

**PENGARUH PERENDAMAN AIR PAYAU TERHADAP KUAT TEKAN,
KUAT TARIK BELAH, DAN PENETRASINYA**

(Skripsi)

Oleh

ADITYA WISNU NUGRAHA

1915011058



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

THE EFFECT OF BRACKISH WATER SOAKING ON COMPRESSIVE STRENGTH, TENSILE STRENGTH, AND ITS PENETRATION

By

ADITYA WISNU NUGRAHA

Concrete is a type of construction that is widely used in various infrastructure, one of which is in water buildings. Concrete must withstand various conditions such as brackish water. Brackish water is an aggressive environment with chemical contents that can interfere with the compressive strength of concrete. The aim of this research is to determine the effect of immersion in brackish water in the actual environment on compressive strength, split tensile strength and penetration. Tests in this research were carried out on concrete aged 28, 56 and 90 days. 42 samples were used with a design compressive strength of 20.75 MPa. The data obtained were analyzed using the Dixon criteria according to ASTM E 178-02. The research results show that brackish water has a negative impact on the compressive strength and split tensile strength of concrete. The compressive strength values for protected concrete aged 28, 56, and 90 days are respectively 22,557 MPa, 24,350 MPa, and 25,843 MPa, while for concrete submerged in brackish water they are 20,977 MPa, 18,383 MPa, and 16,317 MPa respectively. The splitting tensile strength values for protected concrete aged 28, 56, and 90 days are respectively 6,797 MPa, 7,220 MPa, and 8,047 MPa, for concrete submerged in brackish water respectively 10,070 MPa, 7,097 MPa, and 6,377 MPa. The water penetration value according to DIN EN 12390-8:2009-07 is found to be 2.655 cm. This shows that the aggressive waterproof concrete is strong. The penetration values of water submerged in brackish water aged 28, 56, and 90 days are 2,833 cm, 3,300 cm, and 3,967 cm, respectively. Water penetration with Ground Penetrating Radar (GPR) shows that the amplitude value gets weaker with soaking time, which indicates that water penetration is getting deeper and the concrete is experiencing degradation. Identification of water penetration using GPR frequency 1 GHz cannot determine in detail the depth of water entering the concrete.

Keywords: brackish water, compressive strength, concrete, penetration, tensile strength.

ABSTRAK

PENGARUH PERENDAMAN AIR PAYAU TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN PENETRASINYA

Oleh

ADITYA WISNU NUGRAHA

Beton merupakan jenis konstruksi yang banyak digunakan diberbagai infrastruktur salah satunya di bangunan air. Beton harus tahan terhadap berbagai kondisi seperti air payau. Air payau adalah lingkungan agresif dengan kandungan kimia yang dapat mengganggu kuat tekan beton. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh perendaman air payau pada lingkungan sebenarnya terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasinya. Pengujian pada penelitian ini dilakukan pada beton umur 28, 56, dan 90 hari. Digunakan benda uji berjumlah 42 sampel dengan kuat tekan rencana 20,75 MPa. Data yang diperoleh dianalisis dengan kriteria dixon sesuai ASTM E 178-02. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air payau berdampak negatif terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Nilai kuat tekan beton terlindung umur 28, 56, dan 90 hari berturut-turut yaitu 22,557 MPa, 24,350 MPa, dan 25,843 Mpa, sedangkan untuk beton terendam air payau berturut-turut yaitu 20,977 MPa, 18,383 MPa, dan 16,317 MPa. Nilai kuat tarik belah beton terlindung umur 28, 56, dan 90 hari berturut-turut yaitu 6,797 MPa, 7,220 MPa, dan 8,047 Mpa, untuk beton terendam air payau berturut-turut yaitu 10,070 MPa, 7,097 MPa, dan 6,377 MPa. Nilai penetrasi air sesuai DIN EN 12390-8:2009-07 didapat sebesar 2,655 cm. Hal ini menunjukkan bahwa beton kedap air agresif kuat. Nilai penetrasi air terendam air payau umur 28, 56, dan 90 hari berturut-turut yaitu 2,833 cm, 3,300 cm, dan 3,967 cm. Penetrasi air dengan *Ground Penetrating Radar* (GPR) menunjukkan nilai amplitudo semakin melemah seiring waktu perendaman yang mengindikasikan penetrasi air semakin dalam dan beton mengalami degradasi. Identifikasi penetrasi air menggunakan GPR frekuensi 1 GHz tidak dapat menentukan secara detail kedalaman air yang masuk kedalam beton.

Kata kunci: air payau, beton, kuat tarik belah, kuat tekan, penetrasi.

**PENGARUH PERENDAMAN AIR PAYAU TERHADAP KUAT TEKAN,
KUAT TARIK BELAH, DAN PENETRASINYA**

Oleh

ADITYA WISNU NUGRAHA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Program Studi S1 Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PENGARUH PERENDAMAN AIR PAYAU
TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK
BELAH, DAN PENETRASINYA**

Nama Mahasiswa : **Aditya Wisnu Nugraha**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1915011058**

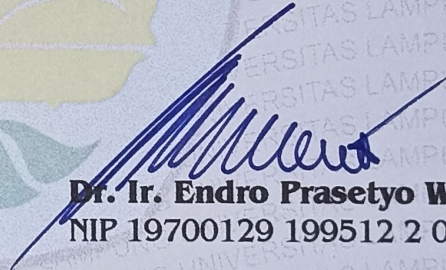
Program Studi : **S1 Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**

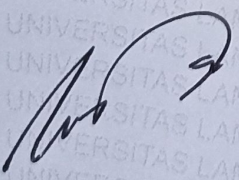
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T.
NIP 19580613 198403 2 003


Dr. Ir. Endro Prasetyo W., S.T., M.Sc.
NIP 19700129 199512 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil


Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

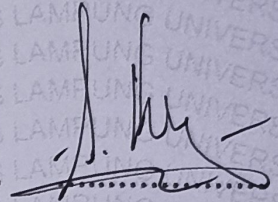
3. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil


Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001

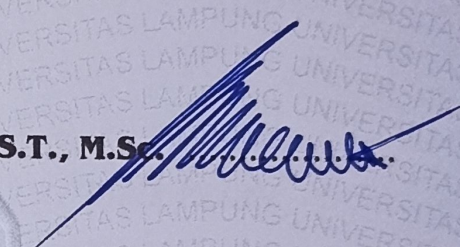
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

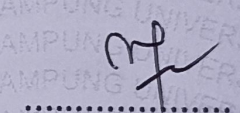
Ketua : **Prof. Dr. Ir. C. Niken DWSBU., M.T.**



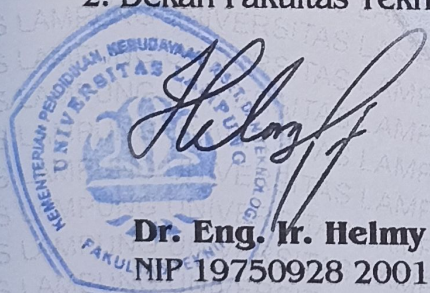
Sekretaris : **Dr. Ir. Endro Prasetyo W., S.T., M.Sc.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **12 Desember 2023**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aditya Wisnu Nugraha
NPM : 1915011058
Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul "*PENGARUH PERENDAMAN AIR PAYAU TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN PENETRASINYA*" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Ide penelitian didapat dari Pembimbing I, oleh karena itu baik atas data penelitian berada pada Saya dan Pembimbing I, Ibu Prof. Dr. Ir. C. Niken, DWSBU., M.T.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Desember 2023



Aditya Wisnu Nugraha

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Rumbia pada tanggal 24 Januari 2001, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Suyadi dan Ibu Sudarmi. Penulis memiliki seorang kakak laki-laki bernama Ardhi Ismayadi. Penulis menempuh jenjang pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Bratasena Mandiri pada tahun 2007 – 2013, lalu dilanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Rumbia yang diselesaikan pada tahun 2016 dan dilanjutkan ke sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Rumbia yang diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi seorang mahasiswa, penulis berperan aktif di organisasi jurusan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai anggota Departemen Advokasi Periode 2020 – 2021 dan anggota Departemen Hubungan Luar Periode 2021 – 2022. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode I di Sendang Agung Mataram, Kecamatan Bandar Mataram selama 40 hari, Januari – Februari 2022. Ditahun yang sama, tepatnya dibulan Agustus – November, penulis juga telah melakukan Kerja Praktik di Proyek Pembangunan Laboratorium Pendidikan Karakter (Masjid Al-Wasii) Universitas Lampung selama 3 bulan.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi kampus dan diangkat menjadi Koordinator *Civil Goes To Village* pada acara *Civil Bring Revolution 7* yang merupakan acara berskala nasional untuk organisasi HIMATEKS UNILA. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Pengaruh Perendaman Air Payau terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Penetrasinya”

MOTTO

“Hargai dirimu, hargai prosesmu tanpa berpikir bahwa dirimu tak layak dan orang lain lebih baik darimu”

“Tidak ada mimpi yang terlalu besar dan pemimpi yang terlalu kecil”

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).”
QS. Al-Insyirah: 6-7

“God has perfect timing, never early, never late. It takes a little patience and it takes a lot of faith, but it’s a worth the wait.”

PERSEMBAHAN

Tiada lembar skripsi yang paling inti dalam laporan skripsi ini kecuali lembar persembahan. Laporan skripsi ini saya persembahkan untuk Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan pertolongan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini saya persembahkan sebagai tanda bukti kepada kedua orang tua dan kakak saya tercinta yang selalu mendoakan serta memberi motivasi, dorongan dan semangat untuk saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih sudah bersusah payah mengantarkan saya sampai ditempat ini.

Tak lupa, diri saya sendiri Aditya Wisnu Nugraha, apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena telah mampu berjuang dan tidak pernah menyerah hingga dapat menyelesaikan perkuliahan ini.

Skripsi ini saya persembahkan untuk bapak/ibu Dosen Pembimbing dan Penguji yang sangat berjasa yang selalu membimbing dan mengarahkan saya untuk segera menyelesaikan kewajiban ini.

Sahabat dan teman-teman saya, terima kasih karena selalu mendukung, memotivasi dan menemani dalam suka maupun duka.

SANWACANA

Alhamdulillah *rabbi'l'alamin*, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Perendaman Air Payau terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Penetrasinya”**, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

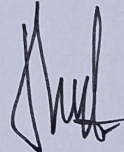
Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta senantiasa memudahkan dalam segala urusan hamba-Nya.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung dan Pembimbing Akademik yang memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.
4. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Prodi S-1 Teknik Sipil, Universitas Lampung.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. C. Niken D.W.S.B.U., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang memberikan bimbingan, pengarahan dan saran kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi.
6. Bapak Ir. Endro Prasetyo W., S.T., M. Sc., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang memberikan motivasi, saran dan membimbing penulisan skripsi.

7. Bapak Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji atas kesediaannya memberikan kritik dan saran bagi perbaikan skripsi.
8. Seluruh Civitas Akademik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
9. Keluarga tercinta terutama kedua orang tua dan kakak, yang selalu mendoakan dan telah sabar dalam memberi dukungan, nasihat, dan motivasi dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
10. Tim penelitian skripsi yaitu Doni, Fatwa, Aji, dan Anggita atas kerjasama dan kebersamaannya dalam menyelesaikan penelitian ini.
11. Keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2019 (SOLID 19) yang telah berjuang bersama, berbagi kenangan dan pengalaman yang tak terlupakan.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis sehingga masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak dan berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 12 - 12 - 2023



Aditya Wisnu Nugraha

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL	v
I. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	5
II. Tinjauan Pustaka	6
2.1 Beton	6
2.1.1 Pengertian Beton	6
2.1.2 Sifat Beton	6
2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton	10
2.1.4 Bahan Penyusun	11
2.2 Air Payau	22
2.2.1 Pengertian Air Payau	22
2.2.2 Kandungan Air Payau	22
2.3 Landasan Teori	24
2.3.1 Kuat Tekan Beton	24
2.3.2 Kuat Tarik Belah Beton	25
2.3.3 Penetrasi Air	26
2.4 Penelitian Sebelumnya	28
III. Metode Penelitian	33
3.1 Lokasi Penelitian	33
3.2 Penyiapan Material	34
3.3 Benda Uji	35
3.4 Alat-Alat Penelitian	36
3.5 Prosedur Penelitian	39
3.6 Analisis Data	42
3.7 Diagram Alir Penelitian	43

IV. Hasil dan Pembahasan	46
4.1 Umum	46
4.2 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Material	46
4.3 Keleccakan Beton (<i>Workability</i>)	47
4.4 Peletakan Benda Uji	49
4.4.1 Peletakan Benda Uji Terlindung	51
4.4.2 Peletakan Benda Uji Terendam Air Payau	51
4.5 Pengamatan Visual	52
4.6 Hasil Penelitian	54
4.6.1 Hasil Penelitian Kuat Tekan	54
4.6.2 Hasil Penelitian Kuat Tarik Belah	58
4.6.3 Hasil Penelitian Penetrasi Air	61
4.7 Hubungan Antara Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Penetrasi Air	81
4.7.1 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah	81
4.7.2 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Penetrasi Air	84
V. Penutup	86
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN A (HASIL UJI MATERIAL)	
LAMPIRAN B (<i>MIX DESIGN</i>)	
LAMPIRAN C (DATA HASIL PENELITIAN)	
LAMPIRAN D (FOTO PENELITIAN)	
LAMPIRAN E (LEMBAR ASISTENSI)	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1 Lokasi budidaya <i>mangrove</i> Cuku NyiNyi	34
3.2 Alat CTM (<i>Compression Testing Machine</i>)	41
3.3 Alat TST (<i>Tension Splitting Test</i>)	41
3.4 Diagram alir penelitian	44
3.5 Diagram alir pengujian sampel	45
4.1 Nilai <i>slump</i> : (a) kuat tekan, (b) kuat tarik belah, (c) GPR dan penetrasi air	48
4.2 Peletakan plastik pada benda uji	50
4.3 Peletakan benda uji saat <i>curing</i>	50
4.4 Peletakan benda uji terlindung	51
4.5 Peletakan benda uji terendam air payau	52
4.6 Benda uji terendam air payau: (a) 28 hari, (b) 56 hari, (c) 90 hari	52
4.7 <i>Outlying</i> kuat tekan beton terlindung	56
4.8 <i>Outlying</i> kuat tekan beton terendam air payau	56
4.9 Perbandingan kuat tekan beton terlindung dan terendam air payau	57
4.10 <i>Outlying</i> kuat tarik belah beton terlindung	60
4.11 <i>Outlying</i> kuat tarik belah beton terendam air payau	60
4.12 Perbandingan kuat tarik belah beton terlindung dan terendam air payau .	61
4.13 <i>Outlying</i> penetrasi air buatan dengan tekanan air	62
4.14 Nilai penetrasi air buatan dengan tekanan air	63
4.15 <i>Outlying</i> penetrasi air alami terendam air payau	64
4.16 Nilai penetrasi air alami terendam air payau	65
4.17 Peletakan pengujian penetrasi air dengan GPR	66
4.18 Alat uji <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)	67
4.19 Hasil pengujian penetrasi air dengan GPR pada beton (a) 28 hari, (b) 56 hari, (c) 90 hari	68

4.20 Analisis amplitudo pada lapisan 1	72
4.21 Nilai amplitudo gabungan pada lapisan 1	72
4.22 Analisis amplitudo pada lapisan 2	73
4.23 Nilai amplitudo gabungan pada lapisan 2	73
4.24 Analisis amplitudo pada lapisan 3	74
4.25 Nilai amplitudo gabungan pada lapisan 3	74
4.26 Analisis amplitudo pada lapisan 4	75
4.27 Nilai amplitudo gabungan pada lapisan 4	75
4.28 Analisis amplitudo pada lapisan 5	76
4.29 Nilai amplitudo gabungan pada lapisan 5	76
4.30 Analisis amplitudo pada lapisan 6	77
4.31 Nilai amplitudo gabungan pada lapisan 6	77
4.32 Analisis amplitudo pada lapisan 7	78
4.33 Nilai amplitudo gabungan pada lapisan 7	78
4.34 Nilai amplitudo gabungan seluruh lapisan	79
4.35 Hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah terlindung	82
4.36 Hubungan antara kuat tekan beton dan kuat tarik belah terendam air payau	83
4.37 Hubungan antara kuat tekan dan penetrasi air beton terendam air payau	84

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Bahan Baku Semen Hidrolis	12
2.2 Kandungan Oksida Bahan Baku Semen Hidrolis	12
2.3 Syarat Gradasi Agregat Halus	19
2.4 Syarat Gradasi Agregat Kasar	20
2.5 Syarat Kekerasan Agregat Kasar	20
2.6 Kandungan Air Payau di Cuku NyiNyi	23
2.7 Penelitian Terdahulu Terkait Penelitian Ini	28
2.8 Penelitian Terdahulu Terkait <i>Mix Design</i> SNI 03 – 2834 – 2000	31
2.9 Penelitian Terdahulu Terkait Proses Pengecoran	31
3.1 Jumlah dan Kode Benda Uji	35
4.1 Hasil Pengujian Material Campuran Beton	47
4.2 Nilai <i>Slump</i> Beton	48
4.3 Nilai Kritis untuk Kriteria Dixon	54
4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Terlindung	55
4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Terendam Air Payau	55
4.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Terlindung	59
4.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Terendam Air Payau	59
4.8 Hasil Pengujian Penetrasi Air Buatan dengan Tekanan Air	62
4.9 Hasil Pengujian Penetrasi Air Alami Terendam Air Payau	64
4.10 Hasil Pengujian Penetrasi Air dengan GPR pada Beton Umur 28 Hari ...	70
4.11 Hasil Pengujian Penetrasi Air dengan GPR pada Beton Umur 56 Hari ...	71
4.12 Hasil Pengujian Penetrasi Air dengan GPR pada Beton Umur 90 Hari ...	71
4.13 Perbandingan Penetrasi Air Buatan dengan Tekanan Air dan Alami Terendam Air Payau	80

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan air adalah salah satu aspek penting dalam kemajuan infrastruktur. Sebagian besar wilayah Indonesia adalah perairan. Hal ini menyebabkan banyak konstruksi di Indonesia terpapar air. Salah satu konstruksi yang banyak digunakan adalah beton. Bangunan dan prasarana lain membutuhkan kekuatan dan ketahanan tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan, salah satunya tahan terhadap air payau.

Air payau merupakan campuran antara air laut dan air tawar. Dalam satu liter air payau terdapat kandungan garam sebesar 0.5 sampai 30 gram (Mulyono & Prayitno, 2018). Salah satu contoh daerah air payau adalah muara sungai dimana terjadi pertemuan antara air sungai dan air laut.

Air payau merupakan lingkungan agresif yang mengandung ion klorida dan sulfat yang dapat masuk ke dalam beton sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada beton (Miswar, 2011). Kerusakan pada beton dapat berakibat pada keselamatan pengguna konstruksi. Masalah yang banyak dihadapi yaitu penurunan mutu beton akibat elemen struktur yang keropos dan degradasi beton karena pengaruh lingkungan. Pada kondisi ini diperlukan tindakan pencegahan maupun perbaikan sehingga umur konstruksi dapat sesuai yang direncanakan.

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton, karena berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kuat tekan beton didefinisikan sebagai besarnya tekanan yang mampu ditahan oleh luasan permukaan beton sehingga beton tersebut hancur (Tumingan dkk, 2016). Kuat tekan beton yaitu besar

beban per satuan luas pada benda uji silinder beton umur 28 hari saat hancur apabila diberikan gaya tekanan tertentu dari mesin tekan (Manuahe dkk, 2014).

Mutu beton yang banyak digunakan di Indonesia adalah K250 atau setara 20,75 MPa. Mutu beton K250 merupakan kualitas beton yang memiliki kekuatan tekan mencapai 250 kg/cm^2 pada umur 28 hari (SNI 03-2847-2002). Mutu ini merupakan kelas menengah yang digunakan pada konstruksi yang membutuhkan pembesian maupun penulangan.

Kuat tarik belah merupakan alternatif terhadap kuat tarik langsung dengan melakukan uji kuat tarik dengan gaya aksial secara langsung (BPBJ, 2008). Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah adalah berupa silinder atau kubus sebagaimana yang digunakan untuk pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik belah umumnya menggunakan benda uji silinder.

Permeabilitas beton adalah kemudahan beton untuk dapat dilalui air. Jika beton tersebut dapat dilalui air, maka beton tersebut dikatakan permeabel. Jika sebaliknya, maka beton tersebut dikatakan impermeabel (Sugiharto dkk, 2004). Maka sifat permeabilitas yang penting pada beton adalah permeabilitas terhadap air. Uji permeabilitas sangat penting khususnya untuk struktur beton yang terdapat pada permukaan air dan terendam air. Beton yang teresapi oleh air akan mengalami degradasi pada ketahanan dan kekuatannya.

Serangan kimiawi sulfat pada beton akan menyebabkan kerusakan dan dengan sendirinya menimbulkan keretakan pada beton. Ketika agresi terjadi, terlihat bahwa telah terjadi perubahan pada beton, di samping terjadi pengurangan kekuatan ketika serangan kimia ini terjadi. Korosi pada baja merupakan proses elektrokimia, salah satu zat kimia yaitu klorida dapat menyebabkan korosi pada beton bertulang. Semakin tinggi sifat basa maka semakin besar kualitas proteksi yang terbentuk pada permukaan baja. Sebaliknya, jika sifat basa rendah, kemungkinan terjadinya korosi semakin besar. Korosi yang terjadi pada baja merupakan proses elektrokimia (Murdock & Brook, 1999).

Banjir rob yang ada di Jakarta Utara dan Semarang Utara juga merupakan salah satu fenomena bercampurnya air laut dan air tawar. Banjir rob adalah genangan

air yang terjadi di daratan karena pasang surut air laut (Supriharjo & Chandra, 2013). Fenomena banjir rob disebabkan karena wilayah daratan yang lebih rendah daripada muka air laut pasang tertinggi. Pada saat banjir rob terjadi, ada pertemuan antara air laut yang pasang dan air tawar yang ada di daratan dan merendam konstruksi bangunan yang ada di wilayah banjir tersebut. Banjir rob terjadi secara berulang dapat mengakibatkan penurunan terhadap kuat tekan beton. Penurunan kuat tekan beton diakibatkan oleh proses kapilaritas air rob ke dalam material beton dan kontak antara beton dan udara yang terkontaminasi oleh klorida dan sulfat (Nuroji, 2020).

Berdasarkan latar belakang di atas, dibutuhkan penelitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh perendaman air payau terhadap beton. Maka, judul penelitian ini adalah “Pengaruh Perendaman Air Payau terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Penetrasinya”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh beton yang direndam air payau terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasinya pada jangka waktu tertentu ?
2. Bagaimana perbandingan kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasi air beton yang direndam air payau dengan beton yang terlindung ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Menganalisis pengaruh beton yang direndam air payau terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasinya pada jangka waktu tertentu.
2. Membandingkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasi air beton yang direndam air payau dengan beton yang terlindung.

1.4 Batasan Penelitian

Ada beberapa batasan pada penelitian ini yaitu :

1. Mutu beton yang direncanakan adalah K-250 pada umur 28 hari
2. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari, 56 hari, dan 90 hari.
3. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari, 56 hari, dan 90 hari.
4. Analisis penetrasi air beton alami dilakukan dengan menggunakan *Ground Penetrating Radar (GPR)* dan dengan beton terendam air payau pada umur 28 hari, 56 hari, dan 90 hari.
5. Analisis penetrasi air buatan dengan tekanan air dilakukan saat umur 28 hari.
6. Perendaman beton dengan air payau dilakukan setelah beton di *curing* selama 7 hari di tempat terlindung.
7. Material yang digunakan antara lain PCC dengan merk Tiga Roda, agregat halus dari *quarry* Gunung Sugih, agregat kasar dari PT. Sumber Batu Berkah Lampung Selatan, dan air yang digunakan diambil dari Laboratorium Bahan dan Kontruksi Universitas Lampung.
8. *Mix design* dilakukan dengan menggunakan acuan SNI 03 – 2834 – 2000, dengan metode pencampuran material *dry mixing* (pencampuran kering atau pencampuran air dilakukan ditahapan terakhir).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu :

1. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh beton yang direndam air payau terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasinya.
2. Menambah wawasan terhadap kondisi kontruksi beton yang terendam air payau di daerah-daerah muara.
3. Menambah referensi saat merencanakan kontruksi beton yang terendam air payau.

4. Sebagai landasan dalam pemilihan perawatan pada beton yang terendam air payau.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara sistematis pembahasan yang diuraikan pada penelitian ini dibagi menjadi lima bab, antara lain sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori yang mendasari serta menunjang penelitian yang akan dilakukan dan diperoleh dari berbagai sumber.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan gambaran umum, lokasi penelitian, material, pengambilan sampel, perlakuan pada sampel, sistem pengujian, analisis data, diagram alir, dan metodologi yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis serta pembahasan data berdasarkan hasil yang diperoleh dan teori atau referensi yang ada.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil-hasil yang didapat dari pengolahan data dan memberikan saran untuk hasil tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian beton

Beton merupakan campuran antara semen *portland*, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI 2847: 2019). Menurut Tjokrodimulyo (2007), kelebihan utama beton adalah kekuatan tekannya dan kelemahannya adalah kuat tariknya. Apalagi bila dibandingkan dengan baja. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton terdiri dari kualitas bahan awal, nilai modulus semen air, mutu agregat, ukuran agregat maksimum, dan metode pemrosesan (pencampuran, transportasi, pemadatan, dan pemeliharaan). Untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, beton dapat ditambahkan bahan aditif yang berdampak kemudahan pengerjaan *workability*, waktu pengerasan, dan durabilitas (Mc. Cormac, 2004).

2.1.2 Sifat Beton

Sifat beton dibagi menjadi dua yaitu sifat mekanis dan sifat fisis. Beton yang digunakan untuk struktur bangunan haruslah memenuhi aspek kekuatan, keawetan (tahan lama) dan ekonomis serta perasaan aman bagi penghuninya.

Beberapa sifat mekanis beton antara lain:

a. Kuat tekan

Salah satu sifat utama dari beton adalah kuat tekan karena daya tahan terhadap tekanan yang besar. Kuat tekan beton harus minimal sama atau lebih dengan kuat tekan beton yang direncanakan sesuai dengan benda uji. Kuat tekan beton didapat pada pengujian umur beton 28 hari dengan benda uji silinder.

b. Kuat tarik

Salah satu sifat beton adalah lemah terhadap tarik sehingga perlu diperhatikan karena dapat menimbulkan retak dalam struktur. Kuat tarik beton didapat dengan memberi gaya aksial secara langsung.

c. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda itu. Modulus elastisitas suatu benda didefinisikan sebagai kemiringan dari kurva tegangan-regangan di wilayah deformasi elastis. Perbandingan antara tegangan dan regangan benda tersebut disebut modulus elastisitas atau modulus young. Modulus elastisitas beton merupakan hasil dari perbandingan antara tegangan dan regangan dalam kondisi plastis. Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material, sehingga semakin tinggi nilai modulus elastisitas bahan, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya. Jadi, semakin besar nilai modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku.

Beberapa sifat fisis beton antara lain:

a. Permeabilitas beton

Permeabilitas yaitu mudahnya cairan yang masuk ke dalam beton yang diakibatkan oleh porositas beton itu sendiri, faktor utama yang pengaruh bagi durabilitas (daya tahan) adalah faktor air-semen. jika faktor air-semen semakin kecil maka nilai porositas juga menjadi kecil dan beton lebih impermeabel.

b. *Durability* (ketahanan = keawetan)

Durability adalah sifat beton dalam aspek kemampuan beton bertahan tanpa mengalami degradasi dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Beton harus tahan terhadap 3 kondisi yaitu tahan terhadap cuaca, tahan terhadap pengaruh bahan kimia dan lingkungan agresif, dan tahan terhadap erosi. Agar beton durabilitasnya tidak berkurang, maka beton dirancang harus memiliki durabilitas yang tinggi. Beberapa syarat yang harus dipenuhi adalah:

- Beton mempunyai kepadatan yang tinggi sehingga porositas dan permeabilitas beton sangat kecil;
- Porositas sangat kecil;
- Permeabilitas sangat kecil;
- Tahan terhadap pengaruh lingkungan seperti serangan sulfat dan korosi.

c. *Workability* (kelecekan)

Workability adalah kemudahan pengerjaan beton pada saat proses pencampuran, pengecoran, pengangkutan dengan tidak mengurangi sifat homogenitas beton. Biasanya persentase semen tidak berpengaruh pada *workability*, tetapi kadar air sangat berpengaruh dalam sifat *workability* tersebut. Nilai *workability* akan berkurang jika persentase semen yang ditambahkan tidak diimbangi dengan

penambahan kadar air yang cukup. Tingkat *workability* juga sangat dipengaruhi dari jenis agregat dan nilai *slump* suatu beton.

d. Rangkak

Rangkak beton adalah nilai regangan tambahan yang terdapat pada beton yang mengalami tegangan konstan, terukur dari terjadinya tegangan elastis sampai regangan yang terjadi pada waktu tertentu. Dalam praktiknya, regangan akan bertambah besar apabila koefisien rangkak beton bertambah, namun pertambahan regangan akan berkurang seiring waktu. Nilai rangkak dapat dipengaruhi banyak hal sangat bervariasi. Faktor yang mempengaruhi deformasi rangkak adalah:

- Pilihan bahan dasar seperti jenis semen yang digunakan, persentase agregat kasar dan halus
- *Water/cement ratio* dan nilai *slump*
- Kelembaban relatif
- Suhu beton saat pengeringan
- Dimensi struktur, khususnya tebal dan perbandingan volume terhadap permukaan
- Umur pada waktu pembebanan

e. Susut

Susut adalah sifat beton yang menyebabkan mengecilnya volume beton akibat berkurangnya kadar air dan hilangnya kelembaban pada proses pengerasan. Pada dasarnya susut pada beton dibagi menjadi 2 yaitu: susut plastis dan susut pengeringan. Susut plastis adalah susut yang terjadi cepat atau sesaat setelah beton dicor. Sedangkan susut pengeringan adalah susut yang terjadi setelah beton mencapai titik keras dan proses hidrasi semen telah berakhir.

Nilai susut dinyatakan dengan ϵ_{sh} (regangan susut) yang dapat ditentukan oleh banyak faktor. Faktor tersebut antara lain:

- Kadar agregat. Beton dengan kandungan agregat yang tinggi akan mengalami penyusutan volume yang semakin kecil. Jika semakin tinggi kadar agregatnya maka modulus elastisitas beton akan tinggi yang menyebabkan beton lebih tahan terhadap susut.
- Faktor air semen. Semakin besar faktor w/c maka susut akan semakin besar.
- Dimensi struktur. Nilai susut akan semakin kecil jika volume struktur semakin besar. Proses terjadinya susut akan semakin lama untuk struktur yang lebih besar karena membutuhkan banyak waktu agar pengeringan merata.
- Kondisi lingkungan. Kelembaban relatif di sekitar struktur beton juga mempengaruhi nilai susut, nilai susut akan semakin kecil jika dilingkungan dengan kelembaban relatif yang tinggi.
- Penulangan. Beton bertulang akan mengalami susut lebih sedikit dibandingkan beton normal.
- Jenis semen. Susut karbonasi terjadi akibat reaksi CO_2 di udara dengan yang ada dipasta semen. Besarnya susut karbonasi bervariasi bergantung pada proses susut pengeringan atau susut karbonasi yang terjadi dahulu. Jika terjadi bersamaan maka nilai susut akan lebih kecil.

2.1.3 Kelebihan dan kekurangan beton

Banyaknya struktur bangunan yang terbuat dari beton dikarenakan beberapa kelebihan. Namun, beton juga memiliki beberapa kelemahan. Berikut adalah beberapa kelebihan dan kelemahan beton:

1. Kelebihan beton

Beberapa kelebihan beton menurut Tjokrodimuljo (2007) antara lain:

- Murah karena bahan penyusun yang relatif mudah didapatkan

- Umur pakai yang lama atau awet dan cukup tahan berbagai kondisi. Jadi, biaya perawatannya tidak terlalu mahal
- Kuat tarik dan kuat tekan yang tinggi apabila dikombinasikan dengan baja tulangan sehingga dapat digunakan untuk berbagai konstruksi seperti dalam bidang hidro contohnya bendungan, pelabuhan, dan tempat penampungan air, dalam bidang struktur contohnya pondasi, kolom, balok, dan pelat, dalam bidang transportasi contohnya *rigid pavement* dan jembatan
- Mudah dalam pengerjaan karena beton dapat dibentuk sesuai cetakan yang diinginkan.

2. Kelemahan beton

Beberapa kekurangan beton menurut Tjokrodimuljo (2007) antara lain:

- Memiliki beberapa kelas kekuatan sehingga perlu direncanakan kembali sesuai dengan kebutuhan perencanaan bagian bangunan yang akan dibuat.
- Memiliki keterpengaruhannya pada kondisi bahan dasar penyusun seperti agregat halus dan agregat kasar yang berbeda di setiap daerah mengakibatkan perbedaan perencanaan perhitungan.
- Memiliki kuat tarik yang rendah sehingga harus dikombinasikan dengan bahan lain seperti baja yang mempunyai kuat tarik yang tinggi sesuai kebutuhan.

2.1.4 Bahan Penyusun

1. Semen

Semen merupakan bahan penyusun yang menjadi aktif secara kimia bila terkontaminasi dengan air. Menurut Antoni dan Nugraha (2007), terdapat dua jenis semen yaitu semen hidraulis dan non-hidraulis. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras bila bereaksi

dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras. Semen non hidraulis adalah semen yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air.

Dalam campuran beton semen hidrolis berperan sebagai bahan pengikat dan pengisi rongga antar butir agregat sehingga membentuk suatu massa yang keras, kompak, dan padat. Beberapa bahan baku pembuatan dan kandungan oksida semen hidrolis secara berurutan diperlihatkan pada Tabel 2.1. dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Bahan Baku Semen Hidrolis

Bahan Baku	Perbandingan Berat (%)
Batu kapur	80 – 85
Tanah liat	6 – 10
Pasir silika	6 – 10
Pasir besi	1
Gips	3 – 5

(Firdaus, 2007)

Tabel 2.2. Kandungan Oksida Bahan Baku Semen Hidrolis

Oksida	Persentase (%)
Kalsium (CaO)	60 – 65
Silikon (SiO ₂)	7 – 25
Aluminium (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Ferik (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 0,6
Magnesium (MgO)	0,5 – 0,4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Sodium (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 – 1

(Widojoko, 2010)

Menurut *American Society for Testing and Materials* (ASTM), terdapat 5 jenis semen antara lain:

- Tipe I yaitu tipe semen biasa yang digunakan pada pekerjaan konstruksi umum
- Tipe II yaitu tipe semen yang dimodifikasi dari semen Tipe I. Tipe semen ini mempunyai panas hidrasi lebih rendah dari tipe I dan dapat menahan beberapa jenis serangan sulfat.

- Tipe III yaitu tipe semen yang menghasilkan kuat tekan beton awal yang tinggi. Semen ini akan menghasilkan kuat tekan dua kali lipat dari semen biasa pada 24 setelah pengecoran. Semen jenis menghasilkan panas hidrasi lebih besar dibanding semen tipe I.
- Tipe IV yaitu tipe semen yang digunakan untuk pengecoran struktur yang massif karena menghasilkan panas hidrasi yang rendah.
- Tipe V yaitu tipe semen ini cocok digunakan untuk struktur beton yang memerlukan *durability* yang tinggi dari serangan sulfat.

Untuk menghasilkan semen hidrolis, bahan baku pada Tabel 2.1 dicampur dan dibakar pada suhu antara 1400 - 1600 °C sehingga menghasilkan klinker yang ditambahkan gips, kemudian dibakar kembali dan dihancurkan sampai menjadi serbuk dengan ukuran partikel sangat kecil. Akibat dari proses pencampuran dan pembakaran, kandungan oksida semen pada Tabel 2.2 bergabung satu sama lain yang kemudian menghasilkan empat senyawa kimia baru yakni trikalsium silikat, dikalsium silikat, trikalsium aluminat, dan tetrakalsium aluminoferrat. Keempat senyawa baru tersebut kemudian akan berperan pada saat proses hidrasi semen berlangsung. Secara umum semen hidrolis yang digunakan dalam campuran beton dibagi menjadi empat jenis yakni semen *ordinary portland*, semen *portland* pozolan, semen *portland* komposit, dan semen *portland* campur.

A. *Ordinary Portland Cement*

Menurut SNI 15-2049-2004, *Ordinary Portland Cement* (OPC) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Saat ini banyak semen hidrolis yang digunakan berjenis semen *portland*. Semen *portland* adalah material yang banyak mengandung kalsium dan aluminium silika serta berbentuk bubuk berwarna abu-abu (Setiawan, 2016). Semen *portland* memiliki empat senyawa kimia yang utama, antara lain Trikalsium Silikat (C_3S), Dikalsium Silikat (C_2S), Trikalsium Aluminat (C_3A) dan Tetrakalsium Aluminoferrit (C_4AF). Rumus kimia senyawa ini secara tradisional ditulis dalam notasi oksida yang biasa dipakai pada kimiawi keramik, notasi pendek secara umum dipakai oleh para ahli semen (Antoni & Nugraha, 2007).

B. Semen *Portland* Pozolan

Menurut SNI 15-0302-2004, Semen *Portland* Pozolan atau *Portland Pozzolan Cement* (PPC) adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *portland* dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6% sampai dengan 40% massa semen *portland*. Jenis dan masing-masing penggunaan dari semen *portland* pozolan adalah:

- Jenis IP-U digunakan untuk semua tujuan pembuatan campuran beton.
- Jenis IP-K digunakan untuk semua tujuan pembuatan konstruksi beton di lingkungan berkadar sulfat sedang dengan tingkat panas hidrasi sedang.
- Jenis P-U digunakan untuk pembuatan konstruksi beton yang tidak disyaratkan memiliki kekuatan awal tinggi.
- Jenis P-K digunakan untuk pembuatan beton yang tidak disyaratkan memiliki kekuatan awal tinggi, memiliki

ketahanan terhadap sulfat sedang, dan dengan kebutuhan tingkat panas hidrasi rendah.

C. Semen *Portland* Komposit

Menurut SNI 15-7064-2004, Semen *Portland* Komposit atau *Portland Composite Cement* (PCC) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *portland* dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6 - 35% dari massa semen *portland* komposit. Semen *portland* komposit dapat digunakan secara luas untuk konstruksi umum seperti pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding, beton pracetak, beton pratekan, panel beton, dan bata beton.

D. Semen *Portland* Campur

Menurut SNI 15-3500-2004 semen *portland* campur atau *mixed cement* adalah pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama dari terak semen *portland* dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik yang bersifat tidak bereaksi. Semen *portland* campur dapat digunakan dalam semua pembuatan campuran mortar dan beton untuk konstruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus dengan kuat tekan karakteristik setinggi-tingginya 20 MPa (200 kg/cm^2) pada umur 28 hari.

Secara umum hidrasi semen *portland* adalah proses terbentuknya padatan keras akibat reaksi kimia antara senyawa trikalsium silikat (C_3S), dikalsium silikat (C_2S), trikalsium alumant (C_3A), tetrakalsium aluminoferrat (C_4AF), dan gips dalam semen *portland* dengan air (H_2O).

a) Hidrasi Trikalsium Silikat

C_3S berhidrasi dengan cepat dari awal proses hidrasi semen Portland dan menghasilkan senyawa baru yakni kalsium silikat hidrat (CSH) serta kalsium hidroksida (CH). CSH adalah produk senyawa yang berfungsi sebagai pengikat yang menghasilkan kekuatan, sedangkan kalsium hidroksida berfungsi sebagai pengisi rongga pada semen keras. Hidrasi trikalsium silikat berlangsung selama satu minggu pertama proses hidrasi semen.

b) Hidrasi Dikalsium Silikat

Produk yang dihasilkan dari hidrasi C_2S adalah sama dengan produk hidrasi trikalsium silikat yakni CSH dan CH. Perbedaan hidrasi C_2S dengan C_3S adalah hidrasi C_2S terjadi selama setelah satu minggu pertama proses hidrasi semen.

c) Hidrasi Trikalsium Aluminat

Pada awal proses hidrasi semen *portland* C_3A akan berhidrasi dengan CH dan menghasilkan tetrakalsium aluminat hidrat yang berkontribusi dalam peningkatan kekuatan awal semen. Proses hidrasi ini menghasilkan panas yang sangat tinggi, sehingga gips ditambahkan dalam semen yang kemudian berhidrasi dengan C_3A pada beberapa jam awal hidrasi semen untuk membentuk formasi kalsium trisulfominat hidrat (*ettringite*). Formasi *ettringite* berguna untuk mengontrol pengerasan awal dan untuk mengurangi panas hidrasi dalam pembentukan tetrakalsium aluminat hidrat. Saat proses ini berlangsung, *ettringite* tersebar secara merata ke seluruh pasta semen dalam ukuran lebih kecil dari 1 μm . Dari hidrasi C_3A dengan gips biasanya tetap menyisakan C_3A yang akan berhidrasi dengan *ettringite* yang terbentuk sebelumnya sehingga menghasilkan senyawa kalsium monosulfoluminat hidrat. Kalsium

monosulfoluminat hidrat adalah sangat stabil dan hanya mengisi sedikit ruang dibandingkan dengan *ettringite*.

d) Hidrasi Tetrakalsium Aluminoferrat

C_4AF berguna untuk mengurangi temperatur klinker pada saat pembuatan semen *portland*. Dari proses hidrasi C_4AF akan menghasilkan kalsium aluminoferrat hidrat yang berlangsung sangat lambat dan hanya memberikan sangat sedikit kekuatan.

2. Agregat

Agregat merupakan bahan yang mendominasi dalam struktur bangunan. Sekitar 70% - 80% dari berat konstruksi adalah agregat. Agregat dibagi menjadi agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir), dan apabila dibutuhkan penggunaan bahan pengisi atau *filler*.

Terdapat beberapa bentuk butiran agregat diantaranya yaitu bulat (biasanya didapatkan dari sungai atau pantai), tidak beraturan, memiliki sudut tajam dan permukaan yang kasar, pipih dan lonjong. Berbagai bentuk butiran agregat tersebut dapat berdampak pada: jumlah air campuran pada beton, luas permukaan beton, durabilitas, *workability* dan kekuatan pada beton.

Kondisi permukaan pada agregat kasar dapat berdampak pada pengikatan antara agregat dengan semen. Apabila agregat memiliki permukaan kasar, maka akan terjadi ikatan yang kuat antara agregat dan semen. Sedangkan, apabila agregat memiliki permukaan licin, maka akan terjadi ikatan yang lemah antara agregat dengan semen. Hal-hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan penggunaan agregat dalam campuran beton yaitu volume udara, volume padat, berat jenis agregat, penyerapan, dan kadar air permukaan agregat.

a) Agregat Halus (pasir)

Menurut SNI 03-2847-2002 agregat halus adalah pasir alami sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm. Fungsi agregat halus dalam beton adalah sebagai bahan pengisi antarbutir agregat kasar.

Berdasarkan SK SNI S – 04 – 1989 – F, syarat mutu agregat halus (pasir) untuk bahan campuran beton antara lain:

- Agregat halus terdiri dari butiran yang tajam, kuat, dan keras.
- Agregat halus harus memiliki kandungan lumpur di bawah 5% (dikatakan lumpur apabila lolos saringan 0,060 mm). Jika agregat halus memiliki kandungan lumpur lebih dari 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- Agregat halus harus terbebas dari kandungan garam.
- Agregat halus harus terbebas dari kandungan zat organik. Zat organik dapat mempengaruhi mutu beton. Jika direndam larutan NaOH sebanyak 3%, maka larutan yang berada di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- Butir harus tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika diuji dengan natrium sulfat dan magnesium sulfat maka secara berurutan batas maksimal bagian yang hancur adalah 12% dan 10%.
- Modulus halus butir antara 1.5 - 3.8 dengan variasi ukuran butiran sesuai dengan standar gradasi menurut SNI 03-2834-2000 yang diperlihatkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Syarat Gradasi Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	Persentase Lolos Ayakan Kumulatif			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
9,6	100 – 100	100 – 100	100 – 100	100 – 100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

(SNI 03-2834-2000)

b) Agregat Kasar (kerikil)

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai butir antara 5 mm sampai 40 mm. Fungsi agregat kasar dalam beton adalah sebagai bahan pengisi dan penguat.

Berdasarkan SK SNI S – 04 – 1989 – F, syarat mutu agregat kasar (kerikil) untuk bahan campuran beton antara lain:

- Agregat kasar harus memiliki butiran yang keras, kuat dan tajam.
- Agregat kasar harus tahan dan tidak hancur terhadap pengaruh cuaca atau bersifat kekal.
- Agregat kasar harus terbebas dari kandungan garam.
- Agregat kasar tidak hancur jika diuji dengan cairan jenuh garam sulfat antara lain:
 - Apabila digunakan Natrium Sulfat, maka bagian yang pecah tidak lebih dari 12%.
 - Apabila digunakan Magnesium Sulfat, maka bagian yang pecah tidak lebih dari 10%.
- Agregat kasar harus memiliki kandungan lumpur dibawah 1% (dikatakan lumpur apabila lolos saringan 0,060 mm). Jika

agregat kasar memiliki kandungan lumpur lebih dari 1%, maka agregat kasar harus dicuci.

- Agregat kasar harus terbebas dari kandungan zat organik dan senyawa alkali yang dapat merusak beton.
- Agregat halus memiliki nilai modulus kehalusan berkisar 6-7.

Tabel 2.4. Syarat Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Ayakan (mm)	Persentase Lolos Ayakan Komulatif		
	Ukuran Maksimum	Ukuran Maksimum	Ukuran Maksimum
	10 mm	20 mm	40 mm
76	-	-	100 – 100
38	-	100 – 100	95 – 100
19	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,6	50 – 85	30 – 60	10 – 40
4,8	0 – 10	0 – 10	0 – 5

(SNI 03 – 2834 – 2000)

Dalam SII.0052-80 (Mutu dan Cara Uji Agregat Beton), terdapat persyaratan tambahan yakni kekerasan agregat kasar untuk beton yang diperlihatkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Syarat Kekerasan Agregat Kasar

Mutu Beton	Bagian Hancur (Lolos Ayakan 2 mm) dengan Bejana Rudelof (%)		Bagian Hancur (Lolos Ayakan 1,7 mm) dengan mesin Los Angeles (%)
	Fraksi Butir 19 – 30 mm	Fraksi Butir 9,5 – 19 mm	
Kelas I (B ₀)	22 – 30	24 – 32	40 – 50
Kelas II (B ₀ , K-125, K-175, dan K-225)	14 – 22	16 – 24	27 – 40
Kelas III/Pratekan (K-225)	< 14	< 16	< 27

(SII.0052-80)

3. Air

Air yang digunakan dalam adukan beton harus bersih dan bebas dari zat berbahaya seperti minyak, asam, basa, garam, bahan organik atau

zat lain yang dapat merusak beton atau tulangan (SNI-03-2847-2002). Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak memiliki rasa atau bau yang kuat dapat digunakan sebagai air pencampur untuk produksi beton. Jika kotoran dalam air pencampur terlalu banyak, tidak hanya akan mempengaruhi waktu pengikatan, kekuatan beton, stabilitas volume (perubahan panjang) tetapi juga dapat menyebabkan pemuaihan atau korosi tulangan. Konsentrasi tinggi padatan yang larut dalam air harus dihindari. Menurut SNI-03-2847-2002 persyaratan air untuk campuran beton antara lain:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum hanya dapat digunakan dalam beton jika memenuhi syarat-syarat berikut (SNI 03-2847-2002):
 - Pemilihan rasio pencampuran beton harus didasarkan pada pencampuran beton dengan menggunakan air dari sumber yang sama.
 - Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (Menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C 109).

2.2 Air Payau

2.2.1 Pengertian Air Payau

Air payau merupakan campuran antara air tawar dan air laut (air asin). Jika kandungan garam dalam satu liter air antara 0,5 sampai 30 gram, maka air dikatakan payau. Namun, jika konsentrasi garamnya melebihi 30 gram per liter air, maka disebut air asin (Suprayogi dkk, 2006).

Air payau terjadi karena intrusi air asin ke air tawar. Hal ini dikarenakan adanya degradasi lingkungan. Pencemaran air tawar juga dapat terjadi karena fenomena air pasang naik. Saat air laut meluap, masuk ke median sungai. Kemudian terjadi pendangkalan di sekitar sungai sehingga air asin ini masuk ke dalam air tanah dangkal dan menjadi payau.

Air payau merupakan air yang terbentuk dari pertemuan antara air sungai dan air laut serta mempunyai ciri khusus secara fisik, kimia dan biologis. Dari ciri-ciri fisik air payau berwarna coklat kehitaman, dari segi kimia terutama sudah mengandung kadar garam dibanding air tawar, dari ciri biologis terutama terdapatnya ikan- ikan air payau. Air payau dapat memiliki rentang kadar TDS yang cukup tinggi yakni 1000-10.000 mg/L dan secara terkarakterisasi oleh kandungan karbon organik rendah dan partikulat rendah ataupun kontaminan koloid (Dewi dkk, 2012).

2.2.2 Kandungan Air Payau

Salinity atau salinitas adalah jumlah garam yang terkandung dalam satu kilogram air. Kandungan garam dalam air ini dinyatakan dalam ppt atau *part per thousand* karena satu kilogram sama dengan 1000 gram. Air payau atau *brackish water* adalah air yang mempunyai salinitas antara 0,5 ppt s/d 17 ppt. Air ini banyak dijumpai di daerah pertambakan, *estuary* yaitu pertemuan air laut dan air tawar serta sumur-sumur penduduk di pulau-pulau kecil atau pesisir yang telah terintrusi air laut. Sebagai perbandingan, air tawar mempunyai salinitas < 0,5 ppt dan air

minum maksimal 0,2 ppt. Dari sumber literatur lain, air tawar maksimal mempunyai salinitas 1 ppt sedangkan air minum 0,5 ppt. Sementara itu air laut rata-rata mempunyai salinitas 35 ppt (Astuti dkk, 2006).

Air payau mempunyai ciri-ciri antara lain berwarna kuning, derajat keasaman (pH) 7-9, salinitas 0,5-30 ppm, kesadahan lebih dari 500 mg/l, zat padat terlarut (TDS) 1500 – 6000 ppm, kandungan logam Fe 2 – 5 ppm dan kandungan Mn 2 – 3 ppm. Air payau memiliki kadar air 95,5% – 96,5% dimana sisanya 3,3% – 4,5% terdiri dari berbagai macam mineral yang melarut (Mudiat, 1996).

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di UPT Lab. Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, air payau memiliki kandungan seperti pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Kandungan Air Payau di Cuku NyiNyi

Parameter Uji	Satuan	Hasil
Ca	ppm	265,40
Mn	ppm	0,007
Mg	ppm	279,08
Cr	ppm	0,006
Fe	ppm	0,064
Cl	%	1,85
Na	%	1,85

(Lab. Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung)

Reaksi natrium klorida (NaCl) dapat berdampak negatif terhadap kualitas beton. Natrium klorida dapat menyebabkan korosi pada struktur beton, terutama jika beton tersebut terpapar secara terus-menerus. Jika baja tulangan terkorosi, beton dapat kehilangan kekuatan strukturalnya dan menjadi rentan terhadap keretakan dan kegagalan struktural.

Ketika Natrium Klorida (NaCl) bereaksi dengan beton, maka terjadi penurunan kualitas beton. Penurunan ini berbanding lurus dengan penambahan kandungan NaCl pada campuran beton. (Warnodin & Lapaisa, 2017).

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Kuat Tekan Beton

Beton mutu baik adalah jika beton tersebut memiliki nilai kuat tekan tinggi. Dengan kata lain mutu beton dapat ditinjau hanya dari kuat tekannya saja (Tjokrodimulyo, 2007). Untuk mengetahui besar kekuatan dari beton yang sudah mengeras dapat dilakukan uji kuat tekan. Karena sifat karakteristik yang diinginkan dari beton yang dibuat berkaitan erat dengan kuat tekan beton yang merupakan faktor utama dalam desain struktur beton.

Kekuatan tekan beton akan meningkat seiring dengan naiknya umur beton jadi dapat dikatakan bahwa kuat tekan merupakan salah satu parameter mutu beton. Kekuatan tekan beton ditentukan dari komposisi perbandingan semen, agregat kasar dan halus, dan air.

Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi faktor air semen semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan yang terjadi pada beton tersebut.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji yang berbentuk silinder yang berukuran 150 mm dan tinggi 300 mm yang dibebani gaya sampai benda uji hancur. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan beton pada persamaan di bawah ini.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

$f'c$: tegangan desak (MPa)

P : gaya desak (N)

A : luas penampang (mm^2)

Dengan rumus di atas maka dapat disimpulkan kuat tekan adalah besaran beban persatuan luas penampang yang dapat di pikul oleh benda uji sampai benda uji hancur dan tidak dapat menahan pertambahan beban lagi sehingga menghasilkan nilai kekuatan beban maksimum.

2.3.2 Kuat Tarik Belah Beton

Dapat diketahui bahwa beton memiliki kelemahan secara struktural yaitu memiliki kuat tarik yang rendah dimana besar kuat tarik belah memiliki perbandingan sekitar 9% - 15% dari kuat tekannya. nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya (Dipohusodo,1996).

Kecilnya nilai kuat tarik yang dihasilkan oleh beton yang menjadi kelemahan terbesar dari beton. Sehingga untuk menaikkan kuat tarik belah pada beton dapat dilakukan dengan menambahkan tulangan agar beton dapat mampu menahan gaya tarik.

Pengujian kuat tarik belah menggunakan benda uji yang berbentuk slinder yang berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm diletakkan secara mendatar di atas meja penguji tekan. Kemudian benda uji diberi beban dari atas merata sepanjang benda uji. Apabila benda uji sudah tidak dapat menahan beban lagi, maka benda uji akan terbelah menjadi dua. Berdasarkan SNI 03-2491-2002, kuat tarik belah dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{ct} = \frac{2 \times P}{\pi \times L \times D} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

F_{ct} : kuat tarik belah beton (MPa)

P : beban uji maksimum dalam Newton (N) yang didapat dari mesin penguji tekan

L : panjang benda uji (mm)

D : diameter benda uji (mm)

2.3.3 Penetrasi Air

Pengertian permeabilitas adalah kemudahan dalam melewatkan gas atau cairan di dalam beton. Permeabilitas digunakan untuk pengecekan beton pada struktur air (misalnya bendung, dam, dermaga, dan lain-lain), dimana beton selalu dalam kondisi terendam air. Permeabilitas tidak dapat dilepaskan dari panas hidrasi yang terjadi saat terjadinya beton.

Faktor utama yang menentukan permeabilitas beton adalah faktor air-semen dan kadar Semen . Zat cair dan gas akan masuk ke dalam beton melewati pori-pori yang dipengaruhi oleh faktor air semen, semakin tinggi faktor air-semen semakin banyak pula pori-pori yang saling berhubungan sehingga beton memiliki permeabilitas tinggi atau zat cair atau gas yang masuk ke dalam beton semakin banyak. Karena itu agar beton dapat bertahan dengan waktu yang lama maka permeabilitas beton perlu diturunkan, yaitu dengan memperkecil faktor air-semen.

Permeabilitas beton juga dipengaruhi oleh distribusi ukuran butiran semen atau kehalusan dari butiran semen. Butiran semen yang lebih kasar mempunyai tingkat porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan ukuran butiran semen yang lebih halus. Secara umum bisa dikatakan bahwa beton yang permeabilitas lebih rendah akan memiliki kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton dengan permeabilitas yang tinggi (Rommel dkk, 2015).

Permeabilitas beton dapat diuji menggunakan metode berikut ini:

1. *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan salah satu metode geofisika yang berteknologi tinggi. Metode GPR pada umumnya digunakan untuk pencitraan resolusi tinggi struktur di bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan sifat penjalaran gelombang elektromagnetik (EM) berfrekuensi tinggi (Ramadianti dkk, 2019).

GPR memiliki beberapa parameter fisika saat pengoperasian maupun pengolahannya, di antaranya adalah konduktivitas listrik, konstanta dielektrik, dan permeabilitas magnetiknya. Besarnya nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) penting diketahui untuk mengestimasi kecepatan dari gelombang elektromagnetik yang menjalar melalui medium.

GPR merupakan salah satu pengujian beton yang bersifat *Non Destructive Test* (NDT) atau teknik pengujian material tanpa merusak benda ujinya. Penggunaan metode GPR pada beton dapat memberikan informasi mengenai besarnya permeabilitas beton yang akan terdeteksi dengan tampilan gambar.

2. Uji Aliran (*Flow Test*)

Uji aliran (*flow test*) yaitu pengujian untuk mengukur permeabilitas beton terhadap air bila air dapat mengalir melalui sampel beton (Sugiharto & Tjong Foek, 2004). Dari data pengujian permeabilitas ini dapat ditentukan koefisien permeabilitas yang menunjukkan suatu angka kecepatan rembesan fluida dalam suatu zat. Koefisien permeabilitas untuk uji aliran dihitung dengan rumus Darcy.

$$K = \frac{\rho g L Q}{P A} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

K : koefisien permeabilitas (cm/dtk)

ρ : massa jenis air (kg/cm³)

g : percepatan gravitasi (cm/s²)

L : panjang atau tinggi sampel (cm)

Q : debit aliran air (cm³/dtk)

P : tekanan air (kg cm/dtk²/cm²)

A : luas penampang sampel (cm²)

2.4 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.7. Penelitian Terdahulu Terkait Penelitian Ini

No.	Tahun	Judul Artikel	Penulis	Nama Jurnal
1.	2022	Pengaruh Air Payau terhadap Kuat Tekan Beton	Arifien Nursandah, M. Rifaldi, Himatul Farichah	Jurnal Agregat
<p>Jurnal ini membahas tentang air payau yang dijadikan bahan campuran beton. Air payau berdampak pada penurunan kuat tekan beton diakibatkan adanya kandungan kimia pada air payau yang tinggi seperti Sulfat (SO_4^{2-}). Pada umur beton 7, 14, dan 21, beton normal memiliki kuat tekan lebih besar dari beton air payau. Air payau tidak dapat digunakan sebagai campuran pada konstruksi beton.</p>				
2.	2022	<i>The Evolution of Concrete (Part 1): Submerged in Water and Its Compression Strength</i>	Chatarina Niken	Civil and Environmental Research
<p>Penelitian ini membahas tentang beton terendam air pada pondasi beton yang telah di <i>grounding</i> selama sekitar sepuluh tahun. Kekuatan tekan dan struktur mikro beton terendam dibandingkan dengan beton dalam kondisi terlindungi. Struktur mikro beton diperiksa dengan <i>scanning electron microscopy</i> dan <i>energy dispersive X-ray</i>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton terendam adalah sama dengan kuat tekan beton terlindungi.</p>				
3.	2022	<i>The Evolution of Concrete (Part 2): Unprotected in Humid Tropical Weather and Its Compression Strength</i>	Chatarina Niken	Civil and Environmental Research
<p>Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan dan perubahan mikrostruktur pada kondisi tidak terlindungi beton di daerah tropis lembab. Penelitian dilakukan secara eksperimental. Data uji kompresi diolah dengan metode <i>Outlying</i>. Itu struktur mikro beton diperiksa dengan <i>scanning electron microscopy</i> dan <i>energy dispersive X-ray</i>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton tanpa pelindung sebesar 65% kuat tekan beton terlindungi. Kalsit mendominasi struktur mikro beton tanpa pelindung. Oksidasi menyebabkan pH menurun dan silika larut. Hal ini membuat CSH dan CH tidak stabil. Ikatan Ca pada beton yang tidak terlindungi lebih mudah putus.</p>				
4.	2022	<i>The Evolution of Concrete (Part 3): Submerged in Mud and Its Compression Strength</i>	Chatarina Niken	Civil and Environmental Research
<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton yang terendam lumpur selama 10 tahun hanya 50% dari kuat tekan beton terlindungi. Degradasi disebabkan oleh serangkaian proses infiltrasi air, oksidasi air</p>				

Tabel 2.7. (Lanjutan)

	<p>permukaan yang menyertai perendaman lumpur, tekanan perendaman yang mengubah struktur atom dan kerapatan Ca serta penipisan <i>portlandite</i> yang kemudian diikuti dengan pelepasan Ca dari CSH, munculnya Fe^{3+} yang membuat perubahan struktur, dan peningkatan porositas. Cara yang tepat untuk mencegah beton menurun kekuatannya adalah dengan meminimalkan penetrasi air atau melindungi beton dengan lapisan kedap air.</p>			
5.	2021	Pengaruh Rendaman Asam terhadap Kuat Tekan Beton dengan Penambahan <i>Fly Ash</i>	Mufti Amir Sultan, Imran, Muhammad Faujan	Teras Jurnal
	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan presentase penambahan butiran <i>fly ash</i> dengan kadar 20% terhadap berat semant, serta pengaruh lingkungan asam terhadap kuat tekan beton yang menggunakan bahan tambah <i>fly ash</i>. Hasil penelitian menunjukkan beton normal (BN) mengalami penurunan kuat tekan yang bervariasi yaitu pada waktu 1 bulan sebesar 24,79% dan 2 bulan sebesar 30,58% dari beton normal umur 28 hari, sedangkan perlakuan air asam pada beton <i>fly ash</i> (BFA) juga mengalami penurunan kuat tekan pada waktu yang sama yaitu 1 bulan sebesar 2,61% dan 2 bulan sebesar 26,80% dari beton <i>fly ash</i> (BFA) umur 28 hari, dimana rasio penurunan kuat tekan pada beton <i>fly ash</i> lebih baik dibandingkan beton tanpa <i>fly ash</i>. Dengan demikian terlihat bahwa beton <i>fly ash</i> (BFA) lebih tahan terhadap serangan asam sulfat dibandingkan dengan Beton Normal (BN).</p>			
6.	2019	Kuat Tekan Beton dan Nilai Penyerapan dengan Variasi Perawatan Perendaman Air Laut dan Air Sungai	Pujianto, Hakas Prayuda, Berkat Cipta Zega, Besty Afridiandini	Semesta Teknika
	<p>Pengujian yang dilakukan berupa pemeriksaan <i>workabilitas</i>, kuat tekan dan nilai penyerapan. Hasil pada pengujian ini menunjukkan bahwa nilai <i>workabilitas</i> pada beton menggunakan <i>superplasticizer</i> lebih baik dibandingkan beton menggunakan bahan tambah <i>fly ash</i>. Hasil kuat tekan menunjukkan bahwa seluruh benda uji dengan perawatan air laut lebih tinggi dibandingkan dengan beton menggunakan perawatan air sungai. Sedangkan nilai penyerapan menunjukkan bahwa pada umur 28 hari dengan menggunakan air laut menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan perawatan menggunakan air sungai.</p>			
7.	2015	<i>The effect of water containing sodium sulfate ions on strength of concrete of aquaculture ponds and channels</i>	Mostafaeipour	Iranian Journal of Fisheries Sciences
	<p>Menganalisis hasil laboratorium, ditemukan bahwa untuk waktu yang singkat efeknya dapat diabaikan, tetapi untuk waktu yang lebih lama. hingga tujuh bulan, EC (konduktivitas listrik) air memiliki efek negatif yang rendah terhadap kuat tekan beton, Sebaliknya, kuat tekan rata-rata beton hampir 25 kg/cm² lebih rendah dari perkiraan. Memuat sampel beton hingga runtuh mengakibatkan hilangnya kekuatan hingga 10%. Untuk</p>			

Tabel 2.7. (Lanjutan)

	mengatasi masalah ini, kuat tekan yang dirancang harus dipertimbangkan 10% lebih tinggi dari yang sebenarnya agar memiliki kekuatan beton yang dapat diterima untuk saluran air dan kolam yang bersentuhan langsung dengan natrium. ion sulfat di dalam air.			
8.	2015	Studi Pengaruh Penggunaan Air Payau Dalam <i>Mix Design</i> Beton untuk Pembuatan Konstruksi Dermaga Akibat Rendaman Air Laut	Slamet Budi Mulyono dan Nadia Prayitno	Jurnal Konstruksia
	Dalam penelitian ini akan diuji penggunaan air PDAM dan air payau pada campuran beton dengan rendaman air laut. Hasil penelitian diantaranya yaitu: penggunaan air payau hasil uji lebih tinggi 1,92% dibandingkan dengan kuat tekan rencana, sementara penggunaan air PDAM hasil uji lebih rendah 1.3% dari kuat tekan rencana pada umur 28 hari. Pada beton uji umur 56 hari penggunaan air PDAM hasil uji lebih tinggi 5,55% dibandingkan dengan kuat tekan rencana, sementara pada beton campuran air payau hasil uji mengalami penurunan atau lebih rendah 13,48% dari kuat tekan rencana. Dari hasil penelitian, didapat beton campuran air PDAM kuat tekannya mempunyai trend meningkat, sementara beton campuran air payau mempunyai trend menurun.			
9.	2013	Pengaruh Sulfat terhadap Kuat Tekan Beton dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Semen dengan W/C 0,60 dan 0,65	Fikriansyah dan Gunawan Tanzil	Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan
	Beton dengan nilai faktor air semen 0,6 dan 0,65, baik yang terendam air biasa maupun terendam larutan sulfat memiliki kuat tekan beton maksimum pada beton campuran bubuk kaca 5 %. Sedangkan dilihat dari umur beton, umur 28 hari memiliki kuat tekan terbesar. Beton dengan faktor air semen 0,6 yang direndam dengan larutan magnesium sulfat mengalami penurunan kuat tekan beton dibandingkan dengan yang direndam air biasa. Penurunan nilai kuat tekan terbesar terjadi pada beton normal dengan 28 hari yaitu sebesar 8,53 %. Begitu pun terjadi pada faktor air semen 0,65. Penurunan kuat tekan beton terbesar terjadi pada beton normal dengan 28 hari yaitu sebesar 10,98 %.			
10.	2011	Kuat Tekan Beton Terhadap Lingkungan Agresif	Khairul Miswar	Jurnal Portal
	Beton normal yang direndam air payau dan air normal kemudian dibandingkan. Pengamatan dilakukan pada umur beton 7, 1 dan 21 hari. Hasilnya beton pada umur 7 hari yang direndam memiliki kuat tekan lebih besar dibanding dengan air normal. Hal ini dikarenakan air payau mengandung klorida yang mempengaruhi proses hidrasi pada semen dan meningkatkan dini pada beton. Tetapi pada umur 14 dan 21 hari beton air normal lebih besar dari air payau.			

Tabel 2.8. Penelitian Terdahulu Terkait *Mix Design* SNI 03 – 2834 – 2000

No.	Tahun	Judul Artikel	Penulis	Nama Jurnal
1.	2019	Analisis Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012 dengan Kuat Tekan 30 MPa	Helena Dewi Kuntari, Andry Alim Lingga, Asep Supriyadi	Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil
<p>Penelitian dilakukan agar didapatkan selisih antara SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012 dalam hal modulus elastis, kuat tekan, dan jumlah kebutuhan bahan dengan menggunakan dua variasi nilai <i>slump</i> yaitu variasi I (<i>slump</i> 30-60 mm dan <i>slump</i> 25-20 mm) untuk variasi II (<i>slump</i> 60-180 mm dan <i>slump</i> 75-100 mm) untuk mutu rencana 30 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas dan kuat tekan tertinggi didapatkan dengan nilai <i>slump</i> 30-60 mm menggunakan SNI 03-2834- 2000.</p>				
2.	2017	Studi Perbandingan Rancang Campur Beton Normal Menurut SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012	Agus Santoso, Darmono, Faqih Ma'arif, Sumarjo H.	Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur
<p>Uji kuat tekan dilakukan pada benda uji dengan kuat tekan 35 MPa, 30 MPa dan 25 MPa. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kuat tekan beton rancangan SNI 03-2834-2000 lebih tinggi dari SNI 7656 2012 miliknya kuat tekan diatas 30 MPa.</p>				
3.	2017	Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012	Elia Hunggurami, Margareth E. Bolla, Papy Messakh	Jurnal Teknik Sipil
<p>Rasio campuran beton yang dibutuhkan untuk ukuran agregat 20 cm dan 40 cm dibandingkan menggunakan kedua desain campuran. Uji kuat tekan diterapkan pada umur 28 hari dengan kualitas desain (f_c') 25 MPa, 20 MPa, dan 15 MPa. Walaupun dari hasil kajiannya menunjukkan bahwa dua desain campuran menghasilkan kuat tekan tergantung dari kualitas rencana, SNI 7656: 2012 menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dari SNI 03-2834-2000.</p>				

Tabel 2.9. Penelitian Terdahulu Terkait Proses Pengecoran

No.	Tahun	Judul Artikel	Penulis	Nama Jurnal
1.	2022	Perbandingan <i>Mix Design</i> SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012 Ditinjau dari Proses Pengecoran Beton Normal	Joerda Foulhudan, Dwi Nurtanto, Krisnamurti	Jurnal Riset Rekayasa Sipil

Tabel 2.9. (Lanjutan)

	Pada penelitian menunjukkan proses pelaksanaan pengecoran yaitu, kerikil, semen, pasir, dan ditambahkan air pada akhir proses pengecoran (<i>dry mixing</i>) dengan kerikil+semen selama 4 menit, lalu ditambahkan pasir selama 4 menit dan air selama 3 menit menghasilkan kuat tekan paling optimum.			
2.	2018	Analisa Kuat Tekan Beton terhadap Lamanya Waktu Pengadukan	Irzal Agus	Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan
	Kuat tekan beton dihasilkan dari lama waktu pencampuran antara 1, 5, 10 dan 15 menit pada umur 3 hari sebesar 95,31 kg/cm ² , 128,5 kg/cm ² , 122,7 kg/cm ² , 111,1 kg/cm ² , umur 7 hari sebesar 108,3 kg/cm ² , 142,9 kg/cm ² , 126,9 kg/cm ² , 115,5 kg/cm ² , dan umur 28 hari sebesar 125,6 kg/cm ² , 196,3 kg/cm ² , 158,5 kg/cm ² , 147,2 kg/cm ² . Berdasarkan nilai kuat tekan yang memenuhi kuat tekan yang direncanakan 190 kg/cm² atau 19 MPa terdapat pada lama waktu pencampuran 5 menit.			
3.	2010	<i>Effects of Silica Fume, Ultrafine and Mixing Sequences on Properties of Ultra High Performance Concrete</i>	S. Shihada and M. Arafa	Asian Journal of Material Science
	Pada penelitian ini menggunakan <i>silica fume</i> , bubuk kuarsa sebagai agregat sangat halus, dan urutan prosedur pencampuran untuk mengetahui pengaruh terhadap sifat utama dari <i>ultra high performance concrete</i> . Hasil pengujian menunjukkan pengecoran dengan urutan mencampur semua material kering (semen, agregat halus, agregat kasar, agregat sangat halus, dan <i>silica fume</i>) kemudian ditambahkan air dengan 40% <i>superplastisizer</i> setelah itu didiamkan 3 menit lalu ditambahkan 60% <i>superplastisizer</i> mendapatkan hasil kuat tekan tertinggi.			

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan bertujuan mengetahui pengaruh perendaman air payau terhadap kuat tekan, kuat tarik belah beton, dan penetrasi air. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Metode ini bertujuan menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain atau menguji bagaimana hubungan sebab akibat antara variabel yang satu dengan variabel yang lainnya.

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Uji kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Uji penetrasi air dengan *Ground Penetrating Radar* (GPR) yang dilakukan di Budidaya *Mangrove* Cuku NyiNyi, Kab. Pesawaran.
3. Uji penetrasi air buatan dengan tekanan air yang dilakukan di Laboratorium Uji Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
4. Perendaman beton dengan air payau yang dilakukan di Budidaya *Mangrove* Cuku NyiNyi, Kab. Pesawaran. Lokasi ini memiliki koordinat geografis yang terletak pada lintang 5.5622° dan bujur 105.2446° . Lokasi Budidaya *Mangrove* Cuku NyiNyi pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Lokasi Budidaya *Mangrove* Cuku NyiNyi.

3.2 Penyiapan Material

Pada penelitian ini material yang akan digunakan adalah:

1. Semen

Semen berguna untuk bahan pengikat agregat dan mengisi ruang kosong antar agregat supaya terbentuk massa yang padat. Penelitian ini menggunakan semen PCC (*Portland Composite Cement*) dengan keadaan yang masih tertutup rapat dalam kemasan (zak) dan mempunyai berat 50 kg dan menggunakan produk Tiga Roda.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah batu pecah yang berasal dari PT. Sumber Batu Berkah, Kec. Katibung, Kab. Lampung Selatan.

3. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat yang lebih halus dengan lolos saringan ukuran 4,75 mm yang didapat dari industri pasir yang berasal dari *quarry* Gunung Sugih.

4. Air

Air yang dipakai pada penelitian ini harus air bersih, tidak terkontaminasi minyak, lumpur, dan zat-zat lain yang dapat merusak beton. Pada penelitian ini air yang dipakai berasal dari Laboratorium Bahan dan Kontruksi Universitas Lampung.

3.3 Benda Uji

Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasi air alami terendam air payau. Benda uji balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm untuk penetrasi air dengan *Ground Penetrating Radar* (GPR) pada benda uji terendam air payau dan balok dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 12 cm untuk penetrasi air buatan dengan tekanan air.

Tabel 3.1. Jumlah dan Kode Benda Uji

Benda uji	Kode benda uji			Jumlah
	28 hari	56 hari	90 hari	
Kuat tekan	KTT.28.1	KTT.56.1	KTT.90.1	3
	KTT.28.2	KTT.56.2	KTT.90.2	3
	KTT.28.3	KTT.56.3	KTT.90.3	3
	KTP.28.1	KTP.56.1	KTP.90.1	3
	KTP.28.1	KTP.56.2	KTP.90.2	3
	KTP.28.1	KTP.56.3	KTP.90.3	3
Kuat tarik belah	TBT.28.1	TBT.56.1	TBT.90.1	3
	TBT.28.2	TBT.56.2	TBT.90.2	3
	TBT.28.3	TBT.56.3	TBT.90.3	3
	TBP.28.1	TBP.56.1	TBP.90.1	3
	TBP.28.2	TBP.56.2	TBP.90.2	3
	TBP.28.3	TBP.56.3	TBP.90.3	3
Penetrasi air	PAB.28.1	-	-	1
	PAB.28.2	-	-	1
	PAB.28.3	-	-	1
	PAG.1	PAG.1	PAG.1	1
	PAG.2	PAG.2	PAG.2	1
	PAG.3	PAG.3	PAG.3	1
Jumlah				42

Keterangan:

- KTT : beton kuat tekan terlindung
- KTP : beton kuat tekan terendam air payau
- TBT : beton kuat tarik belah terlindung
- TBP : beton kuat tarik belah terendam air payau
- PAB : beton penetrasi air buatan dengan tekanan air
- PAG : beton penetrasi air dengan *Ground Penetrating Radar* (GPR)

3.4 Alat-Alat Penelitian

Alat yang akan dipakai pada penelitian ini:

1. Cetakan Benda Uji

Cetakan yang dipakai pada penelitian untuk mencetak beton dengan bentuk silinder dan balok. Bentuk silinder mempunyai ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang dipakai untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasi air alami terendam air payau. Benda uji dengan bentuk balok mempunyai ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm yang dipakai untuk penetrasi air dengan *Ground Penetrating Radar* (GPR). Benda uji berbentuk balok dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 12 cm untuk pengujian penetrasi air buatan dengan tekanan air.

2. Saringan

Saringan ini berfungsi mengukur gradasi agregat supaya mengetahui nilai modulus kehalusan agregat halus dan agregat kasar. Pada penelitian ini gradasi agregat kasar dan agregat halus berlandaskan standar ASTM C-33.

3. Oven

Oven berguna untuk mengeringkan bahan-bahan pada pengujian material saat kondisi kering. Oven yang akan digunakan mempunyai kapasitas suhu maksimum 110° C.

4. Timbangan

Timbangan berfungsi untuk mengetahui berat masing-masing bahan yang akan digunakan untuk penyusunan beton sesuai yang telah direncanakan.

Timbangan yang digunakan yaitu timbangan manual dengan kapasitas maksimum 50 kg digunakan untuk mengukur berat beton (timbangan besar) dan timbangan elektronik dengan kapasitas maksimum 20 kg digunakan untuk mengukur berat bahan campuran beton.

5. Kontainer

Alat yang berguna sebagai wadah agregat halus dan agregat kasar selama di oven.

6. *Pycnometer*

Alat ini berguna supaya berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu, berat jenis kering, dan penyerapan agregat halus dapat diketahui.

7. Botol *La Chatelier*

Alat ini berguna supaya berat jenis PCC (*Portland Composite Cement*) dapat diketahui. Kapasitas botol *La Chatelier* sebesar 250 ml.

8. Mesin *Los Angeles*

Alat ini digunakan untuk menguji ketahanan agregat kasar dalam keausan dengan membenturkan agregat kasar bersama bola besi.

9. Cetakan Kerucut Pasir

Alat ini berguna indikasi kondisi pasir SSD (*Saturated Surface Dry*). Caranya adalah pasir ditumbuk dengan tongkat pemadat dari logam. Pemadatan dilakukan dengan 3 lapisan dan tiap lapisan dengan 25 kali tumbukan. Kondisi SSD diindikasikan dengan butiran pasir yang longsor 1/3 dari tinggi kerucut.

10. Bejana Silinder

Bejana silinder adalah alat yang digunakan untuk pengujian berat volume pada agregat halus dan kasar. Terdapat 2 bejana yang digunakan yaitu bejana yang berkapasitas 5 liter digunakan untuk pengujian berat volume agregat halus dan bejana yang berkapasitas 10 liter digunakan untuk pengujian berat volume agregat kasar.

11. Bak perendam

Bak perendam adalah alat yang digunakan saat proses perawatan beton. Hal ini dilakukan untuk menjaga kelembaban beton agar beton tidak cepat kehilangan air.

12. *Concrete Mixer*

Alat ini sebagai alat pengaduk campuran beton. *Concrete mixer* yang digunakan memiliki kapasitas 0,125 m³ mempunyai kecepatan 20 hingga 30 putaran per menit.

13. *Slump Test Apparatus*

Kerucut *Abrams* biasa digunakan dengan tilam pelat baja dan tongkat baja untuk mengetahui kelecakan (*workability*) adukan secara sederhana yaitu percobaan *slump test*. Kerucut mempunyai diameter 100 mm di bagian atas dan 200 mm di bagian bawah, dan tinggi 300 mm. Sedangkan tongkat baja berdiameter 16 mm dan panjang 60 cm.

14. *Compression testing machine (CTM)*

Compression testing machine (CTM) adalah alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan beton. Alat *Compression testing machine (CTM)* yang digunakan memiliki kapasitas beban maksimal 3000 kN dengan merk CONTROLS.

15. *Ground Penetrating Radar (GPR)*

GPR adalah metode untuk mendeteksi objek yang terkubur di bawah permukaan tanah dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik. Pada pengujian permeabilitas beton, *Ground Penetrating Radar (GPR)* merupakan metode *Non Destructive Test* atau tidak merusak beton tetapi dapat mengetahui isi dalam beton.

16. *Tension Splitting Test (TST)*

Tension Splitting Test (TST) adalah alat yang digunakan untuk menguji kuat tarik belah beton.

3.5 Prosedur Penelitian

Ada beberapa prosedur penelitian yaitu:

1. Persiapan bahan dan alat-alat

Tahapan pertama menyiapkan bahan-bahan yang akan dibutuhkan. Setelah itu dilakukan pengecekan peralatan kembali, untuk mengetahui alat yang masih berfungsi atau tidak agar penelitian tidak terhambat.

2. Pemeriksaan bahan campuran beton

Tahap kedua ini adalah pengujian bahan campuran beton sesuai aturan yang telah tertera pada ASTM, yang berguna untuk mengetahui dan mendapatkan data bahan campuran beton memenuhi persyaratan atau tidak.

3. *Mix Design*

Tahap ini adalah tahap pembuatan rencana campuran beton dengan menggunakan metode SNI 03 – 2834 – 2000. Perencanaan campuran beton dengan semen, agregat, dan air sangat utama agar mendapatkan kekuatan beton yang telah direncanakan dengan kuat tekan ($f'c$) = 20,75 MPa atau K-250.

4. Pembuatan benda uji

Ada beberapa tahap untuk pembuatan benda uji yaitu:

a) Pembuatan campuran adukan beton dari hasil yang telah diperhitungkan

1) Persiapan bahan adukan beton. Bahan penyusun beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan semen dipersiapkan dengan kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*). Hal ini dilakukan supaya bahan-bahan yang telah disiapkan tidak menyerap air. Penambahan air saat pencampuran akan berpengaruh pada kekuatan beton.

2) Pencampuran bahan.

3) Pengecoran dilakukan dengan metode *dry mixing* diawali dengan mencampurkan agregat kasar dan semen dalam waktu 4 menit, kemudian ditambahkan pasir selama 4 menit, dan ditambahkan air dengan durasi 3 menit.

- b) Pencarian nilai *slump*
- 1) Kerucut *Abrams* disiapkan, setelah itu adukan beton dimasukkan pada kerucut *Abrams* hingga 1/3 bagian, dipadatkan dengan cara ditumbuk sebanyak 25 kali. Adukan ditambah hingga 2/3 bagian, setelah itu ditumbuk kembali sebanyak 25 kali. Sesudah itu adukan dimasukkan sampai penuh, kemudian ditumbuk kembali sebanyak 25 kali setelah itu kerucut *Abrams* diisi penuh dan diratakan.
 - 2) Kerucut *Abrams* diangkat ke atas dan dilihat penurunan yang terjadi lalu diukur agar mendapatkan nilai *slump*.
- c) Pencetakan benda uji balok dan silinder dilakukan dengan cara sebagai berikut:
- 1) Persiapan cetakan benda uji dengan pengolesan oli pada sisi dalam cetakan benda uji
 - 2) Pemasukan adukan ke dalam cetakan hingga penuh dan pemadatan adukan menggunakan *vibrator*, supaya tidak terjadi segregasi pada campuran beton.
 - 3) Perataan bagian atas permukaan cetakan ketika sudah penuh dan padat.
 - 4) Pelepasan beton dari cetakan setelah 24 jam pengecoran
 - 5) Pemberian kode pada setiap sampel di bagian atas
- d) Perawatan benda uji (*Curing*)
- Perawatan beton untuk membuat beton selalu lembab. Kelembaban membuat proses hidrasi berjalan baik. Proses *curing* ini dilakukan dengan cara perendaman benda uji selama 7 hari dalam bak air.
- e) Pengujian benda uji
- 1) Uji kuat tekan
- Uji kuat tekan beton dengan menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*) dengan kapasitas 150 ton dan kecepatan pembebanan 0.14 – 0.34 MPa/detik. Benda uji diberi lapisan belerang 1,5 – 3 mm pada permukaan yang ditekan. Pengujian ini dilakukan pada umur beton mencapai 28 hari, 56 hari dan 90 hari.



Gambar 3.2. Alat CTM (*Compression Testing Machine*)

2) Uji kuat tarik belah

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan menggunakan *Tension Splitting Test* (TST) pada saat umur beton 28 hari, 56 hari, dan 90 hari dengan posisi benda uji mendatar sejajar dengan alas. Data yang didapatkan dari pengujian ini berupa kuat tekan maksimal yang akan dikonversikan menjadi nilai kuat tarik belah beton.



Gambar 3.3. Alat TST (*Tension Splitting Test*).

3) Penetrasi air

Pengujian penetrasi air beton dilakukan dengan menggunakan *Ground Penetrating Radar* (GPR), penetrasi air buatan dengan tekanan air, dan penetrasi air alami terendam air payau. GPR dan penetrasi air alami digunakan untuk pengujian beton yang terendam air payau sedangkan penetrasi air buatan dengan tekanan air digunakan untuk beton terlindung. Pengujian penetrasi air alami dan GPR dilakukan pada umur beton 28 hari, 56 hari, dan 90 hari.

Pengujian penetrasi air buatan dengan tekanan air dilakukan pada umur beton 28 hari.

Prinsip kerja GPR memanfaatkan pemantulan sinyal gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh *transmitter* (Tx) berupa antena dari permukaan tanah kemudian ditangkap oleh *receiver* (Rx). Antena *transmitter* (Tx) akan menghasilkan gelombang elektromagnetik dengan bentuk *Pulse Repetition Frequency* (PRF) yang merupakan suatu energi dan durasi tertentu. Gelombang elektromagnetik akan dipancarkan ke bawah permukaan dan selama perambatannya gelombang elektromagnetik tersebut akan mengalami atenuasi dan cacat sinyal lainnya.

Prinsip kerja *permeability test* yaitu dengan memberi tekanan air terhadap benda uji dan dipertahankan selama beberapa waktu.

- 1 bar (1 kg/cm^2) selama 48 jam.
- 3 bar untuk 24 jam berikutnya.
- 7 bar untuk 24 jam berikutnya.

Setelah itu, pada benda uji dilakukan uji kuat tarik belah untuk mengetahui penetrasi air. Kemudian kedalaman penetrasi air diukur menggunakan penggaris.

3.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan kriteria Dixon. Uji Dixon digunakan untuk data hasil dari laboratorium yang tidak termasuk dalam kelompok besar yang seragam. ASTM E 178-02 telah menyebutkan bahwa kriteria Dixon, yang sepenuhnya didasarkan pada rasio perbedaan antara pengamatan dapat digunakan dalam kasus di mana diinginkan untuk menghindari perhitungan deviasi standar atau di mana penilaian cepat diperlukan (Niken dkk, 2019). Cara uji Dixon adalah sebagai berikut data disusun mulai dari data paling kecil sampai data paling besar.

Tergantung pada jumlah datanya, pada uji Dixon kumpulan data dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu kelompok pertama untuk jumlah data 3-7, kelompok kedua jumlah data 8-12 dan kelompok terakhir jumlah data 13-40. Masing-masing kelompok dibagi lagi dalam dua bagian, yaitu bagian data terkecil dan terbesar.

Untuk jumlah data 3 – 7 :

Uji Dixon dilakukan dengan rumus:

- Untuk data terkecil: $\frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1} > D_n$ (4.1)

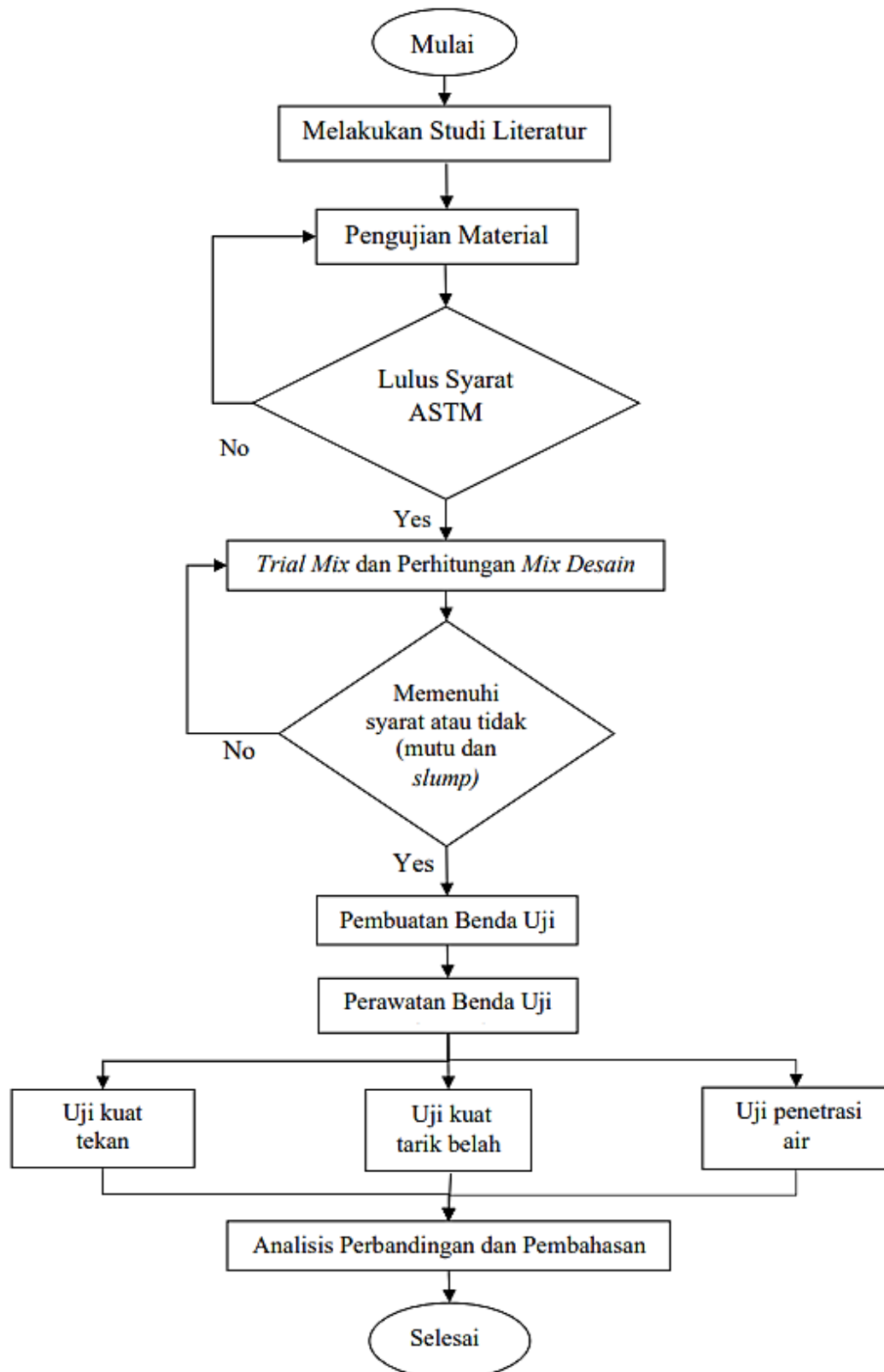
- Untuk data terbesar: $\frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1} > D_n$ (4.2)

Jika $D_{hitung} > D_{tabel}$, maka data tersebut merupakan pencilan dan dapat dibuang. Hal tersebut dilakukan terhadap data selanjutnya hingga tidak ada lagi data pencilan. Analisis data dilakukan dengan cara sebagai berikut:

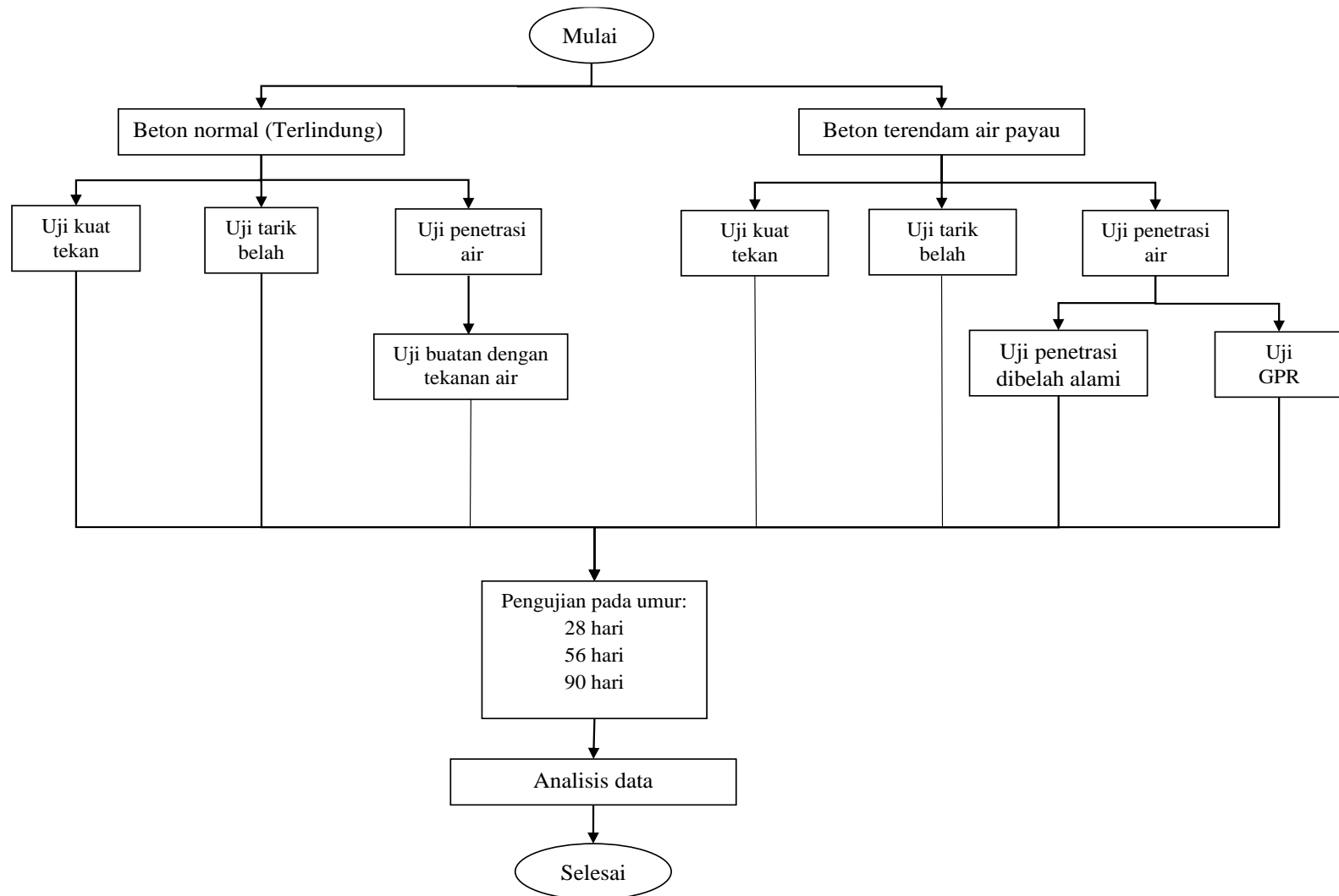
- a) Menghitung kuat tekan beton dengan benda uji dengan menggunakan kriteria Dixon.
- b) Menghitung kuat tarik belah beton dengan benda uji silinder dengan menggunakan kriteria Dixon.
- c) Menghitung penetrasi air dengan *Ground Penetrating Radar* (GPR), penetrasi air alami terendam air payau dan penetrasi air buatan dengan tekanan air.
- d) Menganalisis hubungan antara penetrasi air menggunakan *Ground Penetrating Radar* (GPR) dengan penetrasi air alami terendam air payau.
- e) Menganalisis hubungan antara penetrasi air dengan kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang terendam air payau.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian adalah tahapan yang dilakukan untuk mendukung proses penyelesaian agar proses penelitian berjalan lebih terstruktur. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan diagram alir pengujian sampel dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.4. Diagram alir penelitian



Gambar 3.5. Diagram alir pengujian sampel.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh perendaman air payau terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasi air beton yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh perendaman air payau terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasi pada beton.
 - a. Kuat tekan beton terlindung dan terendam air payau memenuhi kuat tekan rencana pada umur 28 hari yaitu sebesar 20,75 MPa. Kuat tekan beton terlindung umur 28 hari, 56 hari, dan 90 hari berturut-turut sebesar 22,557 MPa, 24,350 MPa, dan 25,843 MPa. Kuat tekan beton terendam air payau umur 28 hari, 56 hari, dan 90 hari berturut-turut sebesar 20,977 MPa, 18,383 MPa, dan 16,317 MPa. Pada beton terlindung terjadi peningkatan kuat tekan. Namun, pada beton terendam air payau terjadi penurunan kuat tekan seiring umur perendaman.
 - b. Kuat tarik belah beton terlindung umur 28 hari, 56 hari, dan 90 berturut-turut sebesar 6,797 MPa, 7,220 MPa, dan 8,047 MPa. Kuat tarik belah terendam air payau umur 28 hari, 56 hari, dan 90 hari sebesar 10,070 MPa, 7,097 MPa, dan 6,377 MPa. Kuat tarik belah beton terendam air payau pada umur 28 hari lebih besar 32,50% dari pada beton terlindung. Namun, pada umur 56 hari dan 90 hari kuat tarik belah beton terendam air payau lebih kecil 1,70% dan 20,75% dibanding beton terlindung. Hal ini dapat terjadi dikarenakan beton yang direndam air payau mengalami peningkatan kekuatan dini yang besar.

c. Nilai penetrasi air buatan dengan tekanan air pada umur 28 hari sebesar 2,655 cm. Sedangkan, nilai penetrasi air alami terendam air payau pada umur 28 hari, 56 hari, dan 90 hari berturut-turut yaitu 2,833 cm, 3,300 cm, dan 3,967 cm. Nilai penetrasi air alami terendam air payau lebih besar 106,72% dibanding dengan penetrasi air buatan dengan tekanan air. Hasil pengujian penetrasi air dengan GPR menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka warna lapisan semakin pudar dan nilai amplitudo semakin kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa penetrasi air semakin meresap kedalam beton seiring bertambahnya waktu perendaman. Namun, pada pengujian GPR tidak dapat menentukan secara detail kedalaman penetrasi air yang masuk kedalam beton. Hal ini dikarenakan ketebalan benda uji yang tipis dan frekuensi antenna yang hanya 1 GHz. Hasil penelitian penetrasi air berdasarkan SNI 03-2914-1992 merupakan beton kedap air karena nilai maksimum penetrasi untuk agresif sedang sebesar 50 mm dan agresif kuat sebesar 30 mm. Namun, berdasarkan ACI 301-729 (revisi 1975) nilai koefisien permeabilitas melebihi nilai maksimum yaitu $1,5 \times 10^{-11}$ m/dt.

2. Hubungan antara kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasi air.

a. Pada beton terlindung terjadi kenaikan nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah pada umur 28 hari, 56 hari, dan 90 hari. Nilai kuat tarik belah beton pada umur 90 hari sekitar 31,14% dari kuat tekannya. Pada beton terendam air payau terjadi penurunan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton yang terendam air payau. Beton yang terendam air payau dapat mengalami pengaruh yang signifikan pada sifat-sifat mekaniknya. Air payau mengandung garam atau zat kimia tertentu yang dapat mempengaruhi struktur beton dan menyebabkan perubahan dalam sifat-sifat fisik dan mekaniknya.

b. Kekuatan tekan beton terus mengalami penurunan seiring bertambahnya umur beton. Sedangkan, penetrasi air terus mengalami kenaikan seiring bertambahnya umur beton terendam air payau. Pada umur 28 hari, nilai kekuatan tekan beton masih relatif tinggi yaitu 20,977 MPa dan nilai

penetrasi air sebesar 2,833 cm. Hal ini dapat dijelaskan dengan fakta bahwa penetrasi air pada saat itu masih dalam tahap awal atau belum terjadi secara signifikan. Pada tahap ini, beton mungkin masih mempertahankan sebagian besar kekuatan tekan awalnya karena penetrasi air belum mencapai tingkat yang dapat signifikan merusak struktur. Pada umur 56 hari nilai kuat tekan beton yaitu 18,383 MPa dan nilai penetrasi air sebesar 3,300 cm. Akibat dari penetrasi air yang lebih dalam dan meresap ke dalam struktur beton sehingga menyebabkan degradasi pada beton dan meningkatkan porositas yang mempengaruhi kekuatan tekan secara negatif. Pada umur 90 hari kuat tekan beton yaitu 16,317 MPa dan nilai penetrasi air sebesar 3,967 cm. Penetrasi air yang lebih lanjut dan lebih dalam ke dalam struktur beton, mengakibatkan degradasi material yang lebih serius.

5.2 Saran

Untuk menindaklanjuti penelitian ini, maka perlu diadakan penelitian yang lebih lanjut untuk melengkapi dan mengembangkan penelitian ini. Saran yang dapat penulis berikan adalah:

1. Penelitian mengenai pengaruh perendaman air payau terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan penetrasi air beton perlu dilakukan penelitian yang lebih lama agar mendapatkan data pengaruh perendaman beton jangka panjang.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan beton dengan mutu yang lebih tinggi karena semakin tinggi mutu beton akan semakin kedap air.
3. Perlu diperhatikan pada perencanaan campuran (*mix design*) dan pengujian material serta ketelitian dalam penimbangan bahan karena berpengaruh pada kualitas beton yang dihasilkan.
4. Perlu diperhatikan pada saat pengecoran bahwa adukan beton harus terdistribusi sempurna karena berpengaruh pada homogenitas beton.
5. Perlu penggunaan alat *Ground Penetrating Radar* (GPR) dengan frekuensi lebih dari 1 GHz untuk memperoleh hasil pengujian yang lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, W., Khan, M.I., & Mourad Shehab. 2018. Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete. *Construction and Building Materials*. Hlm. 556-569.
- Agus, I. 2018. Analisa Kuat Tekan Beton Terhadap Lamanya Waktu Pengadukan. *Jurnal MEDIA INOVASI Teknik Sipil Unidayan*. Vol. 7(2).
- Antoni & Nugraha, P. 2007. *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta.
- ASTM C 109/C 109M-08. 2008. *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in [50-mm] cube Specimens)*. USA: American Society For Testing and Materials.
- ASTM E 178-02. 2002. *Standard Practice For Dealing Outlying Observation*. USA: American Society For Testing and Materials.
- Astuti, W., Jamali, A., & Amin, M. 2006. Desalinasi Air Payau Menggunakan Surfactant Modified Zeolite (SMZ). *Prosiding Pemakalah Seminar Nasional dan Temu Bisnis Zeolit V*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2019. *SNI 2847-2019 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. *SNI 15-0302-2004 Semen Portland Pozolan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. *SNI 15-2491-2002 Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. *SNI 15-3500-2004 Semen Portland Campur*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. *SNI 15-7064-2004 Semen Portland Komposit*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2002. *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1992. *SNI 03-2914-1992 Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan (BPBPJ). 2008. *Modul Pekerjaan dan Pengendalian Mutu Beton*. Bandung: Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan.
- Chambers, L.D., Stokes, K.R., Walsh, F.C., & Wood, R.J.K. (2013). Modern Approaches to Marine Antifouling Coating. *Jurnal Surface and Coatings Technology*. Vol. 201, Hlm. 3642-3652.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *SK SNI S-04-1989-F Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Departemen Perindustrian. 1980. *SII 0052-80 Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Dewi, L.K., Azfah, R.A., & Soedjono, E.S. 2012. Rancang Bangun Alat Pemurni Air Payau Sederhana Dengan Membran Reverse Osmosis Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum Masyarakat Miskin Daerah Pesisir. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek & Konstruksi*. Kanisius. Yogyakarta.
- Emmanuel, A.O; Oladipor, F.A; dan Olabode, O. (2012). Investigation of Salinity Effect on Compressive Strength of Reinforced Concrete. *Journal of Sustainable Development*. Vol. 5, No. 6.
- Fikriansyah, & Tanil, G. 2013. Pengaruh Sulfat terhadap Kuat Tekan Beton dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Semen dengan W/C 0,60 dan 0,65. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol. 1, No. 1.
- Firdaus, A. 2007. *Proses Pembuatan Semen pada PT. Holcim Indonesia tbk* (Skripsi). Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Foulhuda, J., Nurtanto, D., & Krisnamurti, K. 2022. Perbandingan *Mix Design* SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012 Ditinjau dari Proses Pengecoran Beton Normal. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*. Vol. 5(2), 98-107.

- Hunggurami, E., Bolla, M. E., & Messakh, P. 2017. Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 Dan SNI 7656: 2012. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 6(2), 165-172.
- Khonado, M.F., Manalip, H., & Wallah, S.E. 2019. Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Porous dengan Variasi Ukuran Agregat. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 7, No. 3.
- Kuntari, H. D., Lingga, A. A., & Supriyadi, A. 2019. Analisis Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012 dengan Kuat Tekan 30 Mpa. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*. Vol. 6(3).
- Manuahe, R., Sumajouw, M.D.J., & Windah, R.S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*.
- Mc. Cormac, J.C. 2004. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Meka, B.S., Paembonan, A.Y., & Rizki, R. 2020. Investigasi Zona Intrusi Air Laut Berdasarkan Profil Data Ground Penetrating Radar (GPR): Studi Kasus Teluk Patung. *Institut Teknologi Sumatera (ITERA)*.
- Miswar, K. 2011. Kuat Tekan Beton terhadap Lingkungan Agresif. *Jurnal Portal*. ISSN 2085-7454. Vol. 3, No. 2. Hlm. 45.
- Mudiat, T. 1996 . *Desalinasi Air Laut dengan Destilasi*. PLTU / PLTG Sektor Priok. Jakarta.
- Mulyono, S.B. & Prayitno, N. 2015. Studi Pengaruh Penggunaan Air Payau Dalam Mix Design Beton untuk Pembuatan Konstruksi Dermaga Akibat Rendaman Air Laut. *Jurnal Konstrusia*.
- Murdock, L. J. & Brook, K. M. 1999. *Bahan dan Praktek Beton: diterjemahkan oleh Stephanus Hendarko*. Jakarta: Erlangga.
- Mostafaeipour, A. 2015. The effect of water containing sodium sulfate ions on strength of concrete of aquaculture ponds and channels. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 14 (2). 467-484.
- Niken, C. 2022. The Evolution of Concrete (Part 1): Submerged in Water and Its Compression Strength. *Civil and Enviromental Research*. Vol. 14, No. 4.
- Niken, C. 2022. The Evolution of Concrete (Part 2): Unprotected in Humid Tropical Weather and Its Compression Strength. *Civil and Enviromental Research*. Vol. 14, No. 4.

- Niken, C. 2022. The Evolution of Concrete (Part 3): Submerged in Mud and Its Compression Strength. *Civil and Environmental Research*. Vol. 14, No. 4.
- Niken, C. 2019. Early-Age Shrinkage of High-Performance Concrete Beam in Laboratory and Full-Scale. *Civil and Environmental Research*. Vol. 11(4), 1-11.
- Nuroji. 2020. Pengaruh Air Rob terhadap Struktur Bangunan Tua. *Jurnal Teknologi Rekayasa*. Vol. 5, No. 2, Hlm. 311-318.
- Nursandah, A., Rifaldi, M., & Farichah, H. 2022. Pengaruh Air Payau terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Agregat*. Vol. 7, No. 1.
- Pujianto, Prayuda, H., Zega, B.C., & Afriandini, B. 2019. Kuat Tekan Beton dan Nilai Penyerapan dengan Variasi Perawatan Perendaman Air Laut dan Air Sungai. *Semesta Teknika*. Vol. 22, No. 2. Hlm. 112-122.
- Ramadianti, N.W., Pranatya, A.W., Deffian, V.S., Saragih, D.A., & Nabalana, R.N. 2019. Aplikasi Ground Penetrating Radar untuk Mengidentifikasi Voids pada Beton. *PT. Abhinaya Mappindo Bumitala*.
- Rommel, E., Wahyudi, Y., & Dharmawan, R. 2016. Tinjauan Permeabilitas dan Absorpsi Beton dengan Menggunakan Bahan Fly Ash Sebagai Cementitious. *Media Teknik Sipil*. Vol. 13, No. 2.
- Santoso, A., Darmono, D., Ma'arif, F., & Sumarjo, H. (2017). Studi Perbandingan Rancang Campur Beton Normal Menurut SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*. Vol. 13 (2), 105-115.
- Setiawan, A. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Erlangga. Jakarta.
- Shihada, S., & Arafa, M. (2010). Effects of silica fume, ultrafine and mixing sequences on properties of ultra high performance concrete. *Asian Journal of Materials Science*. Vol. 2 (3), 137-146.
- Sugiharto, H. & Tjong Foek, W. 2004. Rancang Bangun Alat Uji Permeabilitas Beton. *Civil Engineering Dimension*. Vol. 6, No. 2, Hlm. 94-100.
- Sultan, M.A., Imran, & Faujan, M. 2021. Pengaruh Rendaman Asam terhadap Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Fly Ash. *Teras Jurnal*. Vol. 11, No. 1.
- Suprayogi, Anwar, Edijatno, & Irawan. 2006. Model Peramalan Intrusi Air laut Periode Musim Kemarau di Estuari Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. *Jurnal Purifikasi*, Vol. 7, No. 1, Hlm. 55-60.
- Supriharjo, R.D. & Chandra, R.K. 2013. Mitigasi Bencana Banjir Rob di Jakarta Utara. *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 25-30.

- Syahputra, F. & Almuqaramah, Teuku, M.H. (2019). Penambahan Ekstra Larutan Kulit Mangrove pada Cat Minyak sebagai Antifouling. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 37-40.
- Tjokrodinuldjo. 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit. Yogyakarta.
- Tumingan, Tjaronge, M.W., Sampebulu, V., & Djamaluddin, R. 2016. Penyerapan dan Porositas Pada Beton Menggunakan Bahan Pond Ash Sebagai Pengganti Pasir. *Jurnal Politeknologi*. Vol. 15 No. 1.
- Warnodin, & Lapaisa, L. 2017. Perbandingan Uji Kuat Tekan Beton Antar Beton K.250 Normal dengan Beton Campuran Natrium Clorida (NaCl). *Jurnal Teknik Sipil*.
- Widjoko, L. 2010. Pengaruh Sifat Kimia terhadap Unjuk Kerja Mortar. *Jurnal Teknik Sipil UBL*. Vol. 1, No. 1.
- Widyawati, Ratna. 2011. Serapan, Penetrasi dan Permeabilitas Beton Ringan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi-IV*.