GEAR: *General Engineering & Applied Science Journal, Vol 1 Issues 4, 2026*
E-ISSN: 3124-4092
https://publications.corejurnal.com/index.php/gear/

Potensi Agregat Di Negeri Akoon, Kecamatan Nusalaut Sebagai Material Campuran Beton Normal

D. Prajawati L. Talaksoru[1*], Pieter L. Frans[2], Margie C. Siahay[3]
[1,2,3]Politeknik Negeri Ambon, Indonesia
*Email korespondensi: prajawatitalaksoru@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan agregat lokal dapat mendukung ketersediaan bahan konstruksi di wilayah kepulauan, tetapi memerlukan evaluasi karakteristik material dan kinerja beton. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik agregat dari Negeri Akoon, Kecamatan Nusalaut, konsistensi beton segar, dan perkembangan kuat tekan beton normal. Penelitian dilakukan melalui eksperimen laboratorium yang meliputi pengujian karakteristik agregat, perencanaan campuran berdasarkan SNI 03-2834-2000, pengujian slump, dan pengujian kuat tekan sembilan benda uji silinder pada umur 7, 14, dan 28 hari, masing-masing tiga spesimen. Data dianalisis secara deskriptif menggunakan rata-rata, simpangan baku sampel, dan koefisien variasi. Hasil menunjukkan bahwa agregat halus termasuk zona gradasi II dengan modulus kehalusan 2,41, sedangkan agregat kasar memiliki modulus kehalusan 6,80. Berat jenis agregat halus dan kasar masing-masing sebesar 2,60 dan 2,72, dengan penyerapan air sebesar 2,10% dan 1,45%. Kadar lumpur masing-masing sebesar 3,30% dan 3,13%. Nilai slump sebesar 79 mm berada dalam rentang rencana 60–180 mm. Kuat tekan rata-rata pada umur 7, 14, dan 28 hari berturut-turut sebesar 17,20; 19,03; dan 21,33 MPa. Rata-rata kuat tekan umur 28 hari secara numerik melampaui kuat tekan yang disyaratkan sebesar 20,75 MPa. Hasil ini menunjukkan potensi agregat Negeri Akoon untuk campuran beton normal, dengan tetap memperhatikan kelengkapan data karakteristik agregat dan evaluasi penerimaan mutu beton.

Kata kunci: agregat lokal, Negeri Akoon, beton normal, karakteristik agregat, kuat tekan.

Aggregates from Akoon Village, Nusalaut District, as Materials for Normal Concrete Mixes

Abstract

The use of local aggregates can improve the availability of construction materials in island regions, but their suitability requires evaluation of material characteristics and concrete performance. This study aimed to evaluate aggregates from Akoon Village, Nusalaut District, their effect on fresh concrete consistency, and the compressive strength development of normal concrete. A laboratory experiment was conducted involving aggregate characterization, mix design based on SNI 03-2834-2000, slump testing, and compressive strength testing of nine cylindrical specimens at 7, 14, and 28 days, with three specimens tested at each age. Data were analyzed descriptively using means, sample standard deviations, and coefficients of variation. The results showed that the fine aggregate belonged to grading Zone II, with a fineness modulus of 2.41, while the coarse aggregate had a fineness modulus of 6.80. The specific gravities of the fine and coarse aggregates were 2.60 and 2.72, respectively, with water absorption values of 2.10% and 1.45%. Their fines contents were 3.30% and 3.13%, respectively. The measured slump was 79 mm, within the target range of 60–180 mm. Mean compressive strengths at 7, 14, and 28 days were 17.20, 19.03, and 21.33 MPa, respectively. The 28-day mean numerically exceeded the specified compressive strength of 20.75 MPa. These findings indicate the potential of Akoon aggregates for normal concrete production, subject to complete aggregate characterization and evaluation against concrete acceptance criteria.

Keywords*: local aggregates, Akoon Village, normal concrete, aggregate characteristics, compressive strength.*

PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang kinerjanya ditentukan oleh karakteristik bahan penyusun, proporsi campuran, proses pengerjaan, dan kondisi perawatan. Pengembangan bahan alternatif untuk beton perlu mempertimbangkan keseimbangan antara ketersediaan sumber daya, kemudahan pengerjaan, kekuatan, dan ketahanan material. Dalam konteks wilayah pesisir dan kepulauan, agregat lokal menjadi salah satu pilihan yang perlu dievaluasi untuk mendukung penyediaan bahan konstruksi. Literatur mutakhir menunjukkan bahwa pasir laut berpotensi dimanfaatkan dalam beton, tetapi penerapannya memerlukan pemeriksaan karakteristik material dan kesesuaian terhadap tujuan penggunaan (Rathnarajan & Sikora, 2023; Wang et al., 2024).

Pemanfaatan material yang tersedia di sekitar lokasi pembangunan berpotensi mengurangi ketergantungan pada pasokan agregat dari luar wilayah. Namun, manfaat tersebut tidak dapat langsung diperlakukan sebagai bukti kelayakan teknis maupun keberlanjutan tanpa evaluasi yang sesuai. Sindhurashmi et al. (2024) membahas peluang penggunaan pasir laut sebagai agregat alternatif dalam beton memadat sendiri, sedangkan Kalaimani dan Srinivasan (2024) mengevaluasi kombinasi pasir pantai dan agregat kasar daur ulang melalui pemeriksaan kekuatan serta ketahanan beton. Kedua penelitian tersebut memperlihatkan perlunya menghubungkan pemilihan material alternatif dengan pengujian kinerja campuran, bukan hanya dengan ketersediaan sumbernya.

Karakteristik fisik agregat merupakan dasar penting dalam perencanaan campuran beton. Distribusi ukuran butir dan modulus kehalusan diperlukan untuk menjelaskan gradasi, sedangkan berat jenis, penyerapan air, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi menyediakan informasi mengenai kondisi material yang digunakan. Adnan et al. (2024) menempatkan zona gradasi dan ukuran pasir laut sebagai variabel dalam pengembangan beton memadat sendiri. Sementara itu, Kryzhanovskyi et al. (2023) mengevaluasi penggunaan pasir laut dan air laut pada beton berkekuatan tinggi dengan memperhatikan sifat campuran segar serta beton yang telah mengeras. Perbedaan jenis beton tersebut menegaskan bahwa hasil suatu campuran tidak dapat langsung diterapkan pada sumber agregat dan rancangan lain tanpa pengujian tersendiri.

Selain sifat fisik, penggunaan agregat pantai perlu memperhatikan kandungan garam dan pengaruhnya terhadap kinerja beton. Le et al. (2023) menunjukkan bahwa perbedaan kandungan klorida pada pasir laut berkaitan dengan kebutuhan air, retensi *slump*, dan kinerja beton pada umur lanjut. Ebead et al. (2022) serta Chen et al. (2024) juga membahas tantangan penggunaan material laut, khususnya interaksi ion dalam bahan berbasis semen dan risiko korosi tulangan. Oleh karena itu, pencapaian kuat tekan tertentu belum cukup untuk menyimpulkan keamanan seluruh penggunaan struktural atau ketahanan jangka panjang beton.

Komposisi campuran dan pengendalian air juga perlu diperhatikan dalam evaluasi beton berbahan agregat pantai. Jumlah air efektif harus dibedakan dari air yang ditambahkan karena kondisi kelembapan dan penyerapan agregat dapat memengaruhi keseimbangan air campuran. Kajian pada beton berkinerja sangat tinggi oleh Saleh et al. (2023) menghubungkan evaluasi sifat mekanis dengan karakteristik transport dan pengikatan klorida. Penelitian Xiao et al. (2023) pada beton bawah air juga menunjukkan bahwa pengaruh bahan laut perlu dipahami berdasarkan komposisi kimia dan sistem campuran yang digunakan. Kedua penelitian tersebut menjadi konteks bagi perlunya penelusuran komposisi bahan, tetapi tidak diperlakukan sebagai pembanding langsung untuk beton normal tanpa bahan tambah khusus.

Perkembangan penelitian beton berbahan material laut mencakup penggunaan serat, agregat daur ulang, serta pengujian pada kondisi lingkungan tertentu. Xue et al. (2022) mengevaluasi sifat segar dan sifat beton mengeras dengan penambahan serat polioksimetilena. Qiao et al. (2022) meneliti sifat mekanis akibat variasi suhu harian, sedangkan Vafaei et al. (2022) memeriksa beton berserat pada suhu tinggi. Lu et al. (2023) mengevaluasi ketahanan beton berbahan agregat daur ulang setelah perendaman

dalam air laut. Keragaman tersebut menunjukkan bahwa komposisi, umur, dan kondisi paparan harus diperhatikan ketika membandingkan hasil penelitian.

Negeri Akoon, Kecamatan Nusalaut, Kabupaten Maluku Tengah, memiliki sumber material berupa pasir pantai dan agregat kasar lokal yang menjadi objek penelitian ini. Persoalan teknis yang dikaji adalah bagaimana karakteristik agregat tersebut berkaitan dengan rancangan campuran, konsistensi beton segar, dan perkembangan kuat tekan beton normal. Penilaian diperlukan agar potensi material lokal didukung oleh data laboratorium yang dapat ditelusuri. Penelitian ini tidak diarahkan untuk membuktikan penghematan biaya, pengurangan emisi, atau ketahanan terhadap korosi karena aspek-aspek tersebut tidak diukur secara langsung.

Berdasarkan persoalan tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik agregat halus dan agregat kasar dari Negeri Akoon, menilai konsistensi parameter rancangan campuran, serta mengetahui nilai *slump* dan perkembangan kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari. Penelitian dilaksanakan melalui eksperimen laboratorium dengan sembilan benda uji silinder, masing-masing tiga spesimen pada setiap umur pengujian. Hasil kuat tekan disajikan sebagai nilai individual, rata-rata, simpangan baku sampel, dan koefisien variasi. Kontribusi penelitian berupa informasi awal mengenai potensi teknis agregat Negeri Akoon untuk beton normal, dengan membedakan pencapaian kuat tekan dari pemenuhan seluruh persyaratan material dan penerimaan mutu beton.

METODE

1. Jenis dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan analisis deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi karakteristik agregat dan kuat tekan beton normal yang menggunakan material lokal dari Negeri Akoon, Kecamatan Nusalaut, Kabupaten Maluku Tengah. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ambon. Material penelitian terdiri atas agregat halus berupa pasir pantai dan agregat kasar lokal dari kawasan pantai Negeri Akoon.

Tahapan penelitian meliputi pengambilan dan penyiapan material, pengujian karakteristik agregat, perencanaan campuran beton (*mix design*), pembuatan benda uji, pengujian *slump*, perawatan beton (*curing*), pengujian kuat tekan, dan analisis data. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari.

2. Jenis dan Sumber Data

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengujian laboratorium terhadap agregat halus, agregat kasar, beton segar, dan benda uji beton. Parameter yang diperiksa meliputi analisis saringan, berat jenis, penyerapan air, kadar air, kadar lumpur, berat isi agregat, nilai *slump*, dan kuat tekan beton. Data sekunder diperoleh dari jurnal ilmiah, literatur teknis, serta Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pemeriksaan agregat dan perencanaan beton normal.

Pengumpulan data dilakukan melalui pencatatan hasil pengukuran, dokumentasi proses pembuatan dan pengujian benda uji, serta rekapitulasi hasil laboratorium. Setiap spesimen diberi identitas berdasarkan umur pengujian dan nomor urut untuk mempermudah penelusuran data.

3. Pengambilan dan Penyiapan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik sampel gabungan (*composite sampling*). Pasir dan agregat kasar diambil dari tiga titik berbeda di kawasan pengambilan material, kemudian digabungkan secara terpisah berdasarkan jenis agregat. Sampel dihomogenkan dan dibagi sesuai

kebutuhan setiap pengujian. Material dipisahkan dari sampah, akar, dan kotoran yang terlihat. Massa material yang disiapkan untuk pengujian awal analisis saringan adalah sekitar 5 kg agregat halus dan 10 kg agregat kasar. Contoh uji selanjutnya dipisahkan sesuai kebutuhan pemeriksaan. Sampel kadar air diuji dalam kondisi mendekati kondisi material saat diterima. Sampel berat jenis dan penyerapan air disiapkan sesuai prosedur pengujian masing-masing. Pemeriksaan karakteristik agregat dilakukan sebelum pembuatan beton untuk menyediakan dasar perencanaan campuran.

4. Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan penelitian meliputi timbangan digital dengan ketelitian pembacaan 0,1 gram, oven pengering dengan suhu operasi 110 ± 5°C, seperangkat saringan agregat, mesin penggetar saringan, wadah pengujian berat isi, perangkat pengujian berat jenis dan penyerapan air, alat pemeriksaan kadar lumpur, kerucut *slump*, batang pemadat, cetakan silinder, dan mesin uji tekan beton. Cetakan silinder memiliki diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Mesin uji tekan memiliki kapasitas minimum 1.000 kN. Pemeriksaan fungsi peralatan dilakukan sebelum pengujian. Bahan penelitian terdiri atas semen Portland, air pencampur, agregat halus berupa pasir pantai, dan agregat kasar lokal dari Negeri Akoon. Bahan tersebut digunakan sesuai komposisi campuran yang tercantum dalam rancangan.

5. Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat meliputi analisis saringan, berat jenis, penyerapan air, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi. Analisis saringan dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butir agregat halus dan kasar. Sampel kering diayak menggunakan susunan saringan sesuai ukuran material. Massa tertahan pada setiap saringan dicatat untuk menghitung persentase tertahan, persentase tertahan kumulatif, dan persentase lolos. Modulus kehalusan dihitung dari jumlah persentase tertahan kumulatif pada seri saringan standar, dibagi 100. Zona gradasi agregat halus ditentukan dengan membandingkan persentase lolos terhadap batas gradasi pada SNI 03-2834-2000.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air dilakukan secara terpisah untuk agregat halus dan kasar. Penyerapan air dihitung berdasarkan perbedaan massa agregat pada kondisi jenuh kering permukaan atau *saturated surface dry* (SSD) dan kondisi kering oven terhadap massa kering oven. Kadar air ditentukan melalui penimbangan sampel sebelum dan sesudah pengeringan dalam oven. Persentase kadar air dihitung menggunakan persamaan:

$$w = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$$

Keterangan:

1) (w) = kadar air agregat (%);
2) (m_b)= massa sampel sebelum pengeringan (g);
3) (m_k) = massa sampel kering oven (g).

Pengujian kadar lumpur dilakukan untuk menentukan kandungan material halus dalam agregat. Hasil dinyatakan sebagai persentase berdasarkan prosedur pengujian yang digunakan, kemudian dibandingkan dengan persyaratan untuk masing-masing jenis agregat.

Berat isi ditentukan dengan memasukkan agregat ke dalam wadah yang volumenya diketahui. Massa agregat diperoleh dari selisih massa wadah berisi agregat dan massa wadah kosong. Berat isi dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho_b = \frac{m_1 - m_0}{V}$$

Keterangan:

1) (ρ_b) = berat isi agregat (kg/m³);
2) (m_1) = massa wadah beserta agregat (kg);
3) (m_0) = massa wadah kosong (kg);
4) (V) = volume wadah (m³).

Hasil pemeriksaan digunakan untuk menjelaskan karakteristik material dan mendukung evaluasi rancangan campuran. Nilai hasil pengujian disajikan pada bagian hasil dan pembahasan.

6. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Kuat tekan yang disyaratkan ditetapkan sebesar 20,75 MPa pada umur 28 hari. Dokumen rancangan mencantumkan deviasi standar 7 MPa, margin 11,5 MPa, dan kuat tekan rata-rata rencana 27,8 MPa. Ketiga nilai tersebut dicatat sebagai parameter rancangan yang dilaporkan, dengan pemeriksaan konsistensi perhitungannya dilakukan dalam evaluasi data. Faktor air semen (FAS) rencana ditetapkan sebesar 0,55, dengan target *slump* 60–180 mm dan ukuran maksimum agregat 40 mm. Proporsi agregat halus dalam campuran sebesar 37%, sedangkan berat jenis relatif agregat yang digunakan dalam rancangan sebesar 2,7. Komposisi campuran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi campuran beton per meter kubik

Komponen	Jumlah
Air	185 liter
Semen	318 kg
Agregat halus	641 kg
Agregat kasar	1.091 kg
FAS rencana	0,55

Koreksi kadar air agregat dilakukan ketika kondisi kelembapan aktual berbeda dari kondisi acuan perencanaan. Penyesuaian memperhitungkan kadar air dan penyerapan agregat untuk menentukan jumlah air efektif.

FAS dihitung menggunakan persamaan:

$$FAS = \frac{W_{ef}}{C}$$

Keterangan:

1) (W_{ef}) = massa air efektif dalam campuran (kg);
2) (C) = massa semen (kg).

Evaluasi rancangan mencakup kesesuaian air efektif terhadap FAS, hubungan kuat tekan yang disyaratkan dengan margin, serta perbandingan jumlah semen yang digunakan dengan semen minimum. Dokumen rancangan mencantumkan semen minimum 325 kg/m³, sedangkan komposisi campuran menggunakan semen 318 kg/m³.

7. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Benda uji dibuat berbentuk silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Semen, air, agregat halus, dan agregat kasar dicampur sesuai komposisi rancangan hingga membentuk campuran beton. Beton segar dimasukkan ke dalam cetakan secara bertahap dan dipadatkan secara manual menggunakan batang pemadat. Pemadatan dilakukan pada setiap lapisan pengisian untuk mengurangi rongga udara. Setelah pengisian selesai, permukaan beton diratakan. Setelah beton cukup mengeras, cetakan dilepas dan benda uji dirawat dalam air bersih pada suhu 23 ± 2°C hingga mencapai umur pengujian. Perawatan dilakukan untuk menjaga kelembapan selama proses hidrasi semen.

Jumlah keseluruhan benda uji adalah sembilan spesimen, dengan pembagian sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembagian benda uji kuat tekan

Umur pengujian	Jumlah benda uji
7 hari	3
14 hari	3
28 hari	3
Total	9

8. Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilakukan untuk mengevaluasi konsistensi beton segar berdasarkan SNI 1972:2008. Peralatan yang digunakan meliputi kerucut *slump*, pelat dasar yang rata, batang pemadat, dan alat ukur. Beton segar dimasukkan ke dalam kerucut secara bertahap dan dipadatkan sesuai prosedur pengujian. Kerucut kemudian diangkat secara vertikal. Penurunan beton diukur untuk memperoleh nilai *slump* dalam satuan milimeter. Hasil pengukuran dibandingkan dengan rentang *slump* rencana sebesar 60–180 mm. Nilai hasil pengujian disajikan pada bagian hasil dan pembahasan.

9. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari menggunakan mesin uji tekan beton. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 1974:2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Sebelum pengujian, kondisi benda uji diperiksa, kemudian spesimen ditempatkan di antara pelat tekan mesin. Beban diberikan secara kontinu hingga benda uji mengalami keruntuhan. Beban maksimum dicatat dan digunakan untuk menghitung kuat tekan setiap spesimen.

Kuat tekan dihitung menggunakan persamaan:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Luas penampang silinder dihitung menggunakan persamaan:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Keterangan:

1) (f_c) = kuat tekan beton (MPa atau N/mm²);
2) (P) = beban maksimum (N);

3) (A) = luas penampang tekan (mm²);
4) (d) = diameter benda uji (mm).

Untuk diameter nominal 150 mm, luas penampang silinder adalah sekitar 17.671 mm². Penggunaan luas penampang dalam perhitungan mengikuti dimensi benda uji yang digunakan. Pembacaan beban dalam kilonewton dikonversi menjadi newton sebelum perhitungan kuat tekan.

10. Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan karakteristik agregat terhadap persyaratan teknis yang relevan dan mengevaluasi perkembangan kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari. Data kuat tekan disajikan sebagai nilai individual, rata-rata, simpangan baku sampel, dan koefisien variasi pada setiap umur pengujian. Rata-rata dihitung menggunakan persamaan:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Simpangan baku sampel dihitung menggunakan persamaan:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

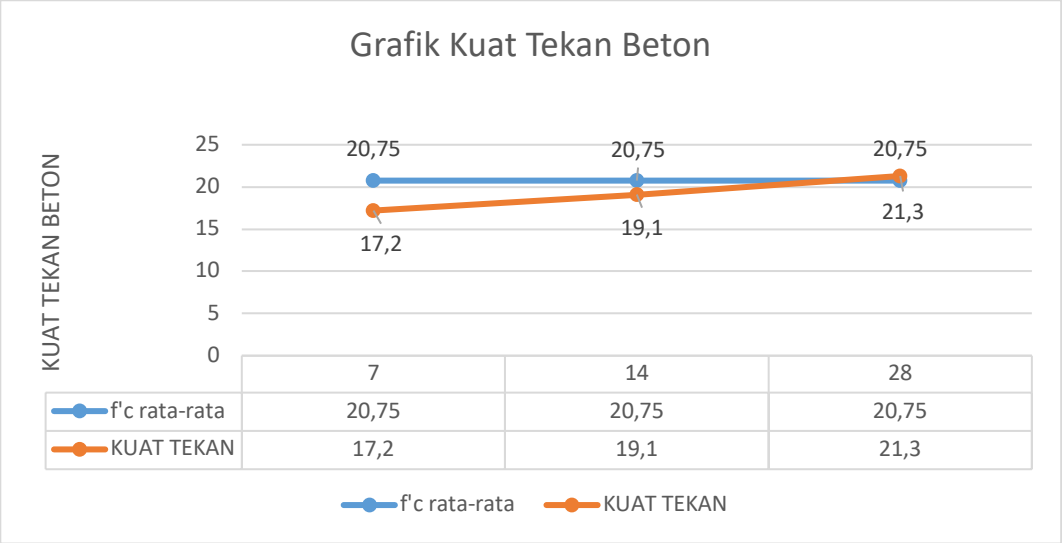
Koefisien variasi dihitung menggunakan persamaan:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan:

1) $(\bar{x})$ = kuat tekan rata-rata (MPa);
2) (x_i) = kuat tekan spesimen ke -*(i)* (MPa);
3) (n) = jumlah spesimen pada umur yang sama;
4) (s) = simpangan baku sampel (MPa);
5) (CV) = koefisien variasi (%).

Simpangan baku dan koefisien variasi digunakan untuk menggambarkan sebaran hasil antarspesimen pada umur yang sama. Kedua parameter tersebut dibedakan dari deviasi standar rancangan dan ketidakpastian alat ukur. Perkembangan kuat tekan disajikan dalam grafik dengan umur beton pada sumbu X dalam satuan hari dan kuat tekan pada sumbu Y dalam satuan MPa. Grafik menampilkan nilai rata-rata dan batang galat berupa simpangan baku sampel.



Grafik 1. Kuat Tekan Beton

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian disajikan melalui pemeriksaan karakteristik agregat, evaluasi rancangan campuran, pengujian konsistensi beton segar, serta pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Pembahasan menghubungkan karakteristik material dengan komposisi campuran dan perkembangan kuat tekan untuk mengevaluasi potensi agregat lokal Negeri Akoon, Kecamatan Nusalaut, sebagai bahan penyusun beton normal.

1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pemeriksaan karakteristik agregat mencakup analisis saringan, modulus kehalusan, berat jenis, penyerapan air, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi. Rekapitulasi hasil pengujian yang tersedia disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian agregat

Parameter	Agregat halus	Agregat kasar
Klasifikasi gradasi dan ukuran	Zona II	Ukuran nominal 5–40 mm
Modulus kehalusan	2,41	6,80
Berat jenis	2,60	2,72
Penyerapan air (%)	2,10	1,45
Kadar lumpur (%)	3,30	3,13
Berat isi (kg/m³)	1.520	1.610

Agregat halus memiliki modulus kehalusan sebesar 2,41 dan berada pada zona gradasi II. Modulus kehalusan memberikan gambaran tingkat kehalusan agregat, sedangkan zona gradasi menunjukkan pengelompokan distribusi ukuran butir berdasarkan persentase lolos saringan. Agregat kasar memiliki ukuran nominal 5–40 mm dan modulus kehalusan sebesar 6,80. Karakteristik tersebut menjadi masukan dalam penentuan proporsi agregat dalam campuran.

Gradasi dan ukuran agregat perlu diperhatikan karena berkaitan dengan susunan butiran dalam beton. Adnan et al. (2024) juga membahas zona gradasi dan ukuran pasir laut dalam pengembangan beton memadat sendiri. Meskipun jenis beton yang digunakan berbeda, penelitian tersebut memberikan konteks mengenai pentingnya karakteristik ukuran butir dalam evaluasi campuran beton.

Berat jenis agregat halus sebesar 2,60 dan agregat kasar sebesar 2,72. Nilai tersebut digunakan dalam perhitungan proporsi bahan. Sementara itu, penyerapan air agregat halus sebesar 2,10%, lebih tinggi daripada agregat kasar sebesar 1,45%. Perbedaan penyerapan perlu diperhitungkan bersama kadar air aktual untuk menentukan jumlah air efektif. Penyerapan yang lebih tinggi tidak secara langsung menunjukkan kebutuhan penambahan air tanpa mempertimbangkan kondisi kelembapan agregat saat pencampuran.

Kadar lumpur agregat halus sebesar 3,30% dan agregat kasar sebesar 3,13%. Nilai tersebut menunjukkan kandungan material halus yang perlu dievaluasi berdasarkan persyaratan masing-masing jenis agregat dan prosedur pengujiannya. Oleh karena itu, kesesuaian kedua agregat tidak ditentukan menggunakan satu batas kadar lumpur yang sama. Berat isi agregat halus sebesar 1.520 kg/m³ dan agregat kasar sebesar 1.610 kg/m³. Nilai tersebut menggambarkan massa agregat dalam volume curah pada kondisi pemeriksaan, termasuk rongga antarbutir. Berat isi dibedakan dari berat jenis karena keduanya menyatakan karakteristik material yang berbeda.

Rekapitulasi yang tersedia belum mencantumkan nilai kadar air dan distribusi persentase lolos setiap saringan. Dengan demikian, evaluasi koreksi air campuran dan pemeriksaan kesesuaian gradasi secara menyeluruh masih terbatas pada kelengkapan data tersebut.

2. Hasil Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan yang disyaratkan sebesar $(f_c' = 20{,}75)$ MPa pada umur 28 hari. Komposisi bahan per meter kubik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi campuran beton per meter kubik

Komponen	Jumlah
Air	185 liter
Semen	318 kg
Agregat halus	641 kg
Agregat kasar	1.091 kg
FAS rencana	0,55

Jumlah agregat dalam campuran sebesar 1.732 kg/m³, terdiri atas agregat halus 641 kg/m³ dan agregat kasar 1.091 kg/m³. Proporsi agregat halus terhadap jumlah massa agregat sebesar 37,01%, sesuai dengan proporsi 37% yang tercantum dalam rancangan. Pemeriksaan komposisi menunjukkan adanya perbedaan antara FAS rencana dan rasio air terhadap semen berdasarkan jumlah bahan. Apabila air 185 liter seluruhnya merupakan air efektif, dengan massa jenis air sekitar 1 kg/liter, diperoleh:

$$FAS = \frac{185}{318} = 0{,}582$$

Sementara itu, FAS 0,55 dengan semen 318 kg setara dengan air efektif sebesar:

$$W_{ef} = 0{,}55 \times 318 = 174{,}9 \text{ kg}$$

Perbedaan tersebut menunjukkan perlunya membedakan air yang ditambahkan dan air efektif setelah koreksi kadar air serta penyerapan agregat. Karena rincian koreksi belum disajikan, FAS aktual belum dapat dipastikan hanya dari komposisi bahan pada Tabel 2.

Dokumen rancangan mencantumkan deviasi standar 7 MPa, margin 11,5 MPa, dan kuat tekan rata-rata rencana 27,8 MPa. Namun, penjumlahan kuat tekan yang disyaratkan dan margin menghasilkan:

$$f'_{cr} = 20{,}75 + 11{,}5 = 32{,}25 \text{ MPa}$$

Dengan demikian, nilai 27,8 MPa belum konsisten dengan parameter tersebut. Selain itu, jumlah semen yang digunakan sebesar 318 kg/m³ lebih rendah daripada semen minimum 325 kg/m³ yang tercantum dalam rancangan. Ketidaksesuaian ini membatasi penilaian terhadap pemenuhan seluruh persyaratan campuran, meskipun beton menghasilkan kuat tekan tertentu pada pengujian.

3. Hasil Pengujian Slump

Pengujian beton segar menghasilkan nilai *slump* sebesar 7,9 cm atau 79 mm. Perbandingan hasil pengujian dengan rentang rencana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian slump beton

Parameter	Nilai
Rentang slump rencana	60–180 mm
Slump hasil pengujian	79 mm

Nilai *slump* sebesar 79 mm berada dalam rentang rencana 60–180 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsistensi beton segar pada saat pengujian sesuai dengan rentang yang ditetapkan. Penilaian ini berlaku untuk adukan yang diuji dan tidak menggambarkan variasi kelecakan antaradukan.

4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap sembilan spesimen silinder, masing-masing tiga spesimen pada umur 7, 14, dan 28 hari. Nilai individual, rata-rata, simpangan baku sampel, dan koefisien variasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi kuat tekan beton

Umur beton (hari)	Spesimen 1 (MPa)	Spesimen 2 (MPa)	Spesimen 3 (MPa)	Rata-rata (MPa)	Simpangan baku (MPa)	CV (%)
7	17,60	15,90	18,10	17,20	1,15	6,70
14	19,20	18,10	19,80	19,03	0,86	4,53
28	20,40	21,50	22,10	21,33	0,86	4,04

Catatan: 1 MPa = 1 N/mm². Simpangan baku dihitung sebagai simpangan baku sampel dengan tiga spesimen pada setiap umur.

Kuat tekan rata-rata meningkat dari 17,20 MPa pada umur 7 hari menjadi 19,03 MPa pada umur 14 hari dan 21,33 MPa pada umur 28 hari. Rata-rata umur 14 hari dihitung berdasarkan nilai individual sebagai berikut:

$$\overline{x_{14}} = \frac{19{,}2 + 18{,}1 + 19{,}8}{3} = 19{,}03 \text{ MPa}$$

Dengan demikian, rata-rata umur 14 hari adalah 19,03 MPa atau 19,0 MPa apabila dibulatkan menjadi satu angka desimal.

Simpangan baku umur 7 hari sebesar 1,15 MPa, sedangkan umur 14 dan 28 hari masing-masing sekitar 0,86 MPa. Koefisien variasi menurun dari 6,70% pada umur 7 hari menjadi 4,53% pada umur 14 hari dan 4,04% pada umur 28 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi relatif dalam kelompok

spesimen umur 14 dan 28 hari lebih kecil dibandingkan kelompok umur 7 hari. Interpretasi tersebut terbatas pada spesimen yang diuji dan tidak mewakili variasi produksi beton secara keseluruhan.

Pada umur 28 hari, kuat tekan rata-rata sebesar 21,33 MPa secara numerik melampaui kuat tekan yang disyaratkan sebesar 20,75 MPa dengan selisih sekitar 0,58 MPa atau 2,81%. Namun, nilai individual menunjukkan satu spesimen mencapai 20,40 MPa, sedangkan dua spesimen lainnya mencapai 21,50 MPa dan 22,10 MPa. Perbandingan rata-rata tersebut bersifat deskriptif dan belum merupakan keputusan penerimaan mutu beton.

Penggunaan agregat pantai juga memerlukan perhatian terhadap karakteristik kimia dan ketahanan beton. Le et al. (2023) menunjukkan bahwa perbedaan kandungan klorida pada pasir laut berkaitan dengan kebutuhan air, retensi *slump*, dan kinerja jangka panjang. Rathnarajan dan Sikora (2023) juga membahas pengaruh garam serta persoalan korosi tulangan pada beton berbahan air laut dan pasir laut. Temuan tersebut menjadi dasar untuk membatasi interpretasi penelitian ini karena hasil kuat tekan tidak secara langsung membuktikan ketahanan terhadap korosi atau kinerja jangka panjang.

Secara keseluruhan, agregat Negeri Akoon menunjukkan potensi untuk menghasilkan beton normal dengan kuat tekan rata-rata sekitar 21 MPa pada umur 28 hari. Penetapan kelayakan penggunaannya dalam pekerjaan konstruksi tetap mempertimbangkan karakteristik agregat, konsistensi rancangan campuran, kelengkapan data pengujian, dan ketentuan penerimaan mutu yang berlaku.

KESIMPULAN

Agregat lokal Negeri Akoon, Kecamatan Nusalaut, menunjukkan potensi sebagai bahan campuran beton normal. Agregat halus memiliki zona gradasi II dengan modulus kehalusan 2,41, sedangkan agregat kasar memiliki ukuran nominal 5–40 mm dengan modulus kehalusan 6,80. Nilai *slump* sebesar 79 mm berada dalam rentang rencana 60–180 mm. Kuat tekan rata-rata dan simpangan baku pada umur 7, 14, dan 28 hari masing-masing sebesar 17,20 ± 1,15 MPa, 19,03 ± 0,86 MPa, dan 21,33 ± 0,86 MPa. Rata-rata umur 28 hari secara numerik melampaui kuat tekan yang disyaratkan sebesar 20,75 MPa. Namun, penetapan kelayakan penggunaan tetap memerlukan kelengkapan data karakteristik agregat, konsistensi rancangan campuran, dan evaluasi penerimaan mutu beton.

Pengendalian mutu material disarankan melalui pemeriksaan gradasi, kadar air, kadar lumpur, berat jenis, penyerapan, dan berat isi secara terukur, disertai pengujian ulang setelah pembersihan agregat. Rancangan campuran perlu diselaraskan, terutama mengenai air efektif, FAS, jumlah semen, semen minimum, margin, dan kuat tekan rata-rata rencana. Penambahan air harus memperhitungkan kelembapan serta penyerapan agregat. Pengujian lanjutan perlu mencakup lebih banyak adukan independen, umur pengujian lebih panjang, serta pemeriksaan klorida dan ketahanan beton sebelum diterapkan pada pekerjaan struktural.

DAFTAR PUSTAKA

Adnan, A., Jasman, J., & Salasiah, S. (2024). The influence of zone and size of sea sand aggregate on the production of self compacting concrete technology. *Journal of Moeslim Research Technik, 1*(4), 183–194. https://doi.org/10.70177/technik.v1i4.1276

Chen, J., Jia, J., & Zhu, M. (2024). Development of admixtures on seawater sea sand concrete: A critical review on concrete hardening, chloride ion penetration and steel corrosion. *Construction and Building Materials, 411*, Article 134219. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134219

Ebead, U., Lau, D., Lollini, F., Nanni, A., Suraneni, P., & Yu, T. (2022). A review of recent advances in the science and technology of seawater-mixed concrete. *Cement and Concrete Research, 152*, Article 106666. https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106666

Kalaimani, D., & Srinivasan, G. (2024). Strength and durability properties of concrete made with recycled coarse aggregate and seashore sand. *SINERGI, 28*(1), 115–128. https://doi.org/10.22441/sinergi.2024.1.012

Kryzhanovskyi, V., Avramidou, A., Orlowsky, J., & Spyridis, P. (2023). Self-compacting high-strength textile-reinforced concrete using sea sand and sea water. *Materials, 16*(14), Article 4934. https://doi.org/10.3390/ma16144934

Le, K. T., Le, V. H., & Luong, V. H. (2023). Effect of sea sand with different chloride ion contents on the properties of concrete. *Journal of Science and Technique—Section on Special Construction Engineering, 6*(01). https://doi.org/10.56651/lqdtu.jst.v6.n01.671.sce

Lu, Z., Liu, G., Wu, Y., Dai, M., Jiang, M., & Xie, J. (2023). Recycled aggregate seawater–sea sand concrete and its durability after immersion in seawater. *Journal of Building Engineering, 65*, Article 105780. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105780

Qiao, S., Xiong, Z., Li, Y., Ye, Z., He, S., Li, L., & Zeng, Y. (2022). Mechanical properties of seawater sea-sand concrete exposed to daily temperature variations. *Buildings, 12*(5), Article 517. https://doi.org/10.3390/buildings12050517

Rathnarajan, S., & Sikora, P. (2023). Seawater-mixed concretes containing natural and sea sand aggregates—A review. *Results in Engineering, 20*, Article 101457. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101457

Saleh, S., Mahmood, A. H., Hamed, E., & Zhao, X.-L. (2023). The mechanical, transport and chloride binding characteristics of ultra-high-performance concrete utilising seawater, sea sand and SCMs. *Construction and Building Materials, 372*, Article 130815. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130815

Sindhurashmi, B. M., Nayak, G., Adesh, N. D., Rao, V., & Dubey, S. P. (2024). Incorporating sea sand into self-compacting concrete: A systematic review. *Discover Applied Sciences, 6*(4), Article 194. https://doi.org/10.1007/s42452-024-05826-0

Vafaei, D., Ma, X., Hassanli, R., Duan, J., & Zhuge, Y. (2022). Microstructural and mechanical properties of fiber-reinforced seawater sea-sand concrete under elevated temperatures. *Journal of Building Engineering, 50*, Article 104140. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104140

Wang, Q.-Z., Li, L.-J., Zhao, Y.-X., Song, Y., & Zhang, C.-L. (2024). Feasibility assessment and application of sea sand in concrete production: A review. *Structures, 60*, Article 105891. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.105891

Xiao, S., Zhang, M., Zou, D., Liu, T., Zhou, A., & Li, Y. (2023). Influence of seawater and sea sand on the performance of anti-washout underwater concrete: The overlooked significance of Mg^{2+}. *Construction and Building Materials, 374*, Article 130932. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130932

Xue, X., Wang, F., Hua, J., Wang, N., Huang, L., Chen, Z., & Yao, Y. (2022). Effects of polyoxymethylene fiber on fresh and hardened properties of seawater sea-sand concrete. *Polymers, 14*(22), Article 4969. https://doi.org/10.3390/polym14224969