

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202479702, 8 Agustus 2024

## Pencipta

Nama : **Adnan, Muhammad Jabir Muhammadiyah dkk**  
Alamat : Jln. Jend. Sudirman No. 227 Parepare Kota Parepare, Prov. Sulawesi Selatan, Ujung, Parepare, Sulawesi Selatan, 91111  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Adnan, Muhammad Jabir Muhammadiyah dkk**  
Alamat : Jln. Jend. Sudirman No. 227 Parepare Kota Parepare, Prov. Sulawesi Selatan, Ujung, Parepare, Sulawesi Selatan, 91111  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Jenis Ciptaan : **Buku**  
Judul Ciptaan : **Pasir Laut Dan Air Laut (Material Penyusun Beton Di Daerah Pesisir Dan Pulau- Pulau Terisolir)**  
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 8 Agustus 2024, di Makassar  
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia  
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.  
Nomor pencatatan : 000655047

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL  
u.b

Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

IGNATIUS M.T. SILALAH  
NIP. 196812301996031001

**LAMPIRAN PENCIPTA**

No	Nama	Alamat
1	Adnan	Jln. Jend. Sudirman No. 227 Parepare Kota Parepare, Prov. Sulawesi Selatan , Ujung, Parepare
2	Muhammad Jabir Muhammadiyah	BTN Timurama Blok A19 No. 11 Parepare Kota Parepare, Prov. Sulawesi Selatan , Bacukiki, Parepare
3	Miswar Tumpu	Jl. Tamangapa Raya, RT. 003, RW. 003, Kel. Bangkala, Kec. Manggala, Kota Makassar, Prov. Sulawesi Selatan , Manggala, Makassar
4	Misbahuddin	Jln. Laupe Komp. Perum. Teknik UMPAR Parepare Kota Parepare, Prov. Sulawesi Selatan , Soreang, Parepare
5	Hendro Widarto	Jln. Poros Pare-Rappang KM 3 Panreng Kab. Sidrap Prov. Sulawesi Selatan , Baranti, Sidenreng Rappang / Rapang

**LAMPIRAN PEMEGANG**

No	Nama	Alamat
1	Adnan	Jln. Jend. Sudirman No. 227 Parepare Kota Parepare, Prov. Sulawesi Selatan , Ujung, Parepare
2	Muhammad Jabir Muhammadiyah	BTN Timurama Blok A19 No. 11 Parepare Kota Parepare, Prov. Sulawesi Selatan , Bacukiki, Parepare
3	Miswar Tumpu	Jl. Tamangapa Raya, RT. 003, RW. 003, Kel. Bangkala, Kec. Manggala, Kota Makassar, Prov. Sulawesi Selatan , Manggala, Makassar
4	Misbahuddin	Jln. Laupe Komp. Perum. Teknik UMPAR Parepare Kota Parepare, Prov. Sulawesi Selatan , Soreang, Parepare
5	Hendro Widarto	Jln. Poros Pare-Rappang KM 3 Panreng Kab. Sidrap Prov. Sulawesi Selatan , Baranti, Sidenreng Rappang / Rapang





**ARSY MEDIA**  
PUBLISHER



# **PASIR LAUT DAN AIR LAUT MATERIAL PENYUSUN BETON DI DAERAH PESISIR DAN PULAU-PULAU TERISOLIR**

DR. ADNAN, ST., MT.

MUHAMMAD JABIR MUHAMMADIAH, ST., M. ARCH.

DR. IR. MISWAR TUMPU, ST., MT.

IR. MISBAHUDDIN, ST., M. SI.

DR. IR. HENDRO WIDARTO, ST., MT.



**PASIR LAUT DAN AIR LAUT  
(MATERIAL PENYUSUN  
BETON DI DAERAH PESISIR  
DAN PULAU-PULAU  
TERISOLIR)**

**Penulis**

Dr. Adnan, ST., MT.,  
Muhammad Jabir Muhammadiyah, ST., M. Arch,  
Dr. Ir. Miswar Tumpu, ST., MT.  
Ir. Misbahuddin, ST., M. Si.  
Dr. Ir. Hendro Widarto, ST., MT.

Penerbit

**ARSY MEDIA**

# Pasir Laut dan Air Laut (Material Penyusun Beton di Daerah Pesisir dan Pulau-Pulau Terisolir)

## Penulis :

Dr. Adnan, ST., MT., Muhammad Jabir Muhammadiyah, ST., M. Arch,  
Dr. Ir. Miswar Tumpu, ST., MT., Ir. Misbahuddin, ST., M. Si., Dr. Ir. Hendro Widarto, ST., MT.

## Editor :

Mansyur, Wadzibah, Israil

ISBN : 978-623-10-2509-8

## Desain Sampul dan Tata Letak

Andi Arfan Sahabuddin

## Penerbit

Arsy Media

Anggota IKAPI No. 069/SSL/2024

## Redaksi :

Villa Mutiara Hijau 7 No 26, Kel. Bulurokeng, Kec. Biringkanaya, Kota Makassar,  
Provinsi Sulawesi Selatan

Telp. 0853-9900-0031

Email : Srigusty@gmail.com

Website : <https://arsymedia.com>

Cetakan Pertama Agustus 2024

**Hak Cipta dilindungi undang-undang.** Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik termasuk memfotocopy, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

### Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak **Rp. 5.000.000.000,00 (Lima Miliar Rupiah)**

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat 1, dipidana paling lama 5 (lima tahun) dan/atau denda paling banyak **Rp. 500.000.000,00 (Lima Ratus Juta Rupiah)**

## PRAKATA

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Pasir laut dan Air laut Material Penyusun Beton di Daerah Pesisir dan Pulau-pulau Terisolir dapat diselesaikan. Buku ini berisikan bahasan tentang:

- Beton dan penggunaannya dalam konstruksi;
- Pasir laut material beton
- British Code 110-1972 Pasir laut yang digunakan untuk pementan
- Air laut material beton
- Semen Portland material beton
- Durabilitas struktur beton di lingkungan laut
- Research beton material laut

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada Program Pendanaan RisetMuh 2024 dan berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Parepare, Mei 2024

Tim Penulis

## Daftar Isi

Halaman Depan .....	i
Halaman Penerbit .....	ii
Prakata .....	iii
Daftar Isi .....	iv
<b>Bab 1 Beton dan Penggunaannya dalam Konstruksi.....</b>	<b>1</b>
1. 1 Pendahuluan.....	1
1. 2 Identifikasi Jenis Beton dan Digunakan dalam Konstruksi.....	3
1. 3 Karakter dan Sifat Beton .....	3
1. 4 Kelebihan dan Kekurangan Beton.....	4
1. 5 Jeni-jenis Beton .....	5
1. 6 Persyaratan Beton dengan Mutu Baik .....	8
1. 7 Penggunaan beton di Indonesia .....	11
<b>Bab 2 Beton Lingkungan Laut Vs Pasir Laut .....</b>	<b>13</b>
2. 1 Jenis Pasir untuk Pembuatan Beton .....	13
2. 2 Dampak Global Penambangan Pasir Laut dan Langkah yang Diperlukan.....	20
2. 3 Kegunaan Pasir Laut: Jadi Sumber Energi hingga Bahan Peranti Elektronik .....	20
2. 4 Pembentukan, Komposisi dan Penggunaan dari Pasir Pantai .....	23
2. 5 Apakah Mengeruk Pasir Laut dapat Merusak Lingkungan? .....	30
2. 6 Apa Guna Pasir Laut dan Dampak Bila Terus Dikeruk.....	32

2.7	Syarat dan Cara Cor Beton di dalam Air Laut.....	35
2.8	Di Dunia Sekarang Terjadi Krisis Pasir .....	42
2.9	Kapur dan Pasir Laut sebagai Pengganti Agregat Halus untuk Beton .....	44
2.10	Mengapa Pasir di Laut Tidak Bisa digunakan sebagai Bahan Bangunan?.....	48
<b>Bab 3 British Code 110-1972 Pasir Laut Untuk Pembetonan ...</b>		<b>59</b>
3.1	Pertimbangan, metode, dan Dampak material laut untuk pembetonan.....	59
3.2	Properties and Application of Concrete Made with Sea Water and Un-washed Sea Sand.....	64
<b>Bab 4 Beton Lingkungan Laut Vs Air Laut .....</b>		<b>81</b>
4.1	Pendahuluan.....	81
4.2	Manfaat Air .....	88
4.3	Air Laut sebagai Bahan Pencampuran Beton .....	94
<b>Bab 5 Beton Lingkungan Laut Vs Semen Portland .....</b>		<b>103</b>
5.1	Pendahuluan.....	103
5.2	Apa Itu Material Semen ? .....	104
5.3	Sejarah, Penyusun, Jenis dan Kuat Tekan Beton .....	112
5.4	Beton Tersusun Beberapa Material .....	113
5.5	Jenis-jenis Beton.....	115
5.6	Kuat Tekan Beton.....	117
5.7	Keunggulan dan Kelemahan dari Beton .....	118
<b>Bab 6 Durabilitas Struktur Beton Di Lingkungan Laut .....</b>		<b>121</b>
6.1	Beton di Lingkungan Air Laut .....	121

6.2	Keberlanjutan konstruksi beton di lingkungan maritim .....	123
<b>Bab 7</b>	<b>Research Beton Material Laut Pada Lingkungan Laut.....</b>	<b>137</b>
7.1	Compressive Strength of Marine Material Mixed Concrete.....	137
7.2	Analisis Pasir di Pantai Bawasalo sebagai Bahan Pengganti di Bawah Tekanan yang Kuat dan Daya Tarik yang Kuat dari Sisi Beton .....	145
7.3	Perilaku Kuat Tekan Beton Porous Menggunakan Air Laut .....	153
	<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>162</b>
	<b>Biografi.....</b>	<b>168</b>

# Bab 1

## Beton dan Penggunaannya dalam Konstruksi

### 1.1 Pendahuluan

Penggunaan beton sebagai bahan bangunan meningkat dengan penemuan beton padat pada abad ke-19. Arsitek Kekaisaran Romawi memulai teknik konstruksi yang dikenal sebagai opus caementicium. Opus caementicium, sering dikenal sebagai beton Romawi, adalah metode bahan dan konstruksi yang melibatkan ekstraksi komponen komposit menjadi bentuk. (Heinemann, 2013, hal.7). Semen Pozzolan adalah bentuk semen hidrolik yang ditemukan selama era Romawi. Semen hidrolik ini dibuat dengan mencampur limau dengan api vulkanik (Pozzolana) berasal dari pulau Pozzuoli di Naples, Italia. Letusan gunung berapi, yang sering disebut sebagai pozzolana, mengandung sejumlah besar silika alami ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), yang meningkatkan daya tahan struktur beton.

Pasir berfungsi sebagai agregat halus dalam pembentukan awal beton. Sebaliknya, ia menggunakan batu-batu kecil yang dikenal sebagai agregat kasar yang merupakan campuran batu kecil. Kemajuan dalam teknologi beton secara kompleks terkait dengan pengakuan semen Portland. Josep

Apsdin, seorang arsitek, merancang resep untuk semen Portland dan memperoleh paten untuk itu pada tahun 1824. Akibatnya, semen Portland diproduksi dalam skala besar dan menjalani pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan kapasitas-nya. Selama periode saat ini, beton ada dalam berbagai bentuk, termasuk beton campuran, pre-cast, diperkuat, pretressed, beton ringan, dan beton polimer. Beton adalah salah satu bahan yang paling penting di bidang konstruksi dan telah menjadi bahan baku yang diperlukan untuk menciptakan kekuatan struktural dan membuatnya lebih tahan lama. Menurut para ahli, ini adalah konsep beton: Menurut Asroni, beton adalah bahan yang dibuat dengan mengeraskan campuran air, semen, partikel halus, dan bahan baku. Kadang-kadang, dalam proses pembuatan beton, admixture juga ditambahkan untuk meningkatkan kualitasnya. Menurut McCormac, beton adalah campuran pasir, rumput, batu pecah, atau agregat lainnya yang dikombinasikan bersama dengan pasta yang terbuat dari air dan semen.

Campuran ini menghasilkan bulk seperti batu. Untuk berbagai fitur seperti kemudahan operasi, daya tahan, dan waktu pengerasan, kadang-kadang satu atau lebih aditif digunakan. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), beton adalah bahan komposit yang terdiri dari semen portland atau bentuk hidrolisis lainnya, agregat halus dan kasar, air, dan aditif opsional. (admixture). Pemahaman ini menyoroti pentingnya beton dalam bisnis konstruksi sebagai bahan yang mampu memberikan kekuatan struktural yang diperlukan serta meningkatkan daya tahan. Dengan fitur yang dapat diubah dan disesuaikan dengan kebutuhan, beton adalah pilihan utama dalam konstruksi berbagai jenis proyek konstruksi.

## **1.2 Identifikasi Jenis Beton dan Digunakan dalam Konstruksi.**

Dalam konstruksi, beton adalah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk beton yang paling umum adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya rumpuk dan pasir), semen, dan air. Hal ini umumnya diyakini bahwa beton mengering setelah mencampur dan meletakkan. Beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi semen melembabkan unsur-unsur dan komponen lainnya bersama-sama dan akhirnya membentuk bahan seperti batu. Beton digunakan untuk membuat lorong, struktur bangunan, fondasi, jalan, jembatan menyeberang, struktur parkir, dasar untuk pagar dan gerbang, dan semen di batu bata, dinding, dan blok. Nama lama untuk beton adalah batu cair. Dalam pengembangan, banyak modifikasi beton baru ditemukan, seperti beton ringan, shotcrete, beton serat, dan beton ketahanan tinggi. Saat ini, beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan di dunia.

## **1.3 Karakter dan Sifat Beton**

Beton memiliki tekanan tinggi yang kuat tetapi daya tarik yang lemah. Untuk kekuatan tekanan, di Indonesia, unit kg/cm<sup>2</sup> sering digunakan dengan simbol K untuk obyek uji kubik dan  $f_c$  untuk objek uji silinder. Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor:

- Jenis dan kualitas semen;
- Tipe dan pegangan bidang permukaan agregat. Fakta menunjukkan bahwa menggunakan agregat akan menghasilkan beton dengan dorongan dan tarik yang lebih kuat daripada menggunakan rumpuk halus dari sungai. Apa yang Kehilangan kekuatan hingga sekitar 40% dapat terjadi jika pengeringan terjadi sebelum waktunya.

- Perawatan sangat penting dalam pekerjaan lapangan dan dalam pembuatan objek pengujian.
- Suhu Secara umum, kecepatan pengerasan beton meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Pada titik beku yang kuat, tekanan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- Dalam kondisi normal, kekuatan beton meningkat dengan usia.

#### **1.4 Kelebihan dan Kekurangan Beton**

Keuntungan dari beton adalah bahwa dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Selain itu, beton memiliki ketahanan meleleh, ketahanan suhu tinggi, dan biaya pemeliharaan rendah. Kelemahan adalah bentuk yang telah sulit untuk diubah tanpa kerusakan. Pada struktur beton, jika Anda ingin menghancurkan mereka, itu akan mahal karena mereka tidak dapat digunakan lagi. Berbeda dari struktur baja yang tetap berharga. Berat, dibandingkan dengan kekuatan dan refleksi yang besar. Beton memiliki tekanan tinggi yang kuat tetapi daya tarik yang lemah. Jika strukturnya lurus, jika tidak diberikan penguat yang cukup, itu akan dengan mudah gagal. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tarik adalah sekitar 9%-5% lebih kuat daripada tekanan. Kemudian, dari sana, penguatan sangat penting untuk struktur beton. Penguatan yang umum adalah penggunaan tulang baja, yang, ketika dikombinasikan, sering disebut beton padat.

Berikut adalah keuntungan yang sering ditemukan dalam bahan, termasuk karakteristik dan hasil dari aplikasi dalam konstruksi:

1. Mudah untuk mencetak sesuai kebutuhan dan dapat diulang untuk efisiensi yang lebih baik.
2. Bahan yang baru dicampur mudah untuk memompa dan menuangkan.

3. Tahan terhadap api dan aus, sehingga perawatan menjadi lebih mudah.
4. Bahan segar dapat disemprotkan atau disaring menjadi beton lama yang retak untuk perbaikan.
5. Mampu menahan gaya tekanan secara optimal.

Di sisi lain, ada beberapa kekurangan dalam bahan ini, seperti berikut:

1. Untuk menghindari retak dengan mudah, baja tahan karat masih diperlukan.
2. Untuk membuat beton tahan air, harus memiliki kepadatan khusus.
3. Secara umum, ia cenderung meledak.

Perubahan suhu dapat menyebabkan perubahan volume pada beton keras, baik memperluas maupun menyusut.

### **1.5 Jenis-jenis Beton**

Jenis beton dapat dilihat dari beberapa sisi.

- Dari sisi produksi / proses, sitemix beton dan readymix. Beton Readymix adalah beton yang dikirim dari pemasok pabrik batch menggunakan mixer truk yang umumnya memiliki kapasitas 6-7 m<sup>3</sup>. Biasanya, ready mix digunakan sebagai bahan struktural utama sebuah bangunan. Sementara beton sitemix diproduksi secara langsung di lapangan atau lokasi pekerjaan dengan mencampur bahan-bahan yang membentuk beton menjadi mixer beton atau beton penggiling.
- Dari sisi eksekusi casting – precast beton dan cast in situ. Precast beton, atau precast beton, adalah elemen struktural beton yang diukir dan diproses di lokasi lain, seperti lokakarya atau pabrik. (Bukan ditempat elemen struktur beton itu akan dipasang). Setelah mencapai hidup beton

yang cukup, beton pre-cast dikirim ke tempat kerja dan dipasang atau dipasang. Proses instalasi dilakukan dengan menggunakan alat berat, seperti crane mobile. Sementara beton di tempat, atau sering disebut cast in situ, adalah beton yang diukir langsung di lokasi elemen struktural yang direncanakan.

- Sinar yang terang. Berat tipe:  $< 1900 \text{ kg/m}^3$ , digunakan untuk elemen non-struktural. Dibuat dengan cara-cara berikut: membuat gelembung udara dalam pencairan semen, menggunakan agregat ringan (tanah kaca atau batu bata), atau membuat beton non-pasir.
- Beton biasa, dengan berat  $2200\text{--}2500 \text{ kg/m}^3$ , digunakan pada hampir semua bagian struktur bangunan. Beton yang berat. Jenis berat  $> 2500 \text{ kg/m}^3$  digunakan untuk struktur tertentu, misalnya, struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.
- Massa yang spesifik (mass concrete). Beton ditumpahkan dalam volume besar, biasanya untuk pilar, tiang, dan pondasi turbin di pembangkit listrik. Pada saat casting jenis beton ini, kontrol diprioritaskan atas manajemen panas hidrasi yang timbul, karena semakin besar massa beton, semakin tinggi suhu di dalam beton. Ketika perbedaan suhu di beton dan suhu di permukaan beton adalah  $> 20 \text{ oC}$ , itu dapat menyebabkan terjadinya ketegangan tarik yang disertai dengan retakan.

Jenis bahan yang digunakan dalam berbagai macam konstruksi bangunan memiliki karakteristik dan kegunaan yang berbeda. Berikut adalah gambaran lengkap dari jenis bahan konstruksi:

1. Dengan cahaya yang jelas. Beton ringan, juga dikenal sebagai beton ringan, menggunakan agregat berat ringan dan aditif agen busa. Aditif ini menciptakan gelembung udara di dalam campuran beton. Jenis beton ini banyak

digunakan pada batu bata ringan dan baterai busa untuk mengurangi beban pada struktur bangunan.

2. Tidak berisi beton. Beton berbuisa menggunakan bahan baku tanpa pasir dan hanya terdiri dari semen, shale, dan air. Jenis beton ini memiliki sifat permeabilitas tinggi, sehingga mampu mengalir air ke lapisan di bawahnya. Contohnya adalah kolom dan struktur cahaya.
3. Beton kosong diperoleh dengan mengisap dalam pengencer air menggunakan mesin vakum khusus. Jenis beton ini memiliki kekuatan yang sangat tinggi dan sering digunakan dalam proyek-proyek bangunan tinggi.
4. Jenis beton ini adalah hasil dari campuran penggilingan beton dan penggilingan baja untuk meningkatkan kekuatan terhadap traksi. Beton stainless sangat umum digunakan dalam bangunan kolom, lantai, jembatan, dan jalan.
5. Pra-Tegang. Pada beton pre-pressurized, tulang baja yang akan dimasukkan harus dicegat terlebih dahulu sebelum diproses menjadi jenis ini. Tujuannya adalah untuk menghindari retak saat memegang beban peluncur dalam kapasitas besar. Suspensi struktural bangunan skala besar adalah contoh dari penerapannya.
6. Pracetak Jenis beton ini lebih dikenal di industri precast dan dibangun di tempat lain untuk meningkatkan kualitasnya. Ini dilakukan ketika tenaga kerja terbatas atau lokasi proyek tidak terlalu besar. Bahan ini sering diproduksi oleh perusahaan pembelian bahan.
7. Massa Jenis beton ini biasanya dibuat dalam jumlah besar dengan pelepasan yang sangat besar di atas rata-rata. Dimensi lebih dari 60 cm dalam hal volume dan area permukaan yang besar. Beton massal umumnya digunakan dalam tiang, pilar, dan pondasi.

8. Bersifat konkrit. Beton siklop menggunakan agregat besar yang ditambahkan ke campuran normal. Ukuran permukaan agregat dapat mencapai 20 cm dan sering digunakan pada jembatan, kolam, dan bangunan air lainnya.
9. Fiber Beton ini diatur dengan memasukkan serat tertentu ke dalam bentuk beton normal untuk mencegah terjadinya retakan. Contoh serat yang sering digunakan adalah serat plastik, kawat baja, serat tanaman, dan serat asbes.

Semua jenis bahan konstruksi di atas memiliki peran dan kegunaan yang berbeda dalam proyek konstruksi, tergantung pada karakteristik dan persyaratan struktur bangunan yang akan dibangun. Dengan pilihan bahan yang tepat, konstruksi bangunan dapat lebih kuat, tahan lama, dan aman.

## **1.6 Persyaratan Beton Dengan Mutu Baik**

Untuk mendapatkan beton dengan tekanan yang kuat, perbandingan atau komposisi bahan beton yang diinginkan akan digunakan dengan pengukuran tertentu. Tetapi untuk memastikan beton berkualitas baik, bahan beton harus memenuhi persyaratan tertentu, seperti:

### **1. Semen**

Portland cement adalah jenis cement yang paling sering digunakan. Semen yang digunakan harus memenuhi persyaratan berikut:

- a. Semen tidak kadaluarsa; itu dapat diperiksa dengan tangan; jika masih hangat, maka semen belum usang.
- b. Semen belum mulai menggumpal.
- c. Semen masih reaksi; yaitu, ketika dipegang oleh tangan, itu akan jatuh dan meledak.

Ketika dicampur dengan air, beton berfungsi sebagai bahan yang mengikat agregat dan berubah menjadi pasta. Melalui proses pengolahan yang melibatkan panas dan waktu, campuran ini dapat mengeras menjadi pasta yang kuat. Menurut Standar Nasional Indonesia, semen, yang merupakan bahan dasar dari beton, dibagi menjadi lima jenis:

- Jenis I digunakan sebagai bahan konstruksi umum tanpa persyaratan khusus seperti jenis semen lainnya.
- Jenis II cocok untuk konstruksi yang membutuhkan ketahanan terhadap panas sedang dan sulfat.
- Jenis III digunakan sebagai komponen konstruksi dengan persyaratan kekuatan awal yang lebih tinggi.
- Untuk konstruksi atau bangunan dengan panas hidrasi yang lebih rendah, tipe IV diperlukan.
- Jenis V dimaksudkan untuk konstruksi yang membutuhkan ketahanan yang sangat tinggi terhadap senyawa sulfat.

Pebbles dan pasir beton (Agregat) Sifat yang paling penting dari agregat adalah kekuatan penghancuran dan ketahanan terhadap dampak. Kedua hal ini dapat mempengaruhi ikatan dengan pasta semen, porositas, dan pecah beton. Adapun kondisi agregat yang digunakan, mereka adalah:

1. Keras dan tidak mudah pecah ketika dipegang oleh tangan.
2. Jangan mengandung garam, karena dapat menyebabkan beton meleleh karena "efflorescences" garam, serta menyebabkan korosi pada tulang di dalamnya.
3. Tidak mengandung mineral logam, terutama besi. (Fe).
4. Tidak mengandung biji-bijian yang mudah tumbuh.
5. Agregat mengandung maksimum 2% lumpur, tanah liat, dan debu.

Tingkat lumpur ini dapat diuji dengan cara-cara berikut:

- Campur air dan agregat, kemudian tenggelam selama setengah jam, kemudian membentuk lapisan pasir dan lumpur.
- Memasukkan agregat yang ada dalam genggam tangan ke dalam air, apabila banyak yang lengket, maka agregat mengandung lumpur.
- Menjepit agregat, terutama pasir dengan jari, apabila ternyata lumpur, maka butiran tersebut akan pecah

Aggregate adalah partikel mineral alami yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran mortar, yang menyumbang sekitar 70% dari volume mortir. Secara umum, agregat yang digunakan dalam mortar diharapkan memiliki sifat kompresi tinggi, sehingga volume pori-pori dan bahan ikatan yang dibutuhkan bisa lebih sedikit. Menurut Stkalianr Nasional Indonesia (SNI), agregat ini dibagi menjadi empat zona atau wilayah, yaitu:

- Zona I (kasar)
- Zona II (agak kasar)
- Zona III (agak halus)
- Zona IV (halus)

## 2. Air

Jumlah air yang digunakan akan memengaruhi semua karakteristik beton, sedangkan kualitas air akan mempengaruhi pengerasan dan daya tahan beton:

1. Tidak mengandung bahan organik, seperti sisa tanaman.
2. Tidak mengandung bahan kimia, seperti besi, sulfat, dan klorida, karena zat kimia ini dapat merusak kualitas beton.
3. Jangan mengandung minyak, karena akan menghambat hidrasi yang dibutuhkan oleh beton untuk ikatan awal.
4. Tidak mengandung garam.

Selain berfungsi sebagai reaktor dengan semen, air juga bertindak sebagai pelumas untuk mengisi agregat sehingga mereka dapat dikompres dan bekerja dengan benar. Air yang digunakan sebagai bahan campuran harus memenuhi kriteria berikut:

- Kandungan lumpur maksimum adalah 2 gr / liter.
- Kandungan garam yang berpotensi berbahaya: tidak lebih dari 15 g / l.
- Tidak mengandung lebih dari 0,5 g / l klorida.
- Kandungan senyawa sulfat: maksimal 1 gr/liter

### **1.7 Penggunaan Beton di Indonesia**

Di Indonesia, bahan ini telah banyak digunakan sebagai bahan utama atau komponen utama dalam konstruksi. Infrastruktur yang terlibat termasuk jembatan, jalan, saluran irigasi, kolam, dan keamanan pesisir. Keunggulannya sangat sesuai dengan kebutuhan negara. Namun, situasi ini juga mendorong tuntutan untuk mortar untuk terus berkembang dan beradaptasi dengan kebutuhan konstruksi yang semakin kompleks. Berbagai peraturan mengenai penggunaan bahan telah tercantum dalam Standar Nasional Indonesia, yang terus diperbarui hingga 2019. Beton, sebagai bahan dengan berbagai kelebihan dan kinerja yang terus meningkat, adalah komponen kunci ideal dalam proyek konstruksi. Infrastruktur yang berkembang pesat dapat didukung oleh materi ini.

Beton adalah salah satu bahan bangunan yang paling penting dan sering digunakan dalam berbagai proyek konstruksi. Memahami beton bukan hanya campuran semen, air, dan agregat; itu juga melibatkan ilmu pengetahuan, teknik, dan seni dalam penciptaannya. Melalui pemahaman yang mendalam tentang beton, kita dapat menggunakannya secara optimal untuk menciptakan struktur bangunan yang kuat, tahan lama, dan estetis. Dengan kemajuan teknologi, inovasi di

dunia beton terus berkembang, memberikan solusi baru di industri konstruksi. Ia berharap bahwa kita semua dapat semakin menghargai peranan penting dari beton dalam membangun masa depan yang lebih berkelanjutan.

# Bab 2

## Beton Lingkungan Laut Vs Pasir Laut

### 2.1 Jenis Pasir Untuk Pembuatan Beton

Ada berbagai jenis pasir yang hadir di masyarakat. Setiap tempat biasanya memiliki variasi pasir yang unik. Namun, tidak semua pasir ini memenuhi persyaratan untuk berfungsi sebagai komponen utama untuk pembuatan beton. Pasir adalah bahan utama yang digunakan dalam pembuatan beton, apakah itu beton pra-plated atau beton pre-conditioned. Data menunjukkan bahwa sekitar 60%-75% dari bahan perakitan beton terbuat dari pasir. Dengan demikian, kita dapat mengklaim bahwa jenis dan kualitas pasir memiliki pengaruh besar pada kualitas beton. Jika kita memilih pasir yang salah dalam proses produksi beton, maka beton yang kita buat akan memiliki kualitas yang buruk.



**Gambar 2. 1** Jenis Pasir yang Direkomendasikan untuk Pembuatan Beton

Beton dianggap cukup kuat, tapi mengapa kita masih bertemu dengan beton yang telah runtuh? Salah satu penjelasan adalah bahwa kualitas pasir yang digunakan tidak memenuhi spesifikasi. Pasir elod, pasir sungai (sungai kecil), dan pasir laut sedikit kurang cocok untuk bahan beton. Pasir ini kurang cocok karena memiliki jumlah muck dan partikel organik yang signifikan ( $> 5\%$ ). Ada kandungan garam di pasir, yang juga dapat menyebabkan beton menjadi lebih mudah dihancurkan. Pasir laut dan pasir pantai adalah bentuk pasir yang memiliki kandungan garam yang tinggi yang dapat memungkinkan beton berbasis besi untuk mudah larut. Sementara peran besi dalam bangunan beton sangat penting, terutama dalam meningkatkan daya tarik beton, oleh karena itu, kesadaran tentang jenis pasir dan sifatnya sangat penting bagi kita yang terbiasa dengan beton. Tidak ada yang salah dengan kita membaca airlift kecil ini yang meninjau jenis pasir yang ideal untuk membangun panel beton, terutama panel beton.

### **2.1.1 Kriteria pasir yang digunakan untuk beton**

Berbagai jenis pasir yang beredar di masyarakat membuat kita lebih marah karena memilihnya. Selain itu, setiap jenis pasir memiliki karakter yang berbeda yang tidak dapat digunakan sebanyak yang kita inginkan. Hal yang sama berlaku untuk prosedur beton mutlak, yang membutuhkan pasir berkualitas untuk cocok dengan makeup dasar. Pabrik beton

harus serius mempertimbangkan persyaratan pasir yang tepat untuk memastikan bahwa pelanggan puas dengan produk kami.

Berikut adalah kriteria agregat halus (pasir) yang cocok sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton:

1. Pasir beton harus bersih (gelombang pasir yang terlihat tidak boleh kurang dari 70% tinggi).
2. Tingkat lumpur adalah < 5% berat.
3. Tingkat kelembaban benih (FM) berkisar dari 2,2 hingga 3,2 dengan fraksi yang melebihi 0,3 mm menjadi setidaknya 15% berat.
4. Pasir tidak boleh mengandung senyawa organik yang dapat mempengaruhi kualitas beton.
5. Resistensi larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; pecahnya < 12% dari berat. resistensi pada larutan  $\text{MgSO}_4$ , pecahnya  $\leq$  10% dari berat.
6. Untuk beton dengan tingkat ketahanan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.

Selain persyaratan ini, kualitas beton juga dipengaruhi oleh bentuk partikel pasir dan konsentrasi silika alami, besi alami, dan aluminium di pasir. Pasir yang telah membentuk partikel padat lebih baik daripada pasir dengan partikel bulat. Pasir dengan proporsi tinggi silika, besi, dan aluminium sangat ideal untuk bahan beton. Beton terbuat dari pasir dengan kandungan silika tinggi, besi, dan aluminium menawarkan peningkatan kekuatan dan daya tahan.

### **2.1.2 Jenis Pasir Untuk Pembuatan Beton**

Pasir seringkali adalah bahan berbentuk partikel yang mengukur antara 0.0625 dan 5 mm. Ini terbentuk sebagian besar dari silikon dioksida, tetapi beberapa juga terbentuk dari batu kapur. Dalam bidang beton (mortar), pasir disebut agregat

halus. Pasir, dalam arti ini, dianggap sebagai bahan granular yang diperoleh dari batu-batu yang terbentuk secara alami atau degradasi oleh industri penggilingan, yang memiliki ukuran biji maksimal 5 mm. Menurut definisi tersebut, pasir yang termasuk dalam kriteria sebagai bahan pertanian beton adalah pasir yang memiliki ukuran partikel  $\leq 5$  mm. Pasir dengan ukuran benih  $>5$  mm akan difilter dalam proses purifikasi dan jatuh ke dalam kategori agregat bruto.

Berikut tiga jenis pasir yang ideal dalam beton dapat kita temukan dengan mudah:

a. Pasir Vulkanik

Secara umum, pasir vulkanik adalah pasir yang dihasilkan oleh aktivitas gunung berapi aktif. Batu-batu alami yang disimpan di dalam gunung berapi mengalami perubahan struktural karena suhu dan tekanan yang sangat tinggi di dalam kawah. Karakteristik utama pasir vulkanik adalah warna hitamnya yang jelas, meskipun ada juga yang sedikit kabur. Ini memiliki tekstur yang halus (yang akan kita rasakan ketika kita memegangnya), jadi tidak mudah untuk memecahkannya. Ini memiliki bentuk yang benar-benar tidak teratur dan cenderung terbentuk karena dibuat tanpa kontak dengan air untuk periode waktu yang sangat lama. Menurut beberapa penelitian, pasir vulkanik gunung berapi Merpa memiliki tingkat penyerapan air 4,8–7%, kandungan lumpur 3,2–6%, dan berat 1.520–2,420 kg/m<sup>3</sup>. Pasir vulkanik adalah jenis dengan kandungan silika tertinggi. (SiO) Dengan bentuk ini, jenis ini sangat cocok untuk konstruksi bahan beton karena akan mudah terhubung ke semen. Selain kandungan silika, pasir vulkanik juga mengandung besi (FeO), yang dapat meningkatkan daya tahan beton dan memberikan tingkat kelelahan yang rendah. Kandungan besi di pasir vulkanik biasanya bertentangan dengan kandungan lumpur. Pasir vulkanik yang

menyenangkan sangat ideal untuk membangun panel beton seperti pagar. U-ditch, Kanstein, dan campuran beton siap.

Jenis pasir ini juga cocok untuk campuran semen saat membuat dinding rumah atau bangunan. Berdasarkan hasil penelitian, Sari dkk (2017) menunjukkan bahwa beton yang terbuat dari pasir vulkanik marmer lebih unggul dari beton yang dihasilkan dari pasir sungai Cisadane dan pasir Bangka. Berikut adalah tabel perbandingan kualitas beton tergantung pada asal-usul agregat halus (pasir) yang digunakan.

**Tabel 2.1** Perbandingan kualitas beton berdasarkan asal agregat halus

Parameter	Pasir Vulkanik Merapi	Pasir Sungai Cisadane	Pasir Bangka
Kuat Tekan (Mpa)	34.12	29.38	30.98
Kuat Lentur (Mpa)	13	10.33	13.33
Kuat Tarik (Mpa)	11.92	10.22	10.81
Kandungan Lumpur (%)	5	33.33	9.25

### b. Pasir Sungai

Secara umum, pasir sungai adalah pasir yang dihasilkan dari penggalian dan pertambangan di sungai. Pasir sungai dihasilkan dari batu alam yang saling mengguncang menjadi partikel kecil yang kemudian mempertahankan aliran air sungai untuk waktu yang lama. Menurut deskripsi ini, karakteristik yang membedakan berbagai varietas pasir sungai adalah asal-usul batu dan kurangnya pergerakan air. Di Yogyakarta dan Jawa Tengah, ada beberapa jenis pasir sungai. Pasir sungai yang paling terkenal adalah pasir Progo, yang berasal dari penggalian

dan pertambangan di sepanjang sungai Progo. Salah satu alasan mengapa pasir memiliki kualitas yang sangat baik adalah jumlah aliran air dan jenis batu atau bahan yang diproduksi oleh pasir. Ini adalah drizzle dingin pasir dan lumpur yang menyediakan air ke Sungai Progo, jadi sangat mungkin bahwa bahan pasir Progo dan pasir vulkanik (gunung) memiliki sesuatu yang sama. Material pasir merkuri yang bergabung dengan aliran Sungai Proga mengalami proses gesekan alami dengan air, menghasilkan bentuk partikel yang lebih bulat. Ini tidak terjadi dengan pasir vulkanik Merkurius menyebar melalui letusan dan laur dingin. Di Jawa Tengah, kita dapat menemukan beberapa jenis pasir sungai, seperti Bandung River Sand, pasir matahari terbenam, dan pasir katup sungai. Pasir memiliki kualitas negatif karena mengandung proporsi yang cukup besar kotoran dan bahan organik.

Ciri khas pasir sungai adalah bahwa partikelnya bulat karena gesekan jangka panjang dengan air. Warna pasir sungai termasuk coklat, hijau, coklat dan kuning gelap gelap. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pasir sungai memiliki keragaman kualitas. Pasir dari sungai dengan aliran besar memiliki konsentrasi lumpur dan bahan organik yang rendah. Dengan demikian, kita dapat menyimpulkan bahwa pasir dari sungai dengan aliran besar baik untuk bahan beton, sedangkan pasir dari aliran kecil kurang cocok untuk beton. Harga pasir sungai berfluktuasi antara Rp 180.000 dan Rp 250.000/M3. Sementara harga pasir di daerah pesisir utara (pantura) seperti Jepara dan Saint adalah sekitar Rp 90.000-120.000.

### c. Pasir Beton

Beton adalah jenis pasir yang memiliki ukuran yang sama dengan pasir vulkanik tetapi memiliki standar tertentu, salah satunya adalah kandungan lumpur < 5% (menurut ketentuan 1971 NI-2 PBB1).



**Gambar 2. 2** Pasir beton

Ini membutuhkan beberapa perawatan sehingga pasir sungai dan pasir vulkanik yang memiliki komponen lumpur > 5% dari berat pasir dapat dikategorikan sebagai pasir beton. Obat yang dapat kita gunakan adalah mencucinya ke tingkat lumpur <5%. Beton pasir memiliki spesifikasi yang ketat karena akan digunakan untuk produk beton yang dicetak dan dicetak sebelumnya. Proporsi pasir dan lumpur beton harus kurang dari 5%.

### **Spesifikasi Pasir Beton**

Jenis pasir ini hitam dan abu-abu gelap, dengan kisaran ukuran 2.6 hingga 5 mm dalam bentuk bulat (dari sungai) ke cabang. (berasal dari pasir vulkanik). Karena teksturnya yang halus, pasir beton tidak membengkak saat disentuh. Dalam pendekatan ini, cukup sederhana untuk menguji kualitas pasir beton. Barang-barang beton yang menggunakan pasir beton sebagai bahan utama (60-70%) termasuk panel beton atau pagar precast, kanister U-Ditch, kotak precast culvert, campuran beton siap pakai, dan beton silinder.

## **2.2 Dampak Global Penambangan Pasir Laut dan Langkah yang Diperlukan.**

Menurut walhi.or.id, ancaman kerusakan lingkungan dari pertambangan pasir laut telah lama berada di bawah pengawasan. Misalnya, pada tahun 2017, pertambangan pasir laut di distrik Takalar, Sulawesi Selatan, mengancam ekosistem pantai, laut, dan pulau kecil di sekitarnya. Ini memiliki efek domino pada produktivitas memancing, serta pendapatan nelayan. Penduduk setempat secara massal menolak tambang pasir di sepanjang garis pantai Takalar 35 km yang membentang dari Galesong Utara ke Galesong Selatan. Pada Januari 2022, penduduk tiga desa di Prefektur Rupert Utara, distrik Bengkalis, mulai menderita gangguan akibat kegiatan pertambangan pasir yang telah berlangsung sejak 2021 di pantai utara Pulau Rupert. Mereka mengakui bahwa jumlah nelayan telah berkurang. Ekosistem laut rusak oleh kegiatan pertambangan. Menurut Direktur Eksekutif WALHI Riau, Evan Sembiring, penambangan pasir laut merusak kehidupan laut, terumbu karang, dan habitat dugong. Aktivitas pertambangan juga telah memperburuk abrasi di Pulau Beting, Aceh, Pulau Babi, dan seluruh Pulau Rupert Utara. Bahkan, bagian utara pulau Rupert berada dalam bahaya tenggelam.

## **2.3 Kegunaan Pasir Laut: Jadi Sumber Energi hingga Bahan Peranti Elektronik**



**Gambar 2.3 Pasir laut dan fungsinya**

## Apa Itu Pasir Laut & Fungsinya?

Dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 30 Tahun 2002 tentang Pengendalian dan Pengawasan Perusahaan-perusahaan Pesisir dan Laut, dikatakan bahwa pasir laut adalah material pasir yang terletak di wilayah perairan Indonesia yang tidak mengandung unsur-unsur mineral kategori A dan/atau B dalam jumlah yang harus dipertimbangkan dari sudut pandang ekonomi pertambangan. Jenis pasir ini umumnya diperoleh dari pantai-pantai. Seperti yang diketahui, unsur mineral kelas A adalah bahan strategis, termasuk minyak, gas alam, aspal, timbal, dan lainnya. Bahan Kelas B terdiri dari bahan penting yang terdiri dari besi, mangan, seng, emas, perak, air raksa, sulfur, dan sebagainya.

Pasir laut ini memiliki berbagai macam kegunaan. Dari berbagai sumber, penggunaan pasir laut, antara lain:

1. **Hebel** Menurut jurnal Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, atau UMSU, berjudul "Paving Block Building Using Styrofoam (Polystyrene) Plastic Waste." pasir laut dapat memainkan peran dalam membuat batu bata ringan atau hebel. Meskipun memiliki kelemahan dibandingkan dengan pasir darat, namun sering, dengan kemajuan teknologi, pasir laut sekarang dapat dikembangkan sebagai bahan untuk produksi batu bata ringan atau hebel.
2. **Elektronika memiliki sumber energi alternatif.** Mengutip dari halaman [www.energi.lipi.go.id](http://www.energi.lipi.go.id), pasir laut adalah biomassa yang dibutuhkan oleh sejumlah negara maju untuk menggantikan energi fosil dan nuklir yang diperkirakan akan segera habis. Hal terpenting adalah kandungan mineral di dalamnya, dan yang paling penting adalah kandungan silika. (SiO<sub>2</sub>). Silika adalah bahan dasar semikonduktor yang digunakan sebagai bahan dasar untuk perangkat elektronik.

3. **Campuran Beton.** Penggunaan lain dari pasir laut adalah bahwa itu dapat digunakan sebagai campuran beton. Tetapi ini biasanya dilakukan ketika ada batasan agregat yang halus. Namun, satu hal yang harus diingat adalah tidak menambahkan pasir laut dalam jumlah yang berlebihan dan menyesuaikan perbandingan dengan komponen lain. Karena struktur halus pasir laut dan ikatan detail yang lemah.
4. **Sumber daya.** Menurut jurnal "*Effects of the Composition of Seawater and Sea Sand as an Electrical Energy Source*", kandungan air laut dan air laut berpotensi digunakan sebagai sumber listrik, meskipun air laut bertindak sebagai penghalang. Sederhananya, metode ini adalah untuk mencampur air laut dan pasir laut dengan komposisi persentase berat relatif pasir laut dalam campuran 0 persen, 25 persen, 50 persen, 75 persen, dan 100 persen. Energi listrik yang dihasilkan ditunjukkan dengan mengamati aliran saat dan daya yang terlihat pada multimeter. Kombinasi air laut dan pasir laut dapat menghasilkan listrik karena kandungan garam, yang dapat menghasilkan potensi yang berbeda dengan menyerap metode sel elektrokimia.
5. Pengumuman Dapat dikatakan bahwa penggunaan pasir laut sebagai bahan keluhan adalah salah satu yang paling populer. Namun, Menteri Maritim dan Perikanan (CCP), Sakti Wahyu Trenggono, menegaskan bahwa pasir laut yang dapat digunakan untuk rekreasi atau ekspor hanya berasal dari sedimen. Sebelum itu, Indonesia sering mengekspor pasir laut untuk klaim negara-negara tetangga. Dari 1997 hingga 2002, Indonesia rata-rata membawa lebih dari 53 juta ton pasir laut per tahun ke Singapura.

**Indonesia mengeksport** pasir laut terbesar ke Singapura. Di Singapura, Indonesia rata-rata memiliki lebih dari 53 juta ton pasir laut per tahun. Menurut Laporan PBB 2019, Singapura adalah importir pasir laut terbesar di dunia. Dalam dua dekade terakhir, negara ini telah mengimpor sekitar 517 juta ton pasir dari negara-negara lain.

## **2.4 Pembentukan, Komposisi dan Penggunaan dari Pasir Pantai**

### **2.4.1. Pembentukan pasir**

- Pembentukan pasir dimulai ketika dekomposisi tanah membentuk batu. Batu ini kemudian dipecah menjadi potongan-potongan yang lebih kecil dan lebih kecil oleh kekuatan alam untuk membentuk pasir. Pembentukan pasir oleh kekuatan alam dapat berlangsung dari ratusan hingga ribuan tahun.
- Pemecahan batuan menjadi potongan-potongan kecil oleh kekuatan alam disebut dekomposisi. Pasir adalah hasil dari degradasi mekanis, kimia, dan biologis yang telah terjadi selama ratusan tahun.

#### **Pelapukan mekanis**

Gerhana mekanis adalah hasil dari angin, air, dan perubahan suhu yang ekstrem. Air hujan disemprotkan ke dalam retakan, dan bukit-bukit berubah menjadi es saat suhu jatuh di bawah nol derajat Celcius.

- Es mencair seiring dengan meningkatnya suhu di sekitarnya. Seiring waktu, proses pembekuan dan pencairan menyebabkan batu runtuh menjadi potongan-potongan kecil. Potongan-potongan kecil ini dipecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil untuk membentuk potongan pasir.
- Di gurun, ada perubahan suhu yang ekstrim. Di siang hari, suhu sangat tinggi, dan di malam hari,

mereka menjadi sangat dingin. Pemanasan konstan dan pendinginan batu melemahkan mereka, dan seiring waktu mereka hancur menjadi fragmen yang lebih kecil.

- Banjir mekanis juga terjadi ketika angin yang kuat terus-menerus memukul batu, menyebabkan mereka pecah.
- Akar-akar pohon yang tumbuh di sisi pegunungan menembus lebih dalam dan menyebabkan retakan di batu. Ketika air hujan menumpuk dan membeku untuk membentuk es, retakan ini membesar.

### **Pelapukan Kimiawi**

Pelapukan kimia melemahkan batu dan memfasilitasi proses disintegrasi melalui reaksi kimia. Air bergabung dengan karbon dioksida dan membentuk asam karbonat; asam karbonat ini melarutkan batu, menyebabkan ia lemah dan hancur. Suhu dan kelembaban memainkan peran penting dalam humidifikasi kimia.

### **Pelapukan Biologis**

- Pelapukan biologis adalah tumbuhan dan hewan adalah organik. Misalnya, moss melepaskan bahan kimia yang melemahkan batu.
- Batu-batu yang lemah ini dapat dengan mudah dihancurkan oleh kekuatan alam menjadi potongan-potongan yang lebih kecil. Akar pohon yang tumbuh di lereng pegunungan dapat menyebabkan retakan pada batu; ini dapat dikatakan sebagai kelelahan biologis karena pertumbuhan akar tanaman.
- Pembentukan pasir berasal dari tiga jenis jarum: jarum mekanis, kimia, dan biologis.

### **2.4.2. Komposisi Pasir**

- Komposisi pasir tergantung pada batuan di daerah dan kondisi lingkungan. Warna pasir tergantung pada bahan apa yang dibuat dan bervariasi sesuai dengan komposisinya.
- Pasir pantai terdiri dari semak-semak, kerang, dan batu-batu kecil. Sebagian besar pantai di seluruh dunia terbuat dari mineral seperti quartz dan feldspar.
- Quartz dibuat dari silikon dioksida, dan Feldspar terbuat dari sodium, kalsium, atau kalium bersama dengan quartz. Ini ditemukan berlimpah di pantai karena keras dan tahan cuaca.
- Ini dapat dipecah menjadi potongan-potongan kecil, tetapi tidak mudah larut dan hilang karena kekuatan dan ketahanan terhadap reaksi kimia.
- Selain kalsium dan feldspar, fragmen mika juga dapat dilihat di pasir pantai. Warna pasir tergantung pada bahan apa yang dibuat dan bervariasi sesuai dengan komposisinya.

### **Jenis-jenis Warna Pasir di Seluruh Dunia**

#### **1. Pasir Pantai Hitam**

- Pantai berpasir hitam tersusun dari mineral vulkanik dan pecahan lahar. Pantai-pantai ini berwarna hitam karena mineral dan batuan vulkanik memiliki corak dan corak warna hitam.
- Mineral yang memberi warna gelap pada pasir adalah piroksen, amfibol, dan oksida besi. Pasir hitam lebih berat dari pasir berwarna coklat muda dan menjadi sangat panas di hari yang cerah.



**Gambar 2. 4** Pasir Pantai Hitam

- Banyak pantai pasir hitam ditemukan di Hawaii, Pantai Lembah Pololu dan Pantai Kehena, Pantai Pasir Hitam Honokalani.
- Pantai Pasir Hitam Lainnya Pantai Vik di Islandia, Prince William Sound, Alaska.

## **2. Monumen Nasional Pasir Putih di New Mexico**

- Monumen Nasional Pasir Putih di New Mexico memiliki sekitar 275 mil persegi bukit pasir putih yang terbuat dari gipsum yang telah rusak selama jutaan tahun.
- Menurut New Mexico New Port, sebuah laboratorium jurnalisme mahasiswa di University of New Mexico, pasir putih adalah sisa-sisa danau bernama Danau Lucero yang ada ribuan tahun yang lalu.



**Gambar 2. 5** Pasir Putih di New Mexico

- White Gypsum Hill of White Sand National Monument di New Mexico
- Gips diproduksi dengan kecepatan yang lebih cepat daripada air di danau yang larut, dan untuk alasan ini, lapisan gips ditinggalkan ketika air menguap.
- Kekuatan angin memecah sepotong gips besar menjadi selenit (pecahan gypsum yang dikenal dengan selenite).
- Selenium asli yang terbentuk memiliki permukaan yang jelas, tetapi seiring waktu, itu dicukur oleh angin dan menyebabkan banyak retakan.
- Pantai berpasir putih lainnya di seluruh dunia: White Beach Boracay di Filipina; Maldives di Samudera Hindia; Wine Glass Bay di Tasmania; dan Grand Anse Beach di Seychelles.

### **3. Papakolea's Green Sandy Beach**

- Papakolea Green Sand Beach, juga dikenal sebagai Puu Mahana Beach di Big Island, Hawaii, dikelilingi oleh tebing hijau. Pasir di pantai disebabkan oleh erosi konstan dari gugus gunung berapi yang disebut Diamond Head di Oahu, dekat pantai.
- Puu Mahana Beach, Hawaii
- Pasir ini terdiri dari laurel basalt yang kaya akan mineral yang disebut olivine. Olive adalah hijau, memberikan pasir warna hijau.
- Batu pasir zaitun yang dikumpulkan dekat ujung selatan Hawaii



**Gambar 2. 6** Pasir Hijau Papakolea

#### **4. Pasir Pantai Merah**

- Pantai berpasir merah dapat ditemukan di Hawaii, AS, Pulau Rabida, Galapagos, dan Santorini, Yunani. Pasir di Pulau Rabida Galapagos berwarna merah akibat oksidasi endapan lava kaya besi dan sedimen karang yang tersapu ke darat.



**Gambar 2. 7** Pasir Merah Pulau Rabida Galapagos

- Pantai Pasir Merah, Pulau Rabida Galapagos
- Warna merah Pantai Pasir Merah di Santorini ini disebabkan oleh erosi tebing di sekitarnya yang terbuat dari batuan sedimen warna merah.
- Pasir Pantai Kaihalulu di Hawaii berwarna merah kehitaman karena erosi kerucut arang yang disebut Ka'uiki Head di ujung utara teluk.

### **2.4.3 Kegunaan Pasir**

- Pasir merupakan komponen penting dari bahan bangunan seperti mortar, semen, aspal, paving, plesteran, dan beton. Pasir ditambahkan ke bahan bangunan agar lebih keras dan menahan beban lebih banyak. Pasir kuarsa murni digunakan dalam industri tembikar dan pembuatan kaca untuk melapisi perapian tungku baja-asam karena pasir kuarsa dapat menahan suhu tinggi.
- Pasir juga digunakan untuk sebagai filter untuk menjernihkan air direkatkan ke kertas untuk membuat amplas digunakan sebagai semburan pasir untuk membersihkan dinding bangunan. Pasir terbentuk dari erosi daratan selama ribuan tahun. Komposisi pasir tergantung pada tempat ditemukannya. Pasir memiliki banyak kegunaan dan berperan penting dalam industri konstruksi.
- Pasir terdiri dari fragmen batuan, mineral dan partikel tanah. Pasir dapat ditemukan di pantai, danau, sungai, lantai lautan, dan gurun.
- Selama ribuan tahun, kekuatan alam seperti hujan, angin, dan es telah menghangatkan lanskap alami seperti gunung dan bukit, mengakibatkan pembentukan pasir.
- Pasir memiliki tekstur granular. Sebuah partikel pasir disebut butiran.

- Butir pasir bisa berbentuk bulat atau bersudut. Ukurannya berkisar dari 1,6 mm hingga 2 mm.

Warna butiran pasir tergantung pada lokasi geografis dan kondisi lingkungan tempat sekitarnya.

## **2.5 Apakah Mengeruk Pasir Laut Dapat Merusak Lingkungan?**

### **Dampak Pengerukan Pasir Laut**

Teks berikut menggambarkan dampak negatif dari pertambangan pasir laut pada ekonomi dan lingkungan alam, mengacu pada berbagai sumber.

1. Kurangi hasil panen ikan. Amirullah, seorang nelayan di distrik Karimun, melaporkan bahwa tambang pasir laut memasuki wilayahnya pada awal 2000-an. Selama periode itu, ia membentuk fraksi yang menentang kebijakan pemerintah dan perusahaan. Selain itu, kegiatan panen menyebabkan kerusakan yang signifikan pada zona penangkapan dari sumber daya laut rata-rata, yang sebagian besar dieksploitasi oleh nelayan skala kecil.
2. Kerusakan terumbu karang. Menurut Amirullah, penurunan penangkapan ikan berfungsi sebagai bukti bahaya yang ditimbulkan pada ekosistem terumbu karang. "Sekarang setelah 20 tahun berlalu, kondisinya sudah mau pulih, hasil tangkapan mulai membaik, meski tidak seratus persen, ini (wacana tambang pasir laut malah) dibuka kembali (menyinggung isu izin ekspor pasir laut yang diteken Presiden Joko Widodo)", tegasnya.
3. Memperparah Perubahan Iklim. Mantan Menteri Kelautan dan Perikanan kabinet kerja 2014-2019 Susi Pudjiastuti memberi respon terhadap putusan

pemerintah. "Semoga keputusan ini dibatalkan. Kerugian lingkungan bakal jauh lebih besar. Climate change (perubahan iklim) sudah terasa dan berdampak. Jangan diperparah dengan penambangan pasir laut", tulis Susi.

4. Ancaman terhadap ekosistem laut, pesisir, dan pulau kecil. Riau Boy, Direktur Eksekutif Wilayah Lingkungan Wahana Indonesia (WALHI), mengatakan keputusan untuk membuka kembali kebijakan eksploitasi pasir laut akan mengancam ekosistem laut, pesisir, dan pulau kecil. "Kebijakan yang dikeluarkan Jokowi bertentangan dengan komitmen terhadap perlindungan ekosistem laut, pesisir, dan pulau kecil", ujar Boy di hari Minggu (May 28, 2023). Sesuai dengan itu, salah satu nelayan di Pemping Island, Batam City, Hamdan Umar menggunakan pasir laut memiliki dampak pada kepunahan. Menurut dia, ada sekitar 2.000 lokasi pertambangan di daerah tempat dia tinggal. "Dampaknya jelas; rumah panggung yang ada di pulau-pulau kecil sudah digantung karena pasir turun ke laut," kata Hamdan. Pendapat ini sesuai dengan artikel yang dipublikasikan oleh situs unila.ac.id. Kepala Pusat Penelitian dan Pembangunan Lingkungan Universitas Lampung (Unila), Erdi Suroso, mengungkapkan bahwa hasil pertambangan pasir, di antaranya:

- Peningkatan potensi abrasi dan erosi pesisir;
- Penurunan kualitas lingkungan air laut dan pesisir, termasuk perubahan pola arus dan gelombang. Meningkatkan kemungkinan terjadinya polusi pantai.
- Penurunan kualitas air laut, termasuk menyebabkan peningkatan kekakuan air.
- Daerah pertanian ikan yang rusak, terutama di daerah hutan mangrove, serta terumbu karang

dan ekor yang tergantung pada intensitas penetrasi cahaya.

- Menyebabkan turbulensi yang menambah tingkat soliditas larut di dasar laut.
- Meningkatkan intensitas banjir.

5. Kritik terhadap penangkapan pasir laut berasal dari mereka yang percaya bahwa ekspor laut meningkatkan ketergantungan negara pada pasir luar negeri. Pasir laut sendiri digunakan sebagai bahan baku di sektor konstruksi dan industri. Ketika Indonesia mengirim pasir ke negara lain, kebutuhan domestik tidak dapat dipenuhi karena kekurangan pasokan.
6. Pengawasan, pertanyaan dan pelanggaran. Sebagai hasil dari pengawasan minimal pemerintah dan penindasan pelanggaran baru-baru ini, oposisi terhadap pertambangan pasir laut muncul. Pengawasan tanpa hati-hati dapat membuka kesenjangan untuk praktik ilegal. Jadi, selain merugikan negara secara ekonomi, ancaman untuk mencapai keseimbangan lingkungan hidup jauh dari tak terbayangkan.

## 2.6 Apa Guna Pasir Laut dan Dampak Bila Terus Dikeruk



**Gambar 2.8** Guna Pasir Laut dan Dampak

Atas perintah Presiden, Menteri Kelautan dan Perikanan telah mengeluarkan Peraturan No. 01/K-TP4L/VIII/2002 tanggal 1 Agustus 2002 tentang Kepala Tim Pengendalian dan Pengawasan Perusahaan-perusahaan Laut, yang akan melakukan kontrol dan pengawasan atas usaha-usaha laut, termasuk pemantauan dan pengendalian kegiatan pertambangan, penyemprotan, transportasi, perdagangan ekspor, eksploitasi usaha laut dan pencegahan kerusakan laut, dilakukan dengan cara yang terintegrasi dan terkoordinasi sesuai dengan ketentuan undang-undang.

Peraturan Menteri Pembangunan Maritim No. 33 Tahun 2002 tentang zonasi wilayah pesisir dan laut untuk kegiatan perusahaan pasir laut.

Berkaitan dengan penciptaan zon larangan pertambangan pasir, mereka adalah sebagai berikut: Zona Konservasi Alam, yang terdiri dari Taman Nasional dan Taman Pariwisata Alam; Zona Pengungsi Alam (Reserve Alam dan Reserve Alam); dan Zona Perlindungan Ekosistem Pantai dan Kepulauan Kecil, yang mencakup taman laut regional dan area perlindungan mamalia laut. (Baca juga: Sanctuary untuk Mamalia Laut).

Kemudian Perikanan Pengungsi, Wilayah Migrasi Biotop Laut dan Wilayah Perlindungan Laut, Coral Reef, serta ikan dan daerah biota laut lainnya; perairan dengan jarak kurang dari atau sama dengan 2 mil laut diukur dari garis pantai menuju pulau-pulau atau perairan lepas pantai pada saat resesi terendah; air dengan kedalaman tidak lebih dari 10 meter dan secara langsung berbatasan dengan garis pantai, diukur dengan permukaan laut pada pemulihan minimum; instalasi kabel bawah laut dan pipa dan zona keamanan 500 meter lebar di sisi kiri dan kanan instalasi kawat bawah air dan saluran pipa; Indonesia Islands Sea Stream (ALKI); zona keamanan Sumber Bantuan Angkatan Laut (SBNP).

Pengiklanan: Peraturan Pemerintah No.117/MPP/Kep/2/2003 tentang Penghentian sementara ekspor pasir laut. Kementerian Maritim dan Perikanan (KKP) telah memastikan bahwa akan memproses hukum perusahaan yang melakukan pertambangan pasir di perairan Pulau Rupat, Provinsi Riau. Presiden Joko Widodo, atau Jokowi, mengeluarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2023 tentang Pengelolaan Hasil Sedimentasi di Laut. Salah satu tujuan dari peraturan ini adalah untuk memungkinkan ekspor pasir laut. Aturan ini dikeluarkan sebagai upaya pemerintah dalam tanggung jawab untuk melindungi dan melestarikan lingkungan laut sebagaimana dimaksud dalam Pasal 56 Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2014 tentang Laut. Selain itu, aturan ini juga ditujukan untuk perlindungan dan konservasi lingkungan laut serta untuk mendukung keberlanjutan ekosistem pantai dan laut, sehingga meningkatkan kesehatan laut.

Pengiklanan: Yang menarik, dalam Pasal 9 dari Konstitusi No. 26 tahun 2023, sedimen di lautan dapat digunakan untuk empat hal. Sedimen laut didefinisikan sebagai pasir laut atau bahan sedimen lainnya, seperti lumpur.

Detailnya adalah:

- 1) Pengaduan internal
- 2) Pembangunan infrastruktur pemerintah;
- 3) Pengembangan fasilitas oleh pengusaha;
- 4) Ekspor selama kebutuhan domestik terpenuhi dan sesuai dengan ketentuan peraturan.

Meskipun pasir laut diizinkan untuk diekspor, ada persyaratan tertentu yang harus dipenuhi oleh para pengusaha, seperti izin, kondisi penambangan pasir laut, dan ketentuan ekspor mengenai bea cukai. Aturan tersebut ditetapkan di

Jakarta pada tanggal 15 Mei 2023, oleh Presiden Joko Widodo dan disetujui pada 15 Mei oleh Menteri Negara Pratikno.

## 2.7 Syarat Dan Cara Cor Beton di Dalam Air Laut



**Gambar 2.9** Cor Beton di dalam Air Laut

Pada proyek-proyek konstruksi jembatan skala dunia yang melintasi perairan, seperti Golden Gate Bridge di San Francisco, California, atau Tower Bridge di London, Inggris, kita dihadapkan pada tantangan yang unik, terutama dalam metode pengecoran yang digunakan.

Pembangunan jembatan-jembatan ini memerlukan teknik pengecoran yang berbeda dibandingkan dengan proyek di daratan. Meskipun bahan utamanya tetap berupa beton cor atau ready mix, perbedaan utama terletak pada metode pengecoran dan formulasi yang digunakan.

Metode pengecoran ini dipilih berdasarkan kondisi dan kebutuhan proyek, termasuk kedalaman air, arus air, dan desain struktur jembatan itu sendiri. Oleh karena itu, pengetahuan mendalam tentang berbagai metode atau cara cor beton di lingkungan air sangat penting untuk memastikan keberhasilan proyek dan ketahanan jembatan di masa mendatang.

### **2.7.1 Syarat-Syarat Pengecoran Beton di Lingkungan Air**

Pengecoran beton di lingkungan air, terutama di laut, memiliki sejumlah syarat khusus yang harus dipenuhi. Formulasi beton dalam konteks ini fokus pada beberapa aspek utama, yang meliputi:

1. Kemampuan Alir Beton (Flowing Ability). Beton yang akan dicor di dalam air harus memiliki kemampuan alir yang baik. Hal ini memungkinkan beton untuk mengisi bekisting dengan sempurna, menghindari celah atau rongga yang dapat menyebabkan kelemahan struktural.
2. Kemampuan Memadatkan Diri Sendiri (Self-Consolidation). Beton harus mampu memadatkan dirinya sendiri tanpa perlu getaran tambahan. Ini adalah aspek penting untuk memastikan bahwa beton merata dan padat di seluruh struktur.
3. Kohesi Beton. Beton harus memiliki sifat kohesif yang baik, sehingga campuran semen dalam beton tidak terurai atau terbawa oleh air (wash out).
4. Pemilihan Campuran Beton yang Tepat. Formulasi beton harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan air, termasuk kandungan bahan tambahan yang memungkinkan beton untuk tetap kuat dan tahan terhadap pengaruh lingkungan.
5. Persiapan Bekisting Khusus. Bekisting yang digunakan dalam pengecoran di lingkungan air juga harus dirancang dengan baik untuk mencegah kebocoran air dan memungkinkan pengecoran yang tepat.

### **2.7.2 Cara-Cara Cor Beton di Air atau Laut**

Dalam kondisi konstruksi di lingkungan air atau laut, metode pengecoran beton harus dipilih dengan hati-hati sesuai dengan kebutuhan proyek. Berikut adalah beberapa jenis metode pengecoran yang umum digunakan di dalam air:

1. Metode Pipa Tremie, Teknik ini digunakan ketika pengecoran beton harus dilakukan dalam jarak yang cukup jauh. Metode ini melibatkan penggunaan hopper tremie yang berbentuk corong dengan pipa di bagian bawahnya, umumnya berdiameter sekitar 250 mm. Proses pengecoran dimulai dengan menuangkan campuran beton ke dalam hopper, yang kemudian mengalir melalui pipa dan akhirnya mencapai area pengecoran yang dituju. Teknik ini efektif untuk memastikan bahwa beton dapat mengalir ke posisi yang ditentukan, baik di laut maupun di darat.
2. Metode Pompa. Dalam metode ini, beton dipompa langsung ke posisi akhir pengecoran. Metode ini memberikan keuntungan efisiensi operasional dengan waktu pengerjaan yang lebih cepat dan jumlah pekerja yang minimal. Pompa beton digunakan untuk memindahkan beton dengan presisi ke tempat yang diperlukan, mengurangi kerumitan dan waktu pengerjaan.
3. Pengecoran Dengan Katup Hydro. Metode ini melibatkan penggunaan pipa berdiameter besar, sekitar 600mm, yang digunakan untuk menuangkan beton di dalam air atau laut. Di bawah pipa terdapat silinder yang berfungsi sebagai pelindung pipa. Prinsip kerjanya mirip dengan metode pipa tremie, di mana beton segar dialirkan ke dalam air melalui pipa besar. Teknik ini efektif untuk proyek-proyek yang memerlukan pengecoran di dalam air.
4. Metode Toggle Bags / Karung. Metode ini melibatkan pengisian karung dengan beton segar, yang digunakan untuk memperlancar proses pengecoran di dalam air. Untuk menghindari kehilangan beton, sekitar 10% semen ditambahkan ke dalam campuran beton. Karung-karung

ini perlu dipegang atau dikekang hingga beton mengering dan padat sebelum dimasukkan ke dalam air. Proses ini memerlukan penyelam untuk memastikan konstruksi berjalan dengan baik.

5. Konstruksi Caisson. Pondasi caisson dirancang agar air dapat dipompa keluar sehingga lingkungan atau lokasi kerjanya menjadi kering. Teknik ini efektif dalam konstruksi jembatan dan menara yang melintasi air, baik laut maupun sungai. Caisson bersifat permanen, sehingga tidak perlu diangkat kembali setelah pengecoran selesai.
6. Konstruksi Cofferdam. Cofferdam adalah struktur sementara yang dibangun di dalam atau di dekat air, sehingga sebagian dari struktur tersebut terendam oleh air. Ini dirancang agar air dapat dipompa keluar untuk menjaga lingkungan tetap kering selama proses konstruksi. Cofferdam biasanya terbuat dari struktur baja yang dilas dengan komponen seperti *sheet piles* dan penahan cross bracing.

Spesifikasi proyek, kedalaman dan aliran air, serta desain struktur yang diharapkan, semuanya harus diperhitungkan saat memilih teknik pengecoran yang tepat. Insinyur konstruksi dapat menjamin bahwa pengecoran beton di lingkungan laut atau perairan berjalan lancar dan menghasilkan struktur yang kokoh dan tahan lama dengan memiliki pemahaman menyeluruh tentang berbagai teknik pengecoran.

### **2.7.3 Tantangan dalam Pengecoran Beton di Lingkungan Laut**

Meskipun metode pengecoran beton di lingkungan air atau laut telah disusun dengan cermat, ada sejumlah tantangan khusus yang harus dihadapi. Berikut adalah beberapa tantangan yang umumnya dihadapi dalam proyek pengecoran di lingkungan air:

1. Pengelolaan aliran air Mengontrol aliran air di sekitar area pengecoran merupakan salah satu tantangan terbesar. Segregasi atau penyebaran beton yang tidak merata dapat disebabkan oleh kuatnya arus air sehingga mempengaruhi distribusinya. Oleh karena itu, untuk menjamin pengecoran berjalan lancar, diperlukan strategi pengendalian aliran air yang efisien.
2. Ketahanan Terhadap Korosi. Lingkungan air, terutama air laut, cenderung mengandung kadar garam yang tinggi. Kadar garam ini dapat menyebabkan korosi pada struktur beton. Oleh karena itu, beton yang digunakan harus memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik, dan pelapisan pelindung mungkin diperlukan.
3. Kondisi Bawah Air. Kondisi di bawah air, seperti topografi dasar sungai atau laut, dapat bervariasi. Ini mempengaruhi kemampuan untuk memasang bekisting dan memastikan bahwa beton mencapai targetnya. Pemahaman yang mendalam tentang kondisi bawah air sangat penting dalam perencanaan pengecoran.
4. Keharmonisan Dengan Lingkungan dan Ekosistem. Proyek konstruksi di lingkungan air sering kali harus mempertimbangkan dampak lingkungan. Penggunaan bahan kimia dalam beton atau metode pengecoran dapat berdampak negatif pada ekosistem air. Oleh karena itu, perlu mempertimbangkan aspek lingkungan dalam perencanaan proyek.
5. Kondisi Cuaca. Kondisi cuaca seperti gelombang, hujan, atau angin kencang juga dapat mempengaruhi proses pengecoran di lingkungan air. Kondisi cuaca yang ekstrem dapat menyulitkan operasi pengecoran dan memerlukan perencanaan yang matang.

#### **2.7.4 Contoh Proyek Konstruksi Cor Di Dalam Air Atau Laut**

Untuk memberikan gambaran nyata tentang bagaimana proyek pengecoran beton di lingkungan air atau laut diimplementasikan, berikut beberapa contoh proyek yang mencakup berbagai metode pengecoran:

1. Pembangunan Terowongan Bawah Laut Channel, Inggris-Perancis. Proyek terowongan bawah laut Channel yang menghubungkan Inggris dan Prancis melibatkan pengecoran beton di bawah permukaan laut. Metode tremie pipe digunakan untuk mengisi pondasi terowongan di dasar laut. Proyek ini memerlukan koordinasi yang ketat antara dua tim konstruksi dari kedua sisi laut.
2. Pembangunan Pelabuhan Ras Al Khair, Arab Saudi. Proyek ini melibatkan pembangunan pelabuhan besar di pantai Arab Saudi. Metode konstruksi cofferdam digunakan untuk menciptakan ruang kering di bawah permukaan air, yang memungkinkan pengecoran struktur beton di bawah air. Proyek ini mencakup pengecoran dermaga, breakwater, dan struktur pelabuhan lainnya di lingkungan laut.
3. Pengecoran Pondasi Jembatan Akashi Kaikyō, Jepang. Salah satu proyek paling ikonik yang melibatkan pengecoran beton di lingkungan laut adalah Jembatan Akashi Kaikyō di Jepang. Jembatan gantung ini memiliki salah satu tiang fondasi terbesar di dunia. Metode caisson digunakan, dimana sebelumnya tanah dikeruk hingga mencapai kedalaman 60 Meter dan menemukan tanah yang keras sesuai standar untuk kemudian dijadikan caisson sebagai dudukannya. Proyek ini memerlukan pengecoran dalam air dengan beton khusus dalam jumlah besar dan teknik khusus untuk mengatasi arus laut yang kuat.

4. Jembatan Great Belt, Denmark: Jembatan Great Belt di Denmark adalah salah satu jembatan terpanjang ke-3 di dunia, yang menghubungkan pulau-pulau di Selat Great Belt. Proyek ini memerlukan fondasi yang kuat, namun fondasi-fondasinya ditanamkan di laut. Uniknya, jembatan ini memanfaatkan teknik pengecoran di laut dengan menggunakan pondasi caisson. Caisson adalah struktur berbentuk kotak atau silinder yang ditempatkan di dasar laut dan kemudian diisi dengan beton khusus. Penerapannya pada jembatan ini relatif mudah karena tidak terlalu dalam dalam melakukan pengerukan tanah di dasar laut.
5. Jembatan Tsingma, Hong Kong: Jembatan Tsingma di Hongkong adalah jembatan dengan bentangan tengah terpanjang nomor tujuh di dunia. Jembatan ini merupakan salah satu prestasi teknik insinyur yang luar biasa. Salah satu teknik pengecoran yang digunakan di lingkungan laut adalah metode caisson. Pondasi pylon jembatan ini sebagian dikerjakan di darat dan sebagian di laut, sedangkan pondasi anchor blocks sepenuhnya dikerjakan di darat. Pylon adalah struktur vertikal yang mendukung jembatan, sementara anchor blocks adalah elemen struktural yang menjaga jembatan tetap berada pada posisinya. Proyek ini menunjukkan betapa pentingnya pemahaman yang mendalam tentang lingkungan laut dan pemilihan metode pengecoran yang tepat dalam menghadapi tantangan konstruksi yang rumit. Keberhasilan proyek-proyek di atas tidak hanya bergantung pada teknik pengecoran yang tepat, tetapi juga pada perencanaan yang cermat dan pemilihan bahan yang sesuai. Dengan pemahaman yang mendalam tentang tantangan lingkungan air dan laut, insinyur konstruksi dapat menciptakan struktur yang kokoh dan

tahan lama, bahkan dalam kondisi lingkungan yang paling ekstrim sekalipun.

## **2.8 Di Dunia Sekarang Terjadi Krisis Pasir**

### **2.8.1 Apa seharusnya kita lakukan?**

Peningkatan permintaan pasir menempatkan dunia di ambang krisis pasir. Laporan UNEP menawarkan rekomendasi untuk memastikan keberlanjutan pasir. oleh Kresentia Madina, 28 September 2023. Selama ini, kita mungkin berpikir bahwa ketersediaan pasir selalu berlimpah – di padang pasir, di pantai, di sungai, dan bahkan di halaman dekat rumah kita. Tapi, sebenarnya pasir adalah sumber daya alam yang terbatas. Peningkatan permintaan pasir telah menempatkan dunia di ambang krisis pasir. Di tengah situasi saat ini, laporan Program Lingkungan PBB (UNEP), yang diterbitkan pada tahun 2022, memberikan rekomendasi untuk melestarikan keberlanjutan pasir.

### **2.8.2 Krisis Pasir Dunia**

Laporan berjudul *“Rice and Sustainability: 10 Strategic Recommendations to Prevent Crisis”* berfokus pada situasi, dampak, dan upaya pengelolaan pasir global. Menurut laporan, pasir adalah sumber daya terbesar kedua di dunia setelah air. Dalam dua dekade terakhir, penggunaan pasir telah tiga kali lipat dan diperkirakan mencapai 40-50 miliar ton per tahun. Peningkatan drastis dalam penggunaan pasir dapat disebabkan oleh pertumbuhan populasi dan urbanisasi. Pasir adalah bahan baku utama untuk beton, aspal, dan kaca, yang sangat penting untuk konstruksi. Sebagai populasi tumbuh dan kebutuhan untuk perumahan dan jenis bangunan lainnya meningkat, demikian juga permintaan untuk pasir.

Perdagangan pasir adalah peluang ekonomi yang berkembang bagi negara-negara dengan ketersediaan pasir yang banyak. Jenis pasir yang cocok untuk konstruksi biasanya

diambil dari dasar sungai, danau, dan lautan. Namun, ekstraksi pasir yang tidak diatur dapat merusak lingkungan. Kurangnya aturan dan pembatasan yang jelas dapat menyebabkan kerusakan yang berlebihan pada dasar sungai dan pantai, yang pada gilirannya dapat merusak ekosistem dan menyebabkan bencana.

### **2.8.3 Rekomendasi untuk Menjaga Keberlanjutan Pasir**

Di India, penambangan pasir ilegal dan kurangnya penegakan peraturan telah meningkatkan frekuensi banjir, erosi pantai, dan kerusakan habitat hewan. Sementara itu, di Indonesia, ada kekhawatiran meningkat tentang peraturan baru yang memungkinkan ekspor pasir laut dan pengeboran yang dapat membahayakan ekosistem laut. Laporan ini mengumpulkan pendapat para ahli dari berbagai sektor untuk menghasilkan sepuluh rekomendasi untuk mengatasi krisis pasir yang akan timbul sebagai akibat dari ekstraksi pasir yang tinggi di seluruh dunia. Beberapa di antaranya adalah:

- Mengakui pasir sebagai sumber daya vital yang menyediakan layanan ekosistem penting dan mendukung pengembangan infrastruktur di kota-kota berkembang di seluruh dunia.
- Mengadopsi kebijakan strategis dan terintegrasi dan kerangka hukum secara horizontal, vertikal, dan lintas sektor sesuai dengan realitas lokal, nasional, dan regional.
- Memetakan, memantau, dan melaporkan tentang ketersediaan pasir untuk pengambilan keputusan yang transparan, ilmiah dan berbasis data.
- Promosi efisiensi dan sirkulasi sumber daya pasir dengan mengurangi penggunaan pasir, menggantikannya dengan alternatif yang layak, dan

daur ulang produk yang terbuat dari pasir jika memungkinkan. M

- Menggunakan sumber daya pasir secara bertanggung jawab, aktif dan sadar memanen pasir dengan cara yang etis, berkelanjutan, dan secara sosial sadar.
- Memulihkan ekosistem dan mengimbangi kerugian yang tersisa dengan memajukan pengetahuan, memprioritaskan hierarki, dan mempromosikan solusi berbasis alam.

## 2.9 Kapur Ddn Pasir Laut sebagai Pengganti Agregat Halus Untuk Beton



**Gambar 2. 10** Pasir laut sbagai pengganti Agregat halus

### 2.9.1 Pasir Laut sebagai Agregat Halus

Pasir adalah sejenis agregat halus yang digunakan dalam konstruksi. Tetapi kehadirannya di tempat lain relatif terbatas. Jadi tidak mengherankan bahwa bahan yang berbeda digunakan untuk menggantikan pasir. Tentu saja, mengingat atribut-atribut yang dapat melakukan peran material, Untuk menggantikan pasir, batu kapur, dan pasir laut sebagai alternatif di tempat-tempat di mana jumlah pasir relatif terbatas. Dalam hal kualitas dan keandalan, dua pilihan di atas saat ini sedang diperiksa untuk mengetahui seberapa baik mereka dalam pameran. Dalam hal kualitas beton untuk konstruksi, kita

harus memilih komponen terbaik, termasuk pasir, untuk memaksimalkan fungsi beton untuk menahan tekanan, ketahanan cuaca, dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Sebelum kita belajar tentang pengganti pasir alami untuk beton, kita akan terlebih dahulu belajar tentang beton dan kriteria konstruksi idealnya.

### **2.9.2 Standar Beton untuk Konstruksi**

Beton adalah campuran dari semen, partikel halus dan kasar, dan air. Pemilihan bahan ditentukan tergantung pada tujuan bangunan beton. Setiap bahan berakar dalam jumlah yang tepat untuk menghasilkan beton berkualitas tinggi. Kualitas beton sangat tergantung pada pilihan bahan dasar, aditif, alat yang digunakan, dan prosedur produksi. Pasir sendiri adalah salah satu komponen utama dari beton. Namun, untuk alasan apa pun, pasir alami untuk beton harus diganti dengan zat lain. Hal ini dapat terjadi karena banyak keadaan, seperti kekurangan pasir.

### **2.9.3 Pasir Laut untuk Beton**

Pembatasan pasir atau bahan lain untuk memamerkan mungkin terjadi karena kekurangan alam, yang menyebabkan harganya mahal. Untuk beberapa tempat, pasir laut dapat menjadi alternatif untuk bahan bangunan, meskipun untuk beberapa jenis beton, itu kurang berguna karena fitur kecil pasir laut. Jika Anda melihat kimia pasir, itu dikatakan sebagai pasir yang paling jelek karena mengandung garam yang menyerap air dari udara. Akibatnya, pasir ini selalu lembab, memungkinkan pengembangan konstruksi. Selain itu, dengan kondisinya, penggunaan pasir laut juga terbatas, yaitu, tidak dapat diterapkan pada beton padat karena dapat menyebabkan korosi pada baja tulang. Pemilihan pasir laut masih tersedia, tetapi harus memenuhi persyaratan tertentu untuk agensi yang dapat dipercaya. Selain itu, tingkat pasir laut dari satu wilayah ke daerah lain dapat bervariasi dengan berbagai kandungan

kimia, yang akan memiliki dampak yang signifikan pada beton yang akan dibangun. Meskipun pasir laut adalah alternatif untuk pasir dalam konstruksi, secara kualitatif diperlukan untuk melakukan penelitian lebih lanjut. Selain itu, tidak ada jaminan pasokan pasir laut yang berkelanjutan. Berdasarkan review dari *British Code 110:1972*, pasir laut yang dibutuhkan untuk sementasi maksimum memiliki kandungan garam CaCl setara dengan 1% dari total berat semen yang digunakan untuk membangun beton.



**Gambar 2. 11** Pasir Laut untuk Pembuatan Beton

#### **2.9.4 Kapur Alam untuk Beton**

Pasir laut yang dapat digunakan untuk konstruksi di beberapa daerah masih cukup mahal. Ini menyebabkan munculnya pengganti pasir alternatif baru untuk kebutuhan konstruksi, yaitu batu kapur alami. Studi ilmiah ini sangat penting untuk membandingkan kualitas konstruksi beton dengan batu kapur alami sebagai pengganti pasir.

Garam alami diperoleh dari kalsium alami dan kuning dengan partikel seperti pasir. Karena bentuk fisiknya, batu kapur alami telah lama digunakan untuk penggantian partikel halus dalam beton. Garam alami terdiri dari karbonat kalsium, dan tata letak kimia garam alami di satu tempat berbeda dari

yang lain. Bahkan ketika batu kapur meleleh di satu tempat, tata letak kimia dapat beragam.



**Gambar 2. 12** Kapur Alam – Batu Kapur

Saat ini, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memeriksa penggunaan batu kapur alami sebagai pengganti agregat halus. Proses ini tidak dapat dipisahkan dari fungsi utama pasir dalam beton, yang sangat signifikan, sehingga ketika pilihan bahan tambahan yang salah dibuat, kualitas beton tidak maksimal.

### **2.9.5 Pasir Sebagai Standar Material Beton Terbaik**

Pengganti pasir laut dan batu kapur alami belum mampu mengatasi fungsi dan kelebihan pasir secara umum. Sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan, pasir dipilih sebagai agregat halus terbaik dengan dimensi 0.0625 hingga 2 mm, menciptakan bahan dalam bentuk silinder dioksida.

Spesifikasi pasir yang wajar digunakan untuk konstruksi adalah:

- Terdiri dari elemen tajam dan halus, tidak degradasi oleh dampak cuaca;

- Tidak boleh mengandung lebih dari 5% dari total berat lumpur kering.
- Hindari memasukkan bahan organik karena mempengaruhi kekuatan beton. Pasir yang memenuhi persyaratan ini kemudian dicampur dengan semen, air, agregat mentah, dan adiktif lainnya untuk beton berkualitas terbaik dan tertinggi.

## 2.10 Mengapa pasir di laut tidak bisa digunakan sebagai bahan bangunan?



**Gambar 2.13** Pasir laut sebagai Bahan Bangunan

Setiap kali kita berjalan ke pantai dengan kaki telanjang, kita merasakan pasir laut yang halus. Pernahkah Anda bertanya-tanya mengapa pasir tidak digunakan dalam bahan bangunan? Pasir di laut sering tidak digunakan sebagai bahan bangunan utama karena kandungan garam yang tinggi. Garam dapat menyebabkan besi dalam beton untuk mengurangi kekuatan dan daya tahan konstruksi. Selain itu, komponen garam di pasir laut juga dapat mengganggu proses ikatan antara semen dan agregat, menghasilkan beton yang kurang padat. Oleh karena itu, meskipun pasir laut berlimpah, penggunaannya di bangunan membutuhkan proses tambahan

untuk mengurangi kandungan garam, membuatnya lebih murah daripada pasir sungai atau pasir tambang.

### **2.10.1 Pengenalan: Fakta Dasar Tentang Pasir Laut**

Pasir laut, dengan tekstur yang halus dan fitur brilian, adalah salah satu keindahan alam yang kita cintai. Namun, ada alasan unik mengapa pasir ini jarang digunakan dalam konstruksi. Pasir laut adalah salah satu komponen penting dari ekologi laut yang sering diabaikan. Pasir laut terbentuk melalui proses erosi batu alam, biasanya oleh gelombang laut dan angin. Fakta dasar tentang pasir laut mencakup banyak aspek, dari makeup kimia hingga tujuan ekologi. Secara kimia, pasir laut sebagian besar terdiri dari fragmen mineral kecil seperti quartz, feldspar, dan mika. Selain itu, pasir laut juga dapat mengandung organisme mikroskopis, seperti foraminifera, diatoma, dan serbuk sari ikan mati. Kehadiran pasir laut sangat penting untuk keseimbangan ekosistem laut, karena itu adalah rumah bagi berbagai spesies ikan, sumber makanan bagi hewan laut tertentu, dan bahkan memainkan peran dalam melestarikan pantai dari erosi. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih komprehensif tentang pasir laut sangat penting untuk memastikan ekosistem laut yang berkelanjutan.

### **2.10.2 Properti Unik Pasir Laut**

Pasir laut memiliki kandungan garam dan kekuatan tinggi, yang dapat merusak integritas struktur beton. Selain itu, pasir laut cenderung lebih kasar daripada pasir sungai. Pasir laut memiliki sejumlah karakteristik yang membedakannya dari bentuk pasir lainnya. Kandungan mineral, misalnya, bervariasi tergantung pada area geografis. Beberapa pasir laut dapat memiliki warna yang berbeda, mulai dari putih murni hingga coklat atau hitam, tergantung pada mineral yang dominan. Selain itu, pasir laut cenderung lebih tajam dan lebih halus dari pasir darat, karena terus-menerus diubah oleh aksi gelombang laut. Atribut unik lainnya adalah bahwa pasir laut memiliki

kemampuan untuk menyaring air laut; oleh karena itu, digunakan dalam produksi filter air. Selain itu, beberapa spesies laut juga hidup di dalamnya, seperti cacing, ikan kerang, dan bahkan banyak bentuk biota mikroskopis yang memainkan peran penting dalam rantai makanan ekosistem laut. Ini membuat pasir laut menjadi aspek penting dari lingkungan laut yang memiliki karakteristik yang berbeda yang membenarkan penelitian lebih lanjut. Struktur kristal dan ukuran terperinci: Struktur kristal pasir laut berbeda, dan ukuran cenderung lebih kecil, membuat mereka kurang cocok untuk aplikasi konstruksi.

### **2.10.3 Dampak Lingkungan Ekstraksi Pasir Laut**

Mengambil pasir dari laut memiliki dampak lingkungan yang signifikan, termasuk erosi pantai dan kerusakan pada habitat laut. Beberapa implikasi lingkungan dari praktik ini meliputi:

1. Erosion Pantai: Ekstraksi pasir laut dapat mengurangi ketersediaan pasir di pantai, yang pada gilirannya dapat meningkatkan tingkat erosi pantai. Ini memiliki potensi untuk mengancam daerah pesisir, infrastruktur, dan habitat laut yang tergantung pada pantai.
2. Kehilangan habitat: pasir laut adalah habitat penting untuk berbagai hewan laut, termasuk spesies yang tinggal di sana dan mereka yang menggunakannya sebagai tanaman telur atau tempat perlindungan. Eksploitasi pasir dapat menyebabkan penghancuran dan hilangnya habitat.
3. Polusi lingkungan: Proses ekstraksi pasir umumnya melibatkan mesin berat dan transportasi, yang dapat menyebabkan polusi udara dan air. Bahan kimia yang digunakan dalam prosedur ini juga dapat memiliki dampak pada ekosistem laut.

4. Gangguan ekosistem: penangkapan pasir laut memiliki potensi untuk merusak sistem ekologi laut yang sensitif. Spesies laut yang hidup di pasir dapat terpengaruh atau bahkan dihancurkan selama proses ekstraksi.
5. Peningkatan permukaan air tanah: ekstraksi pasir laut dapat mempengaruhi air tanah sekitarnya, mengakibatkan penurunan permukaan. Hal ini dapat memiliki dampak negatif pada lingkungan air bawah tanah dan menyebabkan air laut masuk tanah.

#### **2.10.4 Kelemahan Pasir Laut sebagai Bahan Bangunan**

- Kekuatan dan ketahanan: Kurangnya pasir laut memberikan kekuatan dan daya tahan yang dibutuhkan oleh konstruksi beton.
- Korosi dan degradasi: Karena kandungan garamnya, beton dapat menggoreng lebih cepat.

Pasir laut memiliki banyak kelemahan sebagai bahan bangunan untuk dipertimbangkan:

1. **kualitas dan kandungan garam:** pasir laut mengandung garam laut yang dapat merusak konstruksi bangunan dan bahan bangunan seperti besi. Kandungan garam ini dapat menyebabkan korosi dan memperpendek umur bangunan.
2. **Habitat lingkungan:** Ekstraksi pasir laut untuk konstruksi dapat mempengaruhi ekosistem laut, termasuk gangguan pada hewan laut yang hidup di dalamnya dan hilangnya habitat vital.
3. **Dampak Pantai:** Mengambil pasir laut lepas pantai dapat memperburuk erosi pantai, yang memiliki dampak negatif pada daerah pesisir, terutama selama badai atau kenaikan permukaan laut.

4. **Penggunaan Sumber Daya Alam:** Penggunaan pasir laut sebagai bahan bangunan dapat menyebabkan degradasi dan penurunan cadangan pasir laut, yang dapat membahayakan keberlanjutan lingkungan laut.
5. **Pencemaran Lingkungan:** Proses transportasi dan pengolahan pasir laut dapat menyebabkan kontaminasi lingkungan, termasuk air dan polusi udara.

Untuk mengatasi kelemahan ini, mungkin perlu untuk mengeksplorasi alternatif untuk bahan bangunan yang lebih ramah lingkungan, seperti pasir sungai atau bahan yang dapat didaur ulang. Selain itu, manajemen ekstraksi pasir laut harus dikelola secara ketat dan berkelanjutan untuk mengurangi dampak negatif pada ekologi dan daerah pesisir.

#### 2.10.5 Pasir Sungai vs Pasir Laut: Perbandingan

Pasir sungai, dengan bentuk dan komposisi partikelnya, sering dianggap lebih unggul dari pasir laut untuk kebutuhan konstruksi.

Berikut adalah perbandingan antara pasir sungai dan pasir laut:

- a) Sumber dan lokasi :
  - Sungai pasir: pasir sungai terjadi di dasar sungai dan sungai kecil. Mereka diproduksi dari erosi alami dan pencairan batuan di sungai.
  - pasir laut: pasir laut yang ditemukan di pantai dan dasar laut. Ini terbentuk oleh erosi gelombang pantai dan laut, yang menghancurkan batu dan kerangka hewan laut.
- b) Kandungan garam:
  - pasir sungai biasanya bebas dari garam laut dan mineral, sehingga lebih cocok untuk kebutuhan konstruksi.

- Pasir laut mengandung garam laut, yang dapat merusak bahan bangunan dan menyebabkan korosi.
- c) Warna dan konsistensi:
- pasir hujan cenderung memiliki warna yang lebih ringan, seperti coklat atau kuning, dan tekstur yang lebih keras.
  - Warna pasir laut dapat bervariasi, termasuk putih, hitam, atau merah. Mereka memiliki tekstur yang lebih halus karena paparan gelombang laut.
- d) Penggunaan utama:
- Pasir laut lebih sering digunakan pada proyek Pantai, seperti tanaman Pantai yang mempunyai kandungan garam.
  - pasir sungai banyak digunakan dalam industri konstruksi untuk membuat beton, plester, dan bahan bangunan, seperti kaca dan semikonduktor.
- e) Dampak Lingkungan:
- ekstraksi pasir sungai: ekstrak pasir Sungai dapat mengganggu aliran sungai, menyebabkan erosi tepi sungai dan merusak habitat sungai.
  - Pengambilan pasir laut memiliki potensi untuk merusak ekosistem laut, mengganggu habitat pesisir, dan menyebabkan erosi pesisir.
- f) Kontinuitas pasir sungai:
- manajemen ekstrak pasir Sungai harus dipantau secara ketat untuk melindungi keberlanjutan aliran sungai.

- Pengumpulan pasir laut yang berkelanjutan juga sangat penting untuk melindungi habitat ekosistem laut dan pesisir.
- Ketika memilih antara pasir sungai dan pasir laut untuk konstruksi atau penggunaan lainnya, penting untuk mempertimbangkan sumber daya lokal, dampak lingkungan, dan kebutuhan teknis proyek.

### **2.10.6 Alternatif Bahan Bangunan**

Ada beberapa alternatif yang berbeda yang dapat digunakan sebagai pengganti pasir, seperti pasir buatan atau batu pecah. Bahan bangunan alternatif menjadi semakin penting di dunia saat ini karena kesadaran tentang keberlanjutan dan efisiensi sumber daya meningkat. Di sektor konstruksi, bahan bangunan alternatif telah menjadi fokus utama untuk mengurangi jejak lingkungan dan menghemat sumber daya alam. Contoh bahan alternatif termasuk bambu yang kuat dan tahan lama sebagai pengganti kayu, beton hijau ramah lingkungan menggantikan beton berbasis semen konvensional, dan isolasi daur ulang seperti kertas yang dapat didaur ulang atau busa berbasis tanaman alami sebagai teroris dari bahan isolasi berbasis serat tradisional. Pilihan bahan bangunan alternatif ini tidak hanya membantu melestarikan lingkungan, tetapi juga menghasilkan bangunan yang lebih hemat energi dan hemat biaya.

### **2.10.7 Proses Pembersihan dan Modifikasi Pasir Laut**

Terlepas dari tantangan, pasir laut dapat diobati dengan proses mencuci untuk menurunkan kandungan garamnya. Proses pembersihan dan perubahan pasir laut adalah tahap penting dalam penggunaannya dalam berbagai aplikasi konstruksi. Pertama, pasir laut perlu dibersihkan dari kotoran, garam, dan organisme laut yang dapat mempengaruhi kualitasnya. Teknik ini terdiri dari mencuci pasir laut dengan

air tawar dan menyaringnya untuk menghilangkan unsur-unsur yang tidak diinginkan. Setelah itu, pasir dapat diubah sesuai kebutuhan.

Modifikasi termasuk pengeringan untuk meminimalkan kandungan air, memungkinkan produksi partikel ukuran homogen, dan pemrosesan kimia jika diperlukan untuk memenuhi standar tertentu. Pasir laut yang dibersihkan dan dimodifikasi dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti campuran beton, pasir untuk bangunan pantai, atau bahan dasar untuk proyek konstruksi lainnya. Dalam setiap langkah, mempertahankan kualitas dan kebersihan pasir laut sangat penting untuk hasil maksimal.

#### **2.10.8 Dampak Ekonomi Menggunakan Pasir Laut**

Menggunakan pasir laut dapat meningkatkan biaya konstruksi karena membutuhkan perawatan khusus. Penggunaan pasir laut memiliki dampak ekonomi yang signifikan di banyak wilayah. Pertama, pasir laut digunakan dalam industri konstruksi sebagai bahan utama untuk pembuatan beton, batu bata, dan bahan bangunan lainnya. Ini merangsang pertumbuhan sektor konstruksi, menciptakan pekerjaan, dan mendorong investasi infrastruktur. Selain itu, sektor per-tambangan pasir laut menciptakan peluang kerja lokal.

Namun, penggunaan pasir laut yang tidak terbatas juga dapat memiliki efek berbahaya. Pertambangan berlebihan dapat merusak ekosistem laut, mengganggu habitat laut, dan merusak keberlanjutan lingkungan laut. Akibatnya, perlu untuk mengatur dan mengelola pertambangan pasir laut dengan bijak untuk mempertahankan keseimbangan antara ganjaran ekonomi dan konservasi lingkungan.

### **2.10.9 Kasus Nyata: Negara-negara yang Melarang Penggunaan Pasir Laut**

Banyak negara, seperti Singapura dan Malaysia, telah memberlakukan larangan atau pembatasan pada penggunaan pasir laut dalam konstruksi. Beberapa negara telah mengambil langkah-langkah untuk melarang atau membatasi penggunaan pasir laut karena kekhawatiran lingkungan utama. Singapura adalah salah satu contoh pemerintah yang melarang ekspor pasir laut pada tahun 1997 karena kekhawatiran tentang kerusakan pada ekosistem laut di negara-negara eksportir pasir.

Di Amerika Serikat, beberapa negara bagian, seperti California, tunduk pada kontrol ketat pada pertambangan pasir laut untuk melindungi ekosistem pantai dan laut. Selain itu, negara-negara UE telah membahas larangan ekspor pasir laut yang tidak terkendali, dan Komisi Eropa telah menghasilkan pedoman tentang praktik terbaik dalam pasir pertambangan laut. Mengambil tindakan untuk membatasi atau melarang penggunaan pasir laut adalah upaya untuk melestarikan ekosistem laut dan habitat satwa liar, serta lingkungan pesisir dan laut. Ini menunjukkan kesadaran global tentang kebutuhan untuk mempertahankan sumber daya alam yang terbatas dan memastikan keberlanjutan lingkungan laut.

#### **2.10.10 Pelajaran yang dapat Diambil**

Dari sudut pandang lingkungan, ekonomi, dan teknologi, ada beberapa alasan mengapa pasir laut tidak boleh digunakan sebagai bahan bangunan. Dari situasi negara-negara yang membatasi atau membatasi penggunaan pasir laut, ada beberapa pelajaran yang harus dipelajari.

- Pertama, konservasi lingkungan harus menjadi prioritas dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan penggunaan sumber daya alam, terutama pasir laut. Dampak negatif pada ekosistem laut, erosi pantai, dan lingkungan laut harus dievaluasi dengan hati-hati.

- Kedua, peraturan dan pengawasan yang ketat diperlukan untuk mengelola pertambangan dasar laut dan memastikan praktik yang berkelanjutan.
- Ketiga, ada kebutuhan untuk kolaborasi internasional dalam konservasi sumber daya alam transnasional seperti pasir laut, yang dapat melibatkan negara-negara yang mengekspor dan mengimpor pasir laut dan organisasi internasional.

Akhirnya, kesadaran masyarakat tentang kebutuhan konservasi lingkungan dan dampak penggunaan sumber daya alam harus ditingkatkan. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang masalah ini, seseorang dapat mendukung tindakan untuk melindungi keberlanjutan sumber daya alam, terutama pasir laut, untuk generasi mendatang.

1. Mengapa pasir laut memiliki kandungan garam yang tinggi? Kerana ia sentiasa terdedah kepada air laut yang mengandungi garam.
2. Apakah ada metode untuk membuat pasir laut menjadi bahan bangunan yang dapat diterima? Ya, melalui proses mencuci dan perubahan kecil.
3. Mengapa pasir sungai lebih unggul dari pasir laut? Sungai pasir memiliki fitur konstruksi yang lebih ideal, seperti detail, ukuran, dan bentuk.
4. Apakah ada jawaban lain untuk krisis pasir global? Ya, seperti menggunakan pasir buatan atau daur ulang.

### **2.10.11Kesimpulan**

Pasir laut, bagaimanapun indah dan melimpah, bukan pilihan yang ideal untuk konstruksi. Efek teknis dan lingkungan membuat kita berpikir dua kali sebelum menggunakannya. Sebagai kesimpulan, penambangan pasir laut adalah kegiatan yang memiliki dampak substansial pada ekosistem. Untuk

memastikan keberlanjutan ekosistem laut dan melindungi daerah pesisir, sangat penting untuk menerapkan pembatasan yang ketat, prosedur ekstraksi yang berkelanjutan, dan inisiatif yang tepat untuk menggantikan pasir laut. Pendekatan ini memungkinkan kita untuk membatasi dampak negatif ekstraksi pasir laut sambil mempertahankan keanekaragaman hayati dan keberlanjutan laut.

# Bab 3

## British Code 110-1972 Pasir Laut Untuk Pembetonan

### 3.1 Pertimbangan, metode, dan Dampak material laut untuk pembetonan

British Code CP 110-1972 memberikan batasan maksimal kandungan garam NaCl (Natrium Chloride) dari agregat laut sebesar 1% dari berat semen yang digunakan untuk pembuatan beton. Bahkan, untuk penggunaan semen alumina atau beton prategang, batas kandungan garam ini hanya 0,1%.

Namun, perlu dicatat bahwa penggunaan pasir laut sebagai agregat halus untuk beton memiliki beberapa pertimbangan:

1. Ketersediaan:

Pasir laut mungkin tidak selalu tersedia secara berkelanjutan.

2. Kandungan garam:

Pasir laut termasuk garam, terutama CaCl (calcium chloride). Kandungan garam maksimum adalah 1% dari total berat semen yang digunakan untuk membangun beton.

Meskipun pasir laut memiliki individualitas sendiri dan potensi sebagai agregat halus, sangat penting untuk memperhatikan pertimbangan di atas sebelum memutuskan untuk menggunakannya dalam konstruksi beton. Pasir laut memiliki konsentrasi garam yang signifikan, yang dapat mempengaruhi stabilitas struktur beton. Jika Anda ingin menggunakan pasir laut sebagai komponen dalam beton, berikut adalah beberapa opsi untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi kandungan garamnya.

Untuk mengurangi kandungan garam dalam pasir laut, berikut beberapa langkah yang dapat diambil:

1. Pencucian:

Pasir laut dapat dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan sebagian garam yang melekat. Proses pencucian ini dapat dilakukan dengan mengguyur pasir laut dengan air hingga garam terlarut terbuang.

2. Pengeringan:

Setelah dicuci, pastikan pasir laut dikeringkan dengan baik. Pengeringan yang efisien akan membantu mengurangi kandungan garam karena garam lebih mudah larut dalam air daripada dalam pasir kering.

3. Pemisahan:

Jika memungkinkan, pisahkan pasir laut yang mengandung garam lebih tinggi dengan pasir laut yang lebih bersih. Ini dapat dilakukan dengan metode saringan atau pemisahan manual.

4. Penggunaan Alternatif:

Pertimbangkan penggunaan pasir sungai atau pasir buatan sebagai alternatif. Pasir sungai biasanya memiliki kandungan garam yang lebih rendah daripada pasir laut.

5. Stabilisasi Butiran Pasir Laut:

Proses ini bertujuan untuk mengurangi kandungan garam dan meningkatkan kualitas pasir laut. Stabilisasi dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tambahan tertentu yang mengikat garam dan mengurangi reaktivitasnya dalam beton.

Mengurangi kandungan garam dalam pasir laut memerlukan perhatian dan usaha. Pastikan untuk memilih metode yang sesuai dengan kebutuhan konstruksi dan memastikan kualitas beton yang dihasilkan tetap optimal.

Berikut beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan garam dari pasir laut:

#### 1. Kristalisasi:

Metode ini memisahkan garam dari air laut dengan memanfaatkan perbedaan titik didih. Terdapat dua cara kristalisasi:

- Kristalisasi Penguapan:

Digunakan jika zat yang akan dipisahkan tahan terhadap panas dan titik bekunya lebih tinggi daripada titik didih pelarut. Dalam hal ini, garam dapat dipisahkan dari air laut dengan menguapkan air hingga hanya garam yang tersisa.

- Kristalisasi Pendinginan:

Dilakukan dengan mendinginkan larutan. Ketika suhu larutan turun, komponen zat yang memiliki titik beku lebih tinggi akan membeku terlebih dahulu, sementara zat lain masih larut. Melalui penyaringan, garam dapat dipisahkan dari air.

#### 2. Desalinasi:

Teknologi desalinasi mengurangi kadar garam pada air laut. Dengan menerapkannya, masyarakat pesisir dan

industri dapat lebih mudah memperoleh air tawar untuk kebutuhan sehari-hari<sup>2</sup>.

### 3. Merendam Pasir di Bak Khusus:

Pasir laut dapat direndam pada bak khusus untuk mengurangi kadar garam. Proses perendaman ini memerlukan ketelatenan dan perhatian agar habitat air tawar dapat lebih mudah beradaptasi<sup>3</sup>.

Pemilihan metode harus disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi spesifik.

Penggunaan pasir laut yang belum terbebas dari garam dalam beton dapat memiliki beberapa dampak yang perlu diperhatikan:

#### 1. Korosi Baja:

Kandungan garam dalam pasir laut dapat mempercepat korosi pada baja yang terkandung dalam beton. Korosi baja dapat merusak struktur beton dan mengurangi daya tahannya terhadap beban dan lingkungan.

#### 2. Kekuatan Mekanis:

Garam dapat mempengaruhi kekuatan mekanis beton. Kandungan garam yang tinggi dapat mengurangi kekuatan tekan, tarik, dan lentur beton. Ini berdampak pada ketahanan beton terhadap beban dan gaya eksternal.

#### 3. Kekuatan Lapisan Pelindung:

Beton yang mengandung pasir laut dengan garam dapat memiliki lapisan pelindung yang lebih lemah. Lapisan ini biasanya melindungi baja dari korosi dan kerusakan. Jika lapisan ini terpengaruh, beton menjadi lebih rentan terhadap kerusakan.

#### 4. Perubahan Dimensi:

Kandungan garam dapat mempengaruhi perubahan dimensi beton selama proses pengeringan dan pemanasan. Ini dapat menyebabkan retak atau deformasi pada struktur beton.

#### 5. Durabilitas:

Beton yang mengandung pasir laut dengan garam mungkin memiliki durabilitas yang lebih rendah. Durabilitas adalah kemampuan beton untuk bertahan dalam jangka panjang terhadap kondisi lingkungan, termasuk paparan garam.

Untuk mengurangi dampak ini, pastikan untuk memilih pasir laut yang telah melalui proses pencucian dan pengeringan untuk mengurangi kandungan garamnya. Selain itu, pertimbangkan alternatif agregat halus seperti pasir sungai atau pasir buatan jika memungkinkan

Berikut beberapa alternatif pengganti pasir laut yang dapat digunakan dalam pembuatan beton:

##### 1. Kapur Alam:

Kapur alam dapat menjadi alternatif pengganti pasir. Meskipun ketersediaannya terbatas, kapur memiliki karakteristik yang memungkinkannya digunakan sebagai agregat halus dalam beton. Kualitas dan kelayakan penggunaan kapur masih terus diteliti untuk memastikan kompetensinya dalam pembetonan.

##### 2. Limbah Batu Bara:

Studi terbaru menunjukkan bahwa grafen yang berasal dari kokas metalurgi, produk berbasis batu bara, dapat berfungsi sebagai pengganti pasir dalam beton. Grafen ini tidak hanya berperan sebagai aditif penguat dalam semen, tetapi juga menggantikan sebagian pasir dalam campuran beton.

### 3. Limbah Plastik:

Penelitian di University of Bath, India, menunjukkan bahwa limbah plastik dapat menjadi alternatif pengganti sebagian pasir dalam beton. Penggunaan limbah plastik ini membantu mengurangi dampak lingkungan dan memanfaatkan material yang sebelumnya dianggap sebagai sampah.

### 4. Pasir Pantai:

Pasir pantai juga dapat digunakan sebagai alternatif agregat halus dalam beton. Beberapa penelitian telah mengkaji karakteristik beton dengan campuran pasir pantai. Namun, perlu memastikan bahwa pasir pantai memenuhi persyaratan kualitas dan keberlanjutannya.

Pemilihan alternatif pengganti pasir harus mempertimbangkan kualitas, ketersediaan, dan dampak lingkungan. Semoga informasi ini membantu dalam memilih bahan yang sesuai untuk konstruksi beton!

## **3.2 Properties and Application of Concrete Made with Sea Water and Un-washed Sea Sand**

### **A. Introduction**

The document describes the development of "concrete made with unwashed seawater and seasand." A combination of seawash, unwashed seasands, normal portland cement (OPC), ground-granulated blast-furnace slag (GGBS), mud ash (FA), silica smoke (SF), and special chemical combinations comprising calcium nitrate (CN) were chosen to narrow the concrete. This concrete was then named "sea water and unwashed sea sand concrete." Although the initial strength of concrete containing seawater as a mixture was to be slightly higher in some previous studies, the properties of the concrete made using unwashed sea water and sand and containing large amounts of chloride ions

and other ions derived from sea water have not been fully explained.

To prevent concrete damage from reinforcing steel corrosion, existing domestic rules prescribe the maximum chloride ion content of concrete at the time of placement. Also, the use of unclean sea water and sand for reinforced concrete constructions is forbidden, save for basic concrete without additional repairs. However, non-corroding amplifiers have been created in recent years, including epoxy-coated steel bars, stainless steel bars, and carbon fiber bars. It has been proven to ensure the strength of the concrete is strengthened even in the presence of large concentrations of chloride ions.

This technique not only improves concrete performance but also shortens material transportation processes, reduces costs, and reduces CO<sub>2</sub> emissions from construction work through the effective use of sea water and sea sand when producing concrete in areas where freshwater and land sand are not easily available, such as remote islands and coastal areas. This document reports on the physical properties of concrete made with unwashed sea water and sand, the evaluation of corrosion and damage to reinforcers, the results of experimental calculations for CO<sub>2</sub> emissions and construction costs in projects using this concrete on remote islands, and the methods of its application to reinforced concrete structures.

## **B. Materials and Methods of Evaluation Tests**

### **Materials and Mixture Proportions.**

Table 3.1 outlines the concrete materials utilized in the testing. Tap water or sea water was used for mixing. OPC, GGBS, FA, and SF were employed as binders. A unique chemical additive containing calcium nitrate as a primary component (CN) was also utilized to boost the strength and denseness of concrete. Table 3.2 shows the mortar mixture proportions. The water-binder ratio (W/B) and fine aggregate-

binder ratio (S/C) were 0.5 and 3.0, respectively, for mixes produced with (a) tap water, (b) sea water, and (c) sea water + CN. The compositions of binders described in Table 3.3 were investigated for each of the three water types. The dosage of CN was counted as part of the unit water content. Note that, for mortar testing, the total chloride ion concentration of mortar was 4.6 kg/m<sup>3</sup> when utilizing land sand as fine aggregate and sea water as mixing water.

**Table 3.1. Materials of Concrete**

Material.	Description	Code	Specification
Water (W)	Tap Water	WT	from Bureau of Waterworks Tokyo
	Sea Water	WS	from Suruga Bay in Shizuoka, Cl <sup>-</sup> Concentration : 1.83%
Binder (B)	Ordinary Portland Cement	OPC	Density : 3.16g/cm <sup>3</sup>
	Ground-Granulated Blast-Furnace Slug	GGBS	Density : 2.89g/cm <sup>3</sup>
	Fly Ash	FA	Density : 2.17g/cm <sup>3</sup>
	Silica Fume	SF	Density : 2.20g/cm <sup>3</sup>
Fine Aggregate	Land Sand	S	Density : 2.62g/cm <sup>3</sup>
Coarse Aggregate	Crushed Stone	G	Density : 2.65g/cm <sup>3</sup>
Admixture	Water Reducer	AE	Density : 1.05g/cm <sup>3</sup>
	Special Admixture	CN	Containing Calcium Nitrate, Density : 1.29g/cm <sup>3</sup>

**Table 3.2 Mixture Proportions of Mortal**

Case	W/B	S/B	Unit Content (kg/m <sup>3</sup> )				
			W		B	S	CN
			WT	WS			
(a)	0.5	3.0	255	0	510	1518	0
(b)			0	255	510	1518	0
(c)			0	242	510	1518	17

**Tabel 3.3** Compositions of Binders

Case	Blended Content (%)			
	OPC	GGBS	FA	SF
B30	70.0	30.0	0	0
B50	50.0	50.0	0	0
B70	30.0	70.0	0	0
F20	80.0	0	20.0	0
B50SF15	42.5	42.5	0	15.0
F20SF15	68.0	0	17.0	15.0

Tabel 3.4 shows the proportion of concrete mixture and the test results of fresh concrete. The bonding composition is 50% OPC and 50% GGBS, and the water bonding ratio is 50% for all mixtures. Tests were conducted using four cases of mixture materials: (a) waterfall, (b) seawater, (c) Seawater + CN, and (d) Sea water + CN + SF. Assuming that the NaCl content of the unwashed sea sand is 0.3%, naCl was injected to obtain the same chloride ion content (1.5 kg/m<sup>3</sup>). For this test, the total concrete chloride ion content was 4.7kg/m<sup>3</sup>.

**Table 3.4** Mixture Proportions and Properties of Concrete

	W/B (%)	s/a (%)	Unit Content (kg/m <sup>3</sup> )								Properties of Fresh Concrete		
			W		B			S	G	AE	CN	Slump (cm)	Air Content (%)
			WT	WS	OPC	GGBS	SF						
(a) Tap Water	50.0	45.0	170	0	170	170	0	794	985	0.85	0	16.5	4.7
(b) Sea Water		45.0	0	170	170	170	0	794	985	0.85	0	15.0	3.8
(c) Sea Water +AN		45.0	0	157	170	170	0	794	985	0.85	17	14.0	4.0
(d) Sea Water +SF+AN		47.5	0	157	152	152	34	782	985	0.85	17	17.5	3.3

**Table 3.5. Test Items and Methods**

Test item	Method	Mortar	Concrete
Compressive Strength	JIS A 1108	○	○
Water Permeability	Water Permeability (Input Method)		○
Hydration Products Analysis	Scanning Electron Microscopy (SEM)	○	
	X-Ray Diffraction (XRD)	○	
Resistance for Freezing and Thawing	JIS A 1148		○
Time of Setting	JIS A 6204		○
Length Change Due to Drying Shrinkage	JIS A 1129-1 (Method with Comparator)		○
Corrosion of Reinforcement	JCI SC2 (Autoclaving Method)		○

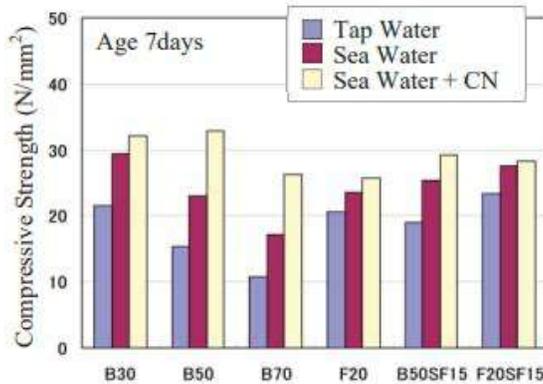
Test methods and methods. Table 3.5 covers test items and methodologies. Compression tests are done at ages 7, 28, and 91 days. Water permeability tests for concrete are carried out on cylinders 100 mm in diameter and 200 mm in length. The permeability coefficient was measured from the depth of the permeation using the input technique (water pressure: 1,0 MPa, 48 hours) using standard-cured samples up to the age of 28 days. Hydration products were investigated with electronic microscopic scanning (SEM) and X-ray diffraction (XRD).

The degree of corrosion and repair damage was assessed after repeated testing of 33 cycles shown in JCI SC2 between autoclaving at 180 °C under 10 atm for 8 hours and normal pressure and temperature, which corresponds to 100 years in a marine environment.

### **C. Properties of Sea Water and Unwashed Sea Sand Concrete**

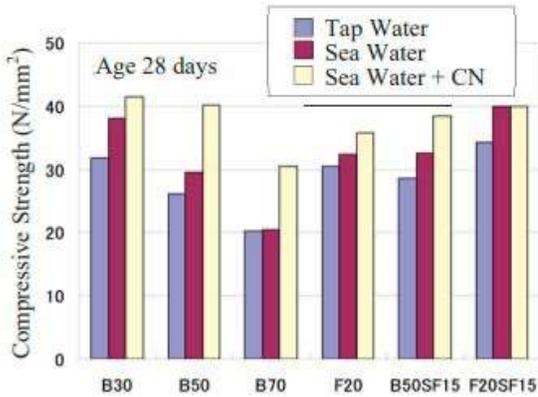
Compressor power Figures 3.1, 3.2, and 3.3 depict the compression strength of the mortar at 7, 28, and 91 days, respectively. When GGBS is used in a replacement ratio of 30% to 70%, the compression strength with seawater is 30% to 60% higher after 7 days and 3% to 20% higher at 28 days than with

expired water. At 91 days, the strength of seawater is approximately 15% higher when the replacement rate is 30%, but there is no significant increase in strength since seawater can be seen when its replacement ratios approach 50%.

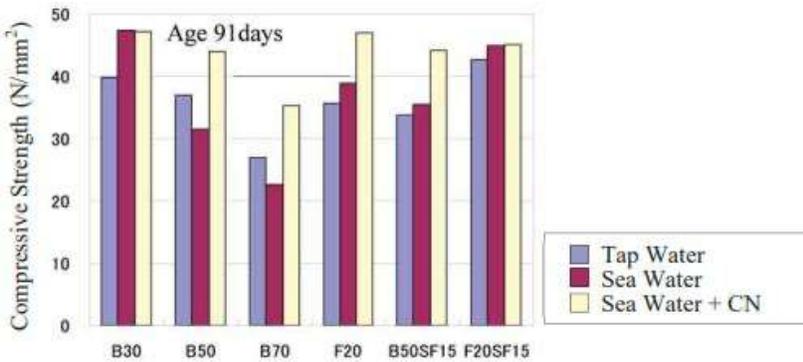


**Gambar 3.1. Compressive Strength of Mortar (Age 7 days)**

When the FA is used (replacement ratio: 20%), the compression strength with seawater is 14%, 6%, and 6% greater than with well water on 7, 28, and 91 days, respectively. When the SF is used (15%), the combination with GGBS and FA causes 37% and 18% larger compressive strengths, respectively, with sea water rather than well water at 7 days. In 28 days, the strength increases due to sewage are 14% and 17% in combinations with GGBS and FA, respectively. In 91 days, the strength increase due to sea water was 3%, and it was about 2% with GGS and FA each. In the presence of either GGBs or FA, the use of sea water as a mixing medium increases the strength up to 28 days, but the increase is not significant at 91 days.

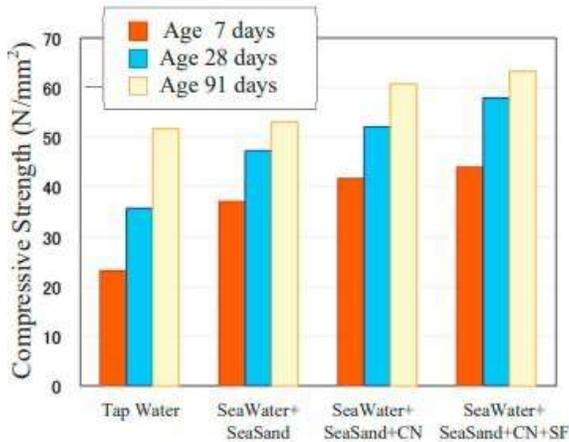


**Gambar 3.2 Compressive Strength of Mortar (Age 28 days)**



**Gambar 3.3 Compressive Strength of Mortar (Age 91 days)**

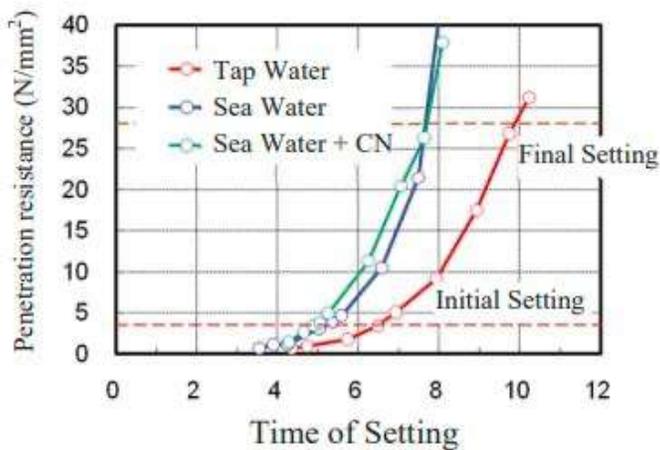
The compressive strength of cement combined with sea water and containing CN was then studied. In the presence of GGBS, the strength with sea water at 7, 28, and 91 days was roughly 1.5 to 2.5 times, 1.5 times, and 1.2 times, respectively, the strength with tap water. In the presence of FA, the strength with sea water at 28 and 91 days was approximately 20% and 30%, respectively, higher than with tap water. When SF is additionally employed, the strength with GGBS and FA was roughly 30% and 20%, respectively, higher with sea water than with tap water, both at 28 and 91 days.



**Gambar 3.4 Compressive Strength of Concrete**

Accordingly, when GGBS and FA are used as binders, the use of sea water and the addition of CN and SF are found to greatly improve the early strength (7 days) and marginally increase the long-term strength (91 days) in all circumstances. This is apparently because the addition of CN to concrete containing sea water increases the OH- concentration in the pore solution, magnifying the alkali stimulus to GGBS and FA, hence accelerating hydration.

Figure 3.4 demonstrates changes in the compressive strength of concrete in which 50% of the binder is replaced with GGBS. At 7 days, the compressive strength of seawater is approximately 60% higher than that of tap water. When CN and SF are added, the strength is approximately 70% higher. At 28 days, the strength of seawater is approximately 30% higher than that of tap water. When CN and SF are added, the strength improvement is around 60%. At 91 days, the strength of sea water is not particularly high, but the addition of CN and SF leads to a rise of approximately 20% when compared with the strength of tap water.



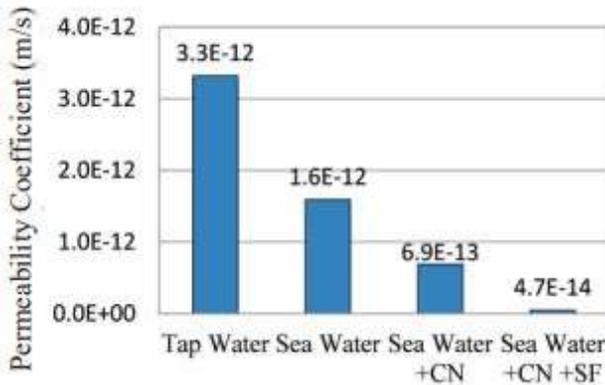
**Gambar 3.5 Time of Setting by Penetration Resistance**

It has previously been recognized that the incorporation of chlorides in OPC concrete boosts early strength, but long-term strength advantages are modest. Similar patterns were confirmed in the present tests as well. However, the use of sea water, unwashed sea sand, GGBS, FA, SF, and CN in combination was found to accelerate hydration of GGBS and pozzolans, enhancing not only early strength but also long-term strength.

**Setting Times.** Figure 3.5 illustrates the results of concrete setting experiments. The beginning and ultimate setting times of concrete mixed with seawater were 1 hour, 30 minutes, and 2 hours, 15 minutes, respectively, shorter than those with tap water. Furthermore, the use of CN did little to alter the setting timeframes.

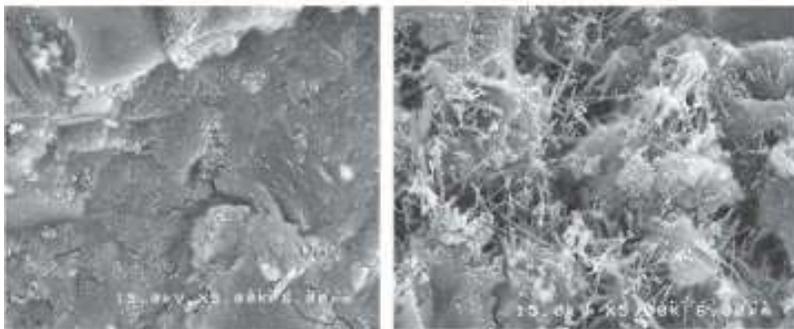
**Watertightness.** Figure 3.6 illustrates the permeability coefficient of concrete prepared with 50% OPC and 50% GGBS as binder. Whereas the permeability coefficient of concrete mixed using tap water is  $3.3 \times 10^{-12}$  m/sec, those of concrete mixed using saltwater, such as concrete containing AN, and such concrete having both AN and SF are roughly 1/2, 1/4, and 1/70, respectively. Thus, the use of saltwater, AN, and SF in

combination has been proven to greatly improve the watertightness of concrete.



**Gambar 3.6 Permeability Coefficient of Concrete**

Photo 1 shows SEM images of mortars comparing the microstructures of concrete mixed with tap water and concrete prepared with sea water as mixing water, CN, and SF. Many needle crystals of ettringite are generated in the pores of concrete mixed with sea water. It is believed that the crystals filling vast spaces densify the microstructure.



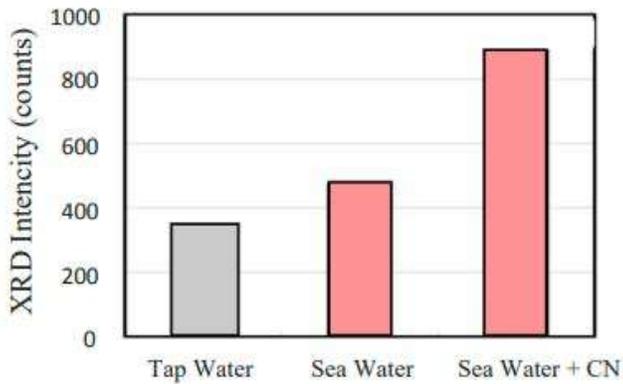
**(a) Tap Water**

**(b) Sea Water + CN + SF**

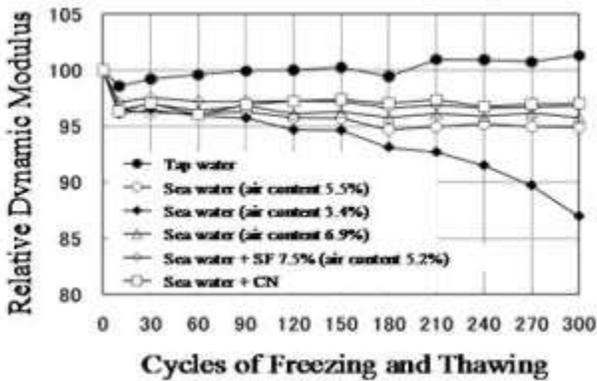
**Gambar 3.7 SEM Images of Mortars**

Figure 3.7 illustrates the XRD intensity of ettringite in concrete prepared using 50% OPC and 50% GGBS as the binder.

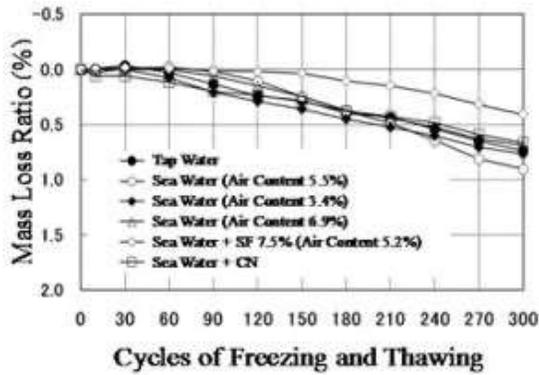
Similarly to the observation results of SEM, the ettringite development in concrete using sea water is roughly 30% greater than in concrete using tap water. The increase in ettringite formation is reported to be roughly 120% with seawater and CN. While ettringite is also created in regular concrete, the increased ettringite formation in concrete containing sea water and CN can be due to a chemical reaction between sulfate ions prevalent in sea water and components of the binder comprising calcium and aluminum.



Gambar 3.8 XRD Intensity of Ettringite in Concrete

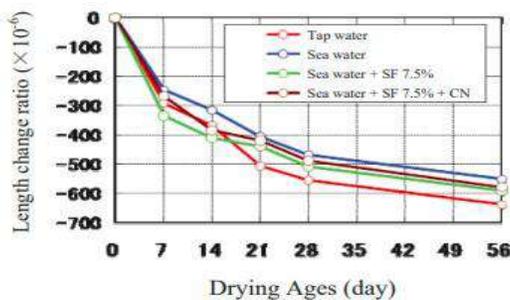


Gambar 3.9 Changes in Relative Dynamic



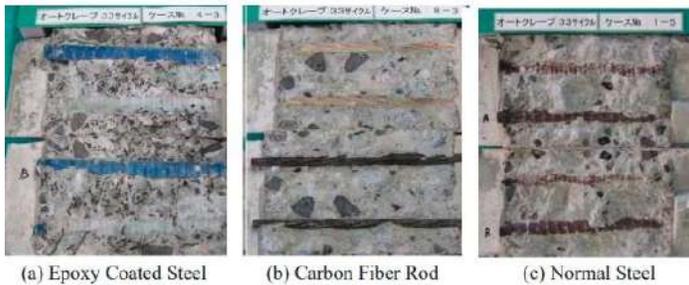
**Gambar 3.10** Changes in Mass Loss Ratio

Resistance to Freezing and Thawing Action. Figures 3.8 and 3.9 show changes in the relative dynamic modulus and mass loss ratio, respectively, through freezing and thawing cycles. The total chloride ion level in these experiments was 3.1 kg/m<sup>3</sup>, which was derived from sea water. Specimens with an air content of > 3.1 kg/m<sup>3</sup> attain a relative dynamic modulus of not less than 85% and minimal mass loss after 300 cycles, regardless of mixture proportions, exhibiting no deterioration due to cyclic freezing and thawing. It is consequently assumed that, similarly to normal concrete, resistance to freezing and thawing action can be ensured by fixing the air content at 3.5% for concrete, including sea water as mixing water.



**Gambar 3.11.** Length Change Ratio Due to Drying Shrinkage

Drying Shrinkage. Figure 3.10 shows the length change ratio due to drying shrinkage. The total chloride ion concentration of concrete in these experiments was 3.1 kg/m<sup>3</sup>, which was derived from sea water. The autogenous shrinkage strain of concrete combined with sea water tends to be slightly bigger than that of concrete with tap water. However, the drying shrinkage strain was slightly smaller than that of concrete with tap water by a margin of 500<sup>TM</sup> 10-6 to 700<sup>TM</sup> 10-6 in all cases.



**Gambar 3.12. Result of Corrosion Test by Autoclaving Method**

The deterioration and erosion of reinforcement. Photo 2 illustrates the deteriorating state of epoxy-coated steel reinforcement, carbon fiber rods, and regular steel reinforcement after cyclic acceleration testing between autoclave conditions and ordinary pressure and temperature. At the end of 33 cycles equating to 100 years in a maritime environment, the surfaces of conventional steel bars were fully corroded, but no corrosion or deterioration was seen on epoxy-coated steel bars or carbon fiber rods.

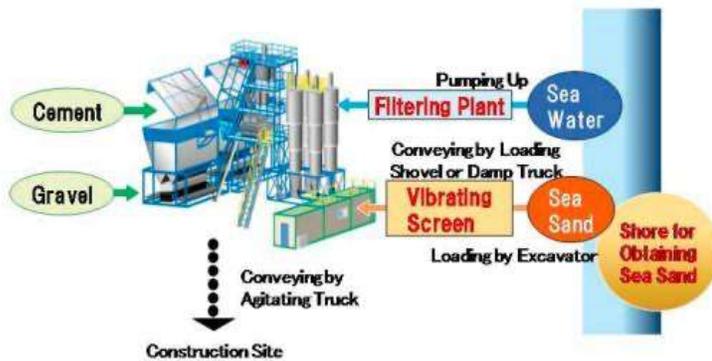
#### **D. Application of Sea Water and Unwashed Sea Sand Concrete to Structures**

Method of Production. Sea water and unclean sea sand concrete can be made in a way similar to conventional concrete by establishing a concrete plant near the sea, as shown in Fig. 3.11. Sea water to be utilized as mixing water should be pumped

up from the sea and filtered to remove foreign particles. Sea sand should be taken from the sea bottom or coast and utilized as it is without being cleaned with water to eliminate salt. Supplementary cementitious materials and chemical admixtures should be added to the mixer of the plant at the time of mixing to make sea water and unwashed sea sand concrete. The produced concrete can be transported using regular agitating trucks and mobile pumps. When employing seawater and unwashed sea sand concrete for reinforced concrete structures, corrosion-resistant reinforcing should be employed. These include epoxy-coated steel bars, carbon fiber rods, stainless-steel bars, and galvanized steel bars. Also, metal elements to be embedded in concrete, such as separators and embedded metal fittings, should preferably be coated with a corrosion-resistant substance or composed of ceramic, etc.

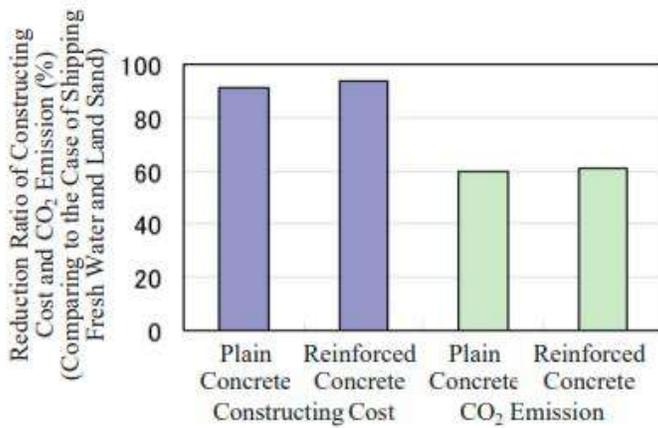
Costs and CO<sub>2</sub> emissions are analyzed. The construction cost and CO<sub>2</sub> emissions when using sea water and unwashed sea sand concrete were estimated based on a model case of retaining wall construction (amount of concrete: 1,000 m<sup>3</sup>, design service life: 100 years) in a marine environment on an isolated island 100 km off the coast of the mainland, where pure water and land sand are scarcely available. The values of individual CO<sub>2</sub> emissions were adopted from JSCE's guidelines for verification of the environmental performance of concrete structures (draft). Figure 3.12 compares Plan A, in which concrete is manufactured using fresh water and land sand brought on a transport boat from the mainland, with Plan B, in which concrete is produced using sea water and sea sand available on the island. Although a specific volume of pure water, including in plan B, is to be carried in order to wash the inside of a plant, this is taken into consideration in the case of cost and CO<sub>2</sub> emissions calculation. In both ideas, concrete is to be manufactured using a small plant installed at the job site, and epoxy-coated steel bars are to be utilized as reinforcement.

The trial calculation has proven that the building cost utilizing sea water and unwashed sea sand concrete is roughly 6% and 10% less with and without reinforcement, respectively, than that of the scenario where fresh water and land sand are delivered on a transport boat from the mainland. Also, CO2 emissions from construction using sea water and unwashed sea sand concrete are approximately 40% fewer than those from development in which fresh water and land sand are carried from the mainland.



**Gambar 3.13 Produce Method of Sea Water and Unwashed Sea Sand Concrete**

Accordingly, sea water and unwashed sea sand concrete not only improve the structure's quality and longevity, but they can also contribute to savings in construction costs and CO2 emissions when employed in places where material supply is restricted.



**Gambar 3.14 Comparison of Constructing Cost and CO<sub>2</sub> Emission (in the Case of Using Sea Water and Unwashed Sea Sand Concrete)**

## E. CONCLUSIONS

The qualities and use effects of sea water and unwashed sea sand concrete (concrete and mortar created using a combination of sea water, unwashed sea sand, fly ash, silica fume, and calcium nitrate) were examined, and the following were found:

- 1) The early strength of sea water and unwashed sea sand concrete (total chloride ion content: roughly 4.5 kg/m<sup>3</sup>) is high, and long-term strength is also retained at a high level.
- 2) The permeability coefficient of sea water and unwashed sea sand concrete (total chloride ion content: roughly 4.5 kg/m<sup>3</sup>) becomes small compared with that of concrete manufactured using tap water as a result of the density of its microstructures.
- 3) The resistance to freezing and thawing of sea water and unwashed sea sand concrete (total chloride ion

concentration: roughly 3.1 kg/m<sup>3</sup>) can be ensured by setting an air content level of not less than 3.5%.

- 4) The drying shrinkage strain of sea water and unwashed sea sand concrete (total chloride ion content: 3.1 kg/m<sup>3</sup>) is smaller than that of concrete manufactured using tap water.
- 5) For a construction project on an isolated island, the use of sea water and unwashed sea sand adds to 'production for local consumption,' minimizes construction and material transportation costs, and reduces CO<sub>2</sub> emissions.

# Beton Lingkungan Laut Vs Air Laut

## 4.1 Pendahuluan

Air laut adalah air dari laut atau lautan. Air laut memiliki kandungan garam rata-rata 3,5%. Ini berarti bahwa dalam 1 liter (1000 ml) air laut, ada 35 gram garam. (mainly, but not entirely, cooking salt, AKA NaCl). Yang paling kaya adalah di wilayah Laut Baltik, timur Teluk Finlandia dan utara Teluk Botnia. Laut Merah adalah yang paling asin, di mana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas menyebabkan penguapan tinggi dan asupan air yang rendah dari sungai. Tingkat garam di beberapa danau mungkin lebih tinggi. Air laut memiliki kandungan garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang ditemukan di batu dan tanah, seperti sodium, kalium, kalsium, dll. Ketika sungai mengalir melalui lautan, ia membawa garam. Gelombang laut yang menyerang pantai juga dapat menghasilkan garam yang ditemukan di batu. Air laut adalah garam karena air adalah garam. Air segar lebih ringan dari air asin. Untuk mendapatkan air tawar dari air laut bias, osmosis terbalik dilakukan dalam proses filtrasi air limbah menggunakan tekanan yang didorong melalui membran filter.

**Tabel 4.1** Keasinan Air Berdasarkan Persentase  
(Semua)Garam Yang Terlarut

Air Tawar	Air Payau	Air Laut	Air Garam
< 0,05%	0,05 – 3%	– 5%	5%

Laut adalah tubuh air asin yang sepenuhnya atau sebagian dikelilingi oleh darat. Dalam arti yang lebih luas, "lautan" mengacu pada sistem air laut asin yang saling terkait di Bumi yang ditandai sebagai satu lautan global atau beberapa lautan utama. Laut mempengaruhi iklim Bumi dan memainkan peran penting dalam siklus air, siklus karbon, dan siklus nitrogen. Meskipun lautan telah dipelajari sejak zaman prasejarah, studi ilmiah kontemporer tentang air, yang disebut oceanography, hanya dimulai pada saat perjalanan. Pada tahun 1870, HMS Challenger tiba dari Inggris. Laut sering diklasifikasikan menjadi lima lautan utama, yang terdiri dari empat lautan yang ditunjuk. Organisasi Hidrografi Internasional (Atlantik, Pasifik, India, dan Arktik) dan Laut Selatan. Karena pergerakan benua, belahan utara kontemporer memiliki rasio darat dan laut yang lebih seimbang daripada selatan, yang hampir sepenuhnya oceanic. (1:4,7). Tingkat garam di lautan terbuka biasanya sekitar 3,5%; Namun, variasi dapat dilihat di perairan darat yang lebih terbatas, di sekitar sumber sungai besar, atau pada kedalaman yang signifikan. Klorida garam menyumbang sekitar 85% dari bahan larut di lautan terbuka. Perbedaan salinitas dan suhu antara wilayah laut menciptakan arus panas. Gelombang, yang diciptakan oleh angin dan hujan laut, menghasilkan mata uang permukaan. Arah aliran ini diatur oleh tanah di permukaan dan di bawah air, serta oleh efek Conolis karena rotasi Bumi.

Perubahan tingkat air di masa lalu meninggalkan rute darat, yang merupakan titik datar di laut dekat darat. Tempat-tempat kaya nutrisi ini dihuni oleh kehidupan yang merupakan

sumber nutrisi bagi manusia, seperti ikan, hewan, kerang, molus, dan rumput laut, keduanya terkumpul di alam liar dan berkembang di reruntuhan. Biodiversitas laut yang paling beragam terletak di terumbu karang tropis. Ikan paus di laut terbuka adalah rutin di masa lalu, tetapi penurunan ikan paus telah memicu inisiatif konservasi dari beberapa negara, mengakibatkan moratorium pada penangkapan ikan paus komersial. Kehidupan di laut juga dapat ditemukan di kedalaman jauh di luar jangkauan sinar matahari. Biosfer laut dalam diberi makan oleh kepadatan nutrisi dari fraktur hidrotermal. Kehidupan di Bumi mungkin telah berevolusi di sana, dan mikroorganisme air umumnya diyakini telah memicu kenaikan oksigen kuno di atmosfer Bumi. Kedua tumbuhan dan hewan pertama kali berkembang di lautan.

Laut juga merupakan faktor penting dalam transportasi dan perdagangan manusia, serta sumber daya untuk pembangkit listrik. Hal-hal itu membuat laut dihitung dalam taktik perang. Di sisi lain, laut juga bisa menjadi sumber bahaya bencana, seperti tsunami dan siklon. Pengaruh ini membuat laut menjadi komponen penting dari budaya manusia. Dari berbagai dewa laut yang dapat ditemukan dalam budaya yang berbeda, puisi epik dari penulis Yunani kuno Homer, atau penguburan manusia di laut, hingga perubahan yang dihasilkan oleh pertukaran Columbus seni laut hiperalitik dan musik yang terinspirasi oleh laut, seperti "The Sea and the Sinbad Ship" oleh Nikolai Rimsky-Korsakov.

Laut juga merupakan rumah bagi kegiatan rekreasi manusia seperti berenang, menyelam, berselancar, dan berlayar. Namun, pertumbuhan populasi, industrialisasi, dan pertanian intensif sekarang menyebabkan polusi lautan, sementara meningkatnya jumlah karbon dioksida di atmosfer menurunkan pH larutan melalui acidifikasi lautan. Memancing berlebihan juga merupakan masalah bagi perairan yang kita bagikan. Dalam arti yang lebih luas, "lautan" adalah sistem yang saling

terkait lautan di Bumi, termasuk lautan Atlantik, Pasifik, India, Selatan, dan Arktik. [8] Namun, frasa "lautan" juga sering memiliki cakupan terbatas, seperti Laut Utara atau Laut Jawa. Menurut definisi ini, tidak ada perbedaan yang jelas antara laut dan lautan kecuali ukuran laut yang lebih kecil, yang biasanya terbatas pada sejumlah besar daratan. [10] yang Laut Sargasso, yang batasnya ditentukan oleh empat arah lingkaran Atlantik Utara, dikecualikan dari konsep ini. Laut sering lebih besar dari danau dan mengandung air asin. Meskipun konsep ukuran dan pembatasan tanah adalah definisi yang sering digunakan, tidak ada arti teknis khusus untuk istilah laut yang digunakan dalam oceanography. [b] Menurut Konvensi PBB tentang Hukum Laut (UNCLOS), semua lautan adalah laut. (Inggris: the sea).

Bumi adalah satu-satunya planet yang diketahui mengandung lautan air cair di permukaan; Namun, planet lain, seperti Mars, juga diketahui memiliki penutup es, dan planet serupa di luar tata surya mungkin memiliki lautan. Masih tidak jelas dari mana air Bumi berasal, tetapi ketika diperhatikan dari luar angkasa, dunia terlihat seperti "silinder biru" dari berbagai formasi: laut, lapisan es, dan awan. Lautan bumi berisi volume 1.335.000.000 kilometer kubik, yang mencakup sekitar 96.5% dari semua air bumi yang diketahui dan lebih dari 70% dari permukaan bumi. Sementara itu, 1,74% air bumi dapat ditemukan dalam bentuk beku di es lautan Arktik, lapisan es Antartika, dan lautan sekitarnya, serta banyak gletser dan tumpahan es di permukaan dunia. Air yang tersisa (sekitar 1,72%) tersedia sebagai air tanah atau dalam fase observasi siklus air, yang terdiri dari air tawar di danau, sungai, dan air hujan dan uap air di udara dan awan. Penulis Inggris Arthur C. Clarke berpikir bahwa "Bumi" lebih cocok untuk disebut "Lautan."

Hidrologi adalah studi ilmiah tentang siklus air dan bumi. Hidrodinamika memeriksa mekanika bergerak air. Oceanografi, khususnya, menganalisis kondisi laut, gelombang,

curah hujan, arus, pantai, pangkalan, dan kehidupan laut. Biologi laut mempelajari tumbuhan, hewan, dan spesies lain yang hidup di habitat laut. oseanografi Kimia menyelidiki interaksi elemen dan molekul di lautan, terutama berfokus pada peran lautan dalam siklus karbon dan efek yang dimainkan oleh karbon dioksida dalam meningkatkan keasaman air laut saat ini. Geologi lautan menyelidiki pergerakan benua, komposisi dan struktur Bumi, sedimentasi, vulkanisme, dan seismologi laut. Air di lautan diyakini berasal dari gunung berapi Bumi, yang dimulai 4 miliar tahun yang lalu ketika gas dilepaskan dari batu. Studi yang berbeda menunjukkan bahwa komet menyediakan sebagian besar air di Bumi. Meskipun kadar garam dapat berfluktuasi, sekitar 90% air laut mengandung 34% hingga 35% g larut padat per liter, menciptakan salinitas 3,4 hingga 3,5%. Untuk membuatnya lebih mudah untuk menyampaikan perubahan kecil, kandungan garam sering dinyatakan dalam permian (‰) atau per ribu. (part per thousand, ppt).

Kandungan garam di belahan bumi utara biasanya sekitar 34 persen, dan di belah bumi selatan sekitar 35 persen. Di Mediterania, itu sedikit lebih tinggi dari laut secara umum, yang adalah 38. Sementara itu, di Laut Merah Utara, garam bahkan bisa mencapai 41%. Komposisi bahan kimia yang larut di lautan sebagian besar stabil. Natrium dan klorida, yang merupakan komponen utama yang membentuk garam, membentuk sekitar 85% dari padat yang larut dalam air laut. Ada juga ion logam seperti magnesium dan kalsium, serta ion negatif seperti sulfat, karbonat, dan bromida. Air laut terlalu asin untuk dikonsumsi manusia, dan ginjal manusia tidak dapat mengekstrak jumlah urin asam yang sama seperti air laut. Meskipun jumlah garam di lautan pada dasarnya konstan selama jutaan tahun, berbagai variabel dapat mempengaruhi fluktuasi salinitas air laut.

Faktor-faktor yang dapat meningkatkan garam adalah penguapan dan pembentukan es laut (karena ketika es terbentuk, garam larut tidak akan membeku dan akan bercampur dengan air laut di sekitar es), yang mungkin meningkatkan kandungan garam, sementara variabel yang dapat menurunkan kandungan garam adalah curah hujan, es meleleh, serta air tawar yang datang dari sungai dan drainase permukaan. (runoff). Misalnya, air di Laut Baltik memiliki tingkat keasaman yang relatif rendah yang dapat digambarkan sebagai air drizzle karena ada banyak sungai yang mengalir ke laut. Sementara itu, air di Laut Merah memiliki salinitas tinggi. Air laut dengan salinitas 35 ‰ memiliki titik beku sekitar -1,8 °C. Jika suhu cukup rendah, kristal es akan tumbuh di permukaan. Kristal-kristal ini akan pecah menjadi fragmen kecil dan menghasilkan suspensi yang dikenal sebagai fase.

Jika airnya tenang, frasa itu akan membeku menjadi lapisan es tipis yang disebut nylas, yang akan menjadi lebih tebal jika es baru terbentuk di bawahnya. Di lautan yang tidak tenang, kristal rapuh dapat bergabung menjadi piring datar yang disebut "knuckles". Lapisan-lapisan ini kemudian akan bergabung untuk menghasilkan aliran es. Ketika beku, air asin dan udara dapat terjebak di antara kristal es. Sementara itu, nil dapat memiliki salinitas 12–15. Es laut berusia satu tahun dapat memiliki salinitas rendah hingga 4–6.

<b>Tabel 4.2</b> Zat Terlarut dalam Air Laut (salinitas 3,5%)		
<b>Zat</b>	<b>Kadar (‰)</b>	<b>% dari total garam</b>
Klorida	19,3	55
Sulfat	2,7	7,7
Magnesium	1,3	3,7
Kalsium	0,41	1,2
Kalium	0,40	1,1

Bikarbonat	0,10	0,4
Bromida	0,07	0,2
Karbonat	0,01	0,05
Stronsium	0,01	0,04
Borat	0,01	0,01
Fluorida	0,001	< 0,01
Zat larut lainnya	< 0,001	< 0,01

Tingkat oksigen di lautan sebagian besar diatur oleh organisme fotosintesis yang hidup di dalamnya, seperti alga, phytoplankton, dan tanaman seperti rumput laut. Selamat siang hari, organisme ini menjalani fotosintesis dan menghasilkan oksigen, yang larut dalam air laut. Cahaya sangat penting untuk proses fotosintesis. Sudut matahari, kondisi cuaca, dan kejernihan air menentukan tingkat cahaya yang dapat menembus lautan. Sebagian besar cahaya tercermin di permukaan. Cahaya merah akan diserap di bagian atas. Cahaya kuning dan hijau dapat mencapai kedalaman yang lebih besar, sedangkan cahaya biru dan nol dapat menembus hingga 1.000 meter. Di bawah 200 meter, tidak ada cukup cahaya untuk melakukan fotosintesis. Oleh karena itu, ada sangat sedikit oksigen larut di lautan dalam. Dalam bakteri anaerobik, kehidupan laut memisahkan materi organik yang jatuh dari atas untuk membuat hidrogen sulfida. (H<sub>2</sub>S).

Pemanasan global diperkirakan akan mengurangi oksigen baik di lautan dalam maupun bahkan di permukaan laut, karena kelarutan oksigen akan menurun seiring meningkatnya suhu lautan. Hampir setiap organ di dunia tahu bahwa air laut adalah garam. Menurut NASA Science, air laut asin adalah hasil dari batuan yang mengangkut mineral, termasuk garam, ke laut sepanjang sejarah Bumi. Garam air laut

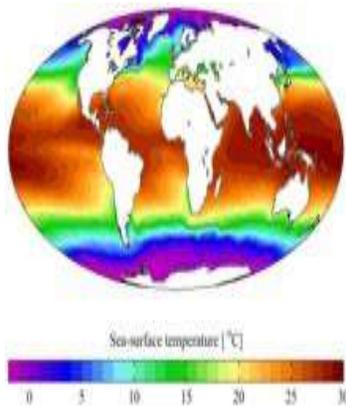
didefinisikan sebagai kandungan garam (asiditas) air laut. Kandungan garam dinyatakan dalam rasio garam per liter. Menurut National Weather Service, air laut biasanya mengandung hampir 35 Gram garam larut dalam setiap liter.

Namun, itu tergantung pada sejumlah faktor. Secara umum, salinitas air laut adalah 33 hingga 37 gram per liter, atau 33-37 persen. Namun, itu tergantung pada sejumlah faktor. Secara umum, salinitas air laut adalah 33 hingga 37 gram per liter, atau 33-37 persen. Faktor-faktor yang mempengaruhi garam air laut adalah penguapan, volume air tawar, arus laut, dan curah hujan. Penguapan air laut mengurangi volume air laut, sementara garam di kolam tetap dan tidak menguap. Artinya, semakin banyak penguapan terjadi, semakin tinggi salinitas air. Volume air tawar dapat bervariasi tergantung pada jumlah air limbah dari tanah yang masuk atau air segar dari es yang mencair.

Semakin banyak air segar, semakin rendah kepadatan air laut. Ini berarti salinitas laut akan menurun. Arus laut adalah faktor berikutnya yang mempengaruhi salinitas laut. Arus laut mengangkut air laut dari satu tempat ke tempat lain. Garam juga dibawa bersama dengan aliran arus, sehingga arus membuat kematian di suatu tempat lebih tinggi daripada di tempat lain. Hujan adalah faktor yang mempengaruhi salinitas laut. Menurut Climate.gov, hujan dan salju yang jatuh di atas lautan dapat mencairkan garam di air laut di wilayah tersebut.

## **4.2 Manfaat Air**

Lautan adalah dataran tinggi air asin yang menghubungkan seluruh sudut dunia dan juga merupakan salah satu bentuk perbatasan antara benua dan pulau. Kebanyakan orang suka matahari terbenam dan matahari terbit.



**Gambar 4.1** Lautan dengan Hambaran Luas Air Asin

Adapun manfaat air laut, diantaranya adalah:

1. Dapat menyembuhkan segala macam penyakit. Menyelam di air laut memiliki banyak manfaat untuk mendukung kesehatan manusia. Berdasarkan fakta empiris, air laut mengandung banyak mineral alami yang penting untuk kehidupan yang sehat. Terutama masalah yang dirasakan di pembuluh darah, saluran pernapasan, dan paru-paru. Alasannya adalah bahwa komposisi air laut mirip dengan plasma darah, termasuk vitamin, garam mineral, dan asam amino. Air laut juga mengandung mikroorganisme yang menghasilkan antibiotik, antimikroba, dan zat antibakteri aktif.

2. Mampu mengecilkan wajah Garam laut yang diproduksi oleh proses penguapan air laut ternyata membuat wajah Anda lebih indah. Tekstur garam laut dapat digunakan sebagai scrub untuk menggosok kulit mati. Keuntungan lain adalah dapat mengontrol minyak di wajah. Kandungan kalium dan sulfur mampu mengendalikan produksi sebum yang berlebihan, yang biasanya menyebabkan goresan kulit.
3. Membuat pupuk di ladang pertanian. Di beberapa bagian Indonesia, petani menggunakan air laut sebagai pupuk anorganik cair untuk irigasi tanaman. Semua sampah, baik organik maupun anorganik, akan dibuang ke laut. Selain itu, dekomposisi phytoplankton membuat air laut kaya akan mineral esensial dengan konsentrasi tinggi. Jadi tidak mengherankan bahwa hares yang terkandung dalam air laut dapat diproses untuk menanam tanaman untuk membuat tanaman lebih subur. Air laut dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman. Faktanya, pertanian di Indonesia menggunakan air laut sebagai pupuk anorganik cair. Tentu saja, itu lebih aman daripada menggunakan pestisida, yang menarik karena lautan memiliki phytoplankton. Hal ini dapat digunakan untuk pembiakan tanaman.
4. Digunakan sebagai bahan bakar. Sekarang, air laut digunakan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Proses ini cukup untuk meneteskan air laut ke dalam tangki perlindungan dan kemudian membersihkannya dengan pemurnian. Minyak sel, yang berasal dari biota yang hidup di lautan, adalah hasilnya. Teknologi ini digunakan pada skala industri di Amerika Serikat, sementara di Indonesia itu sendiri masih digunakan dalam skala kecil, terutama untuk mengisi bahan bakar kapal-kapal nelayan dan listrik di rumah-

rumah komunitas yang tinggal di pulau-pulau tersebut. Selama ini, kita telah mengenal minyak dan batubara sebagai sumber bahan bakar. Ternyata air laut juga bisa digunakan sebagai bahan bakar. Penemuan teknologi ini telah diterapkan pada industri AS. Bagaimana prosesnya? Air laut yang dikumpulkan dibuang ke dalam tangki perlindungan. Kemudian, air laut ini mengalami proses pembersihan dengan pembersih, sehingga ada minyak sel yang ditemukan di biota di laut.

5. Sebagai sumber energi. Dunia masih menggunakan sejumlah kecil energi gelombang laut untuk menghasilkan listrik. Pembangkit Listrik Air adalah proses menggunakan gelombang laut sebagai sumber listrik. Turbin dapat didorong oleh energi kinetik yang dihasilkan oleh gelombang laut. Rotasi generator menghasilkan listrik yang dihasilkan oleh turbin selama rotasi. Seperti yang disebutkan sebelumnya, Ocean Wave Power Generator (PLTGL). Ini adalah beberapa manfaat air laut yang sering diabaikan sementara penting untuk kehidupan modern. Faktanya, dunia masih menggunakan sejumlah kecil energi gelombang laut untuk listrik. Pembangkit Listrik Hidroelektrik diproduksi dari energi gelombang laut. Energi kinetik yang dapat menggerakkan turbin kemudian muncul sebagai hasilnya. Energi listrik yang berguna bagi manusia setiap hari diproduksi dari rotasi turbin.
6. Mineral yang dibutuhkan masyarakat. Air laut, seperti yang kita tahu, dapat menghasilkan garam. Salah satu aplikasinya adalah dalam persiapan makanan. Jika Anda tidak menambahkan rumput atau dua garam, hidangan tidak akan enak. Tetapi itu bukan hanya masalah nafsu makan; garam mengandung yodium, sejenis mineral yang sebenarnya dibutuhkan tubuh. Penyakit gout akan terjadi jika asupan mineral ini tidak terpenuhi.

7. Penyediaan air bersih yang tidak terbatas. Manusia membutuhkan air untuk bertahan hidup. Namun, itu tidak berarti kita minum air laut mentah. Melalui proses desalinasi, salinitas air laut dapat dihilangkan, dan air tawar dapat diproduksi. Inovasi air laut ini adalah cara terbaik untuk memenuhi kebutuhan manusia di Bumi karena volume besar air laut yang tersedia pada saat sumber air tawar di darat menjadi lebih sulit untuk diperoleh dan tercemar oleh pertumbuhan populasi.
8. Kita sudah memiliki banyak manfaat dalam kehidupan kita sehari-hari dari air laut saja. Agar kita bisa terus menikmati manfaat laut, mari kita selalu merawatnya. Itu saja, dan saya harap ringkasan di atas berguna. Desalinasi adalah proses mengubah air laut menjadi air tawar, menghilangkan rasa darah. Air laut memiliki komposisi yang lebih tinggi daripada air tawar, dan sumber air segar sering terkontaminasi. Oleh karena itu, proses desalinasi menghasilkan air laut yang cukup untuk memenuhi kebutuhan kita.



**Gambar 4.2** Lautan dan Manfaat Air laut

**Tabel 4.3 SNI Kualitas Air Laut**

No	No. SNI	Judul SNI
1	SNI 19-6964.1-2003	Kualitas air laut Bagian 1: Cara uji nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) dengan sulfanilamide secara spektrofotometri
2	SNI 19-6964.2-2003	Kualitas air laut Bagian 2: Cara uji merkuri (Hg) secara cold vapour dengan spektrofotometer serapan atom atau mercury analyzer
3	SNI 19-6964.3-2003	Kualitas air laut Bagian 3: Cara uji amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) dengan biru indofenol secara spektrofotometri
4	SNI 19-6964.4-2003	Kualitas air laut-Bagian 4: Cara uji sulfida ( $\text{S}^{=}$ ) dengan biru metilen secara spektrofotometri
5	SNI 19-6964.5-2003	Kualitas air laut Bagian 5: Cara uji sulfat ( $\text{SO}_4^{=}$ ) dengan gravimetri
6	SNI 19-6964.6-2003	Kualitas air laut Bagian 5: Cara uji sulfat ( $\text{SO}_4^{=}$ ) dengan gravimetri
7	SNI 19-6964.7-2003	Kualitas air laut Bagian 7: Cara uji nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) dengan reduksi kadmium secara spektrofotometri
8	SNI 6964.8:2015	Kualitas air laut Bagian 8: Metode Pengambilan Contoh uji air laut

- b. Sebagai sumber oksigen. Kita sudah tahu bahwa hutan terbesar di dunia, hutan hujan Amazon di Brazil, mampu menghasilkan sejumlah besar oksigen. Faktanya, hanya 28% dari oksigen dunia yang diproduksi oleh hutan hujan; 70% dihasilkan oleh laut. Phytoplankton, organisme mirip tumbuhan mikroskopis yang melakukan fotosintesis, ditemukan di lautan. Oksigen dihasilkan dari karbon dioksida yang dihirup oleh hewan laut lainnya oleh phytoplankton. Akibatnya, udara berubah menjadi udara murni yang telah kita hirup untuk waktu yang lama.
- c. Laut memiliki kemampuan untuk mengontrol dan mempertahankan iklim planet ini. Panas yang dihasilkan oleh bumi dapat diserap oleh jumlah air laut. Kemudian air panas dari area acara diarahkan ke daerah kutub, dan sebaliknya. Akibatnya, cuaca lokal dikendalikan dan tetap moderat, yang berarti tidak terlalu panas atau terlalu dingin. Karena air laut sangat bermanfaat bagi kelangsungan hidup manusia, ia dapat hidup di semua bagian bumi.

### **4.3 Air laut sebagai Bahan Pencampuran Beton**

Seperti halnya negara-negara lain yang terdiri dari kepulauan, Indonesia juga merupakan salah satu negara yang banyak dijumpai bangunan-bangunan yang berkaitan dengan kegiatan masyarakat di sepanjang pantainya. Bangunan-bangunan tersebut antara lain talud, bangunan dermaga/pelabuhan, dan bangunan lainnya. Dalam keadaan seperti ini, masuk akal bahwa daerah-daerah tertentu mungkin terisolasi dari air bersih dan kebutuhan akan air bersih sangat sulit dipenuhi. Saat ini, air laut—yang tercemar klorida—sering digunakan di sejumlah lokasi pulau, bahkan pasir laut dicampurkan ke dalam beton.

Salah satu komponen penting yang dibutuhkan untuk membuat beton adalah air. Air diperlukan agar semen dapat

bereaksi dengan butiran agregat dan bertindak sebagai pelumas diantara butiran-butiran tersebut, sehingga memudahkan pemadatan dan kemudahan pengerjaan. Komponen utama hidrasi semen adalah air, yang membentuk pasta dan memberikan kemampuan kerja semen. Selain itu, air melumasi butiran agregat, membuatnya lebih mudah untuk dikerjakan. Baik beton yang baru dicampur maupun beton yang sudah mengeras sangat dipengaruhi oleh faktor air semen. Jika terdapat terlalu banyak air, ruang-ruang tersebut menjadi pori-pori saat beton mengeras dan terjadi penguapan. HVFA-SCC menggunakan lebih sedikit air dibandingkan beton konvensional; FAS-nya dapat berkisar antara 0,28 hingga 0,42 atau hanya 200 liter/m<sup>3</sup>. Faktor air-semen yang digunakan untuk beton mutu tinggi adalah 0,28–0,38, sedangkan faktor air-semen yang digunakan kurang dari 0,2 untuk beton mutu sangat tinggi. Mencegah segregasi dan penurunan kuat tekan beton merupakan tujuan dari pengurangan penggunaan air ini (Reyhan, 2018).

Agar semen dan agregat dapat mengalami reaksi kimia yang membasahi agregat dan melumasi campuran agar lebih mudah dikerjakan—proses yang disebut kemampuan kerja dibutuhkan air saat membuat beton. Selain agregat, air juga merupakan komponen utama dalam beton. Secara umum mortar dan beton dapat dicampur dengan air minum. Bila digunakan untuk mencampur beton, air yang mengandung senyawa berbahaya atau tercemar minyak, gula, garam, atau bahan kimia lainnya akan melemahkan beton secara signifikan dan dapat mengubah karakteristiknya. Selain itu, air dapat merusak ikatan antara agregat dan pasta semen, yang dapat mempengaruhi kemudahan menyelesaikan tugas. Ini karena sifat pasta semen adalah reaksi kimia antara semen dan air. Oleh karena itu, faktor air semen (FAS) pada campuran penentu—bukan rasio air terhadap total material (semen + agregat halus + agregat kasar)—menentukan sifat pasta semen.

Ketika proses hidrasi selesai, terlalu sedikit air akan mengakibatkan hidrasi parsial, sedangkan terlalu banyak air akan menghasilkan banyak gelembung air. Oleh karena itu, beton ujung akan menjadi lemah (Nawy, 2010; Neville & Brooks, 1981).

Agar beton mudah dikerjakan yaitu dicampur, dituang, dan dipadatkan air, bahan dasar yang penting, harus bereaksi dengan semen dan menjadi pelumas di antara butiran agregat. Berikut spesifikasi yang harus dipenuhi oleh air bila digunakan sebagai bahan bangunan (SNI 03-2847-2002):

- a. 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.
- b. Persyaratan air yang tidak dapat diminum adalah sebagai berikut: campuran yang dibuat dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan minimal 90% dari benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum, dan proporsi campuran harus dipilih berdasarkan campuran beton yang dibuat. menggunakan air dari sumber yang sama dan hasil pengujian pada kubus uji mortar pada umur 7 dan 28 hari.

Meskipun air segar, tidak berbau, dan dapat dihembuskan dengan udara jernih merupakan salah satu persyaratan air minum yang biasanya dipenuhi dengan air yang digunakan untuk membuat beton, tetapi ini tidak berarti bahwa air yang dipakai untuk membangun material juga harus sesuai dengan spesifikasi. Menurut Shetty (1982), elemen permeabilitas beton dan kurangnya penutup atau penutup beton adalah penyebab korosi pada beton, bukan air laut atau kualitas air.

Sebagai hasil dari situasi saat ini, permintaan untuk air yang memenuhi kebutuhan air menurun, terutama di kota-kota besar dan negara kaya di mana akses ke air bersih tidak

diberikan prioritas atas semua kebutuhan lainnya. Di negara-negara industri, teknik sipil telah memeriksa masalah yang mungkin timbul di masa depan karena kadaluarsa sumber daya air bersih yang cocok untuk digunakan dalam campuran beton. Karena kebutuhan akan air bersih kemungkinan akan berkembang seiring dengan pembangunan infrastruktur.

Sekitar 5 miliar orang tidak akan memiliki akses ke air bersih, apalagi air minum, menurut angka dari PBB dan Badan Meteorologi Internasional. (*summary*: Konferensi tentang Dunia Kita dalam Beton dan Struktur di Singapura. Selama pertemuan itu, Nobuaki Otsuki dkk (2011) juga memprediksi bahwa pada tahun 2025, setengah dari umat manusia akan tinggal di daerah tanpa akses ke air minum. Untuk membasahi agregat, mengaktifkan reaksi kimia semen, dan memfasilitasi operasi beton, air diperlukan untuk pembuatan beton. Jika air yang digunakan adalah kualitas minum yang baik, maka perhatian khusus tidak harus dibayar untuk kriteria penerimaan untuk air untuk beton berkualitas tinggi. Jika tidak, panduan pengujian ASTM C-94 untuk kualitas air harus diikuti. Charles G. Salmon dan Chu-Kia Wang, *Solid Concrete Design*, 1986.

Ketika dicampur dengan air yang mengandung zat berbahaya, kontaminasi garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya akan menurunkan kualitas beton dan bahkan dapat mengubah sifat akhirnya. Selain itu, air dapat mengurangi afinitas pasta semen untuk agregat dan mempengaruhi kapasitas kerja. Semen air pasta adalah hasil dari reaksi kimia antara air semen dan air; oleh karena itu, tidak ada hubungan yang berarti antara jumlah air dan berat campuran, kecuali hubungan antara air bebas dan air Semen yang dikenal sebagai "Air Semen Ratio" faktor. Air yang kuat dapat memicu produksi beberapa gelembung air setelah proses penyembuhan selesai. Sebaliknya, terlalu sedikit udara akan menyebabkan proses sanitasi gagal sepenuhnya, sehingga mengurangi kekuatan beton.

Air merupakan bahan dasar yang digunakan untuk memproduksi beton. Air diperlukan untuk interaksi dengan tanah dan sebagai agregat untuk memudahkan pekerjaan dan tugas sehari-hari. Saat Air digunakan untuk menghancurkan beton, yang dihasilkan beton kekuatan akan sekitar 90% lebih tinggi dibandingkan saat menggunakan udara sulfida. Air yang mengandung pasir, kerikil, rumput laut, atau bahan lain yang terkontaminasi kimia dapat menurunkan jumlah beton yang dihasilkan, bahkan mungkin mengurangi sifatnya.

Menurut Peureulak (2009), air laut adalah air yang berasal dari laut atau lautan dengan kandungan garam rata-rata 3,5%, yang berarti bahwa dalam 1 liter air laut ada 35 gr garam. Perbedaan utama antara air laut dan air tawar adalah kandungan garam. Air laut mengandung garam, sedangkan air tawar tidak. Menurut Lyman dan Fleming di Peureolak (2009), garam yang terkandung dalam air laut adalah: NaCl (68.1%), HgCl<sub>2</sub> (14.4%), NaSO<sub>4</sub> (11.4%), KCl (3.9%), CaCl<sub>2</sub> (3.2%), NaHCO<sub>3</sub> (0.33%), KBr (0.3%), dan lainnya (0.1%).

Air laut sendiri tidak disetujui untuk digunakan pada beton karena mengandung garam yang signifikan yang dapat merusak kekuatan dan konsistensi beton. Hal ini karena klorida (Cl) yang terkandung dalam air laut adalah garam antagonis untuk bahan lain, termasuk beton. Menurut Neville (1981), kerusakan pada beton dalam air laut disebabkan oleh klorida yang ditemukan dalam air, terutama NaCl dan MgCl. Apabila sebatian ini dicampur dengan sebatian semen, ia menyebabkan gypsum dan calcium *sulfoaluminate* (*ettringite*) menjadi larut dalam semen. Air laut biasanya mengandung 35.000 ppm (3.5%) larutan garam; sekitar 78% adalah natrium klorida dan 15% adalah magnesium sulfat. Air dalam produksi beton mengaktifkan proses kimia dalam semen dan agregat basah dan memfasilitasi pekerjaan pada beton.

Dalam hal pekerjaan beton, senyawa yang terkandung dalam air akan mempengaruhi kualitas beton, yang membutuhkan standar kualitas air yang memuaskan. Air yang digunakan dapat menjadi air tawar (dari sungai, danau, kolam, dan lainnya) atau air laut, asalkan memenuhi kualitas yang ditentukan. Air segar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah natrium klorida dan 15% adalah klorida magnesium). Air laut mengandung 30.000-36.000 mg garam peritoneal, yang umumnya dapat digunakan sebagai campuran untuk beton yang tidak berwarna, atau, dengan kata lain, untuk beton berkualitas tinggi.

Air garam yang mengandung 1000-5000 mg garam peritoneal. Air dengan kandungan garam moderat, mengandung 200-1000 mg garam perlit. Air laut tidak boleh digunakan untuk beton dengan aluminium ditanam di dalamnya, beton yang memiliki tulang belakang, atau beton yang rentan terhadap korosi pada tulang belakang karena perubahan panas dan lingkungan lembab. (SNI- 03-2834-1993). Namun, ketika air murni tidak tersedia, air laut dapat digunakan, meskipun tidak dianjurkan. Meskipun kekuatan awal air laut ini lebih tinggi dari beton normal, setelah 28 hari, akan lebih rendah. Penurunan kekuatan ini dapat dihindari dengan mengurangi kandungan air dari semen. (Paul Antoni and Nugraha, 2007).

Air diperlukan dalam pembuatan beton untuk memulai proses kimia dari semen dan agregat basah dan memberikan kenyamanan dalam pemrosesan beton. Kondisi untuk menerima air untuk beton berkualitas tinggi tidak perlu dipertimbangkan dengan tepat jika air yang digunakan baik untuk diminum. Jika tidak, air harus diuji sesuai dengan ASTM C-94. Wang, Chu-Kia, dan Charles G. Salmon dibuat dari beton padat pada tahun 1986. Air yang mengandung bahan kimia berbahaya, garam terkontaminasi, dll, minyak gula, atau zat

kimia lainnya, ketika digunakan dalam campuran beton, akan menurunkan kualitas beton dan bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan.

Selain itu, air yang berperilaku seperti ini juga dapat mengurangi kemudahan kerja antara agregat dan bibit. Pasta semen adalah hasil dari reaksi kimia semen dengan air; oleh karena itu, tidak ada hubungan yang signifikan antara jumlah air dan berat total campuran, kecuali hubungan antara air bebas dan air yang dikenal sebagai faktor "Rasio Semen Air". Air semen; oleh karena itu, tidak ada hubungan yang signifikan antara jumlah air dan campuran berat total kecuali bahwa hubungan air bebas dengan semen dikenal dengan "perbandingan air semen." Air yang terlalu kuat dapat menyebabkan banyak gelembung air terbentuk setelah proses penyembuhan selesai. Bubuk air akan terbentuk setelah penyembuhan selesai. Jika tidak, terlalu sedikit air akan menyebabkan proses kebersihan gagal sepenuhnya, dan gelembung air total akan melemahkan kekuatan beton. akan melemahkan kekuatan beton.

Air dalam campuran beton akan mempengaruhi:

- Kualitas kerja pembuatan beton.
- Ukuran kecil parameter instalasi beton
- Kontinuitas reaksi dengan semen portland, sehingga terbentuk, dan kekuatan interval dari waktu ke waktu
- Berhati-hatilah saat menggunakan beton untuk memastikan penyemprotan yang tepat.

Penggunaan air untuk beton harus memenuhi persyaratan berikut:

- Tidak mengandung lebih dari 2 g/l lumpur atau pipa yang mengambang lainnya.

- Tidak mengandung lebih dari 0,5 g/l klorida (Cl).
- Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 g / l.
- Tidak mengandung garam yang dapat membahayakan beton (asam, bahan kimia organik) lebih dari 15 g/ltr.



# Beton Lingkungan Laut Vs Semen Portland

## 5.1 Pendahuluan

Jika berkunjung ke sekitar daerah pantai, sering dijumpai berbagai macam bangunan. Bangunan dekat laut secara visual nampak sama dengan kebanyakan bangunan lainnya. Namun jika ditinjau aspek struktural bangunannya, ada hal yang berbeda.



**Gambar 5.1** Bangunan Struktural Di Daerah Pantai

Perlu dilakukan survei menyeluruh sebelum membangun garis pantai. diperlukan untuk melakukan survei menyeluruh sebelum membangun garis pantai. Ini menunjukkan bahwa bangunan di dekat laut terletak sangat

dekat dengan lingkungan agresif karena kadar garam laut yang tinggi. Dalam lingkungan agresif, kadar garam laut yang tinggi adalah penyebabnya. Oleh karena itu, bahan konstruksi yang digunakan untuk membangun pelabuhan harus memiliki ketahanan terhadap laut, kecuali penggunaan rumput laut yang tahan air untuk membangun pelabuhan beton. Air untuk membangunnya pelabuhan beton.

## 5.2 Apa Itu Material Semen ?

Semen menjadi bahan konstruksi populer untuk mendirikan bangunan. Semen (cement) merupakan material yang bentuknya seperti bubuk atau tepung, bertekstur halus, biasanya berwarna abu-abu. Semen dapat menebal dan mengeras ketika dicampur dengan air melalui reaksi kimia (hidrasi), menjadikannya unit yang padat, kaku, dan kompak. Dengan kemampuan ini, semen berfungsi sebagai pengikat untuk bahan lain seperti pasir, rumput, batu, dan sebagainya untuk membentuk satu unit bahan yang dikenal sebagai beton. (concrete). Semen terbentuk dari produk tambang batu kapur atau tambang kapur yang diproses pada suhu tinggi. Batu kapur kemudian dicampur dengan bahan-bahan lain. Bahan dasar semen terdiri dari 70%–95% klinker atau kerak semen (hasil dari pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi, dan tanah liat), bersama dengan 5% gipsum dan aditif seperti batu kapura, pozzolan, abu terbang, dan banyak lagi Elemen utama dalam semen adalah limau ( $\text{CaO}$ ), silikat ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan magnesit ( $\text{MgO}$ ), serta oksida lainnya dalam jumlah kecil.

### 5.2.1 Sejarah Munculnya Semen di Dunia dan Indonesia

Istilah portland cement pertama kali diperkenalkan oleh Joseph Aspdin, seorang tukang batu dari Leeds, Inggris.



**Gambar 5.2** Portland Semen (PT. Semen Padang)

Pada awal abad ke-19, ia membakar kalsium dan bubuk tanah liat bersama-sama. Pada tahun 1824, ilmuwan itu memperoleh paten untuk penemuannya yang disebut Portland cement. Ini adalah siklus penemuan produk semen portland modern. Seiring waktu, pabrik semen mulai muncul di Eropa, diikuti oleh Asia, termasuk Indonesia. Pada tahun 1906, seorang insinyur Belanda bernama Corel Christopher menemukan sejumlah besar batu kapur dan silika di daerah Padang di Sumatera Barat. Kemudian, pada tahun 1910, sebuah perusahaan swasta Belanda bernama NV Nederlandsch Indische Portland Cement Maatschappij (NV NIPCM) didirikan. Pada tahun 1958, ia mengubah namanya menjadi PT Semen Padang.

Beberapa tahun kemudian, mulai didirikan pabrik-pabrik semen di daerah Indonesia lainnya, seperti PT Semen Gresik, PT Semen Tonasa, PT Semen Cibinong, PT Semen Bosowa, PT Semen Baturaja, PT Semen Indonesia dan sebagainya.

### **5.2.2 Variasi Jenis Semen Bangunan**

Semen yang berbeda memiliki karakteristik dan kegunaan yang berbeda.

1. White Portland Cement (WPC).

Cement putih biasanya berfungsi sebagai pengisi, digunakan untuk tujuan estetika dekoratif atau finishing kedua permukaan interior dan eksterior, seperti permukaan teras, stucco, lantai nat, dll. Semen putih terbuat dari bahan utama, kalsit kalsium murni. Cement putih memiliki dua karakteristik: kekakuan tinggi dan output permukaan yang halus.

2. Cement Oil Well/Oil Well Cement (OWC)

Cement sumur minyak umumnya digunakan dalam pekerjaan yang terkait dengan pengeboran sumur oil dan gas alam yang dapat mencapai ribuan meter di bawah permukaan bumi atau laut. Semen ini memiliki karakteristik resistensi sulfat yang tinggi, sehingga dapat digunakan secara khusus pada kedalaman dan suhu tertentu.

3. Super Masonry Cement (SMC).

Super masonry cement umumnya digunakan untuk pembuatan bahan beton dengan rating kualitas K225, seperti batu bata, bar beton, batu bata kosong, dan block paving.

4. Cement memiliki aluminium yang tinggi.

Semen dengan kandungan aluminium yang tinggi memiliki ketahanan terhadap asam tetapi biasanya tidak tahan terhadap alkali. Biasanya, semen digunakan pada beton yang tahan api, panas, dan korosi.

5. Semen Antibakteri semen adalah semen yang dicampur dengan bahan antibakteri untuk menghambat pertumbuhan bakteri dalam konstruksi bangunan.

6. Portland Cement Pozzolan / Super Portland Pozzola Composite Cement (PPC) Pozzolan portland cement terbentuk dengan menggiling kerak, gipsum, dan bahan

pozzolan. Semen ini biasanya digunakan di bangunan dengan ketahanan sulfat moderat dan ketahanan panas hidrasi moderat, yang mengurangi insiden retak. Contoh bangunan di tepi pantai dan lereng seperti jembatan, jalan raya, bangunan irigasi, perapian, tumpukan sel jembat, dasar full-plate, dan beton massal (volume beton dengan dimensi besar).

7. Portland Composite Cement (PCC).

Semen portland komposit terbuat dari penggilingan kerak, gipsum, dan bahan anorganik (anorganik). Jenis-jenis semen ini umumnya digunakan untuk pembuatan beton pra-kondisi, pra-syarat, pemasangan batu bata, dan block paving. Semen ini memiliki karakteristik berikut: tahan air dan tahan sulfat.

8. Cement campuran, juga dikenal sebagai Special Blended Cement (SBC).

Semen campuran tidak diperdagangkan secara bebas di pasar, kecuali jika diminta oleh kebutuhan khusus. Di Indonesia, semen ini diproduksi khusus untuk proyek konstruksi Jembatan Suramadu yang menghubungkan Pulau Jawa dan Pulau Madura.

9. Semen Portland, juga dikenal sebagai semen umum (Portland cement).

Portland cement adalah semen abu-abu yang paling umum ditemukan di pasar dan paling banyak digunakan oleh masyarakat.

### 5.2.3 Tipe-Tipe Semen Portland

Semen portland sendiri dikelompokkan lagi menjadi 5 tipe:

1. *Semen Portland Type I.*

Atau dikenal Ordinary Portland Cement (OPC) untuk konstruksi bangunan biasa yang kadar sulfat nya rendah berkisar 0 % hingga 0,1% dan tidak memiliki persyaratan terkait hidrasi panas. Umumnya digunakan pada konstruksi yang jauh dari pantai seperti bangunan perumahan dan gedung.

2. *Semen Portland Type II.*

Semen ini memiliki karakteristik tahan dan panas hidrasi sedang dengan kadar asam sulfat sedang 0,1% hingga 0,2% berkenaan dengan kadar asam sulfat sedang 0,1% hingga 0,2%. Dimanfaatkan untuk membangun di ruang terbuka dan seterusnya dan di pulau atau semenanjung, seperti untuk jembatan bendungan, dermaga, bendungan, dan saluran irigasi.

3. *Semen Portland Type III.*

Digunakan pada proyek konstruksi proyek yang memerlukan modal awal yang tinggi setelah proses pembangunan selesai untuk memaksimalkan produktivitas karyawan. Misalnya misalnya untuk membangun jembatan, gedung tinggi, jembatan terowongan, area jembatan penyeberangan, dan kolam renang. Area jembatan penyeberangan dan kolam.

4. *Semen Portland Type IV.*

Agar suhu selama pengecoran terjaga sehingga beton tidak mengembang dan tidak retak, semen ini memiliki karakteristik panas hidrasi rendah. Cocok digunakan dalam proses pengecoran dengan penyemprotan pada proyek volume besar dengan suhu konstan, seperti bendungan dan udara.

5. *Semen Portland Tipe V.*

Sedimen ini cocok untuk konstruksi dengan kandungan sulfat kurang dari 0,2 persen, seperti di daerah rawa, payau, dan laut dengan tingkat keasaman tanah yang tinggi. Ini terutama digunakan dalam konstruksi pembangkit tenaga nuklir, bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), silo kimia, tambang kawasan, terowongan di bawah permukaan tanah, pelabuhan, jembatan, dan struktur udara lainnya.

#### **5.2.4 Material Semen Bangunan Tepi Pantai**

Di sekitar tepi laut sering dijumpai aneka bangunan, seperti dermaga, jembatan, jetty, pemecah ombak, bahkan rumah tinggal sekalipun. Bangunan tersebut pastinya mudah terkena air laut, bahkan sejak proses pembuatannya. Daerah dekat laut umumnya memiliki kadar keasaman garam sulfat yang cukup tinggi. Air laut mengandung 3,5% garam-garaman yang dapat mempengaruhi kekuatan beton termasuk material semennya. Unsur utama yang terdapat di air laut adalah klorida (55%), nitrat (31%), sulfur (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), kalium (1%), and silika (kurang dari 5%). 5%). 1%), yang terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium, and stronsium, dan Florida. Beton dapat mengalami kerusakan berbahaya di lautan dengan kandungan klorida (Cl) yang tinggi. Air laut memiliki kemampuan mengurangi kekuatan beton, kekuatan, dan keawetan kekakuan, dan keawetan. Untuk mengatasi hal ini, beton perlu dibuat dengan menggunakan material semen yang kuat dan mampu menahan air agresif di laut sekitarnya. Bahan semen yang dapat menahan udara agresif di laut sekitarnya. Di antara berbagai jenis semen, semen portland Tipe II cocok digunakan di daerah pesisir dengan tingkat salinitas rendah. Dari segi semen, semen portland tipe II cocok digunakan di daerah pesisir dengan tingkat salinitas rendah. Sebaliknya, portland air laut tipe V dapat digunakan untuk membuat bangunan dasar laut dengan tingkat erosi yang

relatif tinggi. Digunakan untuk membuat bangunan dasar laut dengan tingkat kemiringan yang relatif tinggi.

### **5.2.5 Semen Campuran Khusus untuk Beton Tahan Air Laut pada Jembatan Suramadu**

Berbagai pembangunan konstruksi di kawasan laut kian tumbuh subur di Indonesia.

Salah satu mahakarya konstruksi itu ialah Jembatan Suramadu yang membentang di tengah laut, menghubungkan pulau Jawa dengan pulau Madura.



**Gambar 5.3** Uji Kimia Air laut selat Madura  
(Jembatan Suramadu)

Menurut penelitian uji kimia, diketahui bahwa laut di sekitar Selat Madura yang terletak di dekat Jembatan Suramadu memiliki perairan yang mengandung sulfat dan klor. Mayoritas bangunan Jembatan Suramadu terbuat dari beton bertulang yang dibangun menggunakan semen sebagai bahan bangunan. Dari Struktur Jembatan Suramadu terbuat dari beton bertulang yang dibangun menggunakan semen sebagai bahan bangunan. Semen yang digunakan tentulah harus tahan terhadap air laut. Setelah diskusi pembahasan materi secara menyeluruh tentang spesifikasi spesifikasi material pada tahap perencanaan, ada peluang untuk menggunakan sedimen yang

sudah umum digunakan untuk lingkungan pesisir, khususnya sedimen Portland tipe II dan tipe V.

Teknik pada tahap perencanaan, ada peluang untuk menggunakan sedimen yang sudah umum digunakan untuk lingkungan pesisir, khususnya sedimen Portland tipe II dan tipe V. digunakan untuk lingkungan pesisir, khususnya sedimen Portland tipe II dan tipe V. Sebagai alternatifnya ada bahannya material yang berfungsi lebih baik sebagai agen pengikat untuk jenis beton lainnya, seperti material dengan permeabilitas, daya tahan, dan densitas yang fungsinya itu baik, serta kualitas perekat yang lebih baik. lebih baik sebagai bahan pengikat untuk jenis beton lainnya, seperti beton dengan permeabilitas, daya tahan, dan densitas yang lebih baik, serta kualitas perekat yang lebih baik. Pada akhirnya, Jembatan Suramadu menggunakan jenis semen yang dikenal dengan sebutan Special Blended Spesial (SBC) yang terbuat dari biji pozolan. Semen Campuran (SBC) yang terbuat dari biji pozolan. SBC mempunyai kemampuan meningkatkan penetrasi untuk menahan tinggi, membuatnya cocok untuk digunakan dalam kondisi lingkungan yang keras. Penetrasi sulfat yang tinggi, membuatnya cocok untuk digunakan pada kondisi lingkungan yang keras. Secara lebih rinci, SBC memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap serangan semprotan garam dan laut serta ketahanan udara yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan rumput laut Portland tipe II dan tipe V. Garam dan semprotan laut serta hambatan udara yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan rumput laut Portland tipe II dan tipe V. II dan tipe V.

### **5.2.6 Semen Tahan Air Laut untuk Bangunan di Kawasan Laut**

Semen menjadi bahan utama untuk membuat bangunan beton termasuk di daerah laut. Namun, dibutuhkan jenis semen khusus dengan sejumlah sifat-sifat yang tahan terhadap air laut. Dengan semen tahan air laut itu, dapat dibangun berbagai bangunan di kawasan laut yang kuat, kokoh, dan awet, seperti

jembatan, pelabuhan, dermaga, bahkan rumah impian di tepi pantai pun dapat Anda wujudkan.

### 5.3 Sejarah, Penyusun, Jenis dan Kuat Tekan Beton



**Gambar 5.4** Penyusun, Jenis Beton dan Tekan yang Kuat

Portland semen atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa aditif, dikombinasikan untuk membentuk massa padat. (SNI, 2002). Beton saat ini adalah bahan yang sangat dicari dan pilihan yang disukai. Bahan beton adalah pilihan paling hemat biaya ketika kontras dengan konstruksi baja atau kayu, dan mereka juga tahan api. Selain itu, mereka mudah diproduksi dalam berbagai bentuk dan tidak memerlukan pemeliharaan pasca-pembangunan.

Kekuatan, daya tahan, dan karakteristik beton tergantung pada sifat bahan dasar, nilai komparatif bahan, metode campuran, pengolahan selama penghapusan bentuk beton, metode perawatan selama proses pengerasan, dan metode kompresi. (Tjokrodinuljo, 1996). Beton yang baik adalah yang memiliki tekanan tinggi yang kuat, daya tarik tinggi, kekuatan pelekatan yang tinggi, tahan air, ketahanan cuaca (panas, dingin, sinar matahari, hujan), tahan kimia (terutama

sulfat), struktur pengerasannya minimal, dan elastisitasnya (fleksibilitas modular) tinggi. Sejarah awal penggunaan beton berasal dari zaman Romawi, sementara penemuan beton baru dimulai pada abad ke-19, yaitu:

- Pada tahun 1824, Aspidine menemukan semen Portland.
- Pada tahun 1850, J.L. Lambot berhasil membuat perahu kecil dari semen.
- Pada tahun 1867, J. Monier, seorang petani Prancis, menemukan bingkai baja sebagai bar untuk bar beton yang dia bangun.
- Untuk pertama kalinya, pada tahun 1888, Cologne memperkenalkan teori dan desain konstruksi beton.
- Pada tahun 1906, C.A.P. Turner memperkenalkan plat datar tanpa beam. Pada tahun 1938, teori terakhir tentang desain kekuatan dibuat di Uni Soviet.
- Pada tahun 1956, teori kekuatan batas diciptakan di Amerika Serikat dan Inggris.

#### **5.4 Beton Tersusun Beberapa Material**

Bahan beton, atau bahan pembentukan, terdiri dari semen, kombinasi agregat halus dan kasar, dan air sebagai agen ikatan. Berikut adalah deskripsi komposisi bahan campuran beton (Tjokrodimuljo, 1996):

##### **a. Cement dari Portland.**

Semen adalah bubuk halus yang diproduksi dengan menggiling klinker yang muncul dari pembakaran campuran batu kapur dan elemen yang terdiri dari silika, aluminium, dan oksida besi, dengan gips sebagai aditif dalam jumlah yang tepat. Fungsi semen adalah untuk mengikat partikel agregat untuk membentuk massa padat dan mengisi lubang udara antara agregat. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus

disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknologi yang diberikan.

b. Agregasi

Sebuah agregat adalah partikel mineral yang merupakan hasil dari dekomposisi alami batu atau hasil dari mesin yang memecah batu alam yang digunakan sebagai bahan pengisi beton. Aggregate harus didistribusikan sedemikian rupa sehingga massa beton lengkap dapat bertindak sebagai objek integral, homogen, dan kohesi, di mana agregat kecil berfungsi sebagai pengisi untuk kesenjangan antara agregat besar. Aggregate terdiri dari dua kategori, yaitu, agregat mentah dan agregat halus. (pasir). Kandungan agregat beton adalah sekitar 60-80% dari total volume. Agregat memiliki pengaruh besar pada kualitas beton; oleh karena itu, pemilihan agregat adalah aspek penting dari produksi beton.

c. Air

Air digunakan sebagai bahan beton dan mixer untuk membantu operasi. Air dapat bereaksi dengan sperma, membentuk agregat yang terikat yang memiliki dampak negatif pada kekerasan beton. Ketika digunakan sebagai bahan baku bangunan beton, udara harus memenuhi standar tertentu. Jika Anda tidak dapat memahami yang di atas, silakan jangan menggunakannya, karena akan memiliki dampak buruk pada kekuatan beton yang akan dibangun. Bahan untuk membuat beton adalah sebagai berikut: ringan, bebas lumpur, dan bahan yang dapat memecah beton, seperti kayu, senyawa asam, zat organik, minyak, dan alkali.

## 5.5 Jenis-jenis Beton

Ada beberapa jenis beton, yaitu sebagai berikut (Mulyono, 2004):

### 1. Beton Ringan.

Beton ringan adalah jenis beton yang dibuat dengan berat yang lebih ringan daripada beton biasa. agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan memiliki berat 800-1800 kg / m<sup>3</sup> dan kekuatan tekanan 6,89-17,24 MPa.

### 2. Bersifat konkret.

Beton biasa adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan memecah sebagai agregat kasar, sehingga memiliki berat jenis beton antara 2.200 dan 2.400 kg / m<sup>3</sup> dengan tekanan yang kuat sekitar 15 dan 40 MPa.

### 3. Beton yang berat

Beton berat adalah beton yang diproduksi dari agregat yang memiliki kandungan berat lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2.400 kg/m<sup>3</sup>. Untuk produksi beton berat, kami menggunakan agregat yang memiliki berat yang besar.

### 4. Massa beton (mass concrete)

Ini disebut beton massal karena digunakan untuk pekerjaan beton besar dan massal, misalnya, tiang, saluran, fondasi, dan jembatan.

### 5. Iron-cement

Iron-cement adalah bahan komposit yang diperoleh dengan memberikan tulang dalam bentuk kawat baja sebagai daya tarik dan kekuatan fingering untuk mortar semen.

## 6. **Fiber Concrete (beton serat)**

Serat beton adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan serat lainnya. Serat dalam beton membantu mencegah retakan, membuatnya lebih lembut daripada beton biasa.

Berdasarkan kelas dan kualitas beton, ada tiga kategori beton berdasarkan kelas dan kualitasnya:

### 1. **Beton kelas I,**

Hal ini berlaku untuk pekerjaan non-struktural. Untuk implementasinya, tidak diperlukan pengetahuan khusus. Pemantauan kualitas terbatas pada pemantauan ringan kualitas bahan, sementara kekuatan tekanan tidak diperlukan. Kualitas kelas I ditandai dengan B0.

### 2. **Beton kelas II,**

Artinya, ini adalah beton untuk pekerjaan struktur umum. Eksekusinya memerlukan perhatian terhadap detail dan harus dilakukan di bawah tenaga-tenaga ahli pimpinan. Beton kelas dua dikategorikan menurut standar bersama B1, K 125, K 175, dan K 225. Dalam mutu B1, mutu pengawasan terbatas pada mutu bahan-bahan, sedangkan mutu kekuatan tekan tidak dikenakan perlakuan khusus apa pun. Dengan mutu K-125 dan K-175, pengukuran konstan kekuatan tekanan beton diperlukan berdasarkan mutasi objek uji.

### 3. **Beton kelas III,**

Dalam pekerjaan yang structural, beton lebih menuntut daripada K225. Desain melibatkan perhatian yang cermat terhadap detail dan harus dilakukan pada tingkat kepemimpinan yang berpotensi oleh para ahli. Dilaporkan bahwa ada laboratorium beton dengan peralatan lengkap dan dikelola oleh seorang ahli energi

yang mampu memantau kualitas beton secara berkelanjutan.

## 5.6 Kuat Tekan Beton

Penyebab utama dari beton yang kuat adalah beban dasar per unit besar, yang mengakibatkan beton uji benta dihancurkan ketika beban adalah jenis beton saat ini, yang dibuat oleh mesin beton. Menggunakan tes silinder 15 cm x 30 cm, tes tekanan yang kuat dilakukan pada usia 28 hari. Axial yang tersebar di mesin tekanan yang kuat akan dihilangkan oleh dinding luar silinder. Formulir pers yang tepat adalah:

$$f_c' = \frac{P}{A} \text{ (Mpa)}$$

Keterangan:

$f_c$  = tekanan beton (MPa).

P = beban axial (N).

A = area penampang objek uji (mm<sup>2</sup>).

Adapun faktor-faktor yang menentukan tekanan beton, mereka adalah sebagai berikut:

1. Cuaca buruk memiliki dampak pada perkembangan dan kontraksi yang disebabkan oleh perubahan panas dan dingin.
2. Kekuatan penghancur kimia, seperti air laut (garam), asam sulfur, alkali, sampah, dll.
3. Ketahanan terhadap haus (abrasion) yang disebabkan oleh gesekan orang, kendaraan, gerakan gelombang, dll.
4. Bahan kompresi beton, seperti air, semen, agregat, admixture, dan bahan tambahan.
5. Metode campuran, yaitu, penentuan proporsi bahan, fusi, dispersi, kompresi.
6. Perawatan, drainase atau penyelaman, suhu, dan waktu.

7. Kondisi pada saat casting, yang sebagian besar ditentukan oleh lingkungan sekitar.

### 5.7 Keunggulan dan Kelemahan dari Beton

Beton memiliki keuntungan sebagai berikut:

- Harga rendah. Hal ini karena bahan perakitan beton menggunakan bahan dasar yang terbuat dari bahan lokal, tidak termasuk semen portland. Hanya di daerah-daerah tertentu, di mana sulit untuk mengumpulkan pasir atau vegetasi, harga beton bisa sedikit lebih mahal.
- Beton terbuat dari bahan yang memiliki kekuatan tekanan tinggi dan ketahanan korosi dari kondisi lingkungan. Ketika dibuat dengan benar dan kuat, tekanan sama dengan batu yang sebenarnya.
- Beton segar dapat dengan mudah dibawa atau dibentuk ke ukuran apa pun sesuai dengan kebutuhan Anda. Printer juga dapat digunakan berulang kali. Tekanan cetak yang tinggi berarti bahwa, jika dikombinasikan dengan baja tahan karat, dapat dikatakan tahan terhadap bangunan besar. Beton segar dapat disemprotkan ke permukaan beton lama yang rusak atau ditempatkan ke dalam retak beton dalam proses rehabilitasi.
- Beton memiliki ketahanan panas dan api yang sangat baik, sehingga biaya pemeliharaan dimasukkan.

Sementara kekurangan beton adalah sebagai berikut:

- Karena tarikannya yang kuat sehingga mudah untuk dikerjakan ulang, beton memerlukan baja tulangan untuk dikubur.
- Beton keras mengembang dan segar pada saat pengeringan, jika basah sehingga diatasi (construction joint) perlu diadakan pada beton yang berdimensi besar untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan

pengembangan beton. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan untuk mencegah terjadinya perubahan lingkungan serupa di masa depan. Beton dapat memperkuat dan melunakkan perubahan lingkungan.

- Beton sulit dibersihkan setelah terkena air; oleh karena itu, selalu tenggelam di air yang mengandung kotoran yang merekat di permukaannya.
- Beton mempunyai berat jenis yang tinggi, maka harus dipotong dan dipoles secara merata agar setelah digabungkan dengan berat jenis yang rendah menjadi berat jenis yang tinggi.



# Bab 6

## Durabilitas Struktur Beton Di Lingkungan Laut

### 6.1 Beton di Lingkungan Air Laut



**Gambar 6.1** Concrete Pier Construction Steel Structure In The Sea

Beton banyak digunakan sebagai bahan bangunan di lingkungan laut seperti jembatan, gerbang, banjir, pilar, jetties, dan sebagainya. Dalam proses konstruksi bangunan seperti itu, kontak dengan air laut kadang-kadang tidak dapat dihindari,

termasuk ketika beton masih dalam proses pengolahan. (curing).

Garam utama yang ditemukan dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%) dan kalium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) berasal dari bikarbonat, bromida, asam borat, strontium, dan florida. (Hidayat, 2011:3). Kandungan klorida (Cl) yang tinggi dalam air laut adalah garam yang agresif terhadap bahan lain, termasuk beton. Kerusakan dapat terjadi pada beton sebagai akibat dari penetrasi air laut yang agresif ke dalamnya dengan senyawa di dalamnya, mengakibatkan beton kehilangan beberapa massa, kehilangan kekuatan dan ketahanan, dan mempercepat proses pencairan.

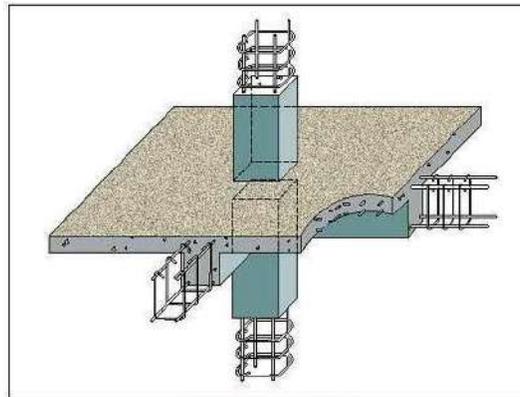
Garam natrium yang ditemukan dalam air laut dapat berbahaya ketika dikombinasikan dengan agregat alkali reaktif, sama seperti ketika digabungkan dengan semen alkali. Oleh karena itu, air laut tidak boleh digunakan untuk beton yang diketahui memiliki potensi untuk agregat alkali reaktif, bahkan jika kandungan alkali rendah. (Nugraha, 2007:78). Garam, seperti kalsium klorida dan magnesium chloride, akan bereaksi secara kimia dengan semen, mengurangi waktu penetapan. Kekuatan awal meningkat, tetapi kekuatan akhirnya menurun, dan konsentrasi sulfat dalam air laut juga bias, menyebabkan kerusakan pada pasta. Selain reaksi kimia, kristalisasi garam dalam rongga beton dapat mengakibatkan kehancuran karena tekanan kristalisasi. Karena kristalisasi terjadi pada titik penguapan air, serangan terjadi di dalam beton di atas permukaan air. Garam naik di dalam beton dengan tindakan kapiler, sehingga serangan hanya terjadi jika air dapat diserap dalam beton. (Nugraha, 2007:76,169).

Porositas beton sangat penting, terutama di bangunan pantai dan bangunan yang berdekatan dengan tanah. Pada bangunan di tepi pantai, beton akan bertabrakan dengan air

asin yang mengandung NaCl, yang dapat menyerap ke dalam beton sehingga dapat merusak dan bahkan menghancurkan beton. Akibatnya, beton pecah menjadi potongan-potongan bebas.

Oleh karena itu, untuk mengurangi kerugian yang disebabkan oleh pengaruh klorida dan sulfat pada beton ini, seringkali beton berkualitas tinggi digunakan. Hal ini dimaksudkan untuk membuat penetrasi air laut menjadi beton lebih sulit karena kepadatan beton yang tinggi, sehingga kekuatan beton yang ada di lingkungan laut tidak berubah.

## 6.2 Keberlanjutan Konstruksi Beton di Lingkungan Maritim



Sumber: Chen & M. Lui, 2005

**Gambar 6.2** Keberlanjutan Konstruksi Beton Di Lingkungan Maritim

Laut adalah tempat paling murni di Bumi, mencakup 70% permukaan planet ini, dan termasuk organisme yang sangat bermusuhan. Oleh karena itu, bangunan atau struktur bawah air yang terbuat dari logam, seperti batu, pohon, atau rumput laut, telah dilindungi untuk mencegah erosi terumbu karang. Bentuk perlindungan yang paling umum digunakan adalah selimut beton, atau linen beton. Meskipun telah diuji dengan berbagai jenis beton, sering ditemukan bahwa blok beton adalah korosif, yang dapat menghambat kemampuan struktur untuk berfungsi. Kami akan membahas penyebab dan

efek pemutihan karang pada beton baja, yang digunakan untuk membuat berbagai struktur di sekitar laut.

### **6.2.1 Bahan**

#### **A. Keuntungan beton**

Keuntungan dari beton di atas bahan bangunan lainnya adalah:

1. Harga relatif murah karena menggunakan bahan dasar dari bahan lokal.
2. Beton termasuk bahan aus dan tahan api, sehingga biaya pemeliharaan termasuk rendah.
3. Beton mencakup bahan dengan ketahanan tekanan tinggi serta sifat ketahanan terhadap korosi dan degradasi oleh kondisi alam.
4. Ketika dibandingkan dengan sepasang batu, ukuran lebih kecil.
5. Beton segar dapat dengan mudah dibawa atau dicetak dalam bentuk dan ukuran apa pun, tergantung pada keinginan Anda.

#### **B. Kekurangan Beton**

Kekurangan beton dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya adalah:

1. Karena beton memiliki pegangan terbatas, mudah pecah; oleh karena itu, baja tulang diperlukan untuk memegangnya.
2. Beton segar menyusut selama pengeringan, dan beton keras memperluas jika basah; oleh karena itu, sendi bangunan harus disimpan pada beton skala besar untuk memberikan ruang untuk pengerasan dan pengembangan beton.

3. Beton dapat memperlus dan menyusut ketika ada perubahan suhu; oleh karena itu, perlu untuk tegang untuk mencegah munculnya retakan karena variasi suhu.
4. Beton sulit untuk menyerap air dengan benar, sehingga selalu dapat memasuki air, dan air membawa garam dapat merusak beton.
5. Beton adalah karet; oleh karena itu, harus diambil dengan benar dan terperinci sehingga ketika dicampur dengan baja, tulang menjadi baja.

### **6.2.2 Permasalahan**

Lokasi yang paling agresif di lingkungan maritim adalah zona atmosfer dan zona splashing, karena kandungan oksigen sangat tinggi di zona ini, yang meningkatkan tingkat korosi. (crevice).

- Agresivitas lingkungan laut disebabkan oleh berbagai variabel, seperti: air laut adalah elektrolit dengan sifat konduktivitas yang kuat.
- Kandungan oksigen yang terlarut cukup tinggi.
- Suhu di permukaan laut biasanya tinggi.
- Dalam air laut, ion klorida agresif.
- Biofouling.

### **6.2.3 Struktur beton yang tahan lama di lingkungan laut**

Rekomendasi untuk mendapatkan struktur beton yang tahan lama di lingkungan laut:

- Penggunaan bahan dasar beton (seperti agregat) dan beton berkualitas baik.
- Semakin korosi lingkungan, semakin tebal lapisan semen yang dibutuhkan.

- Kondisi korosif, maka kondisi lebar patah tulangan akan muncul di beton.
- Perlindungan terhadap tulang. (Menghindari rusak):
- Menyediakan clearance tulang.
- Kondisi lingkungan korosif, maka selimut lapisan beton tebal sangat diperlukan.

#### Tahap Implementasi:

- Menggunakan bahan dasar berkualitas tinggi untuk terpenuhi syarat khusus sesuai standar.
- Pembuatan beton dilakukan dengan baik, kompresi secara teliti.
- Pemeliharaan khusus
- Kompresi yang baik.
- Penggunaan baja tulang sangat baik dan konstan.
- Ketidaksiharian dalam kualitas bahan logam dapat menyebabkan korosi.
- Menggunakan pelindung yang tepat

Tindakan yang tahan lama dan merusak lingkungan yang menyebabkan kegagalan struktural, terutama struktur beton padat yang terkena lingkungan agresif yang sedang diselidiki, adalah lingkungan laut, di mana tindakan destruktif adalah peristiwa korosi pada baja penghalang yang disebabkan oleh penetrasi ion klorida dari sumber air laut. Model usia, didefinisikan sebagai tahap awal korosi, mengacu pada kondisi batas, yang merupakan kondisi di mana konsentrasi klorin di tulang setelah dan pada jarak tertentu telah melebihi atau sama dengan nilai ambang klorin yang ditentukan.

#### 6.2.4 Lingkungan yang Agresif

Menurut Komite ACI, kondisi agresif pada beton membuatnya rentan terhadap serangan kimia seperti klorida, sulfat, asam karbonat, dan air laut. Asiditas air laut biasanya berkisar dari 8,2 hingga 8,4. Secara umum, air asin mengandung 3,6% hingga 4% garam larut, yang terdiri dari 75% natrium klorida (NaCl), 10% magnesium sulfat (MgSO<sub>4</sub>), dan 10% garam sulfat. (Magnesium Sulfate, Gypsum, and Potassium Sulfate). NaCl tidak bereaksi dengan hidrasi semen. Banjir garam di pori-pori, bagaimanapun, akan menyebabkan kerusakan. Hal ini terutama berlaku ketika beton ditempatkan di antara garis resesi.

Untuk beton padat, penyerapan air laut oleh beton mempromosikan pembentukan anoda dan katoda, yang berpuncak dalam proses elektrolit ion-ion ini yang menyebabkan korosi di sel baja karena degradasi beton sekitarnya. Cl-vapor di permukaan laut dapat merusak struktur di atasnya dari jarak sekitar 20 m. Korosi tulang sekitar 2,5 kali lebih besar dalam volume, menyebabkan beton pecah. (perlindungan terhadap korosi yang diinduksi klorida).

#### 6.2.5 Derajat Keasaman

Besi dalam beton sebenarnya tahan terhadap korosi karena kualitas alkali dari beton (pH 13-14), sehingga menghasilkan lapisan pasif pada permukaan besi dari beton. Asid beton berada dalam kondisi dasarnya. Kontaminasi beton dalam larutan agresif akan mengakibatkan karbonasi dan penetrasi klorida ion-ion dan gas CO<sub>2</sub>, sehingga cenderung menghapus karakteristik dasar dan merusak lapisan pasif pada permukaan besi.

#### 6.2.6 Kadar Klorida (*Chloride Content*)

Kandungan klorida, juga dikenal sebagai tingkat klorin, adalah salah satu metrik yang paling penting untuk menilai

kualitas beton, terutama ketika ada korosi karena tingkat ion. Beton ini terdiri dari berbagai campuran bahan, termasuk udara, partikel, embossing, dan aditif. (3-2854 -1992, SNI) Jumlah maksimum ion klorida tidak boleh melebihi nilai batas yang ditetapkan. Jumlah maksimum ion klorida Konstruksi konkret dari berbagai jenis Komponen dalam beton dinyatakan dalam % dari massa semen.

- Beton dipanaskan: 0,06
- Beton padat dikombinasikan dengan 0,15 klorida
- Beton keras yang selalu kering atau dilindungi dari kelembaban
- Pembuatan beton murni: 0,30

#### **6.2.7 Half Cell Potential**

Fungsi dari metode potensial setengah sel Metode pemeriksaan ini mencakup teknik untuk menentukan kekuatan potensinya tanpa lapisan pelindung beton di laboratorium. Untuk menentukan ukuran korosi pada baja tulang. Potensi semi-sel ini dapat digunakan untuk semua sampel, terlepas dari ukuran atau kedalaman lapisan penutup beton pada baja sumbu, dan dapat digunakan kapan saja selama masa hidup balok beton. Dalam hal ini, potensi setengah sel hanya dapat digunakan pada sumbu yang ditutupi dengan beton. Hasil yang diperoleh dari tes ini tidak boleh dianggap sebagai alat untuk memperkirakan bahan struktural yang membentuk batang baja atau beton. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, sumber data lainnya, seperti kandungan klorida dan tingkat keasaman beton, diperlukan.

Bagian-bagian Half Cell Potensi (ASTM C 876-91)

1. Setengah sel yang terbuat dari sulfat tembaga terdiri dari tabung keras atau wadah yang mengandung bahan dielektrik yang tidak bereaksi dengan tembaga atau sulfat

cooper, kayu menyerap atau sumbu plastik yang selalu basah karena kekuatan kapiler, dan tongkat tembaga yang dimasukkan ke dalam tabung pada larutan sulfat tembaga jenuh. Solusi ini harus dibuat dengan reagen tembaga-sulfat yang larut dalam air larut. Ketika larutan disimpan di dasarnya, dapat dianggap jenuh. Tabung yang digunakan memiliki diameter tidak kurang dari 1 inci (2,54 cm); diameter sumbu penyerap tidak boleh kurang dari 0,5 inci (1,3 cm), diameter tiang tembaga tidak boleh lebih kecil dari 0,25 inci (0,6 cm) dengan panjang kurang dari 2 inci (5 cm).

2. Distributor kabel saat ini digunakan untuk menyediakan jembatan retensi daya rendah antara permukaan beton dan setengah sel. Perangkat ini terdiri dari sejumlah sensor pre-moist dengan pemegang listrik rendah dalam bentuk solusi. Jalur ini dapat dibungkus sepenuhnya, dan potensi setengah sel, sebagian atau seluruhnya, mencerminkan kandungan kimia dari lingkungan elektroda. Misalnya, peningkatan konsentrasi klorida dapat mengurangi konsentrasinya ion sulfur di bagian anoda baja, sehingga menurunkan (dan membuat lebih negatif) nilai potensial.

### **6.2.8 Corrosion Inhibitor**

Penelitian inhibitor korosi telah membuat kemajuan, yang memenuhi kebutuhan industri konstruksi dalam pembuatan beton padat di bawah kondisi yang menuntut. Untuk memenuhi kebutuhan ini, inhibitor macacorrosion juga telah ditingkatkan, baik dalam hal tingkat efisiensi dan aplikasi yang semakin praktis. Seperti yang kita tahu, inhibitor korosi umumnya digunakan di negara-negara maju saat ini. Ini adalah tantangan bagi industri beton Indonesia untuk juga dapat menerapkan inhibitor korosi secara lebih umum.

Inhibitor korosi tidak hanya dapat digunakan untuk mengurangi terjadinya korosi pada kolom beton, tetapi juga dapat secara otomatis memperpanjang umur beton padat dalam

situasi yang menuntut. Untuk memenuhi permintaan ini, kami mengembangkan inhibitor korosi yang dapat dengan mudah diterapkan dan memiliki tingkat efisiensi yang tinggi tanpa mengurangi kekuatan, permeabilitas, atau kualitas beton itu sendiri.

Perbedaan fundamental antara beton padat dan penghambat korosi dan non-korosi, di mana penggunaan penghambat dimaksudkan untuk mencegah terjadinya reaksi bahan kimia agresif dengan logam besi yang dapat menyebabkan munculnya korosi. Dalam beton non-korosi, inhibitor dalam beton tertutup tidak akan dapat mencegah proses kimia yang dapat menyebabkan beton menjadi korosif. Salah satu inhibitor korosi yang saat ini sedang dikembangkan adalah Inhibitor Korosi Ferrogard 903. Inhibitor dapat didefinisikan sebagai zat yang, ketika diterapkan dalam jumlah kecil pada lingkungan yang korosif, secara efektif memperlambat atau mengurangi tingkat korosi yang ada.

### **Ferrogard 903 adalah inhibitor korosi.**

Ferrogard 903 adalah inhibitor korosi yang umumnya digunakan untuk melapisi permukaan beton padat. Ketebalan lapisan film pada permukaan tulang yang diproduksi oleh Ferrogards 903 adalah setebal 10-8 m. Pengujian inhibitor korosi untuk Sika Ferrogards 901 dan 903 dilakukan. Ferrogard 903 menggabungkan asam amino dengan inhibitor organik dan anorganik. Lapisan film ini mencegah oksigen dari memasuki tulang katoda dan membuat baja lebih larut dalam anoda.

## **6.2.9. SERANGAN KIMIA PADA BETON**

### **A. Serangan Sulfat**

Elemen peran  $MgSO_4$ : dari air laut atau darat  $Ca(OH)_2$ : Efek samping dari reaksi hidrasi beton dan semen C3A adalah salah satu senyawa kimia yang ditemukan dalam semen portland.

Bentuk Reaksi:

Pertukaran ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$

Reaksi lanjutan terhadap gypsum:

Pencegahan:

Mengikat  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  menggunakan bahan semen tambahan seperti fly ash, asap silika, dan lumpur mengurangi kandungan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan menggunakan semen tipe II dan V, yang mengurangi kandungan C3A dalam semen (Cement tipe I dan V) dan meningkatkan kepadatan beton (perbandingan w / c rendah). Jenis Pozzolan ini memiliki beberapa keuntungan. Portland cement adalah jenis semen yang diproduksi dengan menggiling kerak semen Portland, yang sebagian besar terdiri dari kalsium silikat yang dihidrolisis dan dilapisi bersama dengan aditif dalam satu atau lebih bentuk senyawa kristal kalsium sulfat dan dapat ditambahkan dengan aditif lainnya.

Menurut ASTM C 618-96, pozolan adalah bahan yang mengandung silika atau silika dan senyawa aluminium. Meskipun pozolan tidak memiliki sifat semen, bentuk halusanya, dalam kehadiran air, akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu normal, membentuk senyawa dengan sifat seperti semen. (kalsium silikat dan kalsium aluminat hidrat).

Dibandingkan dengan sifat fisik semen Portland, kekuatan awal Portland Pozolan sedikit lebih rendah, tetapi dalam pengembangan reaksi berikutnya, akan ada dua reaksi serupa, yaitu, reaksi antara Portland Cement dan air dan interaksi antara aktif (amorf) silika dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan air, sehingga kekuatan Portland pozolan menjadi semakin tinggi.

Perbedaan antara aktivitas peningkatan ketahanan SBC terhadap serangan air laut dan sulfat di SBC dan Portland Cement type II dan jenis V dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menghilangkan pembentukan entrinitis dengan menurunkan C3A ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Dalam semen Portland Type II dan Type V, C3A dikurangi pada maksimum 8% dan 5% berturut-turut, sedangkan di SBC, tergantung pada tambahan Amorf Silica, semakin besar Amorp Silica ditambahkan, semakin kecil C 3A dan semakin sedikit entringit.
2. Mengurangi pembentukan entrinitis dengan menghilangkan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dari hasil reaksi C3S ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) dan C2S ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) dengan air. Dalam semen Portland, tipe II dan tipe V tidak dapat menghilangkan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , sedangkan di SBC,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dihilangkan dengan mengikat  $\text{Ca}(\text{O})_2$  oleh Silica Amorf, membentuk CSH baru. (gel cement).
3. Meningkatkan kepadatan melalui pembentukan CSH baru (gel cement). Di Portland semen jenis II dan V, tidak ada pembentukan baru CSH, sedangkan di SBC, ada peningkatan kepadatan dengan pengembangan CSE baru.  $\text{SiO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \implies \text{CSH}$

## B. Tindakan klorida

Bentuk Reaksi: Pertukaran ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$

Reaksi ini menciptakan kalsium klorida, yang larut dalam air laut menyebabkan kontraksi bahan, merusak beton.

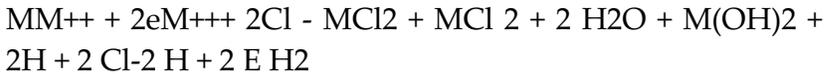
Pencegahan:

- Hubungan dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Pengurangan kandungan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Peningkatan kepadatan beton.

### 6.2.10. SERANGAN MIKROBIOLOGIS DI BETON

- a) Penyebaran korosi (corrosion of spots on mushrooms) Lokal korosif, di mana proses korosi terlokalisasi ke dalam suatu

wilayah dan mencoba menembus kondisi logam atau material yang bersangkutan. Kehadiran ion-ion klorida, yang merupakan katalis auto-katalitik, adalah penyebab korosi pitting. Dalam kehadiran air, garam klorida ini akan dihidrolisis dan menciptakan ion klorin.



Ketika lapisan film pelindung korosi pecah atau rusak, itu akan terjadi secara lokal. Dengan kehadiran oksigen, proses pitting akan dipercepat. Sebuah bentuk anoda akan terbentuk pada lapisan film perlindungan korosi, dan lapisan pelindung yang tidak rusak akan bertindak sebagai katoda. Produk korosi menyebabkan terjadinya sumur sehingga semakin lama menjadi lebih dalam, dan titik ini adalah tempat konsentrasi tegangan, sehingga dapat menyebabkan korosi tegangan dan kelelahan korosif. (Korosi logam oleh organisme dalam air laut) (stress corrosion cracking).

- b) Selektif serangan (leaching) dengan kehadiran bintik-bintik. Gejala awal kerusakan beton padat ditunjukkan oleh adanya bintik-bintik coklat pada beton di sekitar kolom beton. Node ini adalah hasil dari proses korosi baja, yang dapat menembus permukaan beton tanpa menyebabkan patah tulang, tetapi melalui pori-pori beton.

#### **6.2.11 PERLINDUNGAN SELIMUT BETON DAN MEKANISME KOROSI PADA BAJA TULANGAN**

Selimut beton adalah komposit dari semen portland (campuran silikat kalsium dan aluminat kalsium), pasir, dan bahan lainnya. Selimut beton bekerja mirip dengan lapisan, menawarkan perlindungan yang sangat baik untuk baja tulangan. Selain itu, mencampur semen portland dengan air akan menghasilkan kalsium silikat hidrat dan kalsium hidroksida karakteristik dasar dengan pH antara 13 dan 13.5. Kondisi pori-

pori beton pada dasar ini akan mempertahankan baja dalam keadaan pasif (menciptakan lapisan pasif pelindung) tanpa pelindung.

Selama selimut beton dapat menahan udara dan air, ketahanan korosi akan tetap utuh. Jika selimut pemotongan terlalu tipis atau terlalu pori-pori, kerusakan korosif akan terjadi karena infiltrasi air yang mengandung oksigen yang larut melalui lubang beton. Klorida larut adalah sumber utama korosi pada selimut beton. Ion klorida dapat didapatkan melalui penetrasi air laut atau dari air dan pasir yang digunakan dalam komposisi lapisan beton.

Kehadiran ion klorida agresif akan menghasilkan senyawa asam dan bereaksi dengan membran pasif basal, sehingga sel pasif akan terluka dan baja tulang akan diperbaiki. Korosi yang disebabkan oleh masuknya ion klorin biasanya terjadi secara lokal. Gas karbon dioksida juga dapat menghasilkan korosi di baja tulang, meskipun pada tingkat yang jauh lebih lambat daripada korosi yang disebabkan oleh masuknya ion klorida. Karbonasi selimut beton terjadi sebagai akibat dari interaksi gas karbon dioksida di atmosfer dengan senyawa hidroksida dalam larutan pori-pori lapisan beton.

Terjadinya proses karbonasi ini menyebabkan penurunan pH lapisan beton dan menyebabkan pergeseran potensi korosi baja tulang menjadi korosi aktif. Hal-hal yang meningkatkan masuknya karbon dioksida ke selimut beton termasuk kandungan semen yang buruk, rasio air/semen yang tinggi, pengeringan beton yang tidak memadai, dan keberadaan patah tulang dan cacat pada permukaan lantai beton. Proses karbonasi ini juga dapat meningkatkan porositas selimut beton, sehingga tidak lagi dapat memblokir penetrasi klorida sebagai ion agresif.

## 6.2.12 PENCEGAHAN KOROSI PADA BAJA TULANGAN

Korosi sumbu beton sering dihindari dengan menggunakan sistem perlindungan katodik, baik dengan sistem arus cetak atau dengan sistem anoda. Sistem ini dapat dilakukan dengan tiga cara:

- Diatur pada arus konstan;
- instal pada korektor tekanan konstan
- Potensi Rebar yang dibuat konstan (dengan elektroda standar)

Penggunaan kabel tegangan pra-tekanan pada sistem paksa untuk perlindungan katode harus dilakukan dengan hati-hati karena dapat menyebabkan shock hidrogen. Hydrogel zinc anode atau anode pelindung galva dapat digunakan untuk sistem perlindungan katode dengan anode pin. Selain itu, pencegahan kerusakan beton juga dapat digunakan untuk menghentikan peralihan oksigen dari udara, ion dari klorin, dan karbon dioksida ke beton dengan meningkatkan hari pegangan dan mengurangi porositas beton sebagai berikut:

- i. Menggunakan beton dengan rasio air sebanyak mungkin untuk mengurangi porositas.
- ii. Menggunakan pasir dan kerikil homogen.
- iii. Campuran semen menggunakan air bebas klorida.
- iv. Meningkatkan ketebalan penutup beton.
- v. Senyawa organosilikon menghasilkan ikatan kimia hidrofobik sehingga penetrasi air dan garam larut dapat dikendalikan.
- vi. Baja tulangan yang akan dibungkus dalam selimut beton harus bersih dan bebas dari kerak untuk memberikan ikatan yang baik ke selimut semen.

### 6.2.13 KESIMPULAN

Korosi pada konstruksi beton yang diperkuat dari silinder baja di lingkungan laut dapat terjadi karena oksigen yang larut, penetrasi ion klorida, dan karbonasi beton oleh gas karbon dioksida. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan korosi tulang-tulang baja dari struktur beton meliputi penggunaan:

- Perlindungan katodik;
- Mencegah kerusakan pada selimut beton dengan meningkatkan kekuatan pelekatselimut;
- Meminimalkan porositas selimut semen untuk mencegah penetrasi oksigen larut dalam air, ion klorida, dan gas karbon dioksida.

Beton berkualitas lebih baik adalah pendekatan ideal untuk memperpanjang umur bangunan beton sambil meminimalkan biaya pemeliharaan. Untuk melakukan perbaikan dan penguatan yang tepat dan mencegah hasil yang tidak terduga, kerjasama antara pihak-pihak yang terlibat dalam penyelidikan, pengujian, evaluasi, dan penegakan hukum penting. Oleh karena itu, sangat penting untuk melibatkan semua pihak yang terlibat, mulai dari:

- Konsultan Perencanaan
- Konsultan Pengawasan
- Kontraktor
- Suplayer material

Karena tanpa koordinasi yang efektif, tidak ada hasil maksimum yang dapat diharapkan, dan yang paling penting, setiap langkah harus dilakukan oleh pihak yang berkualitas dan berpengalaman di sektor mereka.

# Research Beton Material Laut Pada Lingkungan Laut

## 7.1 Compressive Strength of Marine Material Mixed Concrete

Adnan, H Parung, M W Tjaronge, R Djamaluddin (2017), Compressive strength of marine material mixed concrete, GCoMSE2017, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 271 (2017) 012066,

**Abstract.** Many cement manufacturers combine fly ash and clinker cement to produce blended cement. PCC is a form of blended cement using fly ash that is manufactured in Indonesian cement mills. To encourage sustainable development in the isolated islands, this present work seeks to explore the suitability of sea water, marine sand that abundantly surrounds the remote island with Portland Composite Cement (PCC), and crushed river stone to build concrete. A slump test was conducted to evaluate the workability of fresh concrete, and a compressive strength test with a stress-strain relationship was carried out to evaluate the hardened concrete that cured using two curing circumstances (e.g., sea water curing and tap water-wet burlap curing). The test findings suggested that fresh concrete had proper workability, and all hardened specimens

appeared to have a satisfactory compaction result. The compressive strength of specimens cured with sea water was higher than that of specimens cured with tap water and wet burlap, although the stress-strain behavior of specimens prepared with sea water, marine sand, and PCC was similar to that of specimens made with PCC and tap water.

## **A. Introduction**

In Indonesia, most of the coal used in this country is burned to generate energy in the coal-fired thermal power plant. Fly ash is the principal byproduct of coal burning. The majority of fly ash is still disposed of in landfills, which presents an environmental issue where a landfill surcharge is needed in many areas. Hence, new recycling processes are necessary to produce value-added goods from fly ash instead of seeing it as a waste item to be disposed of. To get an environmentally friendly technique and to gain material savings through the recycling of waste materials such as fly ash, several cement companies make and develop blended cement containing fly ash, such as Portland Composite Cement (PCC) [1–2]. Currently, most of the concrete structures in Indonesia use PCC instead of ordinary Portland Cement (OPC) or Portland Cement Type I. Therefore, this research aimed to use PCC containing fly ash as a cementitious material. As the world's largest archipelagic state, Indonesia is surrounded by 7.9 million square kilometers of ocean, where many people reside on the remote islands. In this regard, several important works have been conducted to enhance sustainable infra-structure development in the distant islands. The exploitation of sea water and marine sand can minimize the consumption of fresh water and river sand; furthermore, it will cut the cost of concrete work in low-lying areas and distant islands that lack clean water and river sand. Several experiments have been conducted about the manufacture of concrete with sea water and marine sand [3–6].

This research is a component of the ongoing project, which focuses on analyzing concrete built from PCC and marine material. The testing results on the workability of new concrete and compressive strength with the stress-strain relationship of hardened concrete were addressed.

## B. Materials and experimental methods

Tabel 7.1 illustrates the parameters of sea water. The prominent chemicals are Cl, Na, and Mg.

**Tabel 7.1.** Characteristics of sea water.

Density (g/cm <sup>3</sup> )	pH	<u>Chemical composition(mg/L)</u>					
		Na	Ca	Mg	Cl'	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>
1.03	8.53	2085.22	348.35	1973.49	5303.70	134	576.58

The studies were carried out utilizing PCC containing fly ash and prepared by Indonesian cement manufacturers. The parameters of PCC used in this research are provided in Table 7.2 and meet SNI 15-7064-2004 (Indonesia Standard for PCC).

**Table 7.2.** Characteristics of PCC

Physical properties	
Initial setting time (min)	132
Final setting time (min)	224
Specific surface (m <sup>2</sup> /kg)	341
Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )	3.08
Bulk density (kg/L)	1,10
Compressive strength:	
-3days (kg/cm <sup>2</sup> )	162
-7days (kg/cm <sup>2</sup> )	231

- 28 days(kg/cm <sup>2</sup> )	333
Chemical Properties	%
MgO	0.99
SO <sub>3</sub>	1.81
SiO <sub>2</sub>	18.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.41
CaO	61.79
LOI	4.61

Table 7.3 shows several aggregate physical features. Crushed river stone and coastal sand were employed as coarse aggregate and fine aggregate, respectively. Table 4 displays the chemical characteristics of sea sand. All aggregates were used in a saturated surface dry condition, and they were soaked in sea water for 24 hours to achieve a saturated surface dry condition.

**Table 7.3.** Physical properties of aggregates

Property	Crushed Stone(diameterof10-20mm)	Marinesand
Specific gravity Ovendry	2.89	2.43
Saturated Surface Dry	2.91	2.47
Water Absorption (%)	0.62	1.75

**Table 7.4.** Chemical Composition of Marine Sand.

Chemical Composition (%)						
<u>Mg</u>	<u>Fe</u>	<u>Ca</u>	<u>Al</u>	<u>Cl</u>	<u>SiO<sub>2</sub></u>	<u>Mg</u> <u>O</u>
1.1	3.6	1.8	12	0.04	51190	1.95

**Table 7.5** displays the proportion of concrete mix. The mixture was created in the laboratory. The slump design was  $10 \pm 2.5$  cm. Fresh concrete was poured into a cylindrical mold with a diameter and height of 10 cm and 20 cm, respectively. All specimens were demolded after 24 hours of casting. After demolding, the specimens were separated into two sets based on the curing condition. Two curing conditions—wet burlap curing with tap water and seawater immersion curing—were designed.

**Table 7.5.** Mix Proportion of Concrete (1 m<sup>3</sup>).

w/c	Water	Cement	(Fine aggregate) Marine sand	(Coarse aggregate) Crushed stone
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
0,4	204	513	477	1099

The slump test was done according to SNI 1972–1990 (Method of Test for Slump Test). The compressive strength and static modulus were examined according to SNI 1974–2011 (Method of Test for Compressive Strength of Concrete). Two load-variable transducers for displacement (LVDT) are used to measure displacement and calculate vertical strain under compressive stress. The compressive load and vertical strain were recorded using a computerized data logging system.

## C. Results and discussion

### Slump test

Fresh concrete had a slump value of 9 cm and met the slump design of  $10 \pm 2.5$  cm. Visual observation (Figure 1) demonstrated that the new paste formed with sea water and PCC could preserve the combination's workability and homogeneity without segregation; bleeding did not occur, and there were no coarse particles pilling at the bottom of the specimen.

### D. Compressive strength and stress strain behavior



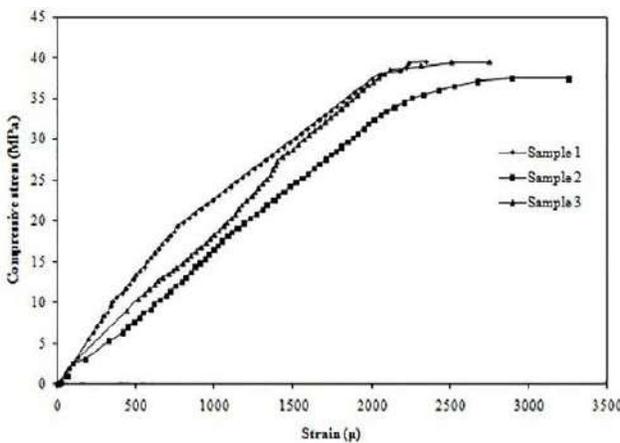
Figure 7.1. Slump Test.



Figure 7.2. Compressive Strength Test

The visual observation of the cylindrical specimens before the compressive strength test demonstrates that the surface of hardened concrete was smooth without any honeycomb, huge air gaps, or pilling of coarse aggregates. This study demonstrated that fresh concrete consisting of sea water, marine sand, PCC, and crushed river stone may be poured, and retaining mixture homogeneity led to a good attainment of compaction.

Figure 7.3. illustrates the stress-strain behavior curves of the three hardened concrete specimens that were cured in sea water for 28 days. The concrete specimens reached a fracture strain of 2755 to 2900  $\mu$ . The average compressive strength was 38.87 MPa.

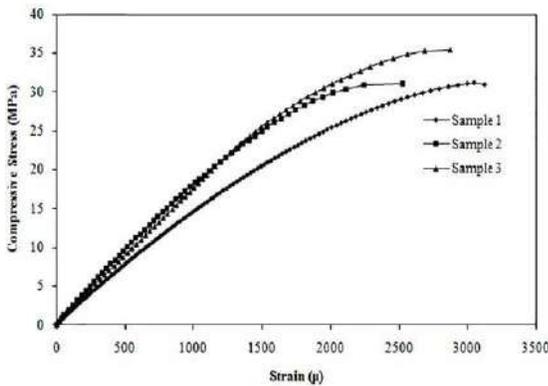


**Figure 7.3.** Stress-Strain Curve of Concrete Cured in The Sea Water

Figure 4 displays the stress-strain behavior curves of the three hardened concrete specimens that were cured with tap water-wet burlap for 28 days. The standard concrete sample had a fracture strain of 2500 to 3100. The average compressive strength of a standard concrete specimen was 32.46 MPa.

Based on the results of the compressive strength test, it can be noticed that an interaction between all materials through

the bond between the paste made with sea water and PCC and the aggregates can achieve a good capability for concrete made with sea water, marine sand, PCC, and river coarse aggregate to load transfer from the paste to the aggregates and vice versa. Such features assure the capability to endure the compressive load.



**Figure 7.4.** Stress-Strain Curve of Cured With Tap Water-Wet Burlaq

Based on figures 3 and 4, it was discovered that the compressive strength was 19.74% greater by employing sea water curing when compared with the concrete cured with tap water-wet burlap. This phenomenon demonstrated that the presence of salt in seawater and marine sand did not alter the hydration process. Sea water can be utilized to cure concrete, and the right hydration process for concrete can take place to achieve strong compressive strength.

Furthermore, it can be noted that, based on the literature review [7], the strain value of concrete formed with sea water, marine sand, PCC, and crushed river stone is equivalent to that of regular concrete manufactured with OPC and fresh water.

## E. Conclusions

- c) The slump test result showed that fresh concrete had proper workability, while the hardened specimen exhibited that the

mixture can maintain its homogeneity during the pouring process into the mold, and the compaction process led to achieving a good compaction result without honeycombs, and a large void appeared on the surface of the specimens.

- d) The compressive strength test showed that the specimens that were cured in sea water had a higher 28-day compressive strength as compared with the specimens cured with tap water-wet burlap. According to the literature review, the strain value of concrete manufactured using sea water, marine sand, PCC, and crushed river stone was equivalent to that of regular concrete made with OPC and fresh water.

## **7.2 Analisis pasir di pantai Bawasalo sebagai bahan pengganti di bawah tekanan yang kuat dan daya tarik yang kuat dari sisi beton**

Di Indonesia, konstruksi sangat bergantung pada beton sebagai bahan bangunan utama, yang menyumbang sekitar 70% dari total. Berbagai bangunan, struktur yang mengambang, dan kendaraan semua menggunakan beton sebagai bahan bangunan utama. Beton terdiri dari campuran partikel kecil (pasir) dan partikel yang lebih besar (gravel), di mana semen dan pelekat berbasis air ditambahkan untuk membantu dalam reaksi kimia yang terjadi sepanjang proses penyembuhan. Indonesia adalah negara maritim dengan lebih dari 3.700 pulau dan garis pantai yang sangat besar yang membentang 80.000 km. Pulau-pulau ini menampilkan berbagai properti pasir laut. Pasir laut biasanya memiliki partikel kecil, bulat dengan distribusi ukuran konstan (gradasi besar) dan kandungan garam rendah yang tidak cocok untuk digunakan dalam beton. Kehadiran partikel kayu berbentuk halus dan secara teratur menyebar mengurangi kemungkinan partikel-partikel ini bergabung, yang dapat memiliki dampak negatif pada kekuatan dan umur panjang beton. Karena kemudahan ketersediaan dan biaya yang lebih

rendah, pasir laut digunakan sebagai agregat halus untuk beton, dibandingkan dengan akuisisi yang lebih menantang dan mahal dari pasir sungai dan gunung.

Pasir laut mengacu pada pasir yang dikumpulkan dari lokasi pantai. Detail kecil, bulat adalah produk gesekan. Pasir ini sangat tidak menarik karena persentase garamnya yang tinggi. Garam-garam ini menyerap air dari udara, menyebabkan pasir selalu cukup basah dan menyebabkan perkembangan ketika itu sudah sebuah bangunan. Portland Composite Cement adalah ikatan hidrolisis yang dihasilkan dari penggilingan semen portland dan kulit pipa dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil campuran antara bubuk biji portland dengan bubuk anorganis lainnya. Zat-zat anorganik tersebut termasuk oven bertekanan tinggi, pozzolan, senyawa silikat, dan batu kapur, dengan kandungan total 6-35% dari massa semen komposit portland.

Beban tekanan beton adalah ukuran beban per unit area yang menyebabkan item uji beton dihancurkan ketika diisi dengan gaya tekanan yang ditentukan, yang dibuat oleh mesin pressing. Mengenai kekuatan tekanan beton, dapat dinyatakan sebagai berikut:  $f'c = P/A$  atau Ketahanan tekanan beton (MPa) didefinisikan sebagai rasio beban uji maksimum (N) terhadap permukaan objek uji beton. ( $mm^2$ ). Tekanan beton biasanya 8-15% dari tekanan beton. Daya tarik adalah atribut kritis yang menentukan pegangan dan ukuran retakan struktur.

Kuat tarik biasanya dinilai dengan menggunakan percobaan beban silinder, di mana silinder dengan ukuran yang sama dengan objek uji dalam tes tekanan yang kuat ditempatkan di sisi mereka di atas mesin uji dan beban tekanan P diproses secara merata ke arah diameter di sepanjang item uji. Menghitung daya tarik objek uji dengan menggunakan rumus berikut:  $fct = 2.P/LD$ , atau daya tarikan (Mpa), adalah rasio 2

kali beban uji maksimum (N) terhadap persentase antara panjang objek Uji (mm) dan diameter objek Ujian (mm).

Metodologi eksperimental adalah bentuk metodologi penelitian yang digunakan untuk memeriksa dampak dari sampel yang diberikan pada variabel terikat untuk menghasilkan hasil radial. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: 1. alat penelitian: filter, oven, kaca pengukur, skala, stempel beton, mixers, mixer beton, pycnometers, spindles, Abrams clamps, scrapers, bar baja, mesin uji kompresi, dan mesin Los Angeles. 2. bahan penelitian: agregat, PCC semen, air, semen OPC, campuran beton,

### **7.2.1. Pengujian Agregat**

Tes agregat berdasarkan SNI dilakukan terhadap agregat kasar dan halus:

#### **1. Agregasi yang baik**

Agregat halus untuk beton dapat menjadi pasir alami sebagai akibat dari degradasi alami dari batu pasir atau batu. Pasir biasanya berukuran antara 0,15 dan 4,8 mm. Pasir yang baik adalah ketika biji-bijian tajam dan kasar, tidak mengandung lumpur lebih dari 5%, dan permanen, yang berarti mereka tidak rusak atau hancur oleh kekuatan cuaca, seperti matahari dan hujan. Hasil penelitian dapat disajikan dalam Tabel 7.6. sebagai berikut:

**Tabel 7.6.** Pengujian Aggregate Halus (Pasir laut Bawassalo)

No	Karakteristik agregat	Syarat	Hasil
1	Tingkat Mud	Maks 5%	3.90%
2	Tingkat organik	< No. 3	No. 2
3	Tingkat air	2% - 5%	3.52%
4	Berat badan, volume kosong	1,4 - 1,9 kg/liter	1.45
5	Berat volume yang kuat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.89
6	Absorpsi	0,2% - 2%	1.42%
7	Jenis berat	1,6 - 3,3	2.32
8	Modul Pendekatan	1,50 - 3,80	3.29

## 2. Raw Agregasi

Sebuah agregat kasar untuk beton dapat menjadi rumpuk sebagai hasil dari dekomposisi alami batu atau batu hancur yang diperoleh dari batu pecah. Ukuran semak berkisar dari 4,8 mm hingga 40 mm. Sebuah agregat kasar yang sangat baik dihasilkan ketika biji-bijian tetap dan tidak pori-pori.

**Tabel 7.7.** Resume dari Hasil Uji Agregat Kasar

No	Karakteristik agregat	Syarat	Hasil
1	Tingkat Mud	Maks 1%	1.00%
2	Keausan	Maks 50%	10.90%
3	Tingkat air	0,5% - 2%	1.94%
4	Berat badan, volume kosong	1,4 - 1,9 kg/liter	1.83

5	Berat volume yang kuat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.86
6	Absorpsi	Maks 4%	2.25%
7	Jenis berat	1,6 - 3,3	2.96
8	Modul Pendekatan	6,00 - 8,00	7.54

### 7.3. Perancangan Campuran Beton (Mix Design)

Perancangan campuran beton dihitung menggunakan metode SNI 7656:2012. Ini adalah Tabel 7.8.

**Tabel 7.8.** Perancangan Campuran Setiap Variasi Untuk 1 m<sup>3</sup> Beton

Material	B.Normal	B.Pasir laut 50%	B.Pasir laut 100%
W Semen	411,78	411,78	411,78
W Pasir	633,61	251,18	0,0
W Kerikil	1101,61	1101,61	1101,61
B.Pasir laut 50%	0,00	241,32	0,00
B.Pasir laut 100%	0,00	0,00	482,65
Air	203	203	203

### 7.4. Nilai Slump

Nilai slump yang digunakan adalah 75-100 mm, dan tes slump dilakukan sesuai dengan Gambar 1 menggunakan SNI 7656:2012.

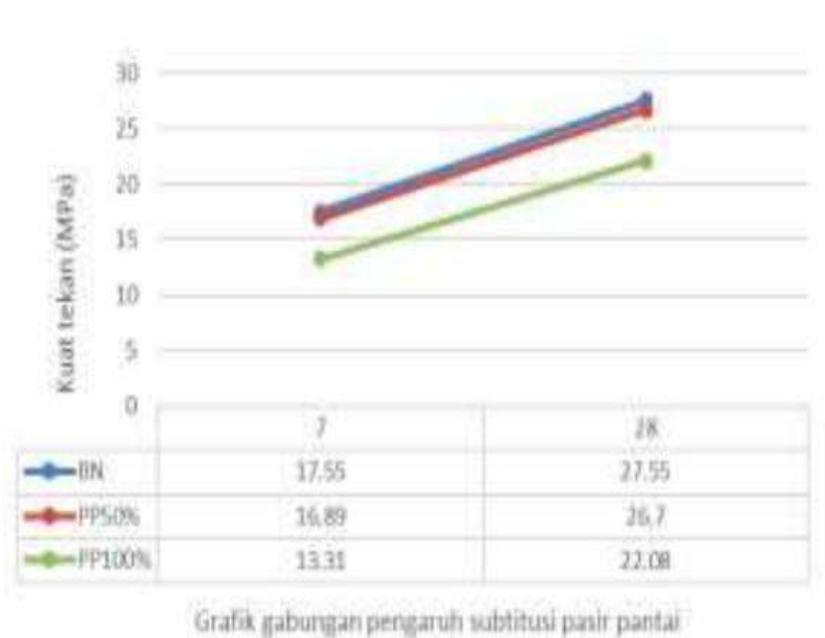


**Gambar 7.5.** Perbandingan Nilai Slump Untuk Setiap Variasi

Menurut Gambar 7.5. kondisi banjir relatif tinggi tanpa pasir pantai atau beton standar. Ketika pasir pantai digunakan dalam penggantian semen, nilai penurunan menurun karena fluktuasi dalam persentase tambahan pasir pantai atau lebih dan lebih pasir pantai menggantikan kapasitas kerja yang buruk. Dalam campuran seperti itu, biji-bijian semen atau pasir dalam campuran terhidrasi sehingga mereka menjadi padat.

## 7.5. Tekanan yang Kuat

Berikut adalah grafik gabungan pengaruh pasir pesisir.



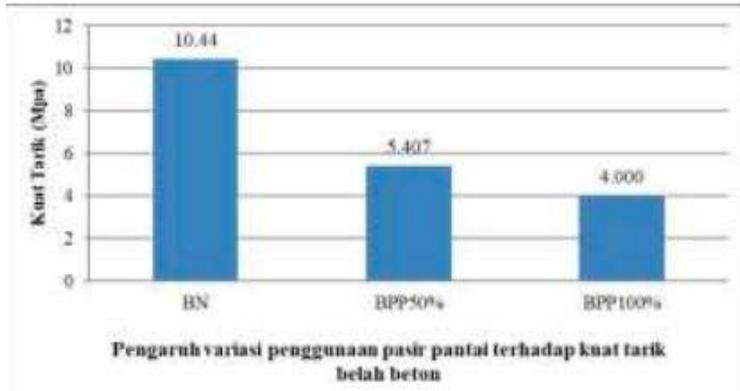
**Gambar 7.6.** Grafik Kuat Tekan Pasir Pantai

Dalam Gambar 7.6., dapat dijelaskan bahwa beton 7 hari mengalami penurunan tajam dalam tekanan dari beton normal sebesar 0,66 MPa dengan variasi 50% pasir pantai dan 4,24 MPa di pasir pantai 100%.

Jadi dapat disimpulkan bahwa beton yang kuat dengan proporsi 50% dari pasangan pantai memenuhi rencana tekanan yang kuat dan dapat digunakan untuk konstruksi, sedangkan semen yang memiliki 100% pasir pantai tidak memenuhi rencana dan membutuhkan perhatian khusus untuk pembangunan.

## 7.6. Kuat Tarik Belah Beton

Di bawah ini adalah grafik yang menunjukkan dampak penggunaan pasir pesisir pada daya tarik beton yang kuat:



**Gambar 7.7.** Grafik Kuat tarik belah beton pasir pantai

Daya tarik beton yang kuat dalam Gambar 7.7. dari pengaruh pasir pesisir dapat dijelaskan oleh fakta bahwa beton karakteristik telah mengalami penurunan tajam dalam daya tarik dari beton normal sebesar 4.963 MPa pada beton pesisir dan pasir sungai sebesar 50% dan penurunan kuat pada daya tarikan dari konklave normal sebesar 6.370 MPa dalam beton pasir pantai sebesar 100%. Dapat disimpulkan dengan kuat bahwa daya tarik berkurang karena fluktuasi proporsi penggantian pasir pantai meningkat.

## 7.7. KESIMPULAN

Hasil pengujian dari karakteristik pasir pantai Bawasalo telah memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai agregat pasir beton sungai campuran. Dampak yang signifikan dari tekanan beton telah berkurang dengan peningkatan presentasi variasi pasir agregat di sepanjang pantai pasir Sungai Bawasalo. Dalam kehidupan beton normal 7 hari pada magnitude 17,55 MPa dan dalam uji 28 hari 27,55 MPa, dalam variasi 50% dari

umur 7 Hari dengan 16,89 MPa dan uji 28-hari dengan 26,70 MPa, dalam variansi 100% dari umur 7-hari dengan 13,31 MPa serta dalam ujian 28 hari Dengan 22,08 MPa sementara kekuatan daya tarik telah menurun bersama dengan peningkatan presentasi variasi agregat pasir pesisir bawasalo dalam ujian umur beton normal 28 hari, 10,370 MPa dalam ujung uji 50% dari 5,407 MPa, dan pada 100% dengan 4,00 MPa.

### **7.8. Perilaku Kuat Tekan Beton Porous Menggunakan Air Laut**

Negara Indonesia adalah sebuah negara kepulauan, terdiri dari 17.504 pulau, dan menurut kesimpulan Konvensi Maritim Internasional, luas perairan Indonesia mencapai 5,9 juta km<sup>2</sup>. (Lasabuda, R. 2013). Kota Parepare, Sulawesi Selatan, adalah salah satu wilayah yang berada di tepi laut, dalam arti bahwa ada potensi untuk menggunakan air laut sebagai bahan campuran beton. Air untuk pembuatan beton setidaknya diklasifikasikan sebagai air minum, yaitu lembut, tidak berbau, ketika dihirup dengan udara yang tidak mengalir, dan seterusnya, tetapi itu tidak menunjukkan bahwa air yang digunakan untuk produsen beton harus memenuhi syarat untuk air minum.

Untuk keadaan tertentu, seperti di daerah air tawar terencil atau di Kota-kota, di mana sudah sulit untuk mengakses air murni, itu tidak membatasi potensi air laut dapat digunakan sebagai campuran beton. Di tempat-tempat tertentu, air bersih dapat menjadi komoditas ekonomi dan harus ekonomis dan terkendali. Ini prevalen di lokasi pantai atau pulau kecil di mana air murni adalah komoditas yang sangat diinginkan. Air bersih lebih ideal untuk pekerjaan rumah tangga. Seperti memasak, mencuci dan mandi. Namun, di daerah-daerah tertentu, air laut adalah produk gratis yang tersedia dengan mudah. Beton pori-pori terbuat dari campuran

semen portland, agregat kasar, sedikit atau tidak ada agregat halus, dan air. (Made, dkk 2021).

Semen porous adalah jenis beton tertentu dengan porositas tinggi yang ditempatkan sebagai plat beton yang memungkinkan air hujan dan air dari sumber lain untuk melewati, sehingga mengurangi kebocoran permukaan dan meningkatkan permukaan air bawah tanah. Biasanya, beton porous menggunakan sedikit atau tidak ada agregat halus dan memiliki cukup pasta semen untuk menutupi permukaan agregat kasar dan mempertahankan interkoneksi porous-porous. (NRMCA, 2004).

Sebagian besar jalan di Indonesia sekarang terdiri dari aspal atau beton yang tidak dapat menyerap air seperti tanah. Jika dikombinasikan dengan sistem drainase yang tidak berfungsi dengan benar, itu meninggalkan air terjebak di jalan, dan jika ditinggalkan untuk waktu yang lama dengan hujan intensitas tinggi yang berkepanjangan, ada risiko banjir. Dari tahun ke tahun, ada peningkatan deforestasi lahan. Meskipun cementasi tidak dapat dihindari karena merupakan salah satu fitur pengembangan infrastruktur untuk pertumbuhan suatu wilayah, kasus ini harus menjadi perhatian khusus karena dapat menyebabkan bencana banjir dan bahaya bagi masyarakat. (Monica dkk, 2019).

Selama musim hujan, salah satu kekhawatiran yang masih diperhatikan di kota Parepare adalah stagnasi air di permukaan jalan, yang dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan mengganggu kegiatan transportasi lokal. Dengan menambahkan beton pori-pori ke bahu jalan, air yang bocor dari jalan diharapkan akan diserap ke tanah, yang dapat mengurangi drainase. Peningkatan penggunaan beton khas menyebabkan lapisan waterproofing untuk memperluas sehingga air hujan tidak dapat menembus tanah, mengakibatkan lebih banyak aliran permukaan. Ini

menyebabkan permukaan air tanah turun, dan ada kemacetan atau banjir di musim basah. Menurut Tegas.id (2020), kekurangan air di berbagai jalan raya di Parepare telah mengganggu kendaraan dan menyebabkan kesulitan menyeberangi jalan; dengan demikian, penduduk setempat memprotes keras dan meminta pemerintah untuk mengatasi masalah tersebut. Beton permeabel, juga dikenal sebagai beton pori-pori, digunakan untuk meringankan banjir lokal di lingkungan perkotaan karena memungkinkan air mengalir melalui infrastruktur yang biasanya tahan air.

Namun, beton permeabel menunjukkan hilangnya kinerja dari waktu ke waktu karena pemblokiran yang disebabkan oleh akumulasi partikel silt di permukaan atau di dalam struktur pori-pori. (He, dkk., 2018) Memprediksi efek blokir kinerja jangka panjang dari beton permeabel adalah kesulitan, dan saat ini tidak ada cara yang dapat diandalkan untuk mengkarakterisasi potensi blokir untuk memungkinkan perbandingan kinerja antara area yang berbeda dari sistem pengeras. Ini sangat penting karena memungkinkan desainer dan pemilik aset untuk membuat keputusan yang lebih baik, menerapkan program pemeliharaan yang efektif, dan memberikan proyeksi kehidupan yang realistis.

Air adalah komponen yang sangat penting, namun itu adalah yang paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga ada reaksi kimia yang mengarah ke ikatan dan melanjutkan proses pengeras pada beton, serta menjadi pelumas antara partikel agregat yang dapat dengan mudah diproses dan dikompres. Untuk bereaksi dengan semen, perlakukan beton setelah memotong (penyembuhan) (Tjokrodinuljo, 1996).

Fungsi udara adalah untuk membasahi agregat dan memberikan kenyamanan dalam kerajinan; Namun, penggunaan udara juga dapat mempengaruhi tekanan beton

yang kuat. Penggunaan faktor udara yang terlalu tinggi (fase) dapat mengakibatkan peningkatan kebutuhan udara, menyebabkan fakta bahwa ketika beton mengering, ia mengandung banyak pori-pori udara yang memiliki efek substansial pada tekanan beton yang rendah. Dalam pembuatan beton, udara adalah salah satu komponen penting karena oksigen dapat bereaksi dengan biji-bijian, yang akan menjadi pengikat agregat.

Air juga mempengaruhi tekanan beton yang kuat, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Air dalam campuran beton akan mempengaruhi: kapasitas kerja penggilingan beton; ukuran besar nilai penggiling semen; kontinuitas reaksi dengan semen Portland, sehingga memberikan kekuatan ruang untuk beberapa waktu; dan perawatan keras penggiliran beton, yang menjamin pengerasan yang baik. Pengalaman dan saran dari sejumlah besar peneliti dan pejabat terhadap penggunaan air laut bertentangan satu sama lain; beberapa mengklaim data yang mengungkapkan implikasi negatif, sementara yang lain tidak mendedahkan dampak negatif. Otsuki dkk, (2011) juga menyarankan bahwa penggunaan air laut dimungkinkan dengan syarat menggunakan campuran sperma dan memberikan kekebalan terhadap baja tulang atau inhibitor.

#### **7.8.1. Hasil Pengujian Agregat**

Pengujian agregat berdasarkan SNI (Indonesia National Standard) dilakukan terhadap agregat kasar. Hasil pengujian diberikan dalam rekapitulasi percobaan yang dilakukan di laboratorium, yang adalah sebagai berikut:

**Tabel 7.9.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Syarat	Hasil
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.90%
2	Keausan	Maks 50%	16.10%
3	Kadar air	0,5% - 2%	1.32%
4	Berat volume lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.64
5	Berat volume padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.79
6	Absorpsi	Maks 4%	2.19%
7	Berat jenis Nyata	1,6 - 3,3	2,65
	Berat jenis SSD	1,6 - 3,3	2.56
8	Modulus kehalusan	6,00 - 8,00	7.23

### **7.8.2. Perencanaan Campuran Beton Porous (Mix Desain)**

Desain campuran beton pori-pori dimaksudkan untuk menentukan persentase campuran antara semen, partikel abrasif, dan air. Campuran desain dihitung berdasarkan metode ACI 522 R Pervious Concrete, dengan hasil sebagai berikut: 1 Data material Air Rope Rate: 20% Volume Weight of Gross Agglomeration Discharge = 1,639 Berat volume agregat bruto yang dilepaskan: 1.787 Ukuran berat = 3,00 Tahap rencana = 0.30 dan 0.35 Jenis Berat (SSD) rough deal = 2.56,55 Absorbansi agregat mentah adalah 2,19%.

**Tabel 7.10.**Perkiraan Volume Padat Tiap 1m<sup>3</sup> beton

No	Perkiraan volume padat tiap 1m <sup>3</sup> beton (m <sup>3</sup> )	Fas	Fas
		0,30	0,35
1	Volume Air	0,113	0,121
2	Volume Padat Semen	0,125	0,115
3	Volume Absolute	0,588	0,588
4	Jumlah Volume Padat	0,825	0,824

**Tabel 7.11.** Komposisi Mix Design 1 m<sup>3</sup>

No	Komposisi mix design 1 m <sup>3</sup>	Fas	Fas
		0,30	0,35
1	Berat Semen	375	346,15
2	Berat Air	112,5	121,15
3	Berat Agregat Kasar	1536,83	1536,83
4	Total Berat	2024,3	2004,14

### 7.8.3. Nilai slump

Uji slump dilakukan dengan nodul Abrams; pertama, melembabkan nodulus Abrams, dan kemudian meletakkannya pada permukaan datar. Kemudian diisi dengan 3 lapisan beton segar, masing-masing lapisan mengisi 1/3 dari volume Abrams 'node' dan terhubung 25 kali, sampai mencapai bagian bawah setiap lapisan. Setelah node diisi, puncaknya diatur. Dalam waktu sekitar 30-62 detik, nodul dibangkitkan dengan lembut lurus secara vertikal, setelah itu nilai reduksi diperoleh dengan mengukur perbedaan ketinggian campuran dengan tinggi nodular.

**Tabel 7.12** Hasil Pengujian Nilai Slump

No	Variasi Campuran	Nilai Slump (cm)	
		Fas	Fas
		0,30	0,35
1	Beton Porous Normal	12,25	16,00
2	Beton Porous Air laut	12,00	17,50
	Keterangan	= 12,00	>12,00

Menurut temuan penelitian yang ditunjukkan dalam tabel di atas, ada variasi kecenderungan antara varian individu. Tersedia dalam bentuk beton konvensional dan campuran. Beton pori-pori dengan campuran laut yang memiliki faktor air semen (FAS) 0,30 memiliki degradasi rata-rata 120 mm, sedangkan faktor air 0,35 semen dipengaruhi oleh deteriorasi purata 175 mm. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa semakin tinggi FAS, semakin banyak udara yang digunakan dalam semen pori-pori.

#### **7.8.4. Kuat tekan**

Uji tekanan yang kuat dilakukan setelah periode perawatan beton pori-pori 28 hari. Adapun hasil tes tekanan beton yang kuat dengan periode perawatan 28 hari, mereka dapat dilihat dalam tabel yang menyertainya:

**Tabel 7.13.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Porous Umur Perawatan 28 Hari.

No	Variasi Campuran	Kuat Tekan (MPa)	
		Fas 0,30	Fas 0,35
1	Beton Porous Normal	6,568	4,435
2	Beton Porous Air laut	6,700	3,774
	Keterangan	<7,00	>3,00

Hasil pengujian uji tekanan beton porous adalah nilai rata-rata dari tiga sampel untuk setiap variasi dari faktor air semen (FAS) dari 0,30 dan 0,35 semen porous, serta campuran beton air laut porous dengan fase yang sama dari 0.30 dan 0.35. Beton porositas normal dengan 0,30 FAS memiliki nilai tekanan yang kuat 6.568 MPa, sedangkan FAS 0.35 dinilai pada 4.435 MPa. Concrete porous dengan campuran air laut memiliki nilai tekanan yang hampir sama dengan beton pori-pori standar, yaitu 6.700 Mpa pada varians faktor air benih (0.30) dan faktor air 0,35 semen. (0.774 Mpa).

#### 7.8.5. Kesimpulan

Karena tekanan beton yang kuat perawatan pori-pori hidup 28 hari, tekanan yang kuat mengalami penurunan signifikan dari faktor air semen. (FAS). Semua studi menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara beton normal dan beton jenuh udara dalam hal tekanan yang kuat. Beton normal memiliki faktor air semen (FAS) 0,3 dan 0,55, atau 6.568 dan 4.435 MPa. Bawah laut ditandai dengan nilai semen udara 0,30 dan 0,35, atau 6.700 MPa dan 3.774 MPa, masing-masing.

Berdasarkan hasil analisis tes tekanan yang kuat, dapat disimpulkan bahwa ada penurunan tajam dalam tekanan dan

penurunan yang kuat dalam nilai faktor air semen (FAS), dengan gambar sisi yang paling sering digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. B. (2018). Investigasi Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampuran Dan Perawatan Terhadap Sifat Beton. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 5(1), 48.
- Alif Hamdillah P, Ayu Putri Aninda, Tira Roesdiana (2015), Durabilitas Struktur Beton di Lingkungan Laut , <https://155coffee.blogspot.com/2015/11/durabilitas-struktur-beton-di.html>
- ASTM C 469-02. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.
- Antiohos S and Tsimas S 2005 Investigating the role of reactive silica in the hydration mechanism of high-calcium fly ash/cement systems, *Cement and Concrete Composites* 27(2)171-181
- Celien Quinli Ondang, Steenie E. Wallah, & Windah, R. S. (2020). Sifat Mekanik Dan Permeabilitas Beton Porous. *Jurnal Sipil Statik Universitas Sam Ratulangi Manado*, 8(4), 4–9.
- Desmaliana, E., Hazairin, H., Herbudiman, B., & Lesmana, R. (2020). Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Beton Porous dengan Variasi Faktor Air Semen. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 19–29.
- Fukute, T. Yamamoto, K. and Hamada, H. (1990), "Study on the Durability of Concrete Mixed with Sea Water" Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.3, pp. 57-89.
- Ginting, A. (2010). Perbandingan Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi Seragam Dengan Gradasi Menerus. *Prosiding Seminar Nasional*, 2000, 377–383.

- Ginting, A. (2019). Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous dengan Bahan Pengisi Styrofoam. *Jurnal Teknik Sipil*,11(2),76–98.
- Hasaba, S. Kawamura, M. Yamada, H. and Takakuwa, J. (1975). "Several Properties of Concrete Using Sea Waters as Mixing Water", *Journal of the Society of Materials Science, Japan*, Vol.24, No.260, pp. 425-431
- <http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/17/21>
- [http://perpustakaan.pusjatan.pu.go.id/repositori/system/files/1SemenPortlandBKT \(1\).pdf](http://perpustakaan.pusjatan.pu.go.id/repositori/system/files/1SemenPortlandBKT(1).pdf)
- <http://www.claisse.info/Proceedings.htm>,
- [http://yandhiwijaya-civilengineering.blogspot.com/2009/10/durabilitas-beton\\_19.html](http://yandhiwijaya-civilengineering.blogspot.com/2009/10/durabilitas-beton_19.html)
- <https://alitmix.com/jenis-pasir-dan-campuran-ini-dibutuhkan-dalam-pembuatan-beton/>
- [https://bpws.go.id/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=208:special-blended-cement&Itemid=753](https://bpws.go.id/index.php?option=com_k2&view=item&id=208:special-blended-cement&Itemid=753)
- <https://doi.org/10.18196/st.222243>
- <https://doi.org/10.24002/jts.v15i1.3147>
- <https://doi.org/10.28932/jts.v11i2.1404>
- <https://doi.org/10.31963/intek.v5i1.200>
- <https://id.quora.com/Apakah-pasir-laut-dapat-digunakan-sebagai-bahan-baku-untuk-pembuatan-beton>
- <https://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/5732>
- <https://sasonov.wordpress.com/2008/04/24/aspek-durabilitas-struktur-beton-di-lingkungan-laut/>

- <https://www.99.co/blog/indonesia/jenis-semen-dan-kegunaannya/>
- <https://www.arsitur.com/2019/04/jenis-portland-cement-yang-beredar.html>
- [https://www.fobuma.com/id/blog/pos\\_semen-tangguh-untuk-bangunan-dekat-laut](https://www.fobuma.com/id/blog/pos_semen-tangguh-untuk-bangunan-dekat-laut)
- <https://www.ilmubeton.com/2021/01/sejarah-beton-dan-perkembangannya.html>
- <https://www.jasakont.com/mengapa-pasir-di-laut-tidak-bisa-digunakan-sebagai-bahan-bangunan/>
- <https://www.kajianpustaka.com/2018/12/jenis-bahan-baku-dan-proses-pembuatan-semen.html#:~:text=Bahan dasar semen terdiri dari,terbang dan lain-lain>
- <https://www.kajianpustaka.com/2018/12/sejarah-penyusun-jenis-dan-kuat-tekan-beton.html>
- Hunggurami, E., Utomo, S., & Wadu, A. (2014). Pengaruh Masa Perawatan (Curing) menggunakan Air Laut terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 103–110.
- Japan Society of Civil Engineers (2005), “Recommendation on Environmental Performance Verification for Concrete Structures (Draft)”, Concrete Library 125.
- Keisaburo KATANO, Nobufumi TAKEDA, Yoshikazu ISHIZEKI, and Keishiro IRIYA, Properties and Application of Concrete Made with Sea Water and Un-washed Sea Sand, Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies Department of production engineering, Obayashi Corporation, Japan.
- Kia, A., Wong, H. S., & Cheeseman, C. R. (2018). Defining clogging potential for permeable concrete. *Journal of*

Environmental Management, 2020 (April), 44–53.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.016>

Katano K, Takeda N, Ishizeki Y and Iriya K 2013 Properties and Application of Concrete Made With Sea Water and Un-Washed Sea Sand, Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies (Japan) vol 3 pp e172.

Mori, Y. Otsuki, N. and Shimosawa, O. (1981), "The Durability of Concrete Mixed with Seawater under Marine Environment (Ten Year's Test)", Review of the 35th Meeting, the Cement Association of Japan, pp. 341-344.

Muchlisin Riadi , 2018, Sejarah, penyusun, jenis dan kuat tekan beton,

Mulyono, Tri. 2004. Teknologi Beton. Yogyakarta: ANDI

Nasrul, S., Yanti, G., & Megasari, S. W. (2021). Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur pada Beton Berpori. Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS), 04, 1–8.  
<https://doi.org/10.54367/jrkms.v4i1.1122>.

Neville A M and Brooks J J 1987 Concrete Technology (New York: Longman Scientific & Technical).

Otsuki, N. Mori, Y. And Seki, H. (1983), "Some Consideration for the Chloride Content of the Concrete in Narine Environment", Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers, Vol. 332, pp. 107-118.

Otsuki N, Furuya D, Saito T and Tadokoro Y 2011 Possibility of Sea Water as Mixing Water In Concrete, Proceedings of 36th Conference on Our World in Concrete & Structures (Singapore) vol 1 pp 14-16.

Pandei, R. W., Supit, S. W. M., Rangan, J., & Karwur, A. (2019). Studi Eksperimen Pengaruh Pemanfaatan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Dan Permeabilitas Beton Berpori

- (Pervious Concrete). *Jurnal PoliTeknologi*, 18(1), 45–52.  
<https://doi.org/10.32722/pt.v18i1.1288>
- Pascasarjana, P., & Hasanuddin, U. (2013). Perilaku Mekanik Beton Yang Menggunakan Air Laut Mechanical Behavior of Concrete Using Sea Water.
- Prabowo, D. A., Setyawan, A., & Sambowo, K. A. (2013). Desain Beton Berpori Untuk Perkerasan Jalan Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1(2), 96–102.
- Pujianto, A., 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*, 22(2), 112–122.
- Samekto, Wuryati, Dr. M.Pd. dan Candra Rahmadiyanto, S.T.2001. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sebayang, Surya. 2000. *Bahan Bangunan (Volume I-Teknologi Beton)*. Bandar Lampung.
- SNI : 03-2854-1992 ) Jumlah maksimum ion klorida tidak boleh melebihi nilai batas
- Standar Nasional Indonesia. 15-7064-2004. *Semen Portland Komposit*.
- Syam, L. M., Sains, F., Teknologi, D. A. N., & Makassar, U. I. N. A. (2017). Uji Karakteristik Nanopartikel Magnetit (  $Fe_3O_4$  ) Menggunakan X-Ray Diffraction dan Scanning Electron Microscopy.
- Takewaka, K. and Kobayashi, K, (1981), “The Corrosion Accelerating Test of Reinforcing Steel in the Concrete by Autoclave”, *Proceedings of the Japan Concrete Institute*, Vol.3, pp.161-164.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.

Tjaronge M W, Irmawaty R, Adisasmita S A 2014 Compressive Strength and Hydration Process of Selfcompacting Concrete (SCC) Mixed with Sea Water, Marine Sand, and PCC, *Advanced Material Research* 935 242-246.

Uno, Y. and Kobayashi, K. (1990), "Effect of Incorporation of Chloride on the Hardened Cement Paste System of Concrete", *Proceedings of the Japan Concrete Institute*, Vol.12, No.1, pp.465-470.

Uddin M A, Jameel M, Sobuz H R, Islam M S and Hasan N M S 2012 Experimental study on strength gaining characteristics of concrete using PCC *KSCE Journal of Civil Engineering* 17(4) 789-796.

[www.indomedia.com/intisari/2001/Mei/beton.htm](http://www.indomedia.com/intisari/2001/Mei/beton.htm)

[www.inilah.com/berita.php?id=9204](http://www.inilah.com/berita.php?id=9204)

[www.kapanlagi.com/07682.html](http://www.kapanlagi.com/07682.html)

[www.puspitek.net/Html/](http://www.puspitek.net/Html/)

Wegian F M 2010 Effect of Sea Water for Mixing and Curing on Structural Concrete, *The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering* 3(4) 235-243.

Yoda, A. and Yokomuro, T. (2007), "Properties of Concrete Containing Fine Aggregate of Different Chloride Contents" *Research Reports, Ashikaga Institute of Technology*, No.41, pp.35-40.

## BIODATA PENULIS



**Dr. ADNAN, ST., MT.** Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare. Penulis lahir di Bojo tanggal 08 Agustus 1968. Penulis dilahirkan oleh ibunda tercinta Hj. Naderah Thauf dan Ayah tercinta Muhammad Sadik. Penulis memiliki pendamping keluarga istri tercinta Hj. Masdawati, SE dan anak tersayang Fadhillah Nurafini dan Muthia Ayu Annisa. Penulis adalah Dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare Sejak Tahun 2001. Menyelesaikan pendidikan SDN No. 12 Bojo, pendidikan SMPN 5 Parepare, pendidikan SMAN 2 Parepare. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil, pendidikan S2 Jurusan Teknik Sipil dan melanjutkan pendidikan S3 pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis menekuni bidang Menulis dalam bidang Teknik Sipil sampai saat ini. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [ferlywijaya774@gmail.com](mailto:ferlywijaya774@gmail.com)



**Muhammad Jabir Muhammadiyah, ST., M. Arch.** Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Pare-Pare. Penulis lahir di Pinrang tanggal 14 Juni 1973. Penulis dilahirkan oleh ibunda tercinta Mardinah dan Ayah tercinta (Alm.) Muhammadiyah. Penulis memiliki pendamping keluarga istri tercinta Indarwati, S.Pd. dan anak tersayang Diah Andini Awaliah Jabir, Nur Muthiatul Qarimah Jabir dan Adeeva Showatul Jabir. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Pare-Pare sejak tahun 2021. Menyelesaikan pendidikan SDN No. 118 Pinrang, Pendidikan SMPN Benteng Pinrang, Pendidikan SMAN Pekkabata Pinrang. Menyelesaikan

pendidikan S1 pada jurusan Teknik Arsitektur, pendidikan S2 Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis menekuni bidang menulis dalam bidang Teknik Sipil dan Arsitektur sampai saat ini. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail : jabirdiah@gmail.com.



**Dr. Ir. Miswar Tumpu, ST., MT., CST** lahir di Ujung Pandang pada tanggal 23 Februari 1995. Menempuh pendidikan S1 Teknik Sipil, di Universitas Hasanuddin Makassar, selesai tahun 2016. Gelar S-2 (MT) Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2018 di Universitas Hasanuddin, pada bidang konsentrasi Struktur Material. Pada tahun 2019, mengikuti studi profesi Insinyur (Ir) di Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun 2020 mengikuti pelatihan sebagai Construction Safety Trainer (CST) melalui Balai Jasa Konstruksi Wilayah VI Provinsi Sulawesi Selatan. Tahun 2021 telah menyelesaikan studi S3 ilmu teknik sipil dalam bidang Eco Material dan Rekayasa Gempa Struktur di Universitas Hasanuddin. Pada tahun 2019 bergabung menjadi Dosen di Universitas Fajar. Tahun 2021 hingga saat ini dipercaya sebagai dosen tetap Universitas Hasanuddin Makassar pada Program Studi S2 Manajemen Bencana Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar. Aktivitas publikasi ilmiah baik nasional maupun internasional terindeks scopus dimulai sejak tahun 2018.



**Ir. Misbahuddin, ST., M. Si.** Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Pare-Pare. Penulis lahir di Jalang tanggal 4 Oktober 1977. Penulis dilahirkan oleh ibunda tercinta (Alm) St. Syamsiah dan Ayah tercinta Dg. Mattenggah. Penulis memiliki pendamping keluarga istri tercinta Sri Wahyuningsih. Penulis adalah dosen tetap pada

Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Pare-Pare sejak tahun 2011. Menyelesaikan pendidikan MIN Batu Siwa Kab. Wajo, pendidikan SMPN 1 Siwa Kec. Pitumpanua, Kab. Wajo, pendidikan STMN 2 Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia, pendidikan S2 jurusan Manajemen Perkotaan Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis menekuni bidang menulis dalam bidang Teknik Sipil Rekayasa Lingkungan dan Transportasi sampai saat ini. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [umpar.misbah@gmail.com](mailto:umpar.misbah@gmail.com)



**Dr. Ir. Hendro Widarto, ST., MT.** Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare. Penulis lahir di Enrekang tanggal 07 September 1967. Penulis dilahirkan oleh ibunda tercinta (Alm.) Sitti Rohani dan Ayah tercinta (Alm.) Jaini Bin Moh. Thohari. Penulis memiliki pendamping keluarga istri tercinta Munira Siri, SE. dan anak tersayang Muh. Afatih Hendro dan Naora Azahra Hendro. Penulis adalah Dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare Sejak Tahun 2001. Menyelesaikan pendidikan SDN Tauladan Jend. Sudirman Makassar, pendidikan SMP YP PGRI Makassar, pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil, pendidikan S2 Jurusan Teknik Transportasi Universitas Hasanuddin Makassar, pendidikan S3 Jurusan Pendidikan Agama Islam Univ. Muhammadiyah Pare-Pare. Penulis menekuni bidang Menulis dalam bidang Teknik Transportasi sampai saat ini. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [hendrowidarto99@gmail.com](mailto:hendrowidarto99@gmail.com)

# Pasir Laut dan Air Laut

## (Material Penyusun Beton di Daerah Pesisir dan Pulau-Pulau Terisolir)

Penggunaan beton sebagai bahan bangunan meningkat dengan penemuan beton padat pada abad ke-19. Arsitek Kekaisaran Romawi memulai teknik konstruksi yang dikenal sebagai opus caementicium. Opus caementicium, sering dikenal sebagai beton Romawi, adalah metode bahan dan konstruksi yang melibatkan ekstraksi komponen komposit menjadi bentuk. Semen Pozzolana adalah bentuk semen hidrolis yang ditemukan selama era Romawi. Semen hidrolis ini dibuat dengan mencampur limau dengan api vulkanik (Pozzolana) berasal dari pulau Pozzuoli di Naples, Italia. Letusan gunung berapi, yang sering disebut sebagai pozzolana, mengandung sejumlah besar silika alami ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), yang meningkatkan daya tahan struktur beton.

Pasir berfungsi sebagai agregat halus dalam pembentuk-an awal beton. Sebaliknya, ia menggunakan batu-batu kecil yang dikenal sebagai agregat kasar yang merupakan campuran batu kecil. Kemajuan dalam teknologi beton secara kompleks terkait dengan pengakuan semen Portland. Josep Apsdin, seorang arsitek, merancang resep untuk semen Portland dan memperoleh paten untuk itu pada tahun 1824. Akibatnya, semen Portland diproduksi dalam skala besar dan menjalani pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan kapasitas-nya. Selama periode saat ini, beton ada dalam berbagai bentuk, termasuk beton campuran, pre-cast, diperkuat, pretressed, beton ringan, dan beton polimer. Beton adalah salah satu bahan yang paling penting di bidang konstruksi dan telah menjadi bahan baku yang diperlukan untuk menciptakan kekuatan struktural dan membuatnya lebih tahan lama. Menurut para ahli, ini adalah konsep beton: Menurut Asroni, beton adalah bahan yang dibuat dengan mengeraskan campuran air, semen, partikel halus, dan bahan baku. Kadang-kadang, dalam proses pembuatan beton, admixture juga ditambahkan untuk meningkatkan kualitasnya. Menurut McCormac, beton adalah campuran pasir, rumput, batu pecah, atau agregat lainnya yang dikombinasikan bersama dengan pasta yang terbuat dari air dan semen.