



PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON NORMAL DAN BETON DENGAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PASIR LAUT PADA MUTU BETON F'C 30

Kamarul Syawal¹⁾, Dian Hastari Agustina²⁾, Nadia Kharia Ardi³⁾
^{1,2,3)} Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan
Coressponding Autor E-mail : dian@ft.unrika.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan pasir laut sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan beton mutu rencana f'c 30 MPa. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium dengan variasi campuran beton meliputi beton normal dengan pasir sungai 100%, beton substitusi pasir sungai 50% + pasir laut 50%, dan beton substitusi pasir laut 100%. Benda uji berbentuk silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm sebanyak 27 sampel diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton normal menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 31,18 MPa pada umur 28 hari. Beton dengan substitusi pasir sungai 50% + pasir laut 50% menghasilkan kuat tekan 25,25 MPa, sedangkan beton dengan substitusi pasir laut 100% menghasilkan kuat tekan terendah sebesar 22,72 MPa. Peningkatan persentase pasir laut dalam campuran beton terbukti menurunkan kuat tekan beton akibat kandungan klorida dan karakteristik butiran pasir laut. Disimpulkan bahwa pasir laut masih dapat digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus dengan batasan tertentu.

Kata kunci : beton, pasir laut, agregat halus, kuat tekan, substitusi

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of sea sand as a partial replacement of fine aggregate on the compressive strength of concrete with a design strength of f'c 30 MPa. The experimental laboratory method was applied with concrete mixture variations consisting of 100% river sand, 50% river sand + 50% sea sand, and 100% sea sand. A total of 27 cylindrical specimens (150 mm diameter and 300 mm height) were tested at 7, 14, and 28 days. The results indicate that normal concrete achieved the highest compressive strength of 31.18 MPa at 28 days. Concrete with 50% river sand + 50% sea sand substitution reached 25.25 MPa, while 100% sea sand concrete produced the lowest strength of 22.72 MPa. Increasing sea sand content tends to reduce compressive strength due to chloride content and surface characteristics of sea sand particles. It can be concluded that sea sand can be utilized as a partial fine aggregate replacement within certain limits.

Keyword : concrete, sea sand, fine aggregate, compressive strength, substitution

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang paling luas digunakan karena memiliki kuat tekan tinggi, durabilitas yang baik, serta kemudahan dalam pelaksanaan. Salah satu komponen utama beton adalah agregat halus yang umumnya berasal dari pasir sungai. Namun, keterbatasan ketersediaan pasir sungai, meningkatnya biaya transportasi, serta isu lingkungan mendorong perlunya pemanfaatan sumber agregat alternatif

yang lebih berkelanjutan. Di wilayah pesisir, khususnya Kota Batam, pasir laut tersedia dalam jumlah melimpah dan berpotensi dimanfaatkan sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beton.

Penggunaan pasir laut dalam beton memiliki peluang sekaligus tantangan. Kandungan garam dan ion klorida pada pasir laut dapat memengaruhi proses hidrasi semen, ikatan pasta semen-agregat, serta durabilitas beton. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa beton



dengan substitusi pasir laut dapat mencapai kuat tekan yang kompetitif apabila dilakukan pengendalian mutu material dan perencanaan campuran yang tepat. Namun, hasil yang diperoleh masih bervariasi, sehingga diperlukan kajian eksperimental yang lebih sistematis, khususnya pada beton mutu rencana menengah seperti $f'c$ 30 Mpa.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi pasir laut terhadap kuat tekan beton mutu rencana $f'c$ 30 MPa dengan membandingkan beton normal berbasis pasir sungai, beton dengan substitusi pasir laut 50%, dan beton dengan pasir laut 100% pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemanfaatan material lokal secara optimal, efisien, dan berkelanjutan, khususnya di wilayah pesisir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan material yang terbentuk dari campuran agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen *portland* atau bahan pengikat hidrolis yang lain yang sejenis, dengan menggunakan atau tidak menggunakan bahan tambah lain (Sutrisno, 2023). Salah satu parameter utama dalam menilai kualitas beton adalah kuat tekan, yang merepresentasikan kemampuan beton dalam menahan beban tekan dan menjadi dasar dalam perencanaan struktur beton bertulang (Neville & Brooks, 2010). Dalam berbagai bangunan infrastruktur yang ada di dunia ini, beton yang dibuat dengan menggunakan semen Portland menjadi material terbesar yang paling banyak digunakan dibandingkan material lain seperti baja, kayu ataupun bambu. Industri beton merupakan pengguna sumber daya alam terbesar di dunia (Ahmad, 2018).

2.1 Beton normal

Beton normal dipahami sebagai material komposit yang tersusun dari semen hidrolis, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan atau tanpa bahan tambah yang setelah mengeras membentuk massa padat. Dalam ketentuan nasional, “beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200–2500) kg/m^3 . Kutipan batas berat isi ini penting karena membedakan beton normal dari beton ringan maupun beton berat serta menjadi

pijakan untuk perancangan campuran dan kontrol mutu di laboratorium (SNI 03-2834:2000).

2.2 Bahan Campuran Beton

Menurut (Mulyono, 2006) beton adalah campuran semen hidrolis, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan atau tanpa bahan tambah yang bereaksi melalui hidrasi semen membentuk massa padat kualitasnya amat dipengaruhi oleh rasio air–semen (w/c), gradasi agregat, pemadatan, dan perawatan (*curing*). Dengan kata lain, rancangan campuran harus berangkat dari sifat aktual masing-masing bahan agar target *workability (slump)* dan kuat tekan tercapai secara konsisten.

2.2.1 Semen

Semen adalah bahan pengikat anorganik yang memiliki sifat adesif dan kohesif sehingga mampu melekatkan fragmen mineral menjadi suatu massa padat. Dalam teknologi beton, semen bekerja sebagai binder ketika bercampur dengan air terjadi hidrasi yang membentuk produk hidrat (terutama C–S–H) sehingga pasta mengeras dan merekatkan butir agregat. Semen berfungsi merekatkan butir-butir agregat agar membentuk suatu massa padat dan juga untuk mengisi rongga udara diantara butir agregat.

2.2.2 Air

Air tidak hanya memulai hidrasi, tetapi juga mengatur porositas melalui rasio w/c . Hukum Abrams menyatakan bahwa, untuk beton yang dipadatkan baik, kekuatan tekan berbanding terbalik dengan w/c —artinya semakin kecil w/c (dengan pemadatan dan curing memadai), semakin tinggi kekuatannya. Karena itu, kualitas air harus bersih/layak minum dan bebas klorida terutama untuk beton bertulang.

2.2.3 Agregat Halus

Agregat halus (pasir) berfungsi mengisi rongga antarbutir, mengontrol *workability*, kebutuhan air, dan kepadatan campuran; sifat utamanya ditentukan oleh gradasi (analisis saringan), modulus kehalusan (FM), bentuk/tekstur butir, kadar butiran sangat halus ($<0,075$ mm), bahan organik, berat jenis–penyerapan, serta (untuk pasir laut) kadar klorida.

2.2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah butiran mineral berukuran lebih besar dari 4,75 mm yang umumnya berupa kerikil alam atau batu pecah. Dalam beton, agregat kasar membentuk “kerangka” (skeleton) yang menahan beban, mengendalikan susut, serta memengaruhi modulus elastisitas, ketahanan aus, dan durabilitas. Kinerja beton sangat dipengaruhi oleh sifat fisik agregat kasar seperti ukuran nominal maksimum, bentuk-butir angular, tekstur permukaan, gradasi, berat jenis penyerapan, ketahanan aus (*Los Angeles abrasion*), dan kandungan zat pengotor.

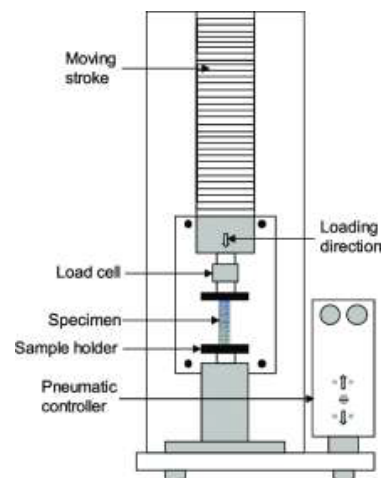
2.3 Mix Design

Mix Design beton merupakan suatu metode untuk membuat suatu campuran beton dengan bahan dasar semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (*split*/batu pecah), air. Dalam metodologi penelitian ini hal data yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan *Mix Design* beton adalah asal material, kekuatan dan ekonomisnya. Proses pembuatan beton membutuhkan waktu ± 14 hari, dari pengujian material agregat halus dan agregat kasarnya. Kerangka yang dipakai mengacu pada SNI 03-2834:2000 sebagai pedoman utama pemilihan proporsi beton normal, dengan dukungan prinsip dan praktik kalibrasi dari SNI 03-2834:2000 untuk pengaturan faktor air semen (w/c), koreksi kelembapan agregat, serta penyusunan kekuatan rata-rata target (f_{cr}) di atas f_c guna menutup variabilitas produksi. Dalam SNI 03-2834:2000 ditegaskan bahwa pemilihan campuran dilakukan dengan didukung oleh data-data bahan dasar yang akan digunakan, dan spesifikasi campuran dapat didasarkan pada w/c maksimum, kadar semen minimum, *slump* target, dan ukuran agregat maksimum semuanya dipilih lebih dahulu sebelum proporsi dihitung dan diuji coba.

2.4 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Dalam kerangka standar Indonesia, pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder (umumnya $\text{Ø}150 \times 300$ mm) dengan pembebanan aksial

hingga hancur, sesuai SNI 1974:2011. Nilai kuat tekan dinyatakan sebagai gaya maksimum dibagi luas penampang rata-rata spesimen. Untuk keperluan desain, SNI 2847:2019 menggunakan f'_c (28 hari) sebagai acuan mutu material pada elemen beton bertulang. Pada pengujian kuat tekan pada benda uji beton dilaksanakan untuk mengetahui berapa besar kekuatan benda uji umur 7, 14 dan 28 hari.



Gambar 1 *Compressive strength machine*

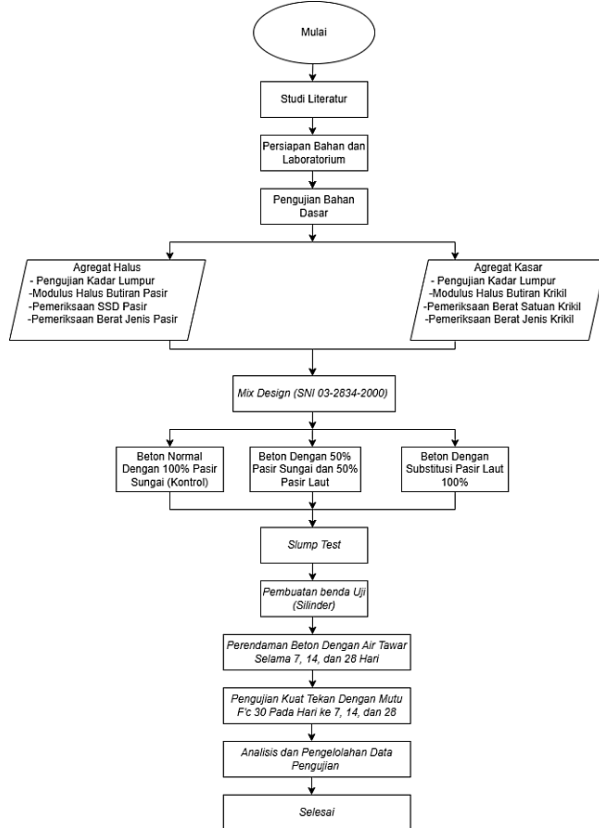
Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata yang ditentukan.

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Dengan:

- f'_c = Kuat tekan beton (MPa atau N/mm²).
- P = Gaya tekan aksial (N).
- A = Luas penampang melintang benda uji (mm²).

3. METODE PENELITIAN



Gambar 2 Bagan alir penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium, yaitu dengan membuat dan menguji benda uji beton untuk mengetahui perbandingan kuat tekan antara beton normal dan beton dengan substitusi agregat halus pasir laut pada mutu beton f_c 30 MPa.

3.1 Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Semen portland (tipe 1)
2. Agregat halus
 - a. Pasir sungai, sebagai agregat halus normal sebagai kontrol pengujian
 - b. Pasir laut, sebagai agregat pengganti (substitusi) dan sebagian dari agregat halus normal
3. Agregat kasar
4. Air Bersih

3.2 Pengujian Mterial Penyusunan Beton

1. Agregat halus (pasir sungai dan pasir laut)

- a. Pengujian kandungan lumpur
 - b. Modulus halus butiran pasir
 - c. Pemeriksaan SSD pasir
 - d. Pemeriksaan berat jenis pasir
2. Agregat kasar (kerikil)
 - a. Pemeriksaan modulus halus butiran kerikil
 - b. Pemeriksaan kandungan lumpur
 - c. Pemeriksaan berat jenis kerikil

3.3 Variasi Campuran

Tabel 1 Variasi campuran beton

No	Variabel	Spesifikasi
1.	Variabel 1	Agregat halus pasir sungai atau 0% pasir laut sebagai kontrol
2.	Variabel 2	Agregat halus pasir sungai 50% dan 50% pasir laut
3.	Variabel 3	Agregat halus pasir laut 100%

3.4 Rancangan Campuran (*Mix Design*) SNI 03 – 2834 – 2000

Dalam penelitian ini, perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan acuan standar SNI 03-2834-2000 mengenai tata cara pembuatan rancangan campuran beton normal. Pemilihan standar ini bertujuan untuk memperoleh campuran beton yang memiliki kemudahan pengerjaan (*workability*) serta memenuhi kriteria mutu beton yang berlaku di Indonesia.

3.5 Benda Uji

Tabel 2 Variasi sampel beton

No	Variasi Campuran Beton	H+7	H+14	H+28
1.	Beton normal	3 Sampel	3 Sampel	3 Sampel
2.	Agregat halus pasir sungai 50% dan 50% pasir laut	3 Sampel	3 Sampel	3 Sampel
3.	Agregat halus pasir laut 100%	3 Sampel	3 Sampel	3 Sampel

3.6 Metode Analisis Data

Metode analisis data dilakukan untuk mengevaluasi perbandingan kuat tekan antara beton normal dan beton dengan substitusi agregat halus pasir laut pada mutu beton rencana $f'c$ 30 MPa. Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan mengolah data hasil pengujian laboratorium menjadi nilai numerik yang disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan uraian deskriptif.

Tahapan analisis meliputi pemeriksaan karakteristik material penyusun beton, perhitungan proporsi campuran beton, analisis hasil pengujian slump, serta pengujian kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM), di mana beban maksimum yang diterima benda uji dicatat hingga terjadi keruntuhan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Karakteristik Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu diuji karakteristiknya untuk memastikan kesesuaian dengan persyaratan teknis yang berlaku.

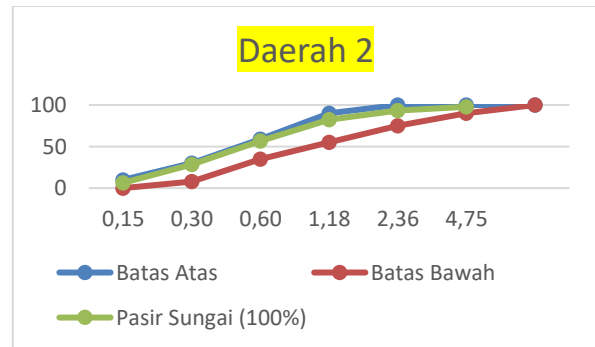
4.1.1 Analisis Pemeriksaan Agregat Halus

4.1.1.1 Analisis Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pada Agregat Halus

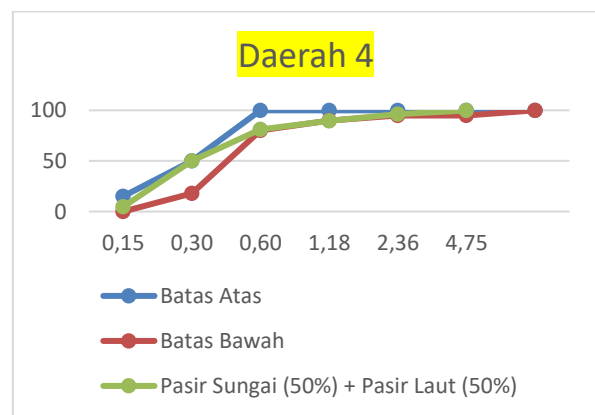
Pengujian kadar lumpur agregat halus menunjukkan nilai sebesar 4,38% untuk pasir sungai, 4,60% untuk campuran pasir sungai 50% dan pasir laut 50%, serta 3,73% untuk pasir laut. Seluruh nilai tersebut memenuhi batas maksimum kadar lumpur sesuai SNI, sehingga agregat halus yang digunakan layak sebagai material penyusun beton.

4.1.1.2 Pemeriksaan Modulus Halus Butiran Pasir

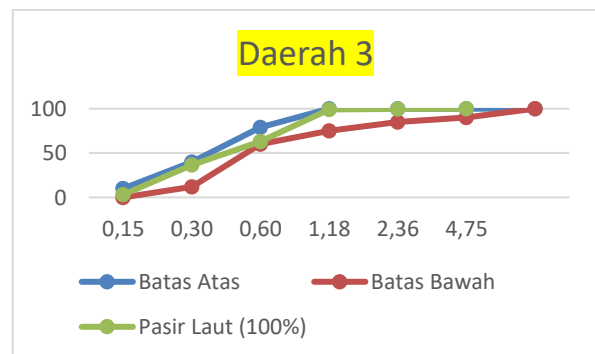
Hasil pengujian modulus halus butiran menunjukkan nilai sebesar 2,34 untuk pasir sungai, 2,78 untuk campuran pasir sungai 50% dan pasir laut 50%, serta 2,00 untuk pasir laut. Nilai ini menunjukkan perbedaan gradasi butiran yang memengaruhi kecacakan dan kepadatan beton, namun seluruh variasi masih memenuhi kriteria gradasi agregat halus untuk beton struktural.



Gambar 3 Grafik Gradasi Halus Daerah 2 Pada Pasir Sungai



Gambar 4 Grafik Gradasi Halus Daerah 4 Pada Pasir Sungai + Pasir Laut



Gambar 5 Grafik Gradasi Halus Daerah 3 Pada Pasir Laut

4.1.1.3 Pemeriksaan Berat Satuan Pasir

Pengujian berat satuan agregat halus menunjukkan nilai sebesar 370 kg/m³ untuk pasir sungai, 362 kg/m³ untuk campuran pasir sungai 50% dan pasir laut 50%, serta 309 kg/m³ untuk pasir laut. Pasir sungai memiliki kepadatan tertinggi, sedangkan pasir laut terendah, yang berpengaruh terhadap kepadatan dan kekuatan beton.

4.1.1.4 Pemeriksaan SSD Pasir

Pengujian kondisi SSD menunjukkan tinggi aliran sebesar 6,4 cm untuk pasir sungai, 5,5 cm untuk campuran pasir sungai 50% dan pasir laut 50%, serta 4,2 cm untuk pasir laut. Seluruh agregat berada dalam kondisi SSD, sehingga perhitungan air campuran dapat dilakukan secara akurat.

4.1.1.5 Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Pengujian menunjukkan bahwa pasir sungai memiliki berat jenis SSD 2,54 dan penyerapan air 1,42%, campuran pasir sungai dan pasir laut memiliki berat jenis SSD 2,72 dan penyerapan air 1,83%, sedangkan pasir laut memiliki berat jenis SSD 2,85 dan penyerapan air 1,06%. Seluruh variasi agregat memenuhi kriteria mutu agregat halus untuk beton struktural.

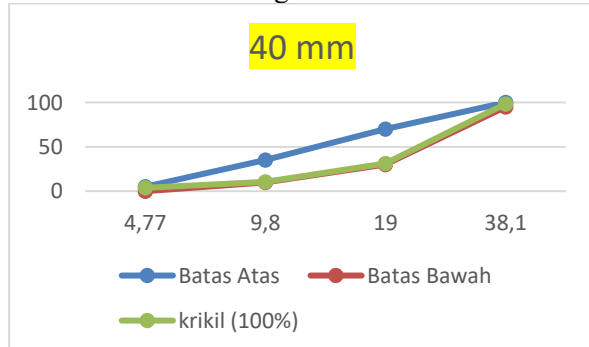
4.1.2 Analisis Pemeriksaan Agregat Kasar

4.1.2.1 Analisis Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pada Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur agregat kasar menunjukkan nilai sebesar 0,027%, yang memenuhi persyaratan SNI dan menunjukkan kualitas agregat kasar yang sangat baik untuk beton struktural.

4.1.2.2 Pemeriksaan Modulus Halus Butiran Kerikil

Pengujian modulus halus butiran agregat kasar menghasilkan nilai 3,29 dan berada pada gradasi daerah 2 (40 mm), yang memenuhi persyaratan standar dan mendukung kualitas beton struktural.



Gambar 6 Grafik Gradasi kerikil Daerah 2

4.1.2.3 Pemeriksaan Berat Satuan Kerikil

Pengujian berat satuan agregat kasar menghasilkan nilai sebesar 432 kg/m³, yang menunjukkan kepadatan tinggi dan memenuhi persyaratan agregat kasar untuk beton struktural.

4.1.2.4 Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil

Pengujian agregat kasar menghasilkan berat jenis SSD 2,60 dan penyerapan air 1,24%, yang menunjukkan kualitas agregat memenuhi persyaratan beton struktural.

4.2 Proporsi Campuran Beton (*Mix Design*)

Tabel 3 Proporsi bahan pembentuk beton normal

No.	Material	Volume (B1)	Volume Silinder (B2)	Perhitungan (B1 x B2)
1.	Air	184,9 l/m ³	0.0548 m ³	10.1 l/m ³
2.	Semen	410,8 kg/m ³	0.0548 m ³	22.5 kg/m ³
3.	Pasir	650,2 kg/m ³	0.0548 m ³	35.6 kg/m ³
4.	Kerikil	1.107 kg/m ³	0.0548 m ³	60.6 kg/m ³

Tabel 4 Proporsi bahan pembentuk beton substitusi pasir sungai (50%) + pasir laut (50%)

No.	Material	Volume (B1)	Volume Silinder (B2)	Perhitungan (B1 x B2)
1.	Air	184,9 l/m ³	0.0548 m ³	10.1 l/m ³
2.	Semen	410,8 kg/m ³	0.0548 m ³	22.5 kg/m ³
3.	Pasir	446 kg/m ³	0.0548 m ³	24.4 kg/m ³
4.	Kerikil	1.338,2 kg/m ³	0.0548 m ³	73.3 kg/m ³

Tabel 5 Proporsi bahan pembentuk beton Substitusi Pasir Laut (100%)

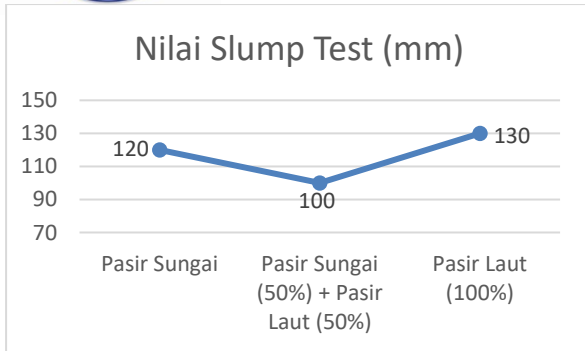
No.	Material	Volume (B1)	Volume Silinder (B2)	Perhitungan (B1 x B2)
1.	Air	184,9 l/m ³	0.0548 m ³	10.1 l/m ³
2.	Semen	410,8 kg/m ³	0.0548 m ³	22.5 kg/m ³
3.	Pasir	446 kg/m ³	0.0548 m ³	29.4 kg/m ³
4.	Kerikil	1.338,2 kg/m ³	0.0548 m ³	70.4 kg/m ³

4.3 Pembuatan Beton Segar

Pembuatan beton segar dilakukan berdasarkan mix design SNI dengan total 27 benda uji, terdiri dari tiga variasi campuran agregat halus. Setiap variasi dibuat 9 benda uji melalui tiga tahap pengadukan. Proses pencampuran dilakukan secara bertahap hingga diperoleh adukan homogen dengan konsistensi sesuai nilai slump rencana.

4.4 Pengujian *Slump Test*

Pengujian slump dilakukan pada tiga variasi campuran beton untuk menilai kelecakan beton segar dan pengaruh substitusi pasir laut, dengan prosedur mengacu pada SNI 1972:2008



Gambar 7 Grafik Perbandingan Hasil *Slump Test* Pada 3 Variabel Beton

4.5 Pembuatan Benda Uji dan Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton (*curing*) dilakukan dengan metode perendaman penuh dalam bak air untuk menjaga kelembaban beton selama proses hidrasi semen. Seluruh benda uji direndam secara merata hingga umur pengujian 28 hari tanpa membedakan variasi campuran, sehingga diperoleh kondisi perawatan yang seragam dan optimal terhadap perkembangan kuat tekan beton.



Gambar 8 Perawatan Beton Pada Bak Air

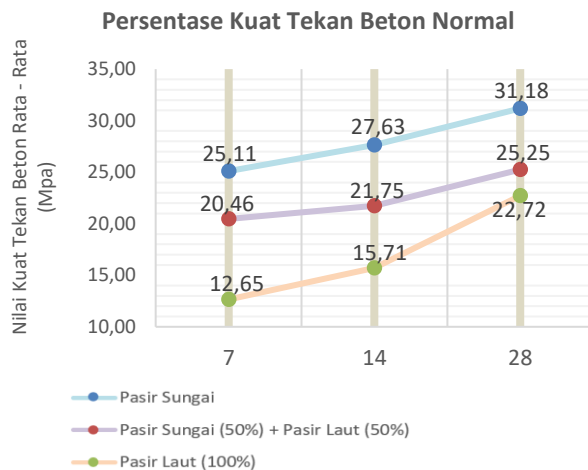
4.6 Analisis Perbandingan Kuat Tekan Beton Antar Variasi Campuran

Analisis perbandingan kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan variasi agregat halus terhadap kinerja mekanik beton. Variasi campuran yang dianalisis meliputi beton normal dengan agregat halus pasir sungai 100%, beton dengan substitusi agregat halus pasir sungai 50% dan pasir laut 50%, serta beton dengan substitusi agregat halus pasir laut 100%.

Tabel 6 Hasil Perbandingan Uji Tekan Beton

No	Pasir Sungai			Pasir Sungai (50%) + Pasir Laut (50%)			Pasir Laut (100%)		
	Hari Ke			Hari Ke			Hari Ke		
	7	14	28	7	14	28	7	14	28
S 1	24.00	29.21	30.39	20.82	21.15	24.71	11.82	13.60	22.32
S 2	24.89	26.10	31.88	20.37	22.16	23.41	12.08	13.91	23.90
S 3	26.43	27.58	31.28	20.20	21.94	27.64	14.06	19.62	21.93
Nilai Rata-Rata (MPa)	25.11	27.63	31.18	20.46	21.75	25.25	12.65	15.71	22.72

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, seluruh variasi campuran beton menunjukkan peningkatan kuat tekan seiring dengan bertambahnya umur beton. Hal ini mengindikasikan bahwa proses hidrasi semen berlangsung pada semua variasi campuran.



Gambar 9 Grafik Perbandingan Uji Tekan Beton

Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton normal dengan pasir sungai 100% menghasilkan kuat tekan tertinggi pada seluruh umur pengujian. Pada umur 7 hari, kuat tekan berturut-turut sebesar 25,11 MPa, 20,46 MPa, dan 12,65 MPa untuk campuran pasir sungai 100%, pasir sungai 50% + pasir laut 50%, dan pasir laut 100%. Pada umur 14 hari, diperoleh kuat tekan 27,63 MPa, 21,75 MPa, dan 15,71 MPa. Pada umur 28 hari, beton normal mencapai 31,18 MPa dan memenuhi mutu rencana $f'c$ 30 MPa, sedangkan campuran 50% dan 100%



pasir laut hanya mencapai 25,25 MPa dan 22,72 MPa.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Beton dengan pasir sungai 100% menghasilkan kuat tekan tertinggi, yaitu 31,18 MPa (28 hari) dan memenuhi mutu rencana.
2. Substitusi pasir laut 50% menurunkan kuat tekan menjadi 25,25 MPa, sedangkan pasir laut 100% menghasilkan 22,72 MPa, sehingga tidak memenuhi mutu rencana.
3. Semakin besar proporsi pasir laut, semakin rendah kuat tekan beton akibat pengaruh kandungan garam dan karakteristik butiran.

5.2 Saran

1. Pasir laut dapat digunakan secara terbatas dengan perlakuan pencucian untuk menurunkan kadar klorida.
2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk optimasi mutu dan variasi campuran.
3. Penggunaan di lapangan harus mengacu pada hasil uji laboratorium dan standar teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Almufid, A. (2019). Perencanaan beton mutu tinggi (kuat tekan besar) dengan bahan tambahan. *Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 1(2).
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (1996). *SNI 03-4142-1996: Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm)*. Jakarta: BSN.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Jakarta: BSN.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 15-0302-2004: Semen Portland pozzolan*. Jakarta: BSN.
- [5] Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 15-7064-2004: Semen Portland komposit*. Jakarta: BSN.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 1970-2008: Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Jakarta: BSN.
- [7] Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 1972-2008: Cara uji slump beton*. Jakarta: BSN.
- [8] Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI ASTM C117:2012: Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 μm (No. 200) dalam agregat mineral dengan pencucian*. Jakarta: BSN.
- [9] Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 7656-2012: Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat, dan beton massa*. Jakarta: BSN.
- [10] Hadi, S. (2022). Pengaruh penambahan serat kawat terhadap kuat tekan beton. *Media Bina Ilmiah*, 17(1), 1–6.
- [11] Jurnal, R. T. (2017). Penggunaan pasir laut terhadap kuat tekan beton Kota Bengkulu. *Forum Mekanika*, 6(2), 106–113.
- [12] JKristianto, A. (2018). *Teknologi beton*. Yogyakarta: Andi.
- [13] Lewakabessy, G. J. (2023). Analisis pengaruh pencucian agregat halus pasir pantai asal Rumah Tiga Ambon terhadap kuat tekan beton. *Proceedings of Life and Applied Sciences*, 2.
- [14] JPurwanto, P., & Rahman, A. (2012). Pengaruh kadar lumpur pada agregat halus terhadap mutu beton. *Teknik*, 33(2), 46–51.
- [15] Rahmawati, R. Z. (2021). Perkerasan kaku jalan pantai dengan menggunakan pasir laut. *Jurnal Karajata Engineering*, 1(1), 7–15.
- [16] Rudianto, & Isdianto, A. (2020). Management of sustainable coastal reclamation areas: A case study of the reclamation of Tering Bay in Batam Island, Indonesia. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 9, 57–68.
- [17] Sanjaya, F. A. (2021). Analysis of use sea sand as a fine aggregate replacement to strong press concrete. *International Journal of Engineering Science and Information Technology*, 1(3).
- [18] Setiawan, I. S. (2021). Perbandingan peningkatan kuat tekan beton normal menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012 hingga umur 28 hari. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(2), 236–242.
- [19] Wicaksono, W. S. (2018). Pengaruh kadar silica fume terhadap kuat tekan pada high strength self compacting concrete (HSSCC)



benda uji silinder D 7,5 cm × 15 cm usia 14 dan 28 hari.

- [20] Zein, K. C. (2020). Pengaruh campuran agregat halus alami berupa pasir laut dan pasir pozzolan terhadap kuat tarik beton mutu tinggi. *Tameh*, 9(2), 98–105.