

Analisis Kuat Tekan dan Lentur Beton dengan Substitusi Sebagian Agregat Halus Menggunakan Pasir Pantai

Atur Parhorasan Nusantara Siregar^{a*} dan Egi Hendrawan^b

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Indonesia 94112

^bMahasiswa Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Indonesia, 94112

* Corresponding author's e-mail: apnsiregar@gmail.com

Received: 11 June 2026; revised: 10 July 2026; accepted: 26 July 2026

Abstract: This study aims to analyze the effect of adding beach sand from the Matano area in Bungku Tengah District, Morowali Regency on the mechanical properties of concrete, particularly its compressive strength and flexural strength. In addition, the research is intended to determine the optimal percentage of beach sand that can be used as a partial substitute for fine aggregate, thereby effectively improving the mechanical performance of concrete. This study employs an experimental quantitative approach with analysis of variance (ANOVA). The research variables include the percentage of fine aggregate substitution (25%, 50%, 75%, 100%) and the treatment of beach sand washing (washed and unwashed). The test specimens consist of cylinders measuring 150 mm × 300 mm and reinforced beams measuring 1500 mm × 100 mm × 150 mm, all of which were cured by immersion for 28 days before being tested for compressive strength and flexural strength. The results show that the use of fully washed beach sand as a complete replacement for fine aggregate does not significantly reduce the quality of concrete. The best performance was achieved at 100% substitution, with a compressive strength of 26.65 MPa, a flexural strength of 19.82 MPa, a maximum deflection of 1.61 mm, and normal cracking. This indicates that properly washed beach sand is suitable for full use as fine aggregate in concrete.

Keywords: beach sand; flexural strength; compressive strength; crack pattern; beam deflection.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan pasir pantai daerah Matano Kecamatan Bungku Tengah Kabupaten Morowali terhadap sifat mekanik beton, khususnya kuat tekan dan kuat lenturnya. Selain itu, penelitian ini juga diarahkan untuk menentukan persentase optimal pasir pantai yang dapat digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus, sehingga mampu meningkatkan performa mekanik beton secara efektif. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif dengan analisis varians (ANOVA). Variabel penelitian meliputi persentase substitusi agregat halus (25%, 50%, 75%, 100%) dan perlakuan pencucian pasir pantai (dicuci dan tidak dicuci). Benda uji terdiri dari silinder berukuran 150 mm × 300 mm dan balok bertulang 1500 mm × 100 mm × 150 mm, yang seluruhnya direndam selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur. Hasil menunjukkan penggunaan pasir pantai yang telah dicuci sepenuhnya sebagai pengganti agregat halus tidak menurunkan mutu beton secara signifikan. Hasil terbaik diperoleh pada substitusi 100%, dengan kuat tekan 26,65 MPa, kuat lentur 19,82 MPa, lendutan maksimum 1,61 mm, dan retak wajar. Hal ini membuktikan bahwa pasir pantai yang dicuci layak digunakan sepenuhnya sebagai agregat halus beton.

Kata kunci: Pasir pantai; kuat lentur; kuat tekan; pola retak; lendutan balok

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki sumber daya alam melimpah, termasuk pasir pantai yang banyak ditemukan di wilayah pesisir dan kepulauan. Pasir pantai diambil dari daerah Matano Kecamatan Bungku Tengah Kabupaten Morowali. Namun, penggunaan Pasir pantai sebagai bahan campuran beton masih menjadi isu kontroversial [1]. Pasir pantai memiliki kandungan garam yang tinggi, yang jika tidak diolah dengan benar, dapat menyebabkan korosi pada tulangan baja dalam beton dan menurunkan kekuatan struktur bangunan. Di sisi lain, di daerah terpencil atau wilayah kepulauan, ketersediaan pasir sungai atau agregat halus konvensional sering kali terbatas, sehingga Pasir pantai menjadi alternatif yang potensial karena mudah diakses dan lebih ekonomis [2].

Keresahan utama yang muncul terkait penggunaan Pasir pantai adalah dampaknya terhadap kualitas beton, khususnya kekuatan tekan dan lentur [3]. Kandungan klorida dan sulfat yang tinggi dalam Pasir pantai dapat

mempengaruhi proses hidrasi semen, mengurangi durabilitas beton, dan meningkatkan risiko kerusakan struktur dalam jangka panjang. Namun, jika Pasir pantai diproses dengan metode yang tepat, seperti pencucian untuk mengurangi kadar garam, maka potensi penggunaannya sebagai substitusi sebagian agregat halus dapat dieksplorasi lebih lanjut [4].

Pentingnya kajian ini, juga didorong oleh kebutuhan pembangunan infrastruktur yang semakin meningkat di wilayah kepulauan. Dengan ketersediaan material lokal seperti Pasir pantai, biaya transportasi material dari luar wilayah dapat diminimalkan, sehingga efisiensi pembangunan dapat tercapai [5]. Oleh karena itu, penelitian mengenai kuat tekan dan lentur beton dengan substitusi sebagian agregat halus menggunakan Pasir pantai menjadi langkah penting dalam menjawab keresahan masyarakat dan menawarkan solusi praktis yang berkelanjutan untuk pembangunan di daerah kepulauan [6].

Penelitian ini untuk mendapatkan kuat tekan dan lentur beton dengan substitusi sebagian agregat halus menggunakan Pasir pantai memiliki batasan masalah sebagai berikut :

- 1) Pasir pantai yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari daerah Pantai Kabupaten Morowali tepatnya di Kelurahan Matano Kecamatan Bungku Tengah. Latitude : 2°32'7.40"S Longitude : 121°58'7.08"E
- 2) Pasir pantai ini digunakan sebagai bahan substitusi parsial dan keseluruhan untuk menggantikan agregat halus.
- 3) Variasi campuran Pasir pantai yang digunakan ialah 25%, 50%, 75%, 100%
- 4) Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
- 5) Benda uji kuat tekan berbentuk silinder dengan diameter (150 x 300) mm
- 6) Benda uji kuat lentur berbentuk balok dengan dimensi (100x150x1500) mm, menggunakan tulangan diameter 8 untuk tulangan utama dan 6 untuk tulangan geser.
- 7) Jumlah sampel kuat tekan beton sebanyak 45 sampel silinder
- 8) Jumlah sampel kuat lentur beton sebanyak 5 sampel balok.
- 9) Pencucian Pasir pantai dilakukan sebanyak 3 kali dengan cara dibilas.
- 10) Uji kadar garam dilakukan pada Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- 11) Pengujian kekuatan lentur dilakukan mengacu pada standar (SNI 4154-2000)
- 12) Pengujian kuat tekan beton (SNI 974-2011).

Dalam upaya menganalisis penambahan Pasir pantai sebagai substitusi agregat halus pada beton, penulis mengacu pada penelitian sebelumnya yang membahas penggunaan Pasir pantai [7]. Penelitian Ramang *dkk.* yang mengkaji tentang analisis penggunaan pasir pantai sampur sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan pasir pantai Sampur sebagai agregat halus dalam pembuatan beton, dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan. Hasil penelitian ialah Penggunaan Pasir pantai Sampur sebagai agregat halus dalam pembuatan beton dapat dilakukan dengan perlakuan khusus untuk meningkatkan kualitasnya. Perlakuan pencucian terbukti efektif dalam mengurangi kandungan garam dan meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton yang dihasilkan dari berbagai perlakuan yaitu tanpa Perlakuan: 16,36 MPa, disiram: 17,52 MPa, dicuci: 22,14 MPa. Sebagai perbandingan, beton normal menggunakan pasir Padang Baru menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 28,68 MPa. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan pencucian memberikan peningkatan kuat tekan tertinggi pada beton dengan nilai 22,14 MPa.

Studi penelitian *lainnya* yang mengkaji tentang pengaruh penggunaan pasir pantai sebagai campuran agregat halus dengan penambahan bahan aditif beton sikacim cair terhadap kuat tarik [8]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton normal (tanpa Pasir pantai) memiliki kekuatan tarik belah rata-rata sekitar 2,56 MPa. Beton dengan 30% Pasir pantai menunjukkan kekuatan

tarik belah sekitar 1,96 MPa. Beton dengan 50% Pasir pantai mengalami penurunan lebih lanjut menjadi 1,53 MPa. Namun, ketika menggunakan aditif Sikacim, kekuatan tarik belah meningkat; misalnya, pada variasi 30% Pasir pantai dengan aditif, kekuatan tarik belah mencapai 3,01 MPa. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan Pasir pantai sebagai agregat halus dalam beton menurunkan kekuatan tarik belah secara signifikan karena kandungan garamnya. Namun, penambahan bahan aditif Sikacim dapat meningkatkan kualitas beton yang terbuat dari campuran tersebut. Oleh karena itu, meskipun Pasir pantai kurang ideal sebagai agregat utama, penggunaan aditif dapat memberikan solusi untuk meningkatkan performa beton.

Selain penelitian lain mengkaji tentang studi kelayakan teknis penggunaan Pasir pantai Alor Kecil terhadap kualitas beton yang dihasilkan [9]. Hasil penelitian Kuat Tekan Beton, Beton dengan pasir Takari memiliki kuat tekan rata-rata tertinggi (26,42 mpa pada umur 28 hari). Beton dengan Pasir pantai Alor Kecil yang dicuci memiliki kuat tekan lebih tinggi (24,53 mpa) dibandingkan dengan yang menggunakan Pasir pantai asli (23,59 mpa). Semua jenis beton memenuhi standar kuat tekan yang disyaratkan oleh SNI. Hasil Kuat Tarik Belah Beton dengan pasir Takari memiliki kuat tarik belah tertinggi (3,59 mpa). Beton dengan Pasir pantai yang dicuci (3,11 mpa) lebih baik dari pada yang menggunakan Pasir pantai asli (2,88 mpa). Kandungan garam pada Pasir pantai Alor Kecil (0,405% untuk kondisi asli dan 0,211% untuk kondisi dicuci) memenuhi batas maksimum 1% yang ditetapkan oleh British Code CP 110:1972. Kesimpulan Penggunaan Pasir pantai Alor Kecil dalam pembuatan beton layak secara teknis, tetapi hasilnya masih lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan pasir Takari. Pencucian Pasir pantai meningkatkan kualitas beton secara signifikan. Beton dengan Pasir pantai Alor Kecil, baik asli maupun dicuci, memenuhi standar kekuatan beton yang diperlukan untuk konstruksi struktural.

Penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain di perairan pesisir Desa Fatufia, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah, menunjukkan bahwa sedimen di wilayah tersebut mengandung logam berat Nikel (Ni) dan Besi (Fe) dengan konsentrasi yang cukup tinggi [11]. Hasil analisis menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) memperlihatkan bahwa kadar Ni berkisar antara 778,84 – 1563,56 µg/g dengan rata-rata 1150,80 ± 393,948 µg/g, nilai ini jauh melebihi baku mutu IADC/CEPA 1997 yaitu maksimal 300 µg/g. Tingginya kadar Ni ini diduga dipengaruhi oleh faktor geologi yang memang kaya mineral nikel, serta adanya kontribusi dari limpasan aktivitas pertambangan dan pelabuhan penimbunan nikel yang berdekatan dengan lokasi penelitian. Kondisi tekstur sedimen yang halus seperti lumpur/lempung juga turut meningkatkan kemampuan sedimen mengikat logam berat. Penelitian ini mengindikasikan bahwa aktivitas pertambangan nikel di Morowali memiliki peran signifikan dalam meningkatkan kandungan logam berat di sedimen pesisir, yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, memengaruhi organisme akuatik, serta

berdampak pada kesehatan masyarakat melalui mekanisme bioakumulasi.

2. Metode Penelitian

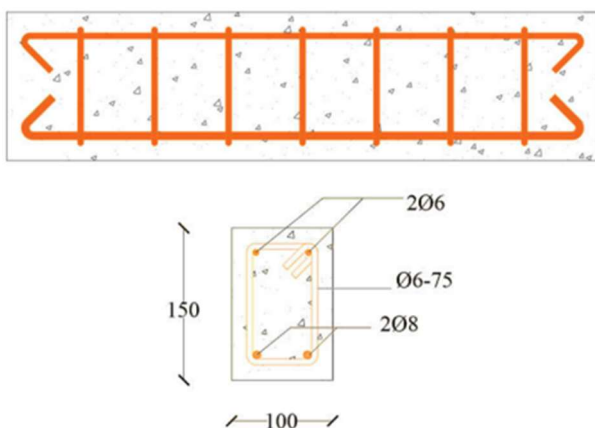
2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratrium bahan dan bangunan, Universitas Tadulako, Sulawesi Tengah. Pengujian yang dilakukan dengan engujian material meliputi: agregat kasar, pasir pantai, kuat tekan silinder dan kuat lentur balok. Jumlah benda uji adalah seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Benda uji

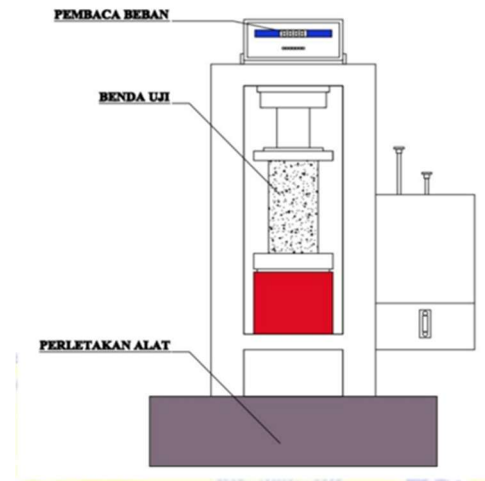
Kode Beton	Agregat Halus	Jumlah
Beton normal	Pasir Sungai	5
Beton dengan Substitusi Pasir pantai 25%	Tanpa Dicuci	5
Beton dengan Substitusi Pasir pantai 50%	Tanpa Dicuci	5
Beton dengan Substitusi Pasir pantai 75%	Tanpa Dicuci	5
Beton dengan Substitusi Pasir pantai 100%	Tanpa Dicuci	5
Beton dengan Substitusi Pasir pantai 25%	Dengan dicuci	5
Beton dengan Substitusi Pasir pantai 50%	Dengan dicuci	5
Beton dengan Substitusi Pasir pantai 75%	Dengan dicuci	5
Beton dengan Substitusi Pasir pantai 100%	Dengan dicuci	5

Perencanaan tulangan yang digunakan berdiameter 6 berfungsi sebagai tulangan tekan dan sengkang, dengan jarak 7,5 cm sedangkan tulangan berdiameter 8 sebagai tulangan tarik, berdimensi seperti Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi tulangan

Kuat tekan untuk mengetahui mutu beton dilakukan dengan bentuk silinder berdiameternya 100 cm tinggi 300 cm saat beton berumur 28 hari dengan 5 buah sampel (Gambar 2).



Gambar 2. Uji kuat tekan

Pengujian kuat lentur balok dilakukan pada umur beton 28 hari dan menggunakan kadar optimum pasir pantai dibuat 5 buah sampel seperti Tabel 2.

Tabel 2 Varian jumlah benda uji

Kode Beton	Varian Agregat Halus	Jumlah
Balok Bertulang dengan hasil persentase tertinggi substitusi Pasir pantai	Pasir pantai	5 Balok

2.2. Pasir Pantai

Pasir pantai adalah pasir yang diambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena kandungan garam-garamnya. Garam ini menyerap air dari udara dan ini menyebabkan pasir selalu agak basah dan menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karakteristik kualitas agregat halus yang digunakan sebagai komponen struktural beton memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik kualitas strukturbeton yang dihasilkan, sebab agregat halus mengisi sebagian besar volume beton. Pasir pantai sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar. Pasir pantai ini dasarnya tidak berbeda secara fisik dengan pasir biasa pada umumnya. Penggunaan Pasir pantai sebagai bahan bangunan dapat diterima jika bahan ini dikerjakan sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh lembaga terpercaya. Kelemahan utama dari Pasir pantai ini adalah tidak dapat digunakan pada beton bertulang, karena dapat menyebabkan korosi pada baja tulangan. Secara umum Pasir pantai dapat dibedakan atas dua kondisi yaitu Pasir pantai yang tidak dipengaruhi pasang surut dan Pasir pantai yang terendam atau dipengaruhi oleh kondisi air laut (air pasang surut). Pasir pantai yang tidak dipengaruhi oleh air pasang surut adalah Pasir pantai yang terdampar $\pm$ 50 meter dari air pasang dan tidak akan tergenang

Kembali. Pasir pantai yang tidak dipengaruhi air pasang ini mempunyai kandungan kadar garam yang lebih kurang dari Pasir pantai yang dipengaruhi air pasang [12]. Bahan-bahan kimia dan limbah-limbah yang ada pada pasir yang tidak dipengaruhi pasang surut lebih banyak dibandingkan Pasir pantai yang dipengaruhi pasang surut. *British Code CP 110:1972* memberikan Batasan maksimum kandungan garam NaCl (*Natrium choride*) dari agregat laut sebesar 1% dari berat semen yang digunakan, bahkan untuk penggunaan semen alumina atau beton prategang hanya 0,1% [13]. Hal ini disebabkan kandungan kandungan garam yang ada bila berhubungan dengan udara akan menimbulkan *efflorescence*. Pasir pantai dapat digunakan sebagai komponen struktural beton jika:

- Karakteristik butiran Pasir pantai distabilisasi, sehingga kandungan dan garam-garamnya direduksi.
- Pasir pantai memiliki karakteristik butiran yang kasar serta gradasi yang bervariasi.

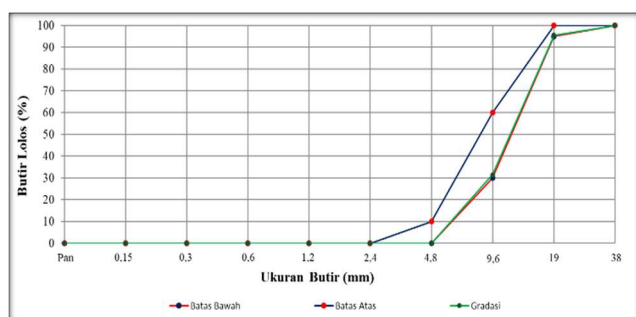
2.3. Analysis of Variance (ANOVA)

ANOVA adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians yang digunakan pada desain parameter berguna untuk mengidentifikasi kontribusi faktor, sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. Penggunaan ANOVA adalah sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil eksperimen. Sedangkan untuk jenis data hasil pengukuran dapat dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance for Variabel Data* (Kurniawan, 2018). ANOVA yang digunakan dalam hasil eksperimen pada umumnya adalah analisa ANOVA dua arah. ANOVA dua arah adalah data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih [14].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Agregat Kasar

Berdasarkan data pada Gambar 3 diketahui bahwa gradasi dari agregat yang di uji sudah cukup memenuhi kriteria untuk agregat kasar dengan ukuran maksimum 20 mm sehingga bisa digunakan sebagai campuran beton.



Gambar 3. Hubungan antara persen butiran lolos terhadap ukuran bukaan saringan

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode yang mengacu pada SNI 1969:2016 yang bertujuan untuk

mendapatkan berat jenis agregat beserta penyerapannya. Hasil dari pengujian secara ringkas dituangkan dalam Tabel 2 agar memudahkan dalam mengidentifikasi data-data tersebut.

Tabel 3. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Uraian	Sampel I	Spesifikasi
Berat Jenis Bulk (BJ.OV.)	2.73	
Berat Jenis Bulk SSD (BJ.SSD)	2.77	Memenuhi ≥ 2.3
Berat Jenis Semu (BJ.APP)	2.84	
Penyerapan Air (%)	1.33	Memenuhi $\leq 2\%$

Berdasarkan data dari pengujian berat jenis dan penyerapan yang telah dilakukan maka diketahui berbagai berat jenis dan penyerapan. Data ini diperlukan untuk melakukan perancangan campuran beton nantinya.

Pengujian bahan lolos saringan no. 200 untuk agregat kasar yang kami gunakan adalah pengujian dengan melakukan pencucian tanpa cairan pembersih yang mengacu pada SNI ASTM C117:2012. Setelah semua data yang dibutuhkan telah diperhitungkan maka data-data tersebut dapat dibuat menjadi sebuah tabel agar terlihat lebih simpel, Tabel 4.

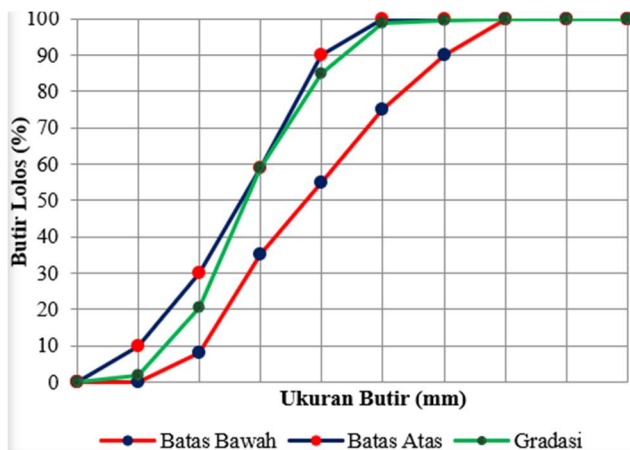
Tabel 4. Hasil pengujian bahan lolos saringan no. 200 agregat kasar

Uraian Pemeriksaan	No. Sampel I	Keterangan
Kadar Lumpur Agregat Kasar	0.06	Syarat $\leq 1\%$

Pengujian keausan agregat dengan mesin los angeles dilakukan dengan mengacu pada SNI 2417:2008 menggunakan cara B yang bertujuan untuk mengetahui nilai abrasi dari material yang digunakan. Berdasarkan pengujian dan pengolahan data maka diketahui bahwa nilai erosi dan abrasi dari agregat yang di uji adalah 14.04 %.

3.2. Agregat Halus

Pengujian agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan standar. Metode analisa saringan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada SNI ASTM C136:2012 dengan tujuan untuk mengetahui gradasi dari material agregat halus. Berikut adalah data yang didapatkan dari analisa saringan yang telah dilakukan (Gambar 4). Gradasi dari agregat yang di uji sudah cukup memenuhi kriteria untuk gradasi zona 2 sehingga bisa digunakan sebagai campuran beton [15].



Gambar 4. Grafik hubungan antara persen butiran lolos terhadap ukuran bukaan saringan

Pengujian berat jenis dan penyerapan yang terdapat pada agregat halus di uji dengan metode yang mengacu pada SNI 1970:2016. Setelah semua data yang dibutuhkan telah dihitung, maka hasil perhitungan dapat dituangkan dalam sebuah tabel agar memudahkan dalam mengidentifikasi data-data tersebut (Tabel 5).

Tabel 5. Tabel hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

Uraian			Sampel	Spesifikasi
			I	
Berat Jenis Bulk (BJ.OV.)	Jenis	Bulk	2.504	
Berat Jenis Bulk SSD (BJ.SSD)	Jenis	Bulk SSD	2.543	Memenuhi ≥ 2.3
Berat Jenis Semu (BJ.APP)	Jenis	Semu	2.607	
Penyerapan Air (%)			1.585	Memenuhi $\leq 2\%$

Berdasarkan dari pengujian berat jenis dan penyerapan yang telah dilakukan maka diketahui berbagai berat jenis dan penyerapan. Data ini diperlukan untuk melakukan perancangan campuran beton nantinya. Pengujian bahan lolos saringan No. 200 ini dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur yang terdapat pada agregat halus, Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada SNI ASTM C117:2012. Setelah pengolahan data selesai diperhitungkan, maka dapat dilanjutkan dengan merapkannya dalam sebuah tabel agar lebih mudah untuk di pahami, pada Tabel 4.7 dapat dilihat data hasil pengujian bahan lolos saringan no. 200 untuk agregat halus.

Kotoran organik dalam pasir di uji untuk mengontrol seberapa banyak kandungan bahan organik yang mudah terurai pada bahan agregat halus yang akan digunakan, pengujian ini dilakukan dengan acuan SNI 2816:2016. Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengecek kotoran organik di dalam pasir (Gambar 5).



Gambar 5. Hasil pengujian kotoran organik pada agregat halus

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa air yang berada di dalam botol pengujian berubah warna dari yang berwarna bening menjadi kekuningan ini menjadi indikator bahan organik yang berada di dalam material tersebut. Dengan membandingkan warna yang terdapat pada botol pada pelat indikator organik maka diketahui bahwa bahan yang kami ini termasuk dalam kandungan organik no. 1 yang berarti bahan organik yang terkandung di dalamnya sangat sedikit [16].

3.3. Pasir Pantai

Pengujian Pasir pantai yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan standar. Metode analisa saringan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada SNI ASTM C136:2012 dengan tujuan untuk mengetahui gradasi dari material agregat halus. Berdasarkan hasil pengujian gradasi dari agregat halus pasir pantai yang di uji sudah cukup memenuhi kriteria untuk gradasi zona 2 sehingga bisa digunakan sebagai campuran beton.

Pengujian berat jenis dan penyerapan yang terdapat pada agregat halus di uji dengan metode yang mengacu pada SNI 1970:2016. Pengujian bahan lolos saringan No. 200 ini dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur yang terdapat pada agregat halus, Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada SNI ASTM C117:2012. Setelah pengolahan data selesai diperhitungkan, maka dapat dilanjutkan dengan merapkannya dalam sebuah tabel agar lebih mudah untuk di pahami, pada Tabel 4.10 dapat dilihat data-data hasil pengujian bahan lolos saringan no. 200 untuk agregat halus.

Kotoran organik dalam pasir di uji untuk mengontrol seberapa banyak kandungan bahan organik yang mudah terurai pada bahan agregat halus yang akan digunakan, pengujian ini dilakukan dengan acuan SNI 2816:2016. Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengecek kotoran organik di dalam pasir pantai. Air yang berada di dalam botol pengujian berubah warna dari yang berwarna bening menjadi kekuningan, warna ini menjadi indikator bahan organik yang berada di dalam material tersebut. Dengan membandingkan warna yang terdapat

pada botol pada pelat indikator organik maka diketahui bahwa bahan yang kami ini termasuk dalam kandungan organik no.3 yang berarti bahan organik yang terkandung di dalamnya banyak.

Pengujian kadar garam ini dilakukan untuk mengetahui kadar garam yang terdapat pada pasir Pantai khusus di daerah pantai Matano kec. Bungku Tengah Kab. Morowali. Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada SNI 06-6989.24-2005. Setelah pengolahan data selesai diperhitungkan, maka dapat dilanjutkan dengan merapkannya dalam sebuah tabel agar lebih mudah untuk di pahami, pada Tabel 6 dapat dilihat data hasil pengujian kadar garam untuk pasir Pantai.

Tabel 6. Hasil pengujian kadar garam untuk pasir pantai

Uraian Pemeriksaan	No. Sampel	Keterangan
	I	
Kadar garam (Pasir Pantai tanpa dicuci)	0.086	$Syarat \leq 1\%$
Kadar garam (Pasir Pantai dicuci)	0.032	

3.4. Kuat Tekan

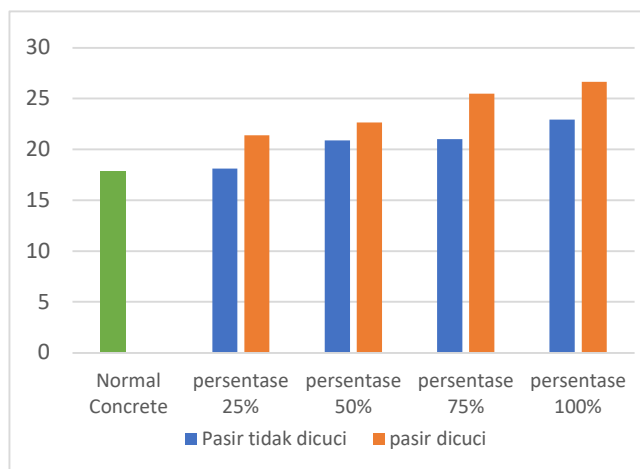
Hasil pengujian kuat tekan silinder yang direndam selama 28 hari ditunjukkan pada Tabel 7 dan Gambar 6.

Tabel 7. Hasil nilai rerata kuat tekan beton umur 28 hari

No	Mix Design	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Keterangan
1	Beton Normal	17,83	Pasir sungai normal
2	Mix 25% pasir pantai	18,11	Pasir tidak dicuci
3	Mix 50% pasir pantai	20,88	Pasir tidak dicuci
4	Mix 75% pasir pantai	21,00	Pasir tidak dicuci
5	Mix 100% pasir pantai	22,92	Pasir tidak dicuci
6	Mix 25% pasir pantai	21,39	Pasir dicuci
7	Mix 50% pasir pantai	22,64	Pasir dicuci
8	Mix 75% pasir pantai	25,46	Pasir dicuci
9	Mix 100% pasir pantai	26,65	Pasir dicuci

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase pasir pantai dalam campuran beton. Peningkatan ini terjadi baik pada kondisi pasir pantai yang dicuci maupun yang tidak dicuci, meskipun nilai kuat tekan tertinggi dicapai pada beton dengan pasir pantai yang telah dicuci. Pola ini sejalan

dengan teori yang telah dikaji sebelumnya, yang menyatakan bahwa proses pencucian pasir pantai dapat meningkatkan mutu beton yang dihasilkan.



Gambar 6. Nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari

Selain itu, hasil pengujian laboratorium bahwa kadar garam pada kedua kondisi pasir pantai masih berada dalam batas yang diizinkan untuk digunakan sebagai bahan beton, sesuai dengan literatur yang menetapkan batas maksimum kadar garam sebesar 1%. Kadar garam pada pasir pantai tanpa dicuci tercatat sebesar 0,086%, sedangkan pada pasir yang telah dicuci turun menjadi 0,032%.

Berdasarkan Gambar 6 kekuatan sampel beton normal yang digunakan sebagai acuan menunjukkan hasil uji kuat tekan sebesar 17,83 MPa, yang telah memenuhi standar kuat tekan rencana sebesar 17,50 MPa. Seluruh sampel beton berada dalam kisaran target yang telah ditentukan. Selain itu, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa penambahan persentase pasir pantai dalam campuran beton cenderung meningkatkan kuat tekan beton, terutama seiring dengan bertambahnya umur beton.

- Komposisi Optimum dari substitusi pasir pantai terhadap kuat tekan beton

Berdasarkan hasil percobaan, komposisi optimum penambahan pasir pantai diperoleh pada kadar 100%. Hal ini didasarkan pada kesimpulan sebelumnya yang menunjukkan bahwa peningkatan proporsi pasir pantai dalam campuran beton berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan beton pada umur 28 hari. Oleh karena itu, pasir pantai dicuci dengan komposisi 100% dipilih sebagai bahan pengganti pasir konvensional dalam pembuatan campuran beton untuk balok bertulang.

- Validasi faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton menggunakan ANOVA

Setelah dilakukan perhitungan manual, hasil ini divalidasi kembali menggunakan bantuan aplikasi Minitab untuk mengetahui kontribusi terbesar dari faktor pencucian pasir dengan persentase substitusi penambahan pasir pantai. Hasil analisis varians

(ANOVA) menunjukkan bahwa baik keadaan agregat maupun persentase substitusi agregat halus berpengaruh signifikan terhadap kualitas beton. Keadaan agregat (pencucian pasir laut) menyumbang kontribusi sebesar 42,57% dengan nilai $P = 0,010$, sedangkan persentase substitusi agregat halus memberikan kontribusi 53,62% dengan nilai $P = 0,028$. Meskipun persentase substitusi memiliki kontribusi lebih besar, kebersihan pasir tetap menjadi faktor utama karena sangat menentukan kekuatan dan kepadatan beton yang dihasilkan.

Dimensi balok 10 x 15 x 1500 cm. Tulangan pada balok beton bertulang menggunakan diameter 6 dan 8 (Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9). Diameter 6 digunakan sebagai tulangan tekan dan sengkang dengan jarak 7,5 cm dan diameter tulangan 8 sebagai tulangan tarik dengan selimut beton 2,5 cm. Metode uji kekuatan lentur balok dengan 2 pembebanan, jarak tumpuan 116 cm dan jarak antar pembebanan 58 cm.



Gambar 7. Tulangan dan bekisting balok



Gambar 8. Posisi melintang balok pada mesin uji kuat lentur



Gambar 9. Posisi memanjang balok pada mesin uji kuat lentur

3.4. Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur balok bertulang yang dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Tadulako dengan menggunakan mesin uji tekan dapat ditunjukkan dengan beban puncak rata-rata 37,72 kN. Selanjutnya setelah semua data dihitung dengan menggunakan persamaan yang sama selanjutnya akan disusun dalam sebuah tabel agar pembacaannya menjadi lebih mudah. Pada Tabel 7 dapat dilihat semua nilai kuat lentur dari masing masing sampel beton yang telah dilakukan.

Tabel 7. Hasil nilai kuat lentur

Jenis Beton	No sampel	P (N)	l (mm)	Kuat Lentur (Mpa)
Balok Beton dengan penggunaan pasir pantai 100%	1	34500	1160	17.79
	2	41100	1160	21.19
	3	39000	1160	20.11
	4	38000	1160	19.85
	5	35500	1160	18.30
Rata-rata				19.45

Diperoleh data hasil pengujian kuat lentur balok beton bertulang dengan menggunakan 100% pasir pantai sebagai substitusi agregat halus. Dari lima sampel yang diuji, nilai kuat lentur berkisar antara 17.79 Mpa hingga 21.19 Mpa. Hasil rata-rata kuat lentur yang dicapai adalah sebesar 19.45 Mpa. Nilai ini menunjukkan bahwa penggunaan pasir pantai secara penuh masih mampu memberikan kontribusi terhadap daya lentur balok beton yang signifikan. Setiap sampel mengalami variasi hasil yang masih dalam batas wajar, yang menunjukkan bahwa material alternatif ini cukup konsisten dalam menghasilkan performa mekanis yang dapat diterima.

Hasil ini mengindikasikan bahwa pasir pantai memiliki potensi untuk dijadikan bahan alternatif dalam campuran beton, khususnya dalam konstruksi struktural ringan hingga menengah. Meski demikian, nilai kuat lentur yang dihasilkan perlu dibandingkan lebih lanjut dengan beton konvensional yang menggunakan pasir sungai atau pasir standar lainnya untuk mengevaluasi efisiensi dan keamanannya secara keseluruhan. Penambahan 100% pasir pantai menunjukkan bahwa material ini dapat menjadi solusi dalam mengatasi kelangkaan agregat halus di daerah tertentu, terutama wilayah pesisir, asalkan dilakukan pengolahan dan pemurnian yang sesuai agar tidak mengganggu performa dan *durabilitas* struktur beton. Selanjutnya setelah semua data dihitung dengan menggunakan persamaan yang sama selanjutnya akan disusun dalam sebuah tabel agar pembacaannya menjadi lebih mudah. Pada Tabel 4.30 dapat dilihat semua nilai modulus runtuh dari masing masing sampel beton yang telah dilakukan.

Selanjutnya diperoleh hasil pengujian modulus runtuh pada balok beton bertulang yang menggunakan 100% pasir pantai sebagai pengganti agregat halus. Pengujian dilakukan pada lima sampel balok beton dengan beban tetap terbesar 41000 N dan dimensi balok yang seragam.

Nilai modulus runtuh yang dihasilkan berkisar antara 26,68 MPa hingga 31,71 MPa, dengan nilai rata-rata sebesar 29.15 MPa. Perbedaan nilai antar sampel masih tergolong wajar dan dapat disebabkan oleh faktor homogenitas campuran, tingkat kepadatan, atau distribusi butiran pasir pantai dalam beton.

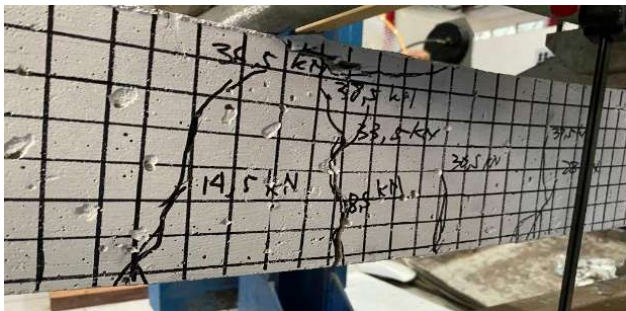
3.5. Pola Retak Balok

Setelah seluruh benda uji selesai diuji, maka benda uji akan diamati pola retak yang terjadi untuk mengetahui sejauh mana pola retak terjadi pada benda uji. Dimana sebelum pengujian diasumsikan bahwa benda uji akan mengalami pola retak lentur sehingga beton tetap dapat diperhitungkan dalam analisis lendutan.

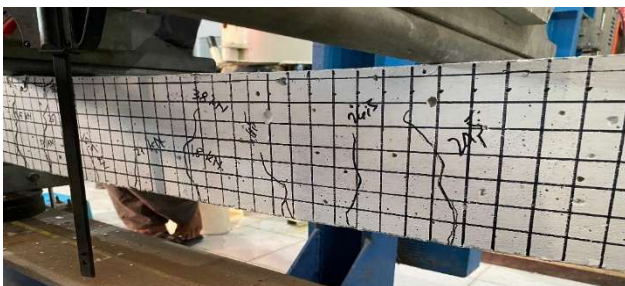
Gambar 10 - Gambar 14 memperlihatkan keruntuhan, retak awal dimulai dari bagian serat bawah balok, kemudian mengalami posisi patah pada bagian L/4 bentang. Beban maksimum yang diterima balok adalah 41,1 Kn dan lebar retak 0,5 cm pada sampel 2 sedangkan beban minimum yang diterima balok terdapat pada sampel 1 sebesar 34,50 kN dan lebar retak 0,4 cm.



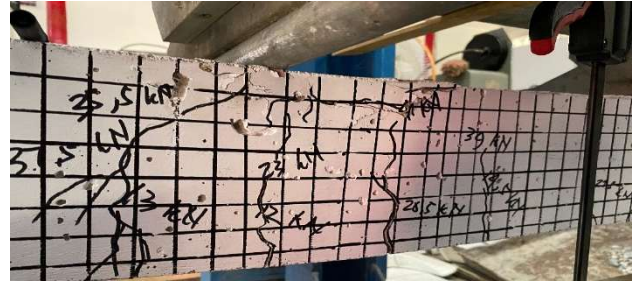
Gambar 10. Pola retak balok beton bertulang sampel 1



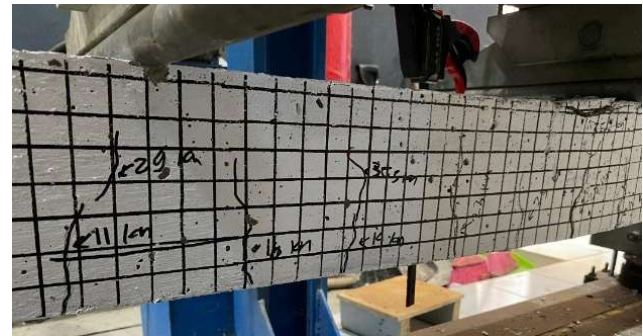
Gambar 11. Pola retak balok beton bertulang sampel 2



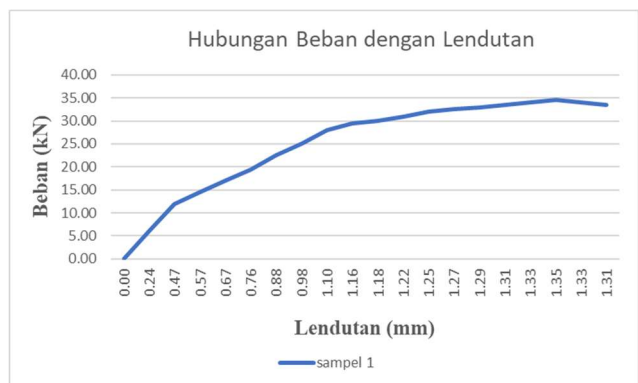
Gambar 12. Pola retak balok beton bertulang sampel 3



Gambar 13. Pola retak balok beton bertulang sampel 4



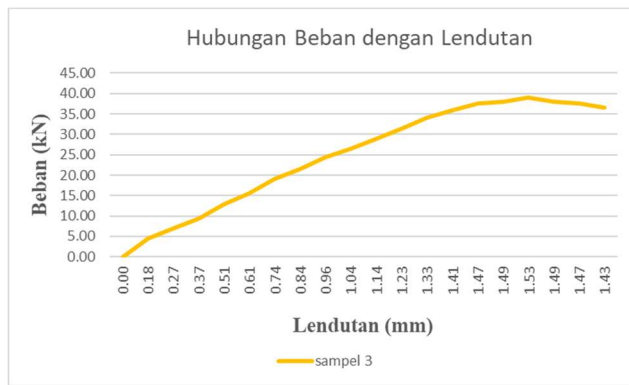
Gambar 14. Pola retak balok beton bertulang sampel 5



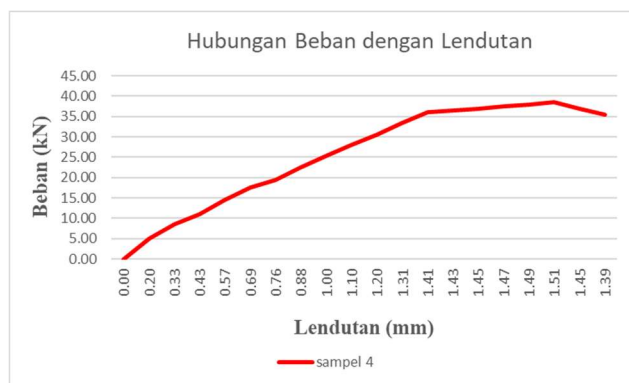
Gambar 15. Hubungan beban dengan lendutan terhadap sampel 1 beton



Gambar 16. Hubungan beban dengan lendutan terhadap sampel 2 beton



Gambar 17. Hubungan beban dengan lendutan terhadap sampel 3 beton



Gambar 18. Hubungan beban dengan lendutan terhadap sampel 4 beton



Gambar 19. Hubungan beban dengan lendutan terhadap sampel 5 beton

Berdasarkan **Gambar 15 - Gambar 19**, grafik *Load-Deflection* dari hasil pengujian di laboratorium, seluruh benda uji menunjukkan perilaku struktur yang serupa serta kapasitas maksimum yang relatif tidak berbeda. Sebagai contoh, balok sampel 1 mencapai beban maksimum sebesar 34,50 kN dengan lendutan 1,35 mm, sementara balok sampel 5 mencatat beban maksimum 35,50 kN dengan lendutan sebesar 1,39 mm. Dari kelima sampel yang diuji, lendutan terbesar terjadi pada sampel 2, namun masih berada di bawah batas lendutan maksimum yang diizinkan, yaitu $L/240 > 0,61$ mm. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh sampel memenuhi kriteria batas lendutan yang dipersyaratkan.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Penggunaan pasir pantai Matano yang telah dicuci sebagai pengganti agregat halus terbukti tidak menurunkan mutu beton secara signifikan. Kuat tekan tertinggi sebesar 26,65 MPa dan kuat lentur 19,82 MPa dicapai pada campuran dengan 100% pasir pantai dicuci. Retak yang muncul bersifat wajar, dengan lendutan maksimum 1,61 mm pada beban puncak 41,10 MPa.
- 2) Substitusi penuh (100%) pasir pantai menghasilkan performa mekanik terbaik dibandingkan dengan persentasi substitusi lain yang digunakan, asalkan pasir pantai dicuci dengan baik untuk mengurangi kadar garam dan kotoran. Ini menunjukkan bahwa pasir pantai Matano dapat digunakan sebagai pengganti agregat halus dalam pembuatan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dumyati and D.F. Manalu, "Analisis penggunaan pasir pantai Sampur sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton," *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–13, 2015. <https://doi.org/10.33019/fropil.v3i1.1203>
- [2] Hizrian, "Pengertian agregat dan klasifikasinya," *Medium*, Nov. 28, 2017. <https://hizrian.medium.com/pengertian-agregat-dan-klasifikasinya>
- [3] R. Kurniawan, "Penentuan kombinasi level faktor optimal kursi terraso berdasarkan uji kuat tekan dengan metode Taguchi," Universitas Brawijaya, Malang, 2018.
- [4] D.W. Lestari, M.R. Umar, and D. Priosambodo, "Analisis kadar nikel dan besi pada sedimen perairan pesisir Desa Fatufia, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah," *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 2024. <https://doi.org/10.20956/bioma.v9i1.32209>
- [5] T. Mulyono, *Teknologi Beton: Dari Teori ke Praktek*. Jakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan–UNJ, 2015.
- [6] R. Razak, S. Sariman, and E. Yuniarto, "Hubungan beban dan lendutan terhadap balok beton bertulang berongga," *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, vol. 3, no. 3, 2025. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v3i3.3297>
- [7] R. Ramang, D.A.T. Sina, and M. Irpan, "Studi kelayakan teknis penggunaan pasir laut Alor Kecil terhadap kualitas beton yang dihasilkan," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 111–124, 2014.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal," Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2000.

- [9] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1974:2011: Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang dicetak,” Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2847:2019: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan,” Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2019.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2847:2013: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung,” Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2013.
- [12] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 4154:2014: Metode uji kekuatan lentur beton (menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang),” Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2014.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 4431:2011: Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan,” Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
- [14] K. Tjokrodinuljo, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, 2009.
- [15] Zamil Consulting, “Pengertian agregat dan klasifikasinya,” Nov. 22, 2021. <https://zamilconsulting.com/pengertian-agregat-dan-klasifikasinya/>
- [16] F. Zulkarnain and R.D. Alqory, “Pengaruh penggunaan pasir pantai sebagai campuran agregat halus dengan penambahan bahan aditif beton Sikacim cair terhadap kuat tarik,” *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil (JIMATS)*, vol. 3, no. 1, pp. 038–044, 2024. <https://doi.org/10.33506/jimats.v3i01.2804>