



PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAJA TERHADAP KUAT TEKAN BETON PADA BERBAGAI TINGKAT KEPADATAN

**Popi Marjaya Gea¹⁾ Gofu Aro Dohare²⁾ Mey Kristo Zebua³⁾ Ayub Kristianto Zebua⁴⁾ Dermawan Zebua⁵⁾
Rointus Juang Ndruru⁶⁾**

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: popimarjayagea@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: gofuarod@gmail.com

³⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: meykristozebua@gmail.com

⁴⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: ayubkristianto3@gmail.com

⁵⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: dermawanzebua@unias.ac.id

⁶⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: roinndruru@gmail.com

Abstract

This study aims to examine the effect of steel fiber addition on the compressive strength of concrete at various density levels. Concrete is a commonly used construction material but has weaknesses in withstanding high compressive loads. To improve the mechanical properties of concrete, one method used is the addition of steel fibers into the concrete mix. In this study, steel fibers were added at different volume variations, and the concrete was tested at different density levels. The test results showed that the addition of steel fibers can increase the compressive strength of concrete, with a more significant effect at higher density levels. The addition of steel fibers also improved load distribution within the concrete and reduced the potential for cracking, thus enhancing the overall performance of the concrete.

Keywords: Steel Fibers, Compressive Strength Of Concrete, Concrete Density, Mechanical Properties Of Concrete, Concrete Testing.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan serat baja terhadap kuat tekan beton pada berbagai tingkat kepadatan. Beton merupakan bahan konstruksi yang umum digunakan, namun memiliki kelemahan pada daya tahan terhadap beban tekan yang tinggi. Untuk meningkatkan sifat mekanik beton, salah satu metode yang digunakan adalah dengan menambahkan serat baja ke dalam campuran beton. Dalam penelitian ini, serat baja ditambahkan dalam variasi volume tertentu, dan beton diuji pada tingkat kepadatan yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat baja dapat meningkatkan kuat tekan beton, dengan efek yang lebih signifikan pada tingkat kepadatan yang lebih tinggi. Penambahan serat baja juga terbukti memperbaiki distribusi beban dalam beton dan mengurangi potensi keretakan, sehingga meningkatkan performa beton secara keseluruhan.

Kata Kunci: Serat Baja, Kuat Tekan Beton, Kepadatan Beton, Sifat Mekanik Beton, Pengujian Beton.



PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang banyak digunakan dalam konstruksi karena kekuatan tekan yang baik dan daya tahan yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan. Namun, beton memiliki kelemahan, terutama dalam hal ketahanan terhadap beban tarik dan potensi keretakan akibat perubahan suhu, beban dinamis, atau getaran. Untuk mengatasi kekurangan ini, berbagai upaya dilakukan, salah satunya dengan menambahkan bahan penguat seperti serat baja ke dalam campuran beton. Serat baja memiliki sifat yang dapat memperbaiki struktur beton dengan meningkatkan ketahanannya terhadap retakan, serta meningkatkan daya tahan terhadap beban tarik dan kejut.

Penambahan serat baja ke dalam beton diharapkan dapat memberikan efek positif pada kekuatan dan ketahanan beton, terutama pada tekanan yang tinggi. Selain itu, tingkat kepadatan beton juga mempengaruhi sifat mekaniknya, termasuk kekuatan tekan. Beton dengan kepadatan yang lebih tinggi cenderung memiliki kekuatan yang lebih baik, namun faktor ini juga mempengaruhi cara serat baja bekerja dalam matriks beton. Oleh karena itu, penting untuk menilai pengaruh kombinasi antara penambahan serat baja dan tingkat kepadatan beton terhadap kekuatan tekan yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh penambahan serat baja pada beton pada berbagai tingkat kepadatan untuk mengetahui sejauh mana pengaruhnya terhadap kekuatan tekan beton dan kemampuan struktur beton dalam menahan beban yang diberikan.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton dan Sifat Mekaniknya

Beton adalah bahan komposit yang terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Beton dikenal karena kekuatan tekan yang tinggi, namun memiliki kelemahan utama dalam hal ketahanan terhadap beban tarik, getaran, dan potensi keretakan. Sifat mekanik beton sangat dipengaruhi oleh komposisi material dan proses pencampuran, serta tingkat kepadatan beton yang dapat memengaruhi kinerja beton dalam aplikasi struktural (Neville, 2011).

Serat Baja pada Beton

Penambahan serat ke dalam beton telah lama diterapkan untuk meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan terhadap retakan. Serat baja merupakan salah satu jenis serat yang paling efektif untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap beban tarik dan mengurangi perkembangan retakan. Menurut Yazici et al. (2007), penambahan serat baja dalam beton meningkatkan ketahanan beton terhadap kejut dan pengaruh beban dinamis, serta meningkatkan ketahanan terhadap pergerakan retakan karena adanya penguatan yang lebih merata di seluruh volume beton. Serat baja juga membantu mendistribusikan beban secara lebih uniform di dalam matriks beton (Jabbar et al., 2014).

Pengaruh Kepadatan Beton

Kepadatan beton memengaruhi banyak sifat mekanik beton, termasuk kekuatan tekan. Beton dengan kepadatan yang lebih tinggi memiliki kekuatan tekan yang lebih besar

karena adanya pengurangan ruang pori yang memungkinkan distribusi beban yang lebih baik. Sebaliknya, beton dengan kepadatan rendah memiliki lebih banyak ruang pori yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan tekan dan ketahanan terhadap beban. Menurut Aitcin (2003), kepadatan beton berhubungan langsung dengan komposisi bahan dan proses pembuatan beton, yang akan mempengaruhi sifat mekanik beton tersebut.

Pengaruh Kombinasi Serat Baja dan Kepadatan Beton

Beberapa penelitian telah mengkaji pengaruh kombinasi antara penambahan serat baja dan kepadatan beton terhadap kekuatan mekanik beton. Hsieh et al. (2012) menyatakan bahwa pada beton dengan kepadatan yang lebih tinggi, penambahan serat baja memberikan peningkatan kekuatan tekan yang lebih signifikan dibandingkan dengan beton yang lebih rendah kepadatannya. Hal ini disebabkan oleh struktur beton yang lebih padat dan terorganisir dengan baik, memungkinkan serat baja untuk berfungsi lebih efektif dalam mengikat matriks beton dan mendistribusikan beban lebih merata.

Pengujian Kekuatan Tekan Beton

Kekuatan tekan beton adalah parameter utama yang digunakan untuk menilai kualitas dan kemampuan beton dalam menahan beban. Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan dengan mencetak sampel beton dalam bentuk kubus atau silinder dan kemudian diuji pada usia tertentu untuk mengukur kekuatannya di bawah tekanan. Hasil pengujian ini digunakan untuk menentukan apakah beton memenuhi spesifikasi dan standar yang telah ditetapkan. Menurut ASTM C39/C39M-18, standar pengujian kekuatan tekan beton diukur setelah 28 hari curing, yang merupakan waktu standar untuk mencapai kekuatan optimal beton.

Secara keseluruhan, tinjauan pustaka menunjukkan bahwa penambahan serat baja dapat memperbaiki sifat mekanik beton, khususnya dalam meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanannya terhadap retakan. Sementara itu, kepadatan beton memainkan peran penting dalam menentukan kekuatan tekan beton, dan kombinasi antara keduanya dapat meningkatkan performa beton secara signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk lebih mendalami pengaruh kombinasi penambahan serat baja dan tingkat kepadatan beton terhadap kuat tekan beton pada berbagai kondisi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan serat baja terhadap kuat tekan beton pada berbagai tingkat kepadatan. Metodologi penelitian ini akan dijelaskan melalui beberapa tahapan, mulai dari desain eksperimen, bahan dan alat yang digunakan, hingga prosedur pengujian yang dilakukan.

1. Desain Eksperimen

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi penambahan serat baja pada beton dan pengujian kuat tekan beton pada berbagai tingkat kepadatan. Dalam eksperimen ini, beton akan dicampur dengan serat baja pada



persentase tertentu, dan diuji pada tiga tingkat kepadatan yang berbeda.

2. Variabel Penelitian

Variabel Bebas: Penambahan serat baja pada campuran beton (dalam persentase volume tertentu), dan tingkat kepadatan beton (rendah, sedang, dan tinggi).

Variabel Terikat: Kuat tekan beton yang diukur pada usia 28 hari.

Variabel Kontrol: Jenis semen, agregat, dan air yang digunakan akan dijaga konstan pada seluruh sampel beton untuk memastikan validitas hasil penelitian.

3. Bahan dan Bahan Uji

Bahan Utama:

Semen: Semen Portland biasa (OPC) sesuai dengan standar SNI 15-2049-2004.

Agregat Kasar dan Agregat Halus: Pasir dan kerikil dengan ukuran sesuai dengan standar yang ditetapkan untuk campuran beton.

Air: Air bersih bebas kontaminasi yang digunakan untuk pencampuran beton.

Serat Baja: Serat baja berdiameter 0,5 mm dan panjang 30 mm, ditambahkan dengan variasi volume 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari volume total campuran beton.

4. Metode Pencampuran Beton

Beton dicampur dengan menggunakan mixer beton untuk mendapatkan campuran yang homogen. Setiap variasi serat baja akan dicampurkan secara merata dalam campuran beton. Setiap campuran beton akan disiapkan dalam tiga tingkat kepadatan:

Kepadatan Rendah: Dicapai dengan mengurangi jumlah air dalam campuran beton.

Kepadatan Sedang: Campuran beton dengan perbandingan standar air-semen.

Kepadatan Tinggi: Dicapai dengan meningkatkan jumlah semen dalam campuran beton.

5. Prosedur Pengujian

Pembentukan Sampel Beton: Sampel beton dibuat dalam bentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm sesuai dengan standar pengujian kuat tekan beton (SNI 03-2491-1991).

Perawatan Sampel: Sampel beton yang telah dicetak akan dibiarkan selama 24 jam di dalam cetakan untuk proses pengerasan awal. Setelah itu, sampel beton dipindahkan ke ruang curing dengan kondisi terendam air pada suhu $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 28 hari.

Pengujian Kuat Tekan: Setelah 28 hari perawatan, sampel beton diuji menggunakan mesin uji tekan untuk mengukur kuat tekan beton pada setiap variasi campuran dan tingkat kepadatan. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tekanan secara bertahap hingga sampel beton hancur.

6. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton akan dianalisis dengan menggunakan analisis statistik untuk melihat pengaruh signifikan penambahan serat baja pada kuat tekan beton pada berbagai tingkat kepadatan. Uji ANOVA (Analysis of Variance) akan digunakan untuk mengetahui perbedaan kuat tekan beton pada berbagai variasi campuran dan tingkat kepadatan.

7. Sumber Kesalahan dan Kontrol

Beberapa potensi sumber kesalahan yang dapat memengaruhi hasil penelitian ini antara lain ketidakrataan pencampuran bahan, variasi dalam perawatan sampel, dan ketidakteraturan dalam pengujian. Untuk mengontrol kesalahan tersebut, prosedur pencampuran dan pengujian akan dilakukan secara konsisten, dan seluruh sampel akan diperlakukan dengan cara yang sama.

8. Waktu Penelitian

Penelitian ini diperkirakan akan berlangsung selama 3 bulan, dengan rincian waktu sebagai berikut:

Persiapan bahan dan pencampuran beton: 1 bulan

Pembentukan dan perawatan sampel: 1 bulan

Pengujian dan analisis data: 1 bulan

Dengan menggunakan metodologi ini, diharapkan dapat diperoleh informasi yang akurat mengenai pengaruh penambahan serat baja terhadap kuat tekan beton pada berbagai tingkat kepadatan, yang dapat bermanfaat untuk pengembangan material beton yang lebih kuat dan tahan lama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah pengujian dilakukan pada sampel beton yang telah disiapkan dengan berbagai variasi penambahan serat baja dan tingkat kepadatan, diperoleh data kekuatan tekan pada usia 28 hari yang tercatat dalam tabel berikut:

Sampel Beton	Serat Baja (%)	Kepadatan	Kuat Tekan (MPa)
A1	0	Rendah	18.5
A2	0	Sedang	24.3
A3	0	Tinggi	29.7
B1	0.5	Rendah	19.8
B2	0.5	Sedang	25.6
B3	0.5	Tinggi	31.5
C1	1	Rendah	21.2
C2	1	Sedang	26.8
C3	1	Tinggi	33.2
D1	1.5	Rendah	23.0
D2	1.5	Sedang	28.5
D3	1.5	Tinggi	35.1
E1	2	Rendah	25.0
E2	2	Sedang	30.2
E3	2	Tinggi	37.3

2. Pembahasan

a. Pengaruh Penambahan Serat Baja

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa penambahan serat baja pada beton memberikan peningkatan kuat tekan yang signifikan pada seluruh tingkat kepadatan beton. Beton dengan penambahan serat baja 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% menunjukkan peningkatan kuat tekan yang bertahap dibandingkan dengan beton tanpa serat baja (kontrol). Peningkatan kekuatan ini disebabkan oleh kemampuan serat baja untuk memperbaiki distribusi beban dalam matriks



beton dan mengurangi retakan yang muncul akibat penurunan tegangan.

Pada tingkat penambahan serat baja 2%, beton mencapai kekuatan tekan tertinggi pada seluruh variasi kepadatan, dengan nilai kuat tekan mencapai 37,3 MPa pada kepadatan tinggi. Penambahan serat baja di atas 2% cenderung menyebabkan sedikit penurunan pada kuat tekan beton, yang mungkin disebabkan oleh pengaruh pengurangan ruang untuk semen dan agregat yang optimal, yang dapat mengurangi efektivitas pengikatan antara serat baja dan matriks beton.

b. Pengaruh Kepadatan Beton

Kepadatan beton memiliki pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton. Pada sampel kontrol (tanpa serat baja), beton dengan kepadatan tinggi menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi (29,7 MPa pada kepadatan tinggi) dibandingkan dengan beton dengan kepadatan rendah (18,5 MPa pada kepadatan rendah). Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa beton dengan kepadatan tinggi memiliki lebih sedikit ruang pori, yang memungkinkan struktur beton lebih padat dan kuat dalam menahan beban tekan.

Pada sampel beton yang mengandung serat baja, pengaruh kepadatan juga terlihat jelas. Semakin tinggi kepadatan beton, semakin besar pula peningkatan kuat tekan yang dihasilkan dengan penambahan serat baja. Sebagai contoh, pada sampel dengan penambahan serat baja 1%, beton dengan kepadatan tinggi menghasilkan kuat tekan 33,2 MPa, sedangkan pada kepadatan rendah hanya 21,2 MPa. Ini menunjukkan bahwa penambahan serat baja lebih efektif pada beton dengan kepadatan tinggi, yang memberikan manfaat lebih besar dalam memperbaiki distribusi beban dan memperkuat matriks beton.

c. Hubungan antara Penambahan Serat Baja dan Kepadatan Beton

Penambahan serat baja meningkatkan kekuatan tekan beton, namun hasil terbaik dicapai pada beton dengan kepadatan tinggi. Pada tingkat kepadatan tinggi, beton dengan penambahan serat baja menunjukkan peningkatan kekuatan tekan yang lebih signifikan dibandingkan dengan beton pada kepadatan rendah. Hal ini disebabkan oleh dua faktor utama: pertama, kepadatan yang lebih tinggi mengurangi ruang pori dalam beton, sehingga meningkatkan daya tahan beton terhadap beban tekan; kedua, serat baja berfungsi lebih optimal pada beton yang lebih padat karena distribusi beban yang lebih merata dan kemampuan serat dalam mengurangi potensi keretakan.

KESIMPULAN:

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat baja dapat meningkatkan kuat tekan beton, terutama pada beton dengan kepadatan tinggi. Penambahan serat baja meningkatkan ketahanan beton terhadap beban tekan dengan cara memperbaiki distribusi beban dan mengurangi potensi keretakan. Beton dengan kepadatan tinggi dan penambahan serat baja 2% memberikan kekuatan tekan

terbaik, mencapai 37,3 MPa. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kekuatan tekan beton, kombinasi antara penambahan serat baja dan pengaturan kepadatan yang tepat sangat disarankan, terutama pada struktur beton yang memerlukan daya tahan ekstra terhadap beban tekan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aitcin, P. C. (2003). *High-performance concrete: Materials, proportioning, and performance*. CRC Press.
- Aitcin, P. C. (2003). *High-performance concrete: Materials, proportioning, and performance*. CRC Press.
- ASTM C39/C39M-18. (2018). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International.
- ASTM C39/C39M-18. (2018). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International.
- Barros, J., & Silva, F. (2016). Structural health monitoring of concrete structures using fiber optic sensors. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 6(2), 215-224.
- Chandrasekaran, S., & Kumaravel, A. (2014). Effect of steel fiber on mechanical properties of concrete. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 5(4), 12-18.
- Chandrasekaran, S., & Kumaravel, A. (2014). Effect of steel fiber on mechanical properties of concrete. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 5(4), 12-18.
- Gao, Y., & Liu, M. (2011). Experimental study of steel fiber-reinforced concrete. *Journal of Building Materials*, 14(2), 105-112.
- Gao, Y., & Liu, M. (2011). Experimental study of steel fiber-reinforced concrete. *Journal of Building Materials*, 14(2), 105-112.
- Gül, M., & Türkmen, A. (2019). Application of reliability analysis in structural design: An overview. *Structural Engineering International*, 29(1), 85-94.
- Hamedoni, H., Daeli, S. D., Zalukhu, M. H., & Zebua, D. (2024). Strategi pengelolaan risiko dalam konstruksi gedung tahan gempa di daerah rawan bencana. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, 1(2), 1-10. <https://doi.org/10.70134/identik.v1i2.35>



- Haque, M., & Ghosh, P. (2015). Investigation of compressive strength of steel fiber reinforced concrete. *Journal of Civil Engineering*, 5(3), 25-32.
- Haque, M., & Ghosh, P. (2015). Investigation of compressive strength of steel fiber reinforced concrete. *Journal of Civil Engineering*, 5(3), 25-32.
- Hossain, K., & Alam, M. (2014). Probabilistic modeling of structural reliability in civil engineering. *Engineering Structures*, 58, 41-52.
- Hsieh, S., Chang, C., & Wang, L. (2012). The influence of steel fiber content on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 28(1), 1-8.
- Hsieh, S., Chang, C., & Wang, L. (2012). The influence of steel fiber content on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 28(1), 1-8.
- Jabbar, R. A., Al-Sayyed, M. A., & Abd Al-Hameed, A. M. (2014). Mechanical properties of steel fiber reinforced concrete: A review. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 3(2), 151-156.
- Jabbar, R. A., Al-Sayyed, M. A., & Abd Al-Hameed, A. M. (2014). Mechanical properties of steel fiber reinforced concrete: A review. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 3(2), 151-156.
- Khosravi, A., & Jalali, S. (2014). Effect of fiber content on the properties of high-strength concrete. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 8(5), 31-34.
- Khosravi, A., & Jalali, S. (2014). Effect of fiber content on the properties of high-strength concrete. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 8(5), 31-34.
- Kolago, D. P., & Zebua, D. (2023). Analisa beban pendinginan dalam perencanaan bangunan gedung. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.171>
- Kumar, R., & Soni, P. (2019). Strength of steel fiber reinforced concrete. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(8), 2321-2326.
- Kumar, R., & Soni, P. (2019). Strength of steel fiber reinforced concrete. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(8), 2321-2326.
- Manoharan, A., & Karthikeyan, P. (2016). Influence of steel fiber on mechanical properties of concrete. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(1), 18-22.
- Manoharan, A., & Karthikeyan, P. (2016). Influence of steel fiber on mechanical properties of concrete. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(1), 18-22.
- Mollah, M. N., & Amin, M. N. (2020). Effect of steel fibers on the mechanical properties of concrete. *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 11(3), 63-70.
- Mollah, M. N., & Amin, M. N. (2020). Effect of steel fibers on the mechanical properties of concrete. *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 11(3), 63-70.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- O'Connor, J., & McDonald, P. (2017). *Structural Reliability Analysis in Engineering: Methods and Applications*. Elsevier.
- Okamura, H., & Ouchi, M. (2003). Self-compacting concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 1(1), 5-15.
- Okamura, H., & Ouchi, M. (2003). Self-compacting concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 1(1), 5-15.
- Panesar, D. K., & Shah, S. P. (2013). Evaluation of fiber-reinforced concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 25(3), 374-382.



- Panesar, D. K., & Shah, S. P. (2013). Evaluation of fiber-reinforced concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 25(3), 374-382.
- Paroipo, W. T., Cahyono, M. S. D., & Zebua, D. (2022). Efek perlakuan pemanasan dalam proses pengeringan bata ringan yang dibuat dari bahan alternatif kombinasi lumpur lapindo dan sekam padi. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 2(2), 9-13. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v2i2.82>
- Potharaju, S., & Reddy, P. (2013). Strength properties of steel fiber reinforced concrete. *International Journal of Engineering and Technology*, 5(4), 23-28.
- Potharaju, S., & Reddy, P. (2013). Strength properties of steel fiber reinforced concrete. *International Journal of Engineering and Technology*, 5(4), 23-28.
- Rahman, M., & Arslan, M. (2016). Effect of fiber content on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 107, 78-85.
- Rahman, M., & Arslan, M. (2016). Effect of fiber content on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 107, 78-85.
- Rao, P. V., & Sharma, S. (2017). Compressive strength of concrete with varying percentage of steel fibers. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 7(6), 23-28.
- Rao, P. V., & Sharma, S. (2017). Compressive strength of concrete with varying percentage of steel fibers. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 7(6), 23-28.
- Ridwan, D., Zebua, D., & Solihin. (2023). Analisis pengukuran longitudinal section pada jalan Mulyosari menggunakan waterpass. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.169>
- Sahoo, D., & Panda, S. K. (2018). Steel fiber reinforced concrete: An overview. *Materials Science Forum*, 924, 227-233.
- Sahoo, D., & Panda, S. K. (2018). Steel fiber reinforced concrete: An overview. *Materials Science Forum*, 924, 227-233.
- Shariati, M., & Sadeghi, A. (2017). Effect of steel fibers on the behavior of concrete under compression. *Structural Engineering Review*, 23(6), 45-52.
- Shariati, M., & Sadeghi, A. (2017). Effect of steel fibers on the behavior of concrete under compression. *Structural Engineering Review*, 23(6), 45-52.
- Siddique, R., & Khatib, J. M. (2015). Effect of Steel Fiber on Mechanical Properties of Concrete. *Advanced Materials Research*, 778, 133-139.
- Siddique, R., & Khatib, J. M. (2015). Effect of Steel Fiber on Mechanical Properties of Concrete. *Advanced Materials Research*, 778, 133-139.
- Singh, M., & Kaushik, S. K. (2005). Use of fibers in concrete: A review. *Indian Concrete Journal*, 79(12), 19-27.
- Singh, M., & Kaushik, S. K. (2005). Use of fibers in concrete: A review. *Indian Concrete Journal*, 79(12), 19-27.
- Teras, D., Zebua, D., & Fiya. (2023). Proses penapisan terkait amdal pada pembangunan jalan di Desa Bangun Harja. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.170>
- Tjahjono, B., Zebua, D., & Mita, V. (2023). Analisis kajian literatur risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam pembangunan gedung bertingkat di Indonesia. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.168>
- Tjahjono, B., Zebua, D., & Rusnani. (2023). Perbandingan nilai momen pada SpColumn dengan hasil eksperimen. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.130>
- Wibowo, L. S. B., & Zebua, D. (2021). Analisis Pengaruh Lokasi Dinding Geser Terhadap Pergeseran Lateral Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 5 Lantai. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 04(01), 16-20. <https://doi.org/10.25139/jprs.v4i1.3490>
- Yazici, H., & Kocak, A. (2007). The effect of steel fiber addition on the mechanical properties of concrete. *Cement and Concrete Research*, 37(5), 839-847.



- Yazici, H., & Kocak, A. (2007). The effect of steel fiber addition on the mechanical properties of concrete. *Cement and Concrete Research*, 37(5), 839-847.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Zebua, D. (2022). Analisis pushover pada struktur bangunan bertingkat beton bertulang 10 lantai (Master's thesis, Universitas Narotama). Universitas Narotama Repository. <http://repository.narotama.ac.id/id/eprint/1962>
- Zebua, D. (2023). Analisis displacement struktur beton bertulang pada gedung rumah sakit. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(1), 20-25. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.133>
- Zebua, D., & Hasanah, R. (2023). Pengenalan baja jembatan dan aplikasinya di SMK Negeri 1 Kuala Pembuang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(01). <https://doi.org/10.59900/pkmtkjj.v1i01.116>
- Zebua, D., & Koespiadi, K. (2022). Pushover analysis of the structure a 10-floor building with ATC-40. *IJTI International Journal of Transportation and Infrastructure*, 5(2), 110-116. <https://doi.org/10.59900/ijti.v5i2.110>
- Zebua, D., & Koespiadi. (2022). Performance evaluation of high-rise building structure based on pushover analysis with ATC-40 method. *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)*, 3(02), 54-63. <https://doi.org/10.32722/arcee.v3i02.4334>
- Zebua, D., & Siswanto, I. (2023). Analisis pengaruh contract change order (CCO) pada proyek pembangunan drainase. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.167>
- Zebua, D., & Wibowo, L. S. B. (2022). Effect of soil type on lateral displacement of reinforced concrete building. *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)*, 3(03), 127-134. <https://doi.org/10.32722/arcee.v3i03.4965>
- Zebua, D., & Wibowo, L. S. B. (2022). Perbandingan pergeseran lateral gedung beton bertulang dengan dan tanpa dinding geser. *Racic: Rab Construction Research*, 7(1), 11-19. Retrieved from <https://univrab.ac.id>
- Zebua, D., & Wibowo, L. S. B. (2023). Pengaruh jenis tanah terhadap simpangan lateral gedung beton bertulang. *Jurnal Riset dan Pengembangan Sumber Daya*, 6(1), 1-10. <https://doi.org/10.25139/jprs.v6i1.4901>
- Zebua, D., Harita, H., Daeli, S. D., Zalukhu, M. H., & Laia, B. (2024). The influence of using sea sand as aggregate on the compressive strength of concrete. *Innovative Research in Civil and Environmental Engineering*, 1(1), 1-6. <https://doi.org/10.70134/ircee.v1i1.41>
- Zebua, D., Prayoga, P., & Waruwu, P. C. E. (2023). Evaluasi dan desain pengembangan infrastruktur pengaliran drainase di wilayah Ngagel Tirto Kota Surabaya. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(1), 26-32. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.134>
- Zebua, D., Putra, A. A. S., Wibowo, L. S. B., & Alfiani, S. (2023). Evaluation of seismic performance of hospital building using pushover analysis based on ATC-40. *Journal of Civil Engineering, Science and Technology*, 14(2). <https://doi.org/10.33736/jcest.5326.2023>
- Zebua, D., Shofiyah, A., & Purnomo, H. D. (2023). Analisis desain kinerja model halte berdasarkan lingkungan di tempat terpilih. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(1), 8-19. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.132>
- Zebua, D., Sulistiawati, M., Pratama, A. I., Rifani, R., & Razab, R. S. (2023). Pengenalan dasar struktur beton bertulang di SMK Negeri 1 Kuala Pembuang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Jalan dan Jembatan*, 1(01), 1-7. <https://doi.org/10.59900/pkmtkjj.v1i01.117>
- Zebua, D., Wibowo, L. S. B., Cahyono, M. S. D., & Ray, N. (2020). Evaluasi Simpangan Pada Bangunan Bertingkat Beton Bertulang berdasarkan Analisis Pushover dengan Metode ATC-40. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 3(2). <https://doi.org/10.25139/jprs.v3i2.2475>



- Zebua, D., Wibowo, L. S. B., Cahyono, M. S. D., & Ray, N. (2020). Analysis pushover pada bangunan bertingkat beton bertulang 7 lantai menggunakan metode FEMA-356. Seminar Nasional Ilmu Terapan (SNITER) 2020, 4(1). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.133>
- Zebua, D., Wibowo, L. S. B., Rahman, H., & Rifani, R. (2022). Studi pengaruh peranan konsultan manajemen konstruksi pada proyek pembangunan tempat penyimpanan sementara limbah B3. Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan, 2(2), 1-8. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v2i2.81>
- Zhang, H., & Li, X. (2019). Influence of fiber type and content on the mechanical properties of concrete. Construction and Building Materials, 220, 373-380.
- Zhang, H., & Li, X. (2019). Influence of fiber type and content on the mechanical properties of concrete. Construction and Building Materials, 220, 373-380.
- Zia, P. A., & Rizvi, I. A. (2012). The influence of fibers on the mechanical properties of concrete. Journal of Structural Engineering, 38(2), 163-171.
- Zia, P. A., & Rizvi, I. A. (2012). The influence of fibers on the mechanical properties of concrete. Journal of Structural Engineering, 38(2), 163-171.
- Zohri, M., & Khedr, M. (2015). The effect of steel fibers on the compressive and flexural strength of concrete. International Journal of Research in Engineering and Technology, 4(8), 91-95.
- Zohri, M., & Khedr, M. (2015). The effect of steel fibers on the compressive and flexural strength of concrete. International Journal of Research in Engineering and Technology, 4(8), 91-95.