

STUDI EKSPERIMEN SEDERHANA PENGARUH SERAT SISAL TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH *FIBER CONCRETE*

Muhammad Thariq Resmaindra^{1*}, I Gusti Agung Arie Krismayanti², Sagung Istri Pramitari Wima Devi², Fas'ul Akbar², Bondan Dhifan Mazaya²

¹Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil dan Infrastruktur, Politeknik Astra, Jl. Gaharu Blok F3 Delta Silicon II Cibatu, Cikarang Selatan, Bekasi, 17530, Indonesia

²Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Teknik Sipil, Jl. Ganesa No. 10. Coblong, Kota Bandung, 40132, Indonesia
E-mail : m.thariq.resmaindra@polytechnic.astra.ac.id*

Abstract-- *To enhance concrete's performance in resisting cracks, either natural or synthetic fiber are usually added. One promising natural fiber is sisal (Agave sisalana), which is extracted from the leaves of the sisal plant. This study aims to evaluate the effect of adding sisal fibers on the mechanical properties of concrete, specifically its compressive strength and splitting tensile strength. In addition, the resulting stress-strain curves were further analyzed to understand the material's behavior. Sisal fibers were incorporated into the concrete mix at dosages of 0%, 0.5%, and 1.0% by weight of cement. After mixing, the concrete specimens were cured under standard conditions for 28 days before testing. The experimental results showed that adding sisal fibers increased the compressive strength at a 0.5% dosage by weight of cement but decreased the compressive strength at a 1.0% dosage. Meanwhile, splitting tensile strength improved by 1.1 times that of plain concrete at both 0.5% and 1.0% fiber contents. Adding 0.5% sisal did not increase tensile ductility, whereas adding 1.0% sisal fibers increased tensile strain capacity to 1.3 times that of plain concrete.*

Keywords : *compression, concrete, fiber, sisal, tension*

Abstrak-- Dalam meningkatkan performa beton dalam menahan retak, penambahan serat dilakukan baik menggunakan serat alami ataupun buatan. Salah satu serat yang berpotensi saat ini adalah serat sisal (*Agave sisalana*) yang diekstrak dari daun tumbuhan sisal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serat sisal terhadap sifat mekanis beton, khususnya kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton. Selain itu, hasil kurva tegangan-regangan yang didapat juga dipelajari lebih lanjut untuk mengetahui perilakunya. Serat sisal ditambahkan ke dalam campuran beton dengan variasi kadar 0%, 0,5%, dan 1,0% dari massa semen. Campuran beton diuji setelah periode perawatan standar selama 28 hari. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penambahan serat sisal meningkatkan kuat tekan beton pada kadar 0,5% dari massa semen dan menurunkan kuat tekan pada kadar 1%. Adapun kuat tariknya mengalami peningkatan untuk kadar 0.5% dan 1% dengan besar peningkatan yang sama, yaitu 1.1 kali dari beton normal. Penambahan kadar sisal 0.5% tidak meningkatkan daktilitas terhadap tarik, sedangkan penambahan serat sisal dengan kadar 1% meningkatkan regangan tariknya menjadi 1.3 kali dari beton normal.

Kata Kunci : beton, kuat tekan, kuat tarik, serat, sisal

I. PENDAHULUAN

Beton merupakan material bangunan yang dikenal luas karena kekuatan dan ketahanannya. Dalam upaya untuk meningkatkan performa beton, terutama kekuatan tariknya, berbagai penelitian telah mengeksplorasi penambahan serat alami. Serat alami dapat digunakan untuk berbagai macam, mulai dari pengolahan wadah makanan ramah lingkungan [1] hingga dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengganti serat baja pada beton [2][3]. Salah satu serat alami yang dapat digunakan untuk bahan tambahan pada beton adalah serat sisal. Serat ini berasal dari tumbuhan sisal (*Agave sisalana*) yang tumbuh di daerah tropis, terutama di Meksiko, Brasil, Tanzania, dan Kenya. Produksi serat ini mencapai sekitar 0,3 juta ton setiap tahunnya. Serat ini diperoleh dari daun

tanaman melalui proses ekstraksi manual maupun mekanis [4].



Gambar 1. Tanaman Sisal (*Agave Sisalana*) [4]

Menurut Dhiman & Lallotra (2022), penambahan serat sisal diketahui dapat meningkatkan sekitar 5% kekuatan beton biasa [5]. Selain itu, penggunaan serat ini juga terbukti dapat meningkatkan kuat tarik [6] [7] serta kuat lentur beton [7][8][9] sekaligus mengurangi tingkat getas material dibandingkan dengan beton

konvensional [6]. Jika dibandingkan dengan serat plastik, serat sisal menunjukkan performa lebih menjanjikan karena mampu menghasilkan keseimbangan antara workabilitas dan kekuatan [10].

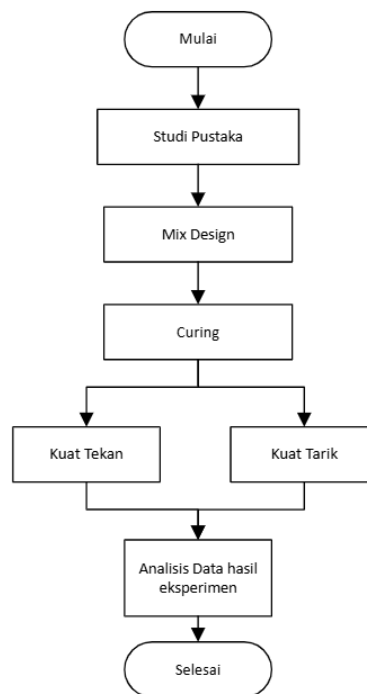
Meskipun memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan sifat mekanik, penambahan serat sisal juga mengakibatkan penurunan workabilitas campuran. Hal ini disebabkan oleh peningkatan absorpsi air oleh serat sisal[5][6]. Dari sisi ketahanannya terhadap benturan, sisal memiliki performa yang lebih rendah dibandingkan serat baja dan serat *polypropylene* [11]. Peningkatan proporsinya dalam campuran dapat menurunkan kekuatan tekan secara signifikan [9][12]. Penurunan ini dipengaruhi oleh hubungan antar muka (*interface*) antara serat ini dan matriks beton yang kurang optimal, terutama ketika proporsi serat sisal meningkat [9]. Selain itu, peningkatan porositas akibat penggunaan serat juga berkontribusi terhadap berkurangnya kemampuan mekanik beton [7]. Dengan demikian, proporsi penambahan serat sisal perlu dikendalikan secara tepat untuk menghasilkan campuran yang homogen, mengurangi rongga internal, serta meningkatkan pembentukan produk hidrasi yang optimal dalam matriks beton [9].

Dari segi keberlanjutan, serat sisal menawarkan keunggulan lingkungan karena bersifat alami dan dapat membantu mengurangi tingkat emisi karbon dari produk beton [6][7]. Namun demikian, isu terkait ketahanan jangka panjang dan proses deteriorasi material berbasis serat sisal masih menjadi tantangan yang perlu mendapatkan perhatian lebih lanjut [6], yang mana di luar dari cakupan penelitian ini.

Studi ini dilakukan untuk mengetahui efek kuat tekan dan kuat tarik belah dari penambahan serat sisal pada beton dengan kasus agregat halus yang cukup kasar. Pada studi ini, digunakan penambahan serat sisal sepanjang 50 mm sisal dengan proporsi yang kecil, yaitu 0.5 dan 1 % dari massa semen untuk menghindari peningkatan porositas berlebih dan direndam selama 24 jam untuk mengantisipasi absorpsi pada serat sisal. Selain itu, dilakukan observasi kurva *stress-strain* yang dihasilkan untuk mengetahui perilakunya saat dilakukan pembebanan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melaksanakan studi ini, dilakukan langkah-langkah seperti pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Alur Penelitian

Dalam studi ini, digunakan material agregat kasar dan agregat halus yang memiliki karakteristik tertera pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik Agregat Kasar yang digunakan

Tipe Agregat	:	Batu Pecah
Ukuran maksimum agregat	:	25 mm
Bulk Spesific Gravity	:	2.45
Absorpsi	:	8.45 %
Kadar Air	:	7.53 %
Berat Kering	:	1324.41 kg/m ³

Tabel 2. Karakteristik Agregat Halus yang digunakan

Tipe Agregat	:	Batu Pecah
Ukuran maksimum agregat	:	25 mm
Bulk Spesific Gravity	:	2.53
Absorpsi	:	3.33 %
Kadar Air	:	6.38 %
Fineness Modulus (FM)	:	2.97

Serat sisal diperoleh dari perkebunan sisal yang diperdagangkan via *e-commerce*. Sebelum diaplikasikan ke beton, serat sisal dipotong sepanjang 50 mm dan direndam ke dalam air selama 24 jam seperti pada gambar 4.



Gambar 3. Proses Pemotongan Serat Sisal



Gambar 4. Perendaman Serat Sisal di Dalam Air

Variasi pada beton dengan tambahan serat sisal dilakukan dengan menggunakan proporsi massa. Variasi proporsi massa sisal yang ditambahkan adalah 0.5% dan 1% dari massa semen. Proporsi massa seluruh bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3. Proporsi yang telah ditentukan kemudian dicampur dan dimasukkan ke dalam cetakan silinder beton berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan jumlah sampel sesuai tabel 4.

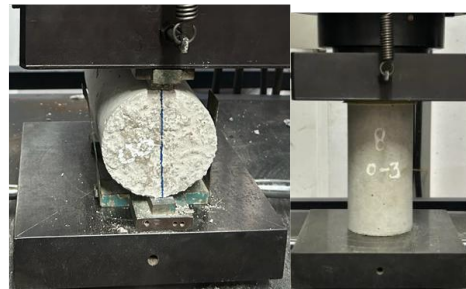
Tabel 3. Proporsi Massa Campuran Beton Rencana

Jenis Beton	Semen	Air	Kerikil	Pasir	Sisal
Beton + 0% Sisal	1	0.56	3.23	3.67	0
Beton + 0.5% Sisal	1	0.56	3.23	3.67	0.005
Beton + 1% Sisal	1	0.56	3.23	3.67	0.01

Tabel 4. Jumlah Sampel Pengujian

Jenis Beton	Jumlah sampel uji tekan	Jumlah sampel uji belah tarik	Total
Beton + 0% Sisal	2	2	4
Beton + 0.5% Sisal	2	2	4
Beton + 1% Sisal	2	2	4
Total	6	6	12

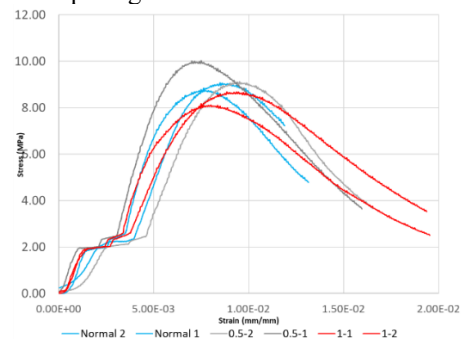
Setelah satu hari, beton dilepaskan dari cetakan dan dimasukkan ke dalam kolam *curing* dan pengujian sampel dilakukan pada hari ke-28. Pengujian kuat tekan dilakukan sesuai dengan SNI 1974-2011 tentang “Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder” dengan lapisan *capping* belerang di permukaan atas beton. Pengujian belah tarik beton silinder mengacu pada SNI 03-2491-2002 tentang “Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton” dengan setelan seperti pada gambar 5. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton dilakukan di Laboratorium Struktur Institut Teknologi Bandung dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* MTS Exceed E64.



Gambar 5. Setelan Uji Tarik Belah dan Uji Tekan pada Beton

III. HASIL DAN KESIMPULAN

Dari hasil pengujian kuat tekan, diperoleh kurva *stress-strain* pada gambar 6.



Gambar 6. Kurva *Stress-Strain* pada Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengamatan, penambahan serat sisal pada beton tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam perilaku tegangan-regangan saat uji tekan dibandingkan beton normal. Beton dengan penambahan serat sisal sebesar 0,5% dan 1% dari massa semen menunjukkan kurva tegangan-regangan yang serupa, yang mengindikasikan bahwa tidak ada pengaruh serat sisal terhadap perilakunya dalam pembebanan tekan. Secara umum, beton mengalami fase elastik pada tahap awal pembebanan, yang

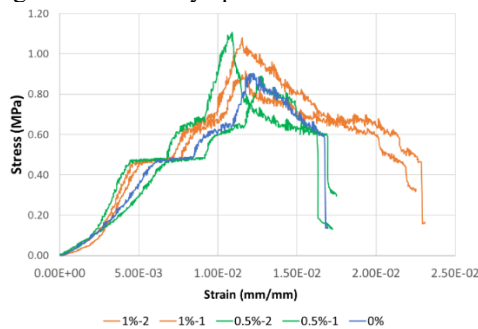
kemudian bertransisi ke fase mendatar (*plateau*). Pada fase ini terjadi perubahan dari perilaku elastik ke inelastik, ditandai dengan munculnya retakan awal pada struktur beton. Proses ini berlanjut ke fase inelastik hingga mencapai titik puncak, yang merepresentasikan kuat tekan ultimit dari beton. Nilai kuat tekan masing-masing sampel disajikan pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Kuat Tekan Beton untuk Seluruh Variasi

Variasi	Spesimen	Kuat Tekan Maks. (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0%	B0-1	8.79	8.925
	B0-2	9.06	
0.50%	B0.5-1	10.02	9.57
	B0.5-2	9.12	
1%	B1-1	8.12	8.4
	B1-2	8.68	

Terlihat juga bahwa campuran dengan penambahan sisal 0.5% dari massa semen menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi, namun menyebabkan nilai kuat tekan beton menurun terlihat dari nilai mutu beton dengan variasi serat sisal 1%. Hal ini dapat disebabkan banyaknya serat sisal dalam campuran beton menyebabkan hambatan pergerakan pasta semen untuk mengisi ruang kosong pada beton sehingga menyebabkan beton tidak terisi dengan baik.

Dari hasil pengujian tarik, diperoleh kurva stress-strain untuk masing-masing sampel seperti pada gambar 7 dan rangkuman kuat tarik belah dan regangan maksimumnya pada tabel 6 di bawah ini:



Gambar 7. Kurva *Stress-Strain* pada Pengujian Kuat Tarik

Tabel 6. Kuat Tarik Belah dan Regangan Maksimum Beton Tiap Variasi

Variasi	Spesimen	Kuat Tarik Belah Maks. (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-Rata (MPa)	Regangan Tarik Belah Maks.(mm/mm)
0%	B0-1	0.9034	0.9034	0.01694
0.50%	B0.5-1	1.1061	0.9978	0.0175
	B0.5-2	0.8895		0.01722
1%	B1-1	1.0797	0.99685	0.0225
	B1-2	0.914		0.02306

Terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat tarik belah pada sebagian sampel beton setelah ditambahkan sisal

sebesar 0.5% dan 1% dari massa semen. Meskipun demikian, ada sebagian sampelnya yang menghasilkan kekuatan yang tidak beda jauh. Hal ini dipengaruhi oleh penyebaran serat sisal yang tidak merata yang menyebabkan serat sisal tidak dapat membantu menahan tarik pada beton secara optimal. Dari hasil kuat tarik rata-rata, diperoleh kesimpulan bahwa terdapat peningkatan kuat tarik rata-rata ketika beton ditambahkan serat sisal sebanyak 0.5% dan 1% dari massa semen. Tidak ada perbedaan kuat tarik rata-rata antara beton yang ditambahkan serat sisal sebanyak 0.5% dan 1% dari massa semen.

Dari segi regangan maksimum, tidak ada pengaruh yang dihasilkan pada beton dengan penambahan sisal 0.5% dari massa semen sedangkan pada penambahan 1% dari massa semen terjadi peningkatan yang cukup signifikan, yaitu sebesar 1.3 kali dari beton tanpa sisal. Peningkatan ini disebabkan karena adanya bantuan dari serat sisal untuk menahan gaya tarik yang terjadi pada beton sehingga terjadi penundaan keruntuhan. Tidak adanya pengaruh pada variasi penambahan 0.5% sisal bisa terjadi karena persebaran dari serat sisal yang tidak merata selama proses pengadukan sehingga serat sisal tidak dapat membantu dalam menahan regangan tarik yang terjadi

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan:

1. Spesimen sisal dengan variasi 0,5% didapat nilai rata-rata mutu beton lebih tinggi daripada spesimen dengan variasi 0% dan 1%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat sisal dengan kadar serat sisal maksimum didapatkan nilai kuat tekan beton optimal, namun bila ditambahkan melebihi 0.5%, penambahan serat sisal menyebabkan nilai kuat tekan beton menurun terlihat dari nilai mutu beton dengan variasi sisal 1%.
2. Tidak ada pengaruh penambahan serat sisal 0.5 dan 1% dari massa semen terhadap perilaku *stress-strain* beton terhadap beban tekan.
3. Penambahan sisal sebesar 0,5% tidak memberikan pengaruh terhadap daktilitas material beton sedangkan sampel dengan penambahan serat sisal 1% mengalami regangan 1,3 kali dari beton normal.
4. Penambahan serat sisal 0,5% dan 1% dapat meningkatkan kuat tarik beton yang sama, yaitu 1,1 kali dari beton normal.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetyani, L., Cahya, K., Iqbal, M., Zalfa, N., & Mulyanto, P. (2024). PERANCANGAN SISTEM OTOMASI MESIN PEMBUAT WADAH

- MAKAN RAMAH LINGKUNGAN DARI PELEPAH PINANG BERBASIS PLC. *Technologic*, 15(2). <https://doi.org/10.52453/t.v15i2.441>
- [2] Bediako, M., Ametefe, T. K., Asante, N., & Adumatta, S. (2025). Incorporation of natural coconut fibers in concrete for sustainable construction: mechanical and durability behavior. *Case Studies in Construction Materials*, e04867. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04867>
- [3] Chen, L., Chen, Z., Xie, Z., Wei, L., Hua, J., Huang, L., & Yap, P.-S. (2023). Recent developments on natural fiber concrete: A review of properties, sustainability, applications, barriers, and opportunities. *Developments in the Built Environment*, 16, 100255. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100255>
- [4] FAO. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations, repository. <<http://www.fao.org/economic/futurefibers/fibers/sisal/en/>> (diakses pada 28/04/2025)
- [5] Dhiman, S., & Lallotra, B. (2022). Replacing of steel with bamboo as reinforcement with addition of sisal fiber. *Materials Today: Proceedings*, 48, 1708-1712. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.026>
- [6] Pavithra, K., Shewale, M., Asalkar, S., Shinde, N., Korke, P., Balaji, A., Gobinath, R., & Anuradha, R. (2022). Studies on usage of natural fibers and eco sand for sustainable concreting. *Materials Today: Proceedings*, 49, 1689–1693. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.455>
- [7] Lyu, S., Xiao, J., Wang, B., Lu, Y., & Sun, X. (2025). Influence of sisal fibers on mechanical properties and thermal conductivity of fully recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 470, 140478. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140478>
- [8] Sabarish, K. V., Paul, P., Bhuvaneshwari, & Jones, J. (2020). An experimental investigation on properties of sisal fiber used in the concrete. *Materials Today: Proceedings*, 22, 439–443. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.686>
- [9] Haruehansapong, S., Khamput, P., Yoddumrong, P., Kroehong, W., Thuadao, V., Abdulmatin, A., Senawang, W., & Pulngern, T. (2024). Enhancement of recycled aggregate concrete properties through the incorporation of nanosilica and natural fibers. *Heliyon*, 10(22), e39924. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39924>
- [10] Manso-Morato, J., Hurtado-Alonso, N., Revilla-Cuesta, V., Skaf, M., & Ortega-López, V. (2024). Fiber-Reinforced concrete and its life cycle assessment: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 94, 110062. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110062>
- [11] Abdalla, J. A., Hawileh, R. A., Bahurudeen, A., Jyothsna, G., Sofi, A., Shanmugam, V., & Thomas, B. S. (2023). A comprehensive review on the use of natural fibers in cement/geopolymer concrete: A step towards sustainability. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02244. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02244>
- [12] Okeola, A. A., Abuodha, S. O., & Mwero, J. (2018). Experimental Investigation of the Physical and Mechanical Properties of Sisal Fiber-Reinforced Concrete. *Fibers*, 6(3), 53. <https://doi.org/10.3390/fib603005>