



Tersedia Secara Online di
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

JURMATEKS

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

Optimalisasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Menggunakan Campuran Lateks

A. Prastowo^{1*}, A. Ridwan², E. Gardjito³, Z. B. Mahardana⁴

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Kadiri.

Email : ^{1*}aryjhonoby22@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history :

Artikel masuk : 27 – 09 – 2021

Artikel revisi : 07 – 10 – 2021

Artikel diterima : 11 – 10 – 2021

Keywords :

Concrete, Latex, Compressive Strength, Flexural Strength.

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

[7]

S. Arif and D. Kartikasari, "The Effect Of Using Ceramic Waste Powder As A Substitute For Cement On The Compressive Strength Of K250 Concrete," UKARsT, vol. 4, no. 2, pp. 337–352, 2020, doi:10.3390/app10010216.

ABSTRACT

Concrete is a building construction material that has an important role. Concrete itself tends to have strong properties in resisting compressive forces, but weak in resisting tensile or flexural forces. The use of additives in concrete is an option to improve the basic properties of concrete. Latex or rubber latex is one of the natural materials that can be used in concrete mixtures. Its adhesive properties can be utilized in improving the quality of concrete. This study aims to determine the compressive strength and flexural strength of concrete with the addition of latex. The research was conducted experimentally by making concrete specimens in the laboratory. The addition of latex by 10% and 30% with a planned concrete quality of f_c' 29.5 MPa. The test object used is a cylinder measuring 15x30 cm and a beam measuring 15x15x30 cm. The tests carried out were testing the compressive strength and flexural strength at the age of 28 days. The results showed that the highest compressive strength was at the addition of 10% latex with a value of 9.96 MPa. While the highest flexural strength value obtained was 3.20 Mpa at the addition of 10% Latex or. From these results it can be seen that the addition of latex has not been able to improve the quality of concrete and has not been able to increase the compressive strength or flexural strength of concrete. So that these results can be used as research development or concrete production.

1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu material konstruksi bangunan yang mempunyai peranan penting dalam suatu bangunan, baik itu gedung, jembatan, maupun jalan. Beton terbentuk dari campuran agregat halus, agregat kasar, semen dan air dengan perbandingan tertentu[1][2]. Keunggulan beton seperti, bahan penyusun yang mudah didapatkan, karakteristik yang mudah dibentuk, ketahanan akan temperatur tinggi, hingga biaya pemeliharaan atau perawatan yang relatif kecil menjadikan beton banyak dipilih sebagai material konstruksi [3][4]. Pemilihan mutu beton didasarkan pada kebutuhan dan fungsi bangunan tersebut[5][6]. Mutu beton dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, jenis semen yang digunakan, bahan tambah

admixture, ataupun agregat yang digunakan [7][8]. Dengan penggunaan bahan tambah pada beton, menjadikan beton mendapatkan karakteristik yang lebih baik.

Pada umumnya beton mempunyai sifat yang kuat dalam menahan gaya tekan, akan tetapi lemah terhadap gaya tarik atau lentur [9][10]. Kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang ditempatkan pada dua tumpuan untuk menahan gaya dengan gaya tegak lurus terhadap benda uji. Kuat lentur dalam beton terjadi karena regangan yang timbul akibat adanya beban dari luar. Salah satu upaya dalam meningkatkan kualitas beton adalah dengan penggunaan bahan tambah pada campuran beton. Penggunaan bahan tambah ditujukan untuk mengubah dan memperbaiki sifat beton [11][12]. Lateks merupakan salah satu material yang dapat ditambahkan dalam beton. Lateks sendiri merupakan getah yang didapatkan dari bidang pohon karet (karet alam) [13][14]. Getah tersebut belum menggumpal dengan bahan tambahan seperti serum lateks atau tanpa bahan penstabil (zat antikoagulan). Didalam lateks terdapat 90-95% karet murni, 2-3% protein, 1-2% asam lemak, 0,2% gula, dan 0,5% jenis garam[15][16]. Lateks memiliki elastisitas atau ketahanan yang sempurna, plastisitas yang baik, kekenyalan yang tinggi, yang meningkatkan kuat tarik saat diregangkan [17]. Dari komposisi lateks yang ada diharapkan lateks dapat meningkatkan sifat lentur pada beton[18][19]. Berdasarkan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa, penggunaan lateks pada campuran beton menunjukkan hasil bahwa beton yang dicampur dengan lateks dengan kadar 0%, 4%, 6% dan 8% menurunkan kadar optimum dan meningkatkan kepadatan campuran[20]. N

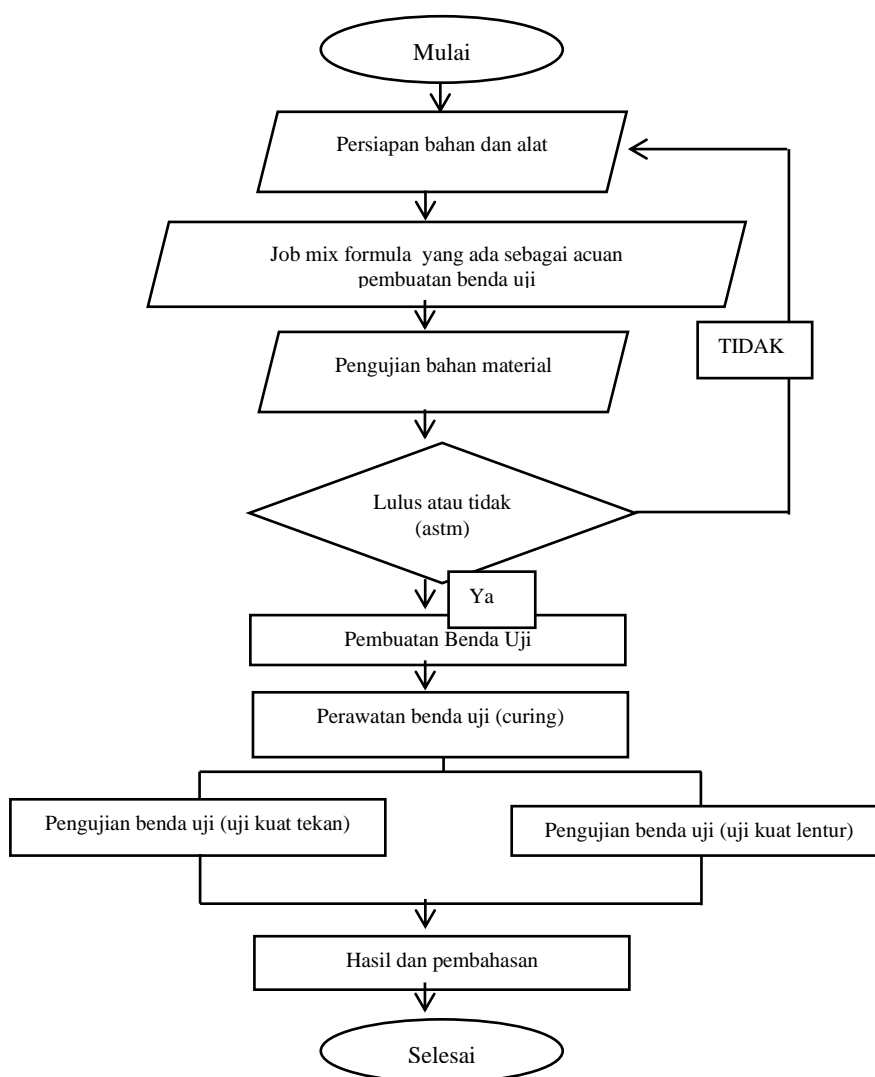
Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui optimalisasi pengaruh penambahan lateks pada beton terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton. Prosentase lateks yang ditambahkan sebesar 0%, 10% dan 30%. Sehingga, akan diketahui perubahan sifat beton yang terjadi, baik itu pada kondisi tekan beton, kondisi lentur beton dan komposisi penambahan yang paling optimum.

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pembuatan benda uji laboratorium di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Kadiri. Mutu beton rencana yang digunakan yaitu 29,05 MPa. Benda uji berbentuk silinder beton dengan 15 cm dan tinggi 30 cm dan balok ukuran 15/15/60 cm. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari[21].

2.1 Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dari menyiapkan bahan penyusun beton, kemudian dilakukan pengujian agregat halus dan kasar untuk mengetahui standart bahan yang akan digunakan. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan campuran beton sesuai perhitungan jobmix yang sudah ditentukan seperti pada **Tabel 1.** dan **2.** lalu dilakukan percetakan beton didalam begisting silinder dan balok. Kemudian dilakukan proses perawatan (curing) didalam cetakan dengan selama 28 hari. Pengujian untuk sample benda uji dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan dengan bentuk silinder dan pengujian kuat lentur dengan bentuk balok.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Sumber: Data diolah

2.2. Mix Design

Perhitungan job mix yang digunakan dalam pembuatan benda uji mengacu pada SNI 7394 : 2008 tentang adukan beton setiap 1 m³[22]. Mutu beton yang ditargetkan adalah Fc' 29,5 Mpa atau setara dengan K-350. Prosentase penambahan Lateks yang dipakai adalah sebesar 0%, 10% dan 30% dengan jumlah masing-masing variabelnya sebanyak 3 buah benda uji pada benda uji silinder dan penambahan Lateks 0%, 10% dan 30% dengan jumlah masing-masing variabelnya sebanyak 3 buah benda uji pada benda uji balok[23][24]. Berikut ini adalah komposisi dari job mix beton pada penelitian ini:

Tabel 1. Komposisi Job Mix Beton Silinder

| Benda uji | BTN-0% | BTL-10% | BTN-30% |
|----------------|--------|---------|---------|
| Jumlah | 3 | 3 | 3 |
| Semen (kg) | 8,54 | 8,54 | 8,54 |
| Pasir (kg) | 12,72 | 12,72 | 12,72 |
| Kerikil (kg) | 19,07 | 19,07 | 19,07 |
| Air (liter) | 4,10 | 4,10 | 4,10 |
| Lateks (liter) | - | 1,70 | 2,56 |

Sumber: Data diolah

Dari **Tabel 1.** dapat dilihat bahwa penambahan lateks pada benda uji beton tipe silinder, yakni beton lateks 10% sebesar 1,7091648 liter, dan beton lateks 30% sebesar 2,5637472 liter.

Tabel 2. Komposisi Job Mix Beton Balok

| Benda uji | BTN-0% | BTL-10% | BTN-30% |
|----------------|--------|---------|---------|
| Jumlah | 3 | 3 | 3 |
| Semen (kg) | 22,68 | 22,68 | 22,68 |
| Pasir (kg) | 33,76 | 33,76 | 33,76 |
| Kerikil (kg) | 50,625 | 50,625 | 50,625 |
| Air (liter) | 10,88 | 10,88 | 10,88 |
| Lateks (liter) | - | 4,53 | 6,80 |

Sumber: Data diolah

Dari **Tabel 2.** dapat dilihat bahwa penambahan lateks pada benda uji beton tipe balok, yakni beton lateks 10% sebesar 4,536 liter, dan beton lateks 30% sebesar 6,804 liter.

2.3. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Faktor-faktor tersebut antara lain rasio air-semen, jenis dan jumlah semen, umur beton, efisiensi perawatan dan sifat agregat [25]. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan mesin uji kuat tekan beton. Berdasarkan standar ASTM C 39, uji tekan beton dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat dicari dengan rumus:

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

Dimana:

f_c' = Kuat tekan beton/beton serat (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas penampang silinder = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$ (mm²)

2.4. Kuat Lentur Beton

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji patah [26]. Uji kuat lentur beton dilakukan pada benda uji berbentuk balok beton bertulang dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 300 mm. Kuat lentur batas (*ultimate flexure strength*) beton atau disebut juga modulus keruntuhan (*modulus of rupture*) adalah beban maksimum yang tercapai selama pembebanan. Dengan pembebanan pada balok beton dengan tumpuan sederhana dan besarnya beban masing-masing adalah $\frac{1}{2} P$, maka besarnya momen maksimum yang terjadi pada $\frac{1}{3}$ bagian tengah bentang yaitu sebesar

$$\sigma = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

Dimana:

σ = kuat lentur benda uji

P = beban tekan maksimum

L = panjang bentang benda uji

b = lebar tampang lintang patah arah horizontal

h = lebar tampang lintang patah arah vertical

3. Hasil dan Diskusi

Pada pembahasan penelitian ini akan membahas tentang hasil dari kuat tekan dan kuat lentur beton dengan penambahan lateks.

3.1. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan alat CTM (**Gambar 2**) dengan kuat tekan sampai dengan 500 ton dengan mengacu pada SNI 03-1974-1996. Hasil pengujian kuat beton diuraikan sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil kuat tekan beton normal

| Nama | BTNa-0% | BTNb-0% | BTNc-0% |
|----------------------------|---------|---------|---------|
| Umur (hari) | 28 | 28 | 28 |
| Berat (kg) | 13,1 | 13,05 | 13,2 |
| Beban P (KN) | 513 | 509 | 406 |
| Kuat tekan (MPa) | 29,04 | 28,81 | 22,98 |
| Kuat tekan rata-rata (MPa) | | 26,95 | |

Sumber: Data diolah

Dari **Tabel 3.** dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan maksimum didapatkan oleh sample BTNa-0% dengan nilai 29,4 MPa, dan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 26,95 MPa.

Tabel 4. Hasil kuat tekan beton lateks 10%

| Nama | BTLa-10% | BTLb-10% | BTLc-10% |
|----------------------------|----------|----------|----------|
| Umur (hari) | 28 | 28 | 28 |
| Berat (kg) | 12,15 | 11,95 | 12 |
| Beban P (KN) | 154 | 105 | 176 |
| Kuat tekan (MPa) | 8,72 | 5,94 | 9,96 |
| Kuat tekan rata-rata (MPa) | | 8,20 | |

Sumber: Data diolah

Dari **Tabel 4.** dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan maksimum didapatkan oleh sample BTLc-10% dengan nilai 9,96 MPa, dan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 8,20 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan lateks 10% tidak mendapatkan nilai kuat tekan yang tinggi.

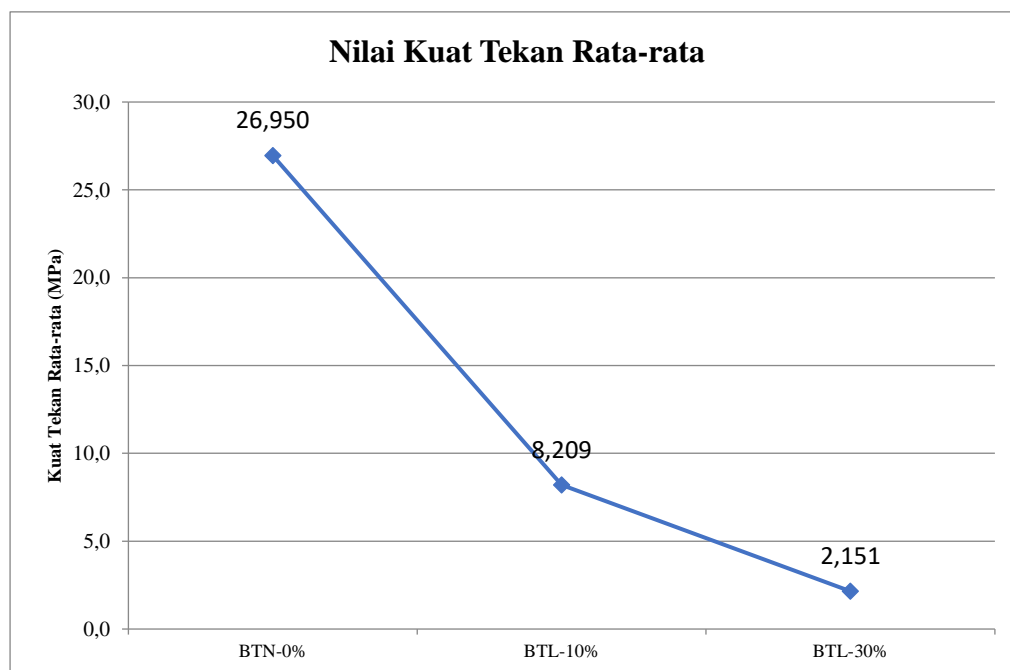
Tabel 5. Hasil kuat tekan beton lateks 30%

| Nama | BTLa-30% | BTLb-30% | BTLc-30% |
|----------------------------|----------|----------|----------|
| Umur (hari) | 28 | 28 | 28 |
| Berat (kg) | 10,55 | 10,70 | 10,70 |
| Beban P (KN) | 40 | 41 | 33 |
| Kuat tekan (MPa) | 2,26 | 2,32 | 1,86 |
| Kuat tekan rata-rata (MPa) | | 2,15 | |

Sumber: Data diolah

Dari **Tabel 5.** dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan maksimum didapatkan oleh sample BTLb-30% dengan nilai 2,32 MPa, dan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 2,15 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan lateks yang digunakan pada campuran beton, semakin turun hasil kuat tekan pada beton.

Dari tabel- tabel diatas, dapat digambarkan grafik nilai kuat tekan beton dan nilai kuat tekan beton rata-rata sebagai berikut:



Sumber: Data diolah

Gambar 2. Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Beton

Dari **Gambar 2.** dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan rata-rata paling optimum adalah pada BTN-0% dengan nilai yang didapat sebesar 26,95 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan lateks pada campuran Beton sebesar 10% dan 30% tidak dapat menambah hasil kuat tekan pada beton. Mesin yang digunakan adalah CTM seperti pada

Gambar 3.



Sumber : Dokumentasi Penelitian

Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan Beton.

3.2. Hasil Pengujian Kuat Lentur

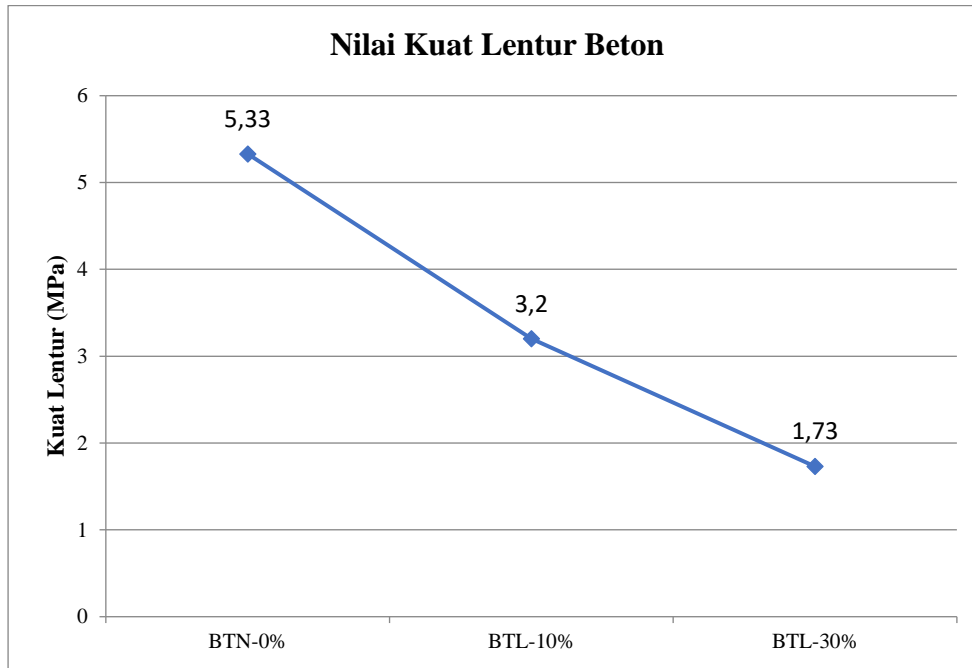
Hasil kuat lentur didapatkan seperti pada **Gambar 4.** menunjukkan pengujian kuat lentur menggunakan alat hydraulic Jack dengan kapasitas mencapai 32 ton. Benda uji yang dipakai berbentuk balok dengan dimensi 15 x 15 x 30 cm dengan umur 28 hari. Berikut ini adalah hasil pengujian kuat lentur beton yang telah dilakukan:

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Lentur.

| Nama | BTN-0% | BTL-10% | BTL-30% |
|----------------------------|--------|---------|---------|
| Umur (hari) | 28 | 28 | 28 |
| Berat (kg) | 34,30 | 31,15 | 27,3 |
| Beban P (KN) | 40 | 24 | 13 |
| Kuat tekan (MPa) | 5,33 | 3,20 | 1,73 |
| Kuat tekan rata-rata (MPa) | | 3,42 | |

Sumber: Data diolah

Dari **Tabel 6.** dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur beton normal masih lebih besar dari nilai kuat lentur beton campuran lateks dimana nilai kuat tekan beton normal sebesar 5,33 MPa sedangkan nilai kuat lentur maksimum beton campuran lateks BTL-10% sebesar 3,20 MPa. Dari **Tabel 6.** dapat diuraikan grafik kuat lentur beton yang dihasilkan dari sample BTN-0%, BTL-10%, dan BTL-30%.



Sumber: Data diolah.

Gambar 4. Nilai Kuat Lentur Beton.

Dari **Gambar 4.** dapat dilihat bahwa nilai kuat pada BTN-0% mendapatkan nilai yang paling optimum. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penambahan lateks mempengaruhi kekuatan beton, semakin banyak penambahan yang dilakukan maka kekuatan beton menjadi semakin berkurang. Seperti pada **Gambar 5.** merupakan hasil pengujian kuat lentur beton dengan menggunakan alat hydraulic Jack.



Sumber: Dokumentasi Penelitian

Gambar 5. Pengujian Kuat Lentur Beton

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Pada pengujian kuat tekan didapatkan hasil optimum pada campuran lateks 10% sebesar 9,96 MPa dan campuran lateks 30% sebesar 2,32 MPa.
2. Pada pengujian kuat lentur pada beton campuran lateks tidak mempengaruhi kuat lentur, pada beton normal mempunyai nilai 5,33 Mpa, pada campuran lateks 10% mengurangi penurunan 2,133 Mpa, dan beton campuran lateks 30% mengurangi penurunan 3,6 Mpa.
3. Penambahan lateks tidak dapat mencapai kuat tekan optimum, karena saat di tambahkan campuran lateks beton mengalami penurunan kuat tekan yang sangat besar.

Dari kesimpulan tersebut dapat diketahui bahwa penambahan lateks pada pembuatan beton mengakibatkan penurunan kekuatan baik secara kuat tekan maupun kuat lentur yang besar pada beton. Perlu adanya penelitian kembali untuk mendapatkan hasil kuat tekan dan kuat lentur yang diinginkan dengan prosentase lain yaitu dibawah 10%.

5. Ucapan Terima Kasih

Peneliti mendukung Universitas Kadiri, khususnya kepada Fakultas Teknik yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan penyusunan laporan.

Daftar Pustaka

- [1] Wulandari, Kartisyah, and D. Kartikasari, "Studi Pencampuran Serat Eceng Gondok Pada Campuran Beton Dengan Penggunaan Agregat Kasar Dari Kecamatan Mantup," *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, pp. 18–27, 2019.
- [2] R. Hepiyanto and M. A. Firdaus, "Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K - 200," *UKaRsT*, vol. 3, no. 2, p. 1, 2019, doi: 10.30737/ukarst.v3i2.475.
- [3] S. D. Hartantyo and M. H. Susianto, "Pengaruh Penambahan Tumbukan Cangkang Keong Mas Terhadap Kuat Tekan Beton Non Struktural K-175," *UKaRsT*, vol. 3, no. 2, p. 7, 2019, doi: 10.30737/ukarst.v3i2.476.
- [4] N. A. Affandy and A. I. Bukhori, "Pengaruh Penambahan Abu Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton," *UKaRsT*, vol. 3, no. 2, pp. 65–72, 2019.
- [5] A. Hidayat, A. I. Candra, and S. Winarto, "Penambahan Abu Jerami Dan Abu Sekam pada Beton Fc'18, 68 Mpa untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 14–28, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.11.
- [6] V. A. Andriani, A. Ridwan, and Y. C. S. Poernomo, "Penambahan Bahan Additive Grolen DP serta Variasi Umur untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 1689–1699, 2021, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [7] S. Arif and D. Kartikasari, "The Effect Of Using Ceramic Waste Powder As A Substitute For Cement On The Compressive Strength Of K250 Concrete," *UKaRsT*, vol. 4, no. 2, pp. 337–352, 2020, doi: 10.3390/app10010216.
- [8] Y. I. Mahendra, E. Gardjito, and A. Ridwan, "Meningkatkan Kuat Tekan Beton Fc' 16,60 Mpa menggunakan Fly Ash dan Arang Batok Kelapa," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 1–13, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121.
- [9] S. T. Rosdiyani, "Kuat Tekan Beton Fc ' 19 Mpa Menggunakan Campuran Styrofoam," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 59–73, 2021.
- [10] F. A. Pangestu and R. R. Dhana, "Meningkatkan Mutu Beton dengan Penggunaan Fly Ash serta Variasi Merk Semen," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 163–174, 2021, doi: 10.7498/aps/62.01030.

- [11] Y. Yamanoi and K. Maekawa, "Shear Bifurcation and Gravelization of Low-Strength Concrete," *J. Adv. Concr. Technol.*, vol. 18, no. December, pp. 767–777, 2020, doi: 10.3151/jact.18.767.
- [12] Y. Sato, K. Naganuma, H. Ko, and Y. Kaneko, "Drop-Weight Impact Loading of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete Wall after One-Year Drying Shrinkage," *J. Adv. Concr. Technol.*, vol. 18, no. December, pp. 794–807, 2020, doi: 10.3151/jact.18.794.
- [13] H. Wu, Z. Liu, B. Sun, and J. Yin, "Experimental investigation on freeze-thaw durability of Portland cement pervious concrete (PCPC)," *Constr. Build. Mater.*, vol. 117, pp. 63–71, 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.04.130.
- [14] G. Li *et al.*, "Properties of rubberized concrete modified by using silane coupling agent and carboxylated SBR," *J. Clean. Prod.*, vol. 112, pp. 797–807, 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.06.099.
- [15] P. Kumar, S. Bishnoi, and B. Bhattacharjee, "Influence of CFRP Strand Sheet on Flexural Strengthening of Reinforced Concrete Beam," *J. Adv. Concr. Technol.*, vol. 18, no. December, pp. 778–793, 2020, doi: 10.3151/jact.18.778.
- [16] Y. Okazaki, S. Okazaki, S. Asamoto, and P. Chun, "Undersampling Strategy for Machine-learned Deterioration Regression Model in Concrete Bridges," *J. Adv. Concr. Technol.*, vol. 18, no. December, pp. 753–766, 2020, doi: 10.3151/jact.18.753.
- [17] R. Pranoto, M. W. Wibisono, W. F. Utami, and C. A. Putri, "Pengaruh Substitusi Parsial Bahan Alami Lateks Terhadap Kinerja Campuran Beton Aspal Pada Lapisan Aus (Hotmix Ac-Wc)," *PILAR*, vol. 6, no. 1, pp. 15–20, 2021.
- [18] Y. Zhang and Z. Wang, "Effect of Pressurized Oil on the Mechanical Properties of Reactive Powder Concrete," *J. Adv. Concr. Technol.*, vol. 18, no. December, pp. 743–752, 2020, doi: 10.3151/jact.18.743.
- [19] Y. L. Huifeng Su, Renzhuang Li, "Research on self balance test method and numerical simulation of bearing capacity of pile foundation," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1549, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1549/3/032127.
- [20] S. C. W. Ferdilla Gunawan; Malik, Alfian, "Pengaruh Penambahan Bahan Alami Lateks (Getah Karet) Terhadap Karakteristik Beton Aspal Lapis Pengikat Dengan Pengujian Marshall," *J. Online Mhs. Bid. Tek. dan Sains*, vol. 5, no. 2, pp. 1–11, 2018.

- [21] D. Sarkar, M. Goudarzy, D. Ko, and T. Wichtmann, "Influence of particle shape and size on the threshold fines content and the limit index void ratios of sands containing non-plastic fines," *Soils Found.*, vol. 60, pp. 621–633, 2020, doi: 10.1016/j.sandf.2020.02.006.
- [22] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan besi dan aluminium untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan," *SNI*, 2008.
- [23] A. Mohajerani, D. Bosnjak, and D. Bromwich, "Analysis and design methods of screw piles: A review," *Anal. Des. methods screw piles A Rev.*, vol. 56, no. 1, pp. 115–128, 2016, doi: 10.1016/j.sandf.2016.01.009.
- [24] H. Hazarika, S. Manafi, K. Pasha, and I. Ishibashi, "Tire-chip reinforced foundation as liquefaction countermeasure for residential buildings," *Soils Found.*, vol. 60, no. 2, pp. 315–326, 2020, doi: 10.1016/j.sandf.2019.12.013.
- [25] D. Banerjee, "Determination of compressive strength parameter of high strength silica fume concrete," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 2869–2873, 2017.
- [26] A. D. Cahya, Y. C. Setianto Poernomo, and A. Ridwan, "Perbandingan Kapasitas Kuat Lentur Pada Beton Balok Tulangan Bambu Pilin Dengan Kulit Dan Tanpa Kulit," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, p. 299, 2019, doi: 10.30737/jurmateks.v2i2.528.