PELABUHAN KOTA DUMAI BARNACLE (*Amphibalanus* spp.) DENSITY AND DISTRIBUTION IN THE PORT OF DUMAI. *Jurnal Perikanan Tropis*, 3(1). <http://utu.ac.id/index.php/jurnal.html>
- Tuwongkesong, H., Mandagi, S. V., & Schadu, J. N. (2018). Kajian ekologis ekosistem mangrove untuk ekowisata di Bahowo kota Manado. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(2), 177–183. <https://doi.org/10.22146/mgi>
- Wang, Y., Wang, J., & Pan, F. (2024). Enhancing surface protection of Mg alloy concrete formwork: Magnesium carbonate-based coatings under varied pH conditions via ultrasonic-cavitated chemical conversion. *Journal of Materials Research and Technology*, 31, 2517–2530. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.06.220>
- Wibowo, Safitri, E., & Deni, D. P. (2020). KARBONASI PADA BETON MUTU TINGGI MEMADAT MANDIRI DENGAN VARIASI KOMPOSISI METAKAOLIN. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 4(1).
- Wong, P. Y., Mal, J., Sandak, A., Luo, L., Jian, J., & Pradhan, N. (2024). Advances in microbial self-healing concrete: A critical review of

mechanisms, developments, and future directions. In *Science of the Total Environment* (Vol. 947). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174553>

Zhao, C., Li, Z., Peng, S., Liu, J., Wu, Q., & Xu, X. (2024). State-of-the-art review of geopolymer concrete carbonation: From impact analysis to model establishment. *Case Studies in Construction Materials*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03124>



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A