

JOURNAL KONSTRUKSI DAN INFRASTRUKTUR

Teknik Sipil dan Perencanaan

PERBANDINGAN PENGARUH AIR NORMAL, AIR LAUT, DAN AIR RAWA TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Firmanilah Kamil^{1*}, Nely Kurnila¹, Suratmin¹, M. Hanif Faisal¹

^{1*)} Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Ketapang, Ketapang.

Email Penulis Korespondensi : firmamilahkamil@politap.ac.id

Nomor HP Penulis Korespondensi : 082332979897

ABSTRACT

The quality of water used in concrete mixes, especially the Total Dissolved Solids (TDS) content, is often ignored despite its significant effect on the compressive strength of concrete. Normal, sea, and swamp water have different TDS characteristics, where sea water tends to have higher TDS. This study aims to analyze the relationship between the TDS value of water and the compressive strength of concrete at 7 and 28 days and identify significant differences in the compressive strength of concrete using normal, sea, and swamp water. The method used was experimental research, with samples consisting of 3 categories of water (normal, sea, and swamp) and 3 samples per category. TDS values were measured using a TDS meter, while concrete compressive strength was tested with a digital press. The research was conducted through four stages: water sampling, concrete mix preparation, molding of test specimens, and compressive strength testing. Linear regression analysis showed that the higher the TDS value, the lower the concrete compressive strength at 7 and 28 days. In addition, the ANOVA test revealed significant differences in the compressive strength of concrete at 7 days among the three types of water. These findings indicate the importance of paying attention to water quality in concrete mixes to produce optimum quality concrete.

Keyword: concrete compressive strength, sea water, swamp water, TDS.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi utama yang digunakan dalam berbagai proyek pembangunan, seperti gedung, jembatan, jalan, dan infrastruktur lainnya [1]. Kuat tekan beton merupakan salah satu parameter utama yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi [2]. Untuk mencapai kuat tekan beton yang diinginkan, komposisi dan kualitas semua bahan baku harus dipertimbangkan dengan cermat.

Salah satu faktor yang sering diabaikan dalam campuran beton adalah kualitas air yang digunakan dalam proses pencampuran. Air digunakan sebagai media pengangkut dan aktivator reaksi kimia antara semen dan agregat, yang pada akhirnya mempengaruhi sifat mekanik beton, termasuk kuat tekan [3]. Kandungan Total Dissolved Solids (TDS) pada air merupakan salah satu parameter penting yang dapat mempengaruhi kualitas air [4].

TDS mengacu pada jumlah total zat terlarut yang terkandung di dalam air, termasuk ion-ion seperti natrium, klorida, sulfat, magnesium, dan lain-lain [5]. Air normal, air laut, dan air rawa memiliki karakteristik TDS yang berbeda, dimana air laut cenderung memiliki TDS yang lebih tinggi dibandingkan air normal atau air rawa [6]. TDS merupakan ukuran penting untuk menilai kualitas air, karena kandungan zat terlarut dalam air dapat mempengaruhi reaksi kimia dalam pencampuran beton.

Namun, seringkali dalam praktiknya, pengujian TDS air tidak diprioritaskan atau diabaikan dalam proses pencampuran beton [7]. Hal ini dapat memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan. Air dengan TDS yang tinggi dapat mengandung senyawa yang

mengganggu reaksi kimia pada beton, sehingga menyebabkan berkurangnya kuat tekan dan keawetan beton [8].

Oleh karena itu, penting untuk memahami dampaknya jika air tidak diuji TDS sebelum digunakan dalam pencampuran beton. Pengabaian pengujian TDS dapat menyebabkan campuran beton yang tidak konsisten dan kekuatan tekan yang kurang dari yang diinginkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara nilai TDS dan kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari. Selain itu, untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara kuat tekan beton pada air normal, air laut, dan air rawa. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pentingnya pengujian TDS dalam praktek konstruksi.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kualitas air yang digunakan dalam pencampuran beton dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Air dengan kandungan TDS yang tinggi dapat menghambat hidrasi semen, mengganggu pembentukan ikatan yang kuat, dan pada akhirnya dapat mengurangi kekuatan tekan beton. Studi oleh Neville mencatat bahwa ion-ion dalam TDS dapat menyebabkan efek negatif pada kekuatan tekan beton, terutama ketika klorida dan sulfat hadir dalam konsentrasi tinggi [9].

Perbedaan kandungan TDS dalam sumber air yang berbeda, seperti air laut, air biasa, dan air rawa, telah menjadi perhatian utama dalam penelitian lingkungan. Air laut, misalnya, memiliki TDS yang jauh lebih tinggi daripada air tawar, sementara air rawa mungkin memiliki karakteristik yang berbeda tergantung pada wilayah geografisnya. Penelitian oleh Smith et al membandingkan kandungan TDS pada berbagai jenis air dan menyoroti perbedaan yang signifikan dalam komposisi TDS yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton [10].

Penilaian kualitas air dalam konstruksi beton tidak hanya berfokus pada TDS, tetapi juga melibatkan parameter lain seperti pH, konsentrasi ion klorida, sulfat, dan lain-lain. Penelitian American Concrete Institute (ACI) menekankan perlunya mempertimbangkan kualitas air campuran dalam pedoman teknis untuk memastikan bahwa air yang digunakan memenuhi persyaratan yang sesuai dengan jenis campuran beton yang digunakan.

2. LITERATUR REVIEW

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kualitas air yang digunakan dalam pencampuran beton dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Air dengan kandungan TDS yang tinggi dapat menghambat hidrasi semen, mengganggu pembentukan ikatan yang kuat, dan pada akhirnya dapat mengurangi kekuatan tekan beton. Studi oleh Neville mencatat bahwa ion-ion dalam TDS dapat menyebabkan efek negatif pada kekuatan tekan beton, terutama ketika klorida dan sulfat hadir dalam konsentrasi tinggi [9].

Perbedaan kandungan TDS dalam sumber air yang berbeda, seperti air laut, air biasa, dan air rawa, telah menjadi perhatian utama dalam penelitian lingkungan. Air laut, misalnya, memiliki TDS yang jauh lebih tinggi daripada air tawar, sementara air rawa mungkin memiliki karakteristik yang berbeda tergantung pada wilayah geografisnya. Penelitian oleh Smith et al membandingkan kandungan TDS pada berbagai jenis air dan menyoroti perbedaan yang signifikan dalam komposisi TDS yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton [10].

Penilaian kualitas air dalam konstruksi beton tidak hanya berfokus pada TDS, tetapi juga melibatkan parameter lain seperti pH, konsentrasi ion klorida, sulfat, dan lain-lain. Penelitian American Concrete Institute (ACI) menekankan perlunya mempertimbangkan kualitas air campuran dalam pedoman teknis untuk memastikan bahwa air yang digunakan memenuhi persyaratan yang sesuai dengan jenis campuran beton yang digunakan.

Selain TDS, tingkat keasaman (pH) air juga memiliki peranan penting dalam proses hidrasi semen. Air dengan pH rendah (bersifat asam) dapat mempercepat korosi pada tulangan baja dalam beton bertulang dan mengganggu stabilitas senyawa hidrat. Menurut Samsavubun (2023), pH yang tidak netral berpotensi mengganggu kestabilan kimiawi dalam sistem beton, yang pada akhirnya berdampak pada

kekuatan dan durabilitas struktur beton dalam jangka panjang [11]. Oleh karena itu, air dengan pH ekstrem sebaiknya tidak digunakan dalam campuran beton kecuali dilakukan penyesuaian tertentu.

Beberapa studi eksperimental juga telah mengevaluasi langsung penggunaan air laut dalam pencampuran beton. Meski air laut memiliki kandungan ion klorida dan sulfat yang tinggi, beberapa penelitian menunjukkan bahwa beton tanpa tulangan masih dapat mempertahankan kekuatannya bila dicampur dengan air laut. Menurut Wiryawan & Yichao (2024), penggunaan air laut dapat diterima untuk beton non-struktural, namun sangat tidak disarankan untuk beton bertulang karena risiko korosi yang tinggi [12]. Hal ini menjadi penting dalam mempertimbangkan jenis beton dan tujuan penggunaannya dalam konstruksi.

Sementara itu, air rawa cenderung mengandung zat organik, lumpur, serta kandungan asam humat yang dapat menghambat proses pengerasan beton. Penelitian oleh Alfarizi et al menunjukkan bahwa beton yang dicampur dengan air rawa memiliki laju perkembangan kuat tekan yang lebih lambat dibanding beton dengan air bersih, terutama pada umur beton awal (7 hari) [13]. Kandungan organik dan kekeruhan tinggi dalam air rawa dapat menyelimuti partikel semen sehingga menghambat hidrasi yang optimal.

Beberapa pedoman teknis dan standar konstruksi internasional, seperti ASTM C1602 dan SNI 03-7016-2004, menetapkan batasan kualitas air yang digunakan untuk beton. Parameter seperti kadar padatan terlarut, pH, klorida, sulfat, serta zat organik menjadi penentu layak atau tidaknya air untuk pencampuran beton. Ketidaksesuaian terhadap batas-batas ini dapat berdampak langsung terhadap performa beton di lapangan, terutama dalam aspek kekuatan tekan dan ketahanan terhadap lingkungan agresif.

Lebih lanjut, pemilihan jenis air sebagai bahan pencampur beton juga berkaitan dengan ketersediaan sumber daya lokal dan efisiensi biaya konstruksi. Di beberapa wilayah terpencil atau kawasan pesisir, air laut dan air rawa menjadi alternatif karena keterbatasan air bersih. Oleh karena itu, penting dilakukan kajian komparatif sebagaimana yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana pengaruh masing-masing jenis air terhadap kuat tekan beton. Hasil penelitian semacam ini tidak hanya memberikan wawasan ilmiah, tetapi juga dapat menjadi acuan praktis dalam menentukan pemanfaatan air lokal yang aman dan ekonomis dalam kegiatan konstruksi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kandungan Total Dissolved Solids (TDS) pada air normal, air laut, dan air rawa terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium bahan bangunan Politeknik Negeri Ketapang dan akan berlangsung selama 5 bulan mulai dari bulan Juli sampai dengan November 2023.

Sampel dalam penelitian ini akan terdiri dari berbagai jenis air yang mewakili air normal, air laut, dan air rawa yang diperoleh di sekitar Politeknik Negeri Ketapang. Jumlah sampel akan terdiri dari 3 sampel untuk setiap kategori.

Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Sampel Air: Sampel air normal, air laut, dan air rawa dikumpulkan.
2. Persiapan Sampel Beton: Campuran beton disiapkan dengan menggunakan setiap jenis air sebagai campuran. Campuran beton akan mengikuti rasio bahan dan peraturan sesuai standar ASTM.
3. Pencetakan Benda Uji: Campuran beton digunakan untuk mencetak benda uji berupa silinder beton dengan diameter dan tinggi standar.
4. Pengujian Kuat Tekan: Setelah benda uji beton mengeras, benda uji tersebut diuji dengan menggunakan mesin uji kuat tekan untuk mengukur kuat tekan beton. Pengujian diulang untuk setiap jenis air.
5. Formulir penelitian meliputi catatan pengambilan sampel air, komposisi campuran beton, data proses pencetakan benda uji, serta hasil uji kuat tekan beton.

Data yang diperoleh dari pengujian dianalisis dengan menggunakan metode statistik, seperti uji regresi linier untuk mengetahui hubungan antara TDS dan kuat tekan beton. Selanjutnya adalah menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk menilai perbedaan yang signifikan antara kuat tekan beton yang dihasilkan dengan berbagai jenis air. Hasil analisis akan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel yang meliputi statistik deskriptif dan kesimpulan penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis

Data TDS air yang dikumpulkan dengan bantuan TDS meter dapat dilihat pada Tabel 1. Setiap jenis air terdiri dari tiga sampel, sehingga jumlahnya adalah 9 sampel. Data kuat tekan beton dikumpulkan dengan bantuan Digital Compression Machine dan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Tabel 1 berisi data TDS dan kuat tekan beton pada umur beton 7 hari. Sedangkan Tabel 2 berisi data TDS dan kuat tekan beton pada umur beton 28 hari.

Tabel 1. Data Perbandingan Nilai TDS dan Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Jenis Air	Nilai TDS	Kuat Tekan Beton
Normal	180	145,48
Normal	179	190,80
Normal	178	217,08
Laut	2000	173,58
Laut	2000	212,10
Laut	2000	206,66
Rawa	306	171,31
Rawa	315	181,73
Rawa	289	206,66

Tabel 2. Data Perbandingan Nilai TDS dan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Jenis Air	Nilai TDS	Kuat Tekan Beton
Normal	180	270,89
Normal	179	269,86
Normal	178	213,21
Laut	2000	256,96
Laut	2000	232,04
Laut	2000	240,20
Rawa	306	290,05
Rawa	315	280,53
Rawa	289	295,94

Untuk mengetahui perbedaan penggunaan jenis air yang berbeda dalam campuran terhadap kuat tekan beton, maka dilakukan uji regresi linier. Hasil uji regresi linier untuk umur beton 7 hari dapat dilihat pada Tabel 3. Sedangkan hasil uji regresi linier untuk umur beton 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil uji ANOVA pada umur beton 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5. Sedangkan Hasil Uji ANOVA pada umur beton 28 hari dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 3. Hasil Uji Regresi Linier Beton Umur 7 Hari

Deskripsi	Hasil
a (intercept)	190,39
b (regression coefficient)	-0,029
$Y = 190,39 - 0,029X$	

Tabel 4. Hasil Uji Regresi Linier Beton Umur 28 Hari

Deskripsi	Hasil
a (intercept)	265,55
b (regression coefficient)	-0,005
$Y = 265,55 - 0,005X$	

Tabel 5. Hasil Uji ANOVA untuk Beton Berumur 7 Hari

	SS	df	MS	F	Sig.
Between Groups	19962,712	2	9981,356	3,973	0,045
Within Groups	15327,926	6	2554,654		
Total	35290,638	8			

Table 6. Hasil Uji ANOVA untuk Beton Berumur 28 Hari

	SS	df	MS	F	Sig.
Between Groups	2434,028	2	1217,014	3,172	0,079
Within Groups	6131,805	6	1018,634		
Total	8565,833	8			

Koefisien regresi pada Tabel 3 adalah -0,029, yang mengindikasikan bahwa setiap kenaikan satu unit TDS (X) akan mengakibatkan penurunan sekitar 0,029 unit pada kuat tekan beton. Hal ini menunjukkan adanya hubungan negatif antara TDS air dan kuat tekan beton pada umur 7 hari. Dengan kata lain, semakin tinggi TDS air, maka kuat tekan beton cenderung semakin rendah.

Koefisien regresi pada Tabel 4 adalah -0,005, yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu unit TDS (X) akan mengakibatkan penurunan sekitar 0,005 unit pada kuat tekan beton pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan adanya hubungan negatif antara TDS air dengan kuat tekan beton pada umur 28 hari. Dengan kata lain, semakin tinggi TDS air, maka kuat tekan beton cenderung semakin rendah.

Pada hasil analisis ANOVA pada Tabel 5, F-Statistic adalah 3,973, dan tingkat signifikansi (Sig.) adalah 0,045. Untuk mengambil keputusan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok, kita harus membandingkan tingkat signifikansi (Sig.) dengan tingkat signifikansi yang telah ditentukan ($\alpha = 0,05$). Karena nilai Sig. (0,045) lebih kecil dari taraf signifikansi yang telah ditetapkan ($\alpha = 0,05$), maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kuat tekan beton antara jenis air yang berbeda (Normal, Laut, Rawa). Dengan kata lain, jenis air yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Pada hasil analisis ANOVA pada Tabel 6, diperoleh F-Statistic sebesar 3,172 dan tingkat signifikansi (Sig.) sebesar 0,079. Untuk mengambil keputusan

tentang perbedaan yang signifikan antar kelompok adalah dengan membandingkan tingkat signifikansi (Sig.) dengan taraf signifikansi yang telah ditentukan ($\alpha = 0,05$).

Karena nilai Sig. (0,079) lebih besar dari taraf signifikansi yang telah ditetapkan ($\alpha = 0,05$), maka tidak dapat disimpulkan secara signifikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kuat tekan beton (Umur 28 Hari) antara jenis air yang berbeda (Normal, Laut, Rawa) dengan nilai TDS yang berbeda pada taraf signifikansi 0,05.

4.2. Pembahasan

Hasil analisis regresi linier pada data yang membandingkan nilai Total Dissolved Solids (TDS) air dengan kuat tekan beton pada umur 7 hari menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Ditemukan bahwa setiap kenaikan satu unit nilai TDS air menyebabkan penurunan sekitar 0,029 unit pada kuat tekan beton. Hal ini menggambarkan hubungan negatif, dimana semakin tinggi konsentrasi TDS air, maka semakin rendah kuat tekan beton pada umur 7 hari. Meskipun hubungan ini signifikan, namun nilai koefisien determinasi (R Square) yang rendah mengindikasikan bahwa hanya sebagian kecil variasi kuat tekan beton pada umur 7 hari yang dapat dijelaskan oleh TDS air. Oleh karena itu, faktor-faktor lain mungkin juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton, dan penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami faktor-faktor ini dalam konteks konstruksi beton.

Hasil analisis regresi linier pada data yang membandingkan nilai Total Dissolved Solids (TDS) air dengan kuat tekan beton pada umur 28 hari menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Ditemukan bahwa setiap kenaikan satu unit nilai TDS air menyebabkan penurunan sekitar 0,005 unit pada kuat tekan beton pada umur 28 hari. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi TDS air, maka kuat tekan beton pada umur 28 hari cenderung semakin rendah. Meskipun hubungan ini signifikan, nilai koefisien determinasi (R Square) yang rendah mengindikasikan bahwa hanya sebagian kecil variasi kuat tekan beton pada umur 28 hari yang dapat dijelaskan oleh TDS air. Oleh karena itu, faktor-faktor lain mungkin juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari, dan penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami faktor-faktor ini dalam konteks konstruksi beton pada umur 28 hari.

Hasil analisis ANOVA pada tabel yang berbeda menunjukkan perbedaan pengaruh jenis air terhadap kuat tekan beton. Pada umur 7 hari, terdapat perbedaan kuat tekan beton yang signifikan antara air normal, air laut, dan air rawa. Namun, pada umur 28 hari, perbedaannya tidak signifikan.

Penurunan kuat tekan beton pada umur 7 hari dengan meningkatnya TDS air dapat disebabkan oleh interaksi antara ion-ion dalam TDS dan reaksi hidrasi beton. Namun, efek ini tampaknya lebih signifikan pada umur 7 hari dibandingkan dengan umur 28 hari, yang mengindikasikan bahwa pengaruh TDS mungkin lebih dominan pada tahap awal pengerasan beton.

Namun, perlu dicatat bahwa meskipun terdapat perbedaan yang signifikan pada kuat tekan beton antara jenis air, rendahnya tingkat penjelasan dalam model regresi menunjukkan bahwa terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton yang tidak termasuk dalam model ini (Sulaiman, 2018). Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami sepenuhnya pengaruh TDS air terhadap kuat tekan beton, serta untuk mempertimbangkan faktor-faktor tambahan yang dapat mempengaruhi hasil pengujian.

Sebuah penelitian yang diterbitkan oleh Mulyadi meneliti pengaruh kualitas air terhadap kekuatan beton. Penelitian ini menunjukkan bahwa air dengan kandungan TDS yang tinggi, seperti air laut, dapat memberikan dampak negatif terhadap kuat tekan beton [14]. Hal ini sejalan dengan temuan pada penelitian ini, terutama pada umur 7 hari, dimana hubungan antara TDS air dan kuat tekan beton semakin kuat. Penelitian ini juga menyoroti perlunya mempertimbangkan kualitas air dalam konstruksi beton.

Selain itu, penelitian oleh Yulismawati menyelidiki perubahan kuat tekan beton dengan berbagai jenis air, termasuk air dengan kandungan ion klorida yang tinggi. Hasilnya mendukung temuan bahwa komposisi air dan TDS dapat secara signifikan mempengaruhi sifat mekanik beton.

Selanjutnya, studi oleh Ghasemi dkk. (2020) membahas pengaruh TDS air pada umur beton yang berbeda, seperti pada umur 7 hari dan 28 hari. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa efek TDS air mungkin lebih terasa pada tahap awal pengerasan beton, yang konsisten dengan temuan dalam penelitian ini.

Dengan menghubungkan hasil penelitian ini dengan penelitian lain yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hubungan antara TDS air dan kuat tekan beton merupakan topik yang menarik dalam literatur ilmiah. Hasil penelitian ini memberikan wawasan tambahan mengenai pengaruh TDS air terhadap kuat tekan beton, dan temuan ini konsisten dengan beberapa penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan berbagai faktor dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi beton, termasuk kualitas air yang digunakan dalam pencampuran beton.

5. KESIMPULAN

Ada dua kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan tujuan penelitian.

1. Terdapat hubungan antara nilai TDS dengan kuat tekan beton baik pada umur 7 hari maupun 28 hari, yaitu semakin besar nilai TDS maka semakin kecil kuat tekan beton.
2. Terdapat perbedaan yang signifikan antara kuat tekan beton pada air normal, air laut, dan air rawa pada umur 7 hari.

REFERENSI

- [1] A. S. Chuing, F. Murdapa, and A. Purba, "Studi Penggunaan Beton Pracetak untuk Pembangunan Saluran Irigasi pada Musim Hujan," *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung*, vol. 2, no. 1, pp. 26–33, 2021.
- [2] R. Manuahe, M. D. Sumajouw, and R. S. Windah, "Kuat tekan beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (fly ash)," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 2, no. 6, 2014.
- [3] F. Hamdi et al., *Teknologi Beton*. Tohar Media, 2022.
- [4] F. B. Banadkooki, M. Ehteram, F. Panahi, S. S. Sammen, F. B. Othman, and E. S. Ahmed, "Estimation of total dissolved solids (TDS) using new hybrid machine learning models," *Journal of Hydrology*, vol. 587, p. 124989, 2020.
- [5] R. Afrianita, T. Edwin, and A. Alawiyah, "Analisis intrusi air laut dengan pengukuran Total Dissolved Solids (TDS) air sumur gali di Kecamatan Padang Utara," *Jurnal Dampak*, vol. 14, no. 1, pp. 62–72, 2017.
- [6] F. Irwan and A. Afdal, "Analisis hubungan konduktivitas listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan temperatur pada beberapa jenis air," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 5, no. 1, pp. 85–93, 2016.
- [7] F. Kamil, "Pengujian Awal Agregat Kasar, Agregat Halus, Semen, dan Air: Fondasi Penelitian Beton Berkualitas," *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur*, vol. 11, no. 2, 2023.
- [8] C. Y. Sitompul, *Pengaruh Tingkat Kelecekan Mortar Terhadap Kekuatan Beton Normal Yang Menggunakan Air Soda Alami Asal Desa Parbubu*, Doctoral dissertation, Universitas Negeri Medan, 2022.
- [9] A. M. Neville, *Properties of Concrete*. Pearson, 2011.
- [10] J. K. Smith et al., "Comparative Analysis of Total Dissolved Solids in Various Water Sources," *Environmental Science and Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 62–68, 2018.
- [11] H. J. Savsavubun, *Penurunan Kadar pH dan Total Suspended Solid pada Air Asam Tambang Menggunakan Quaternary Cationic Polymer di PT Prolindo Cipta Nusantara*, Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin, 2023.

- [12] A. M. Wirawan and Z. Yichao, "Pengaruh Air Laut terhadap Kuat Tekan Beton Gradasi Senjang dengan Campuran Bubut Aluminium sebagai Expansive Agent," *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, vol. 5, no. 3, pp. 184–191, 2024.
- [13] I. K. Alfarisi, Y. Nurchasanah, M. Ujianto, and A. Rochman, "Pengaruh Pozzolan Buatan dari Abu Eceng Gondok terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Beton Normal," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, pp. 17–24, Jun. 2024.
- [14] A. Y. A. Mulyadi, *Analisis Uji Kuat Tekan Beton pada Campuran Air Payau*, Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Parepare, 2024.
- [15] R. Yulismawati and E. Saputra, "Durabilitas Beton Sekat Kanal Terpapar Air Gambut dan Air Laut," *Jurnal Teknik*, vol. 15, no. 2, pp. 137–147, 2021.
- [16] Y. Ghasemi, M. Shariati, and K. Behfarnia, "Effect of water quality and mixture design on durability and strength of concretes," *Construction and Building Materials*, vol. 249, p. 118714, 2020.