

## ANALISIS KOMPARATIF ZONA AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN KUAT LENTUR BETON

Ni Wayan Pani Nadia Sari<sup>1)</sup>, Ni Komang Ayu Agustini<sup>1)</sup>, Putu Aryastana<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Warmadewa, Denpasar, Bali, Indonesia  
Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Fakultas Pascasarjana, Universitas Warmadewa, Denpasar

Corresponding author: [aryastanaputu@warmadewa.ac.id](mailto:aryastanaputu@warmadewa.ac.id)

### Abstrak

Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh pemilihan bahan penyusunnya, salah satunya adalah agregat halus berupa pasir. Agregat halus diklasifikasikan menjadi empat zona gradasi berdasarkan distribusi ukuran butirnya, sehingga tujuan penelitian mengevaluasi variasi zona gradasi agregat halus terhadap kinerja beton normal target kuat tekan sebesar 25 MPa. Penelitian ini mencakup pengujian sifat material, perencanaan campuran beton didasarkan SNI 03-2834-2000, serta uji kuat tekan, tarik belah, dan lentur pada umur 7 hari. Perolehan penelitian menunjukkan bahwa agregat halus zona 2 memperoleh kuat tekan tertinggi sebesar 29,03 MPa serta kuat tarik belah tertinggi sebesar 1,49 MPa. Sementara itu, agregat halus zona 3 memberikan kuat lentur tertinggi, yaitu sebesar 2,71 MPa. Berdasarkan hal tersebut, pemilihan zona agregat halus yang tepat sangat penting untuk memastikan kualitas beton yang optimal.

**Kata kunci:** Beton Normal, Agregat halus, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Kuat Lentur

### Abstract

*The performance and durability of concrete depend significantly on the quality of its components, particularly fine aggregates such as sand. These aggregates are categorized into four distinct gradation zones according to their particle size distribution. This study aims to analyze how different fine aggregate gradation zones affect the mechanical properties of standard concrete designed for a target compressive strength of 25 MPa. The experimental approach involved assessing material characteristics, designing concrete mixtures following SNI 03-2834-2000 guidelines, and conducting compressive, split tensile, and flexural strength tests after 7 days of curing. Results indicated that zone 2 fine aggregates yielded the maximum compressive strength (29.03 MPa) and split tensile strength (1.49 MPa), whereas zone 3 aggregates produced the highest flexural strength (2.71 MPa). These findings highlight the importance of selecting the optimal fine aggregate gradation zone to enhance concrete performance.*

**Keywords:** Normal Concrete, Fine Aggregate, Compressive Strength, Split Tensile Strength, Flexural Strength

## PENDAHULUAN

Beton menjadi material utama dalam konstruksi modern karena keunggulannya seperti kemudahan pengerjaan, kekuatan yang memadai, ketersediaan bahan baku, serta ketahanan terhadap cuaca ekstrem (Siahaan dkk., 2020).. Beton tersusun atas campuran semen, air, agregat kasar dan halus. Salah satu jenis yang banyak dipergunakan adalah beton normal dengan kuat tekan 20–30 MPa (Pd T-07-2005-B), yang umumnya diterapkan pada struktur ringan hingga menengah (Guntoro, 2017).

Menurut Prengki & Patrisia (2015), pembuatan beton yang berkualitas tidak cukup dengan mencampurkan material dasar, namun harus mempertimbangkan karakteristik setiap komponen, terutama agregat halus seperti pasir, yang gradasi dan kualitasnya sering diabaikan meskipun sangat memengaruhi hasil akhir beton.

Beberapa penelitian terkait kualitas pasir berdasarkan zona telah memberikan hasil yang menarik. Hasil penelitian selama 28 hari yang dilakukan oleh Fattah & Nabi (2017) serta Soares dkk. (2023), menemukan bahwa pasir zona 1 menghasilkan kuat tekan beton yang optimal dengan masing-masing kuat tekan rencana 25MPa dan 30 MPa tercapai 26,23 MPa dan 30,5MPa. Penelitian yang dilakukan oleh Asmara dkk. (2021), Sani (2021), Yaumissaadah & Putri (2022), dan Ola & Solossa (2022) di sisi lain menunjukkan hasil berbeda. Penelitian menemukan bahwa pasir zona 2 memberikan performa terbaik dalam mencapai kuat tekan beton dengan kuat tekan rencana 20 MPa, hasil yang diperoleh secara berturut-turut adalah 20,97MPa, 25,24 MPa, 21 MPa, dan 35,42 MPa. Hasil penelitian yang berbeda didapatkan oleh Bumulo & Rusnadin (2018), yang memperoleh bahwa pada pasir Zona III memberikan performa terbaik dalam mencapai kuat tekan beton. Meskipun kuat tekan rencana hanya ditargetkan 22 MPa, nyatanya mampu mencapai 32,8 MPa. Penelitian-penelitian ini mengindikasikan bahwa karakteristik pasir dari zona berbeda memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap kuat tekan beton.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis zona agregat halus terhadap kinerja beton melalui parameter uji kuat tekan untuk menilai kemampuan beton menahan beban aksial, uji tarik belah untuk menilai ketahanan beton terhadap retak, dan uji lentur untuk mengukur kemampuan beton menahan beban fleksural, sehingga dapat diketahui zona agregat yang paling optimal guna menghasilkan beton dengan kualitas terbaik.

## METODE PENELITIAN

Rangkaian penelitian ini dilaksanakan melalui pengujian langsung terhadap karakteristik agregat halus dan kasar, disertai proses pembuatan benda uji yang seluruhnya dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Warmadewa.

### Bahan penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas semen, air, serta agregat halus dan agregat kasar. Kedua jenis agregat tersebut diperoleh dari wilayah Karangasem.

### Pengujian karakteristik material

Pengujian terhadap sifat fisik dan mekanik material dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh bahan yang digunakan telah memenuhi standar kelayakan sebagai elemen penyusun beton. Pengujian ini mencakup agregat halus dan agregat kasar, dengan masing-masing metode pengujian dijabarkan pada bagian berikut.

- Kadar air sesuai SNI 1971:2011.
- Kadar lumpur berdasarkan SNI 03-4142-1996.
- Berat jenis dan absorpsi sesuai SNI 1969:2008 untuk agregat kasar dan SNI 1970:2008 untuk agregat halus.
- Berat isi agregat berdasarkan SNI 03-4804-1998.
- Analisa saringan sesuai SNI ASTM C136:2012.
- Keausan agregat berdasarkan SNI 2417:2008.

### Rancangan penelitian

Penelitian ini terdiri dari empat jenis campuran beton yang diberi kode Z1, Z2, Z3, dan Z4. Untuk mengkaji performa mekanis masing-masing

campuran, dilakukan serangkaian pengujian meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur. Uji kuat tekan dan kuat tarik belah, dengan menggunakan spesimen berbentuk silinder berukuran 15 cm × 30 cm. Sementara itu, uji kuat lentur dilakukan terhadap benda uji berbentuk balok dengan dimensi 15 cm × 15 cm × 60 cm. Rincian jumlah spesimen untuk setiap variasi campuran dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rancangan benda uji

| Variasi | Banyak Benda Uji |                  |             |
|---------|------------------|------------------|-------------|
|         | Silinder         |                  | Balok       |
|         | Kuat Tekan       | Kuat Tarik Belah | Kuat Lentur |
| Kode    | Buah             |                  |             |
| Z1      | 3                | 3                | 3           |
| Z2      | 3                | 3                | 3           |
| Z3      | 3                | 3                | 3           |
| Z4      | 3                | 3                | 3           |
| Total   | 24               | 12               |             |
|         |                  | 36               |             |

Keterangan:

Z1 = variasi beton agregat halus zona 1

Z2 = variasi beton agregat halus zona 2

Z3 = variasi beton agregat halus zona 3

Z4 = variasi beton agregat halus zona 4

### Slump beton

Uji slump bertujuan untuk menentukan tingkat kelecakan (workability) dari adukan beton, yang diukur dalam satuan milimeter menggunakan alat berbentuk kerucut Abrams. Pengujian ini dilaksanakan sesuai dengan standar SNI 1972:2008.

### Kuat tekan beton

Kuat tekan merupakan parameter yang menggambarkan kapasitas beton dalam menahan gaya tekan pada setiap satuan luas hingga beton mengalami keruntuhan. Proses pengujian dilakukan mengacu pada ketentuan dalam SNI 1974:2011, dengan perhitungan sesuai Persamaan (1).

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

$f'_c$  = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = Luas penampang melintang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Perhitungan kekuatan pada pemeriksaan mutu beton jika tidak ditentukan melalui percobaan, dapat didasarkan pada perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur terhadap umur 28 hari seperti yang disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

| Umur beton (hari)                               | 3    | 7    | 14   | 21   | 28   | 90   | 365  |
|-------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Semen Portland biasa                            | 0,40 | 0,65 | 0,88 | 0,95 | 1,00 | 1,20 | 1,35 |
| Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi | 0,55 | 0,75 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |

Sumber: (Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1971)

### Kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik beton dilakukan dengan cara memberikan tekanan sepanjang garis tengah spesimen beton silinder pada kecepatan beban tertentu hingga terjadi keruntuhan tertentu. Pengujian ini dilakukan sesuai SNI 2491:2014, dengan perhitungan sesuai Persamaan (2).

$$f_t = \frac{2 \times P}{\pi \times L \times D} \quad (2)$$

Keterangan:

$f_t$  = kuat tarik belah (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = panjang (mm)

D = diameter (mm)

### Kuat lentur beton

Kuat lentur merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan beton dalam menahan beban lentur, yaitu kapasitas balok beton yang ditumpu pada dua sisi dalam menerima beban vertikal tegak lurus terhadap sumbu longitudinal hingga terjadi kerusakan. Pengujian ini dilaksanakan mengacu pada SNI 4431:2011, dengan perhitungan kuat lentur beton dilakukan sesuai ketentuan Persamaan (3) dan Persamaan (4) berikut.

1. Bidang patah benda uji terletak di daerah pusat

$$\sigma_I = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \quad (3)$$

2. Bidang patah benda uji terletak diluar pusat

$$\sigma_I = \frac{P \cdot a}{b \cdot h^2} \quad (4)$$

$\sigma_I$  = kuat lentur benda uji (MPa)

P = beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (kN)

L = jarak antara dua garis perletakan (mm)

b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = jarak rata-rata antara patah dan perletakan (mm)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil pengujian karakteristik material

Karakteristik agregat yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui serangkaian pengujian laboratorium guna memastikan kesesuaiannya sebagai material penyusun beton. Hasil pengujian tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 3.

**Tabel 3** Hasil pengujian karakteristik agregat

| No | Karakteristik        | Agregat halus | Agregat kasar | Satuan             |
|----|----------------------|---------------|---------------|--------------------|
| 1  | Kadar air agregat    | 10,38         | 3,31          | %                  |
| 2  | Kadar lumpur agregat | 3,35          | 1,55          | %                  |
| 3  | Berat jenis SSD      | 2,60          | 2,35          | gr/cc              |
| 4  | Absorpsi agregat     | 1,57          | 1,65          | %                  |
| 5  | Berat isi agregat    | 2,68          | 2,21          | gr/cm <sup>3</sup> |
| 6  | Analisa saringan     | 4,35          | 2,42          | -                  |
| 7  | Keausan agregat      | -             | 32,06         | %                  |

Hasil pengujian menunjukkan kadar air agregat halus sebesar 10,38% dan agregat kasar 3,31%, yang berpengaruh terhadap kemudahan

pengerjaan (workabilitas) beton. Kadar lumpur tercatat 3,35% untuk agregat halus (masih memenuhi batas 5%) dan 1,55% untuk agregat kasar (melebihi batas 1%), sehingga agregat kasar perlu dilakukan treatment. Untuk berat jenis SSD masing-masing adalah 2,60 gr/cc (halus) dan 2,35 gr/cc (kasar), dengan nilai absorpsi 1,57% dan 1,65%. Nilai berat isi agregat halus dan kasar masing-masing sebesar 2,68 dan 2,21 gr/cm<sup>3</sup> yang menunjukkan tingkat kepadatannya. Nilai analisis saringan menghasilkan nilai 4,35 untuk agregat halus dan 2,42 untuk agregat kasar. Serta nilai keausan agregat kasar adalah 32,06%.

### Hasil perencanaan campuran

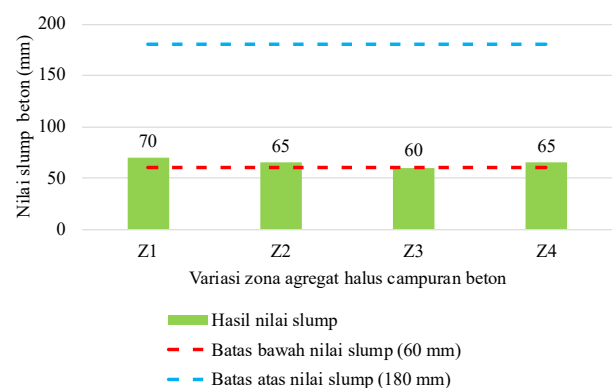
Perancangan campuran beton mengacu pada standar SNI 03-2834-2000, dengan hasil perhitungan proporsi campuran ditampilkan pada Tabel 4.

**Tabel 4** Perencanaan campuran beton

| Variasi | Proporsi bahan (kg/m <sup>3</sup> ) |        |               |               |
|---------|-------------------------------------|--------|---------------|---------------|
| Kode    | Air                                 | Semen  | Agregat halus | Agregat kasar |
| Z1      | 104,14                              | 362,33 | 806,49        | 959,04        |
| Z2      | 104,14                              | 362,33 | 806,49        | 959,04        |
| Z3      | 104,14                              | 362,33 | 806,49        | 959,04        |
| Z4      | 104,14                              | 362,33 | 806,49        | 959,04        |

### Hasil slump beton

Pengujian slump dilakukan dengan nilai rentang antara 60 hingga 180 mm sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Adapun hasil pengujian slump disajikan pada Gambar 1



**Gambar 1** Hasil pengujian slump beton

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa seluruh variasi memenuhi nilai slump yang

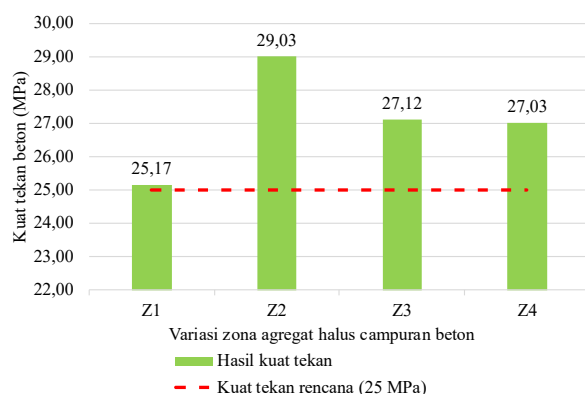
direncanakan dan setiap variasi campuran menunjukkan nilai slump yang diperoleh relatif stabil, sehingga menunjukkan bahwa seluruh campuran memenuhi kriteria workability yang diinginkan.

### Hasil kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji silinder melewati masa perawatan selama 7 hari yang kemudian akan dikonversi ke 28 hari. Hasil pengujian terlampir pada Tabel 5 dan Gambar 2.

**Tabel 5** Hasil pengujian kuat tekan beton

| Variasi | Beban tekan beton | Kuat tekan beton |                                             |                                                   |
|---------|-------------------|------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|         |                   | Umur 7 hari      | Rata-rata di umur 7 hari (sebelum konversi) | Rata-rata di umur 28 hari (faktor koreksi = 0,65) |
| Kode    | No                | kN               | MPa                                         |                                                   |
| Z1      | 1                 | 292,033          | 16,53                                       |                                                   |
|         | 2                 | 281,700          | 15,95                                       | 16,36                                             |
|         | 3                 | 293,031          | 16,59                                       | 25,17                                             |
| Z2      | 1                 | 347,400          | 19,67                                       |                                                   |
|         | 2                 | 349,079          | 19,76                                       | 18,87                                             |
|         | 3                 | 303,285          | 17,17                                       | 29,03                                             |
| Z3      | 1                 | 353,426          | 20,01                                       |                                                   |
|         | 2                 | 268,765          | 15,22                                       | 17,63                                             |
|         | 3                 | 311,811          | 17,65                                       | 27,12                                             |
| Z4      | 1                 | 316,137          | 17,90                                       |                                                   |
|         | 2                 | 313,514          | 17,75                                       | 17,57                                             |
|         | 3                 | 301,333          | 17,06                                       | 27,03                                             |



**Gambar 2** Hasil pengujian kuat tekan beton

Berdasarkan pengujian kuat tekan secara keseluruhan seperti Tabel 5 dan Gambar 2, dengan mutu kuat tekan sebesar 25 MPa, variasi Z2 memperoleh nilai tertinggi sebesar 29,03 MPa. Sebaliknya, variasi Z1 menunjukkan nilai terendah, yaitu 25,17 MPa.

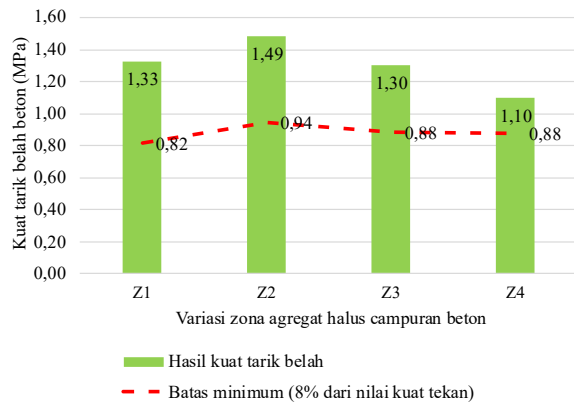
Hasil dari penelitian ini cukup sejalan dengan penelitian Asmara dkk., (2021) yang melaporkan bahwa pasir zona 2 menghasilkan kuat tekan sebesar 25,45 MPa dari rencana 20 MPa. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Sani (2021), Yaumissaadah & Putri (2022) dan Ola & Solossa (2022) dengan kuat tekan rencana yang sama memperoleh nilai kuat tekan tertinggi pada pasir zona 2 yang masing masing sebesar 25,45 MPa, 21 MPa dan 35,42 MPa.

### Hasil kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik belah dilakukan terhadap benda uji silinder setelah menjalani perawatan selama 7 hari. Nilai hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 3.

**Tabel 6** Hasil pengujian kuat tarik belah

| Variasi | Beban tekan beton | Kuat tarik belah beton |                       |
|---------|-------------------|------------------------|-----------------------|
|         |                   | Umur 7 hari            | Rata-Rata umur 7 hari |
| Kode    | No                | kN                     | MPa                   |
| Z1      | 1                 | 88,513                 | 1,25                  |
|         | 2                 | 86,468                 | 1,22                  |
|         | 3                 | 106,055                | 1,50                  |
| Z2      | 1                 | 105,697                | 1,50                  |
|         | 2                 | 117,290                | 1,66                  |
|         | 3                 | 91,894                 | 1,30                  |
| Z3      | 1                 | 101,080                | 1,43                  |
|         | 2                 | 100,808                | 1,43                  |
|         | 3                 | 74,572                 | 1,06                  |
| Z4      | 1                 | 75,997                 | 1,08                  |
|         | 2                 | 82,462                 | 1,17                  |
|         | 3                 | 74,640                 | 1,06                  |



**Gambar 3** Hasil pengujian kuat tarik belah

Hasil pengujian kuat tarik belah secara keseluruhan sesuai yang terlampir pada Tabel 6 dan Gambar 3, variasi Z2 memperoleh nilai tertinggi sebesar 1,49 MPa, sedangkan variasi Z4 menunjukkan nilai terendah yaitu 1,10 MPa. Nilai kuat tarik beton berkisar antara 8% sampai dengan 15% dari kuat tekan beton tersebut (Christianto et al., 2024). Dengan demikian, seluruh variasi memenuhi batas minimum yang ditentukan.

Hasil penelitian yang menunjukkan hal sejalan dilakukan oleh (Supit dkk. (2016), Asmara dkk. (2021), dan Adisatria (2023) diperoleh bahwa nilai kuat tarik belah beton tertinggi diperoleh pada penggunaan pasir zona 2 dibandingkan zona pasir lainnya, dengan masing-masing nilai sebesar 3,4 MPa, 2,35 MPa, dan 2,62 MPa.

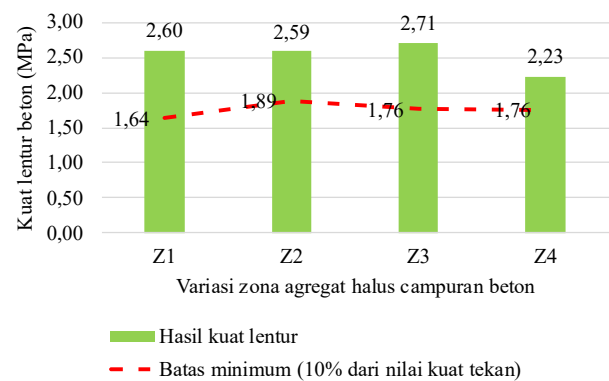
### Hasil kuat lentur beton

Uji kuat lentur beton dilakukan setelah spesimen balok menjalani perawatan selama 7 hari. Nilai kuat lentur yang dihasilkan dari pengujian tersebut ditampilkan pada Tabel 7 dan Gambar 4.

**Tabel 7** Hasil pengujian kuat lentur beton

| Variasi | Beban tekan beton | Kuat lentur beton |                       |
|---------|-------------------|-------------------|-----------------------|
|         |                   | Umur 7 hari       | Rata-Rata umur 7 hari |
| Kode    | No                | kN                | MPa                   |
| Z1      | 1                 | 17,035            | 2,27                  |
|         | 2                 | 21,687            | 2,89                  |
|         | 3                 | 19,853            | 2,65                  |

| Variasi | Beban tekan beton | Kuat lentur beton |                       |
|---------|-------------------|-------------------|-----------------------|
|         |                   | Umur 7 hari       | Rata-Rata umur 7 hari |
| Kode    | No                | kN                | MPa                   |
| Z2      | 1                 | 18,704            | 2,49                  |
|         | 2                 | 21,897            | 2,92                  |
|         | 3                 | 17,667            | 2,36                  |
| Z3      | 1                 | 18,250            | 2,43                  |
|         | 2                 | 21,449            | 2,86                  |
|         | 3                 | 21,288            | 2,84                  |
| Z4      | 1                 | 17,606            | 2,35                  |
|         | 2                 | 15,274            | 2,04                  |
|         | 3                 | 17,363            | 2,32                  |



**Gambar 4** Hasil pengujian kuat lentur beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur secara keseluruhan seperti yang disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 4, variasi Z3 memperoleh nilai tertinggi sebesar 2,71 MPa, sebaliknya variasi Z4 menunjukkan nilai terendah yaitu 2,23 MPa. Besar nilai kuat lentur beton berkisar antara 10% sampai dengan 15% dari kuat tekan beton tersebut (NRMCA., 2016). Dengan demikian, seluruh variasi memenuhi batas minimum yang ditentukan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa pasir dengan gradasi zona 2 memberikan hasil paling optimal terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah, sementara zona 3 menunjukkan performa terbaik terhadap kuat lentur. Penelitian ini menegaskan bahwa distribusi ukuran butiran

pasir berperan penting dalam meningkatkan kepadatan campuran serta memperkuat ikatan

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut melalui eksplorasi kombinasi zona pasir untuk mendapatkan komposisi gradasi optimal yang adaptif terhadap karakteristik material lokal. Selain itu, perlu dilakukan pengujian lanjutan hingga umur beton 28 hari guna memperoleh data komprehensif mengenai perkembangan kekuatan dan durabilitas material seiring waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisatria, B. (2023). *Analisis Jenis Agregat Halus Sungai Gendol, Sungai Progo, dan Abu Batu terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas pada Beton (Analysis of Fine Aggregate Types of Gendol River, Progo River, and Stone Ash on Compressive Strength, Split Tensile Strength, and Modulus of Elasticity in Concrete)*.
- Asmara, F. J., Suhendra, S., & Dwiretnani, A. (2021). Analisis Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Yang Menggunakan Pasir Sungai Batang Asai Dan Pasir Sungai Batanghari. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(1), 1–5. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v4i1.42>
- Badan Standardisasi Nasional. (1969). *SNI 1969:2008 Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *SNI 03-4142-1996 Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm)*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1998). *SNI 03-4804-1998 Metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008a). *SNI 1970:2008 Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008b). *SNI 1972:2008 Cara uji slump beton*.
- antara pasta semen dan agregat, sehingga berdampak langsung pada mutu akhir beton.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008c). *SNI 2417:2008 Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011a). *SNI 1971:2011 Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan*. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Badan Standardisasi Nasional. (2011b). *SNI 1974:2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Badan Standardisasi Nasional. (2011c). *SNI 4431:2011 Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan*. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI ASTM C136:2012 Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06, IDT)*. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). *SNI 2491:2014 Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder*. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Bumulo, N., & Rusnadin, W. N. (2018). Analisa Agregat Halus Pasir Zona III Dengan Agregat Kasar Ukuran 20 mm Dan 40 mm Untuk Uji Kuat Tekan Mutu Beton Pada Campuran Beton Normal. *Journal of Infrastructure & Science Engineering*, 1(1), 11–23.
- Christianto, D., Asriningsih Pranoto, W., Jusuf, A. H., Kho, D. A., & Tavio. (2024). FORMULASI FAKTOR MODIFIKASI KUAT TARIK BELAH UNTUK KUAT GESER BETON TANPA AGREGAT KASAR. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(2), 663–670.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Pd T-07-2005-B Pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan*.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*.
- Fattah, A., & Nabi, A. (2017). Pengaruh Zona Pasir terhadap Kuat Tekan Beton Normal. 107–112.
- Guntoro. (2017, June 11). *BETON*. <https://engineeringsawit.blogspot.com/2017/06/beton.html?m=1>
- NRMCA. (2016). *Flexural Strength of Concrete. National Ready Mixed Concrete Association 66 Canal Center Plaza, Ste. 250, Alexandria VA 22314 • Www.Nrmca.Org*.
- Ola, J. E., & Solossa, J. S. (2022). Kelayakan Sifat-Sifat Pasir Klayas, Distrik Seget,

- Kabupaten Sorong sebagai Agregat Halus untuk Pembuatan Beton Normal. *Junral Karkasa*, 8(1), 14–19.
- Prengki, & Patrisia, Y. (2015). *The Effect of The Addition of Zircon Material on Compressive Strength and Tensile Strength of The Concrete Sides*. 1(1).
- Sani, S. (2021). Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Agregat Lokal (Batu Pecah Selangit dan Pasir Siring Agung). *Jurnal Teknik Sipil*, 16(3), 169–175.
- Siahaan, N. S. M., Sumajouw, M. D. J., & Mondoringin, M. R. I. A. J. (2020). *Penggunaan Styrofoam sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar terhadap Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan*. 8, 635–644. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/31810>
- Soares, M. M., Anggreni, Y., & Salu, E. (2023). Analisis Perbedaan Penggunaan Pasir sebagai Agregat Halus terhadap Nilai Kuat Tekan Beton (Pasir Sungai lau-Hata Liquica dan Laklo Liquica dengan Kuat Tekan Beton Rencana 25 MPa dan 30 MPa). *Jurnal Teknik Gradien*, 15(01). <http://www.ojs.unr.ac.id/index.php/>
- Supit, F. V., Pandaleke, R., & Dapas, S. O. (2016). Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Agregat yang Berasal dari Beberapa Tempat di Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(2), 476–484.
- Yaumissaadah, & Putri, P. Y. (2022). Analisis Kekuatan Beton Normal Menggunakan Pasir Petok sebagai Agregat Halus. *Journal of Civil Engineering and Vocational Education*, 9(3), 310–318. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/cived/index>