

# Perbandingan Arah Serat Material Komposit *Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP)* Serat Nenas Untuk Perkuatan Struktur Beton

Shafira Salsabila<sup>1</sup>, Muhammad Riswandy<sup>2</sup>, Febrina Dian Kurniasari<sup>3</sup>, Tjut Rizqi Maysyarah Hadi<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Science and Technology, Samudra of University, Langsa, Aceh, Indonesia

\*Koresponden email: [shafirasalsabila@unsam.ac.id](mailto:shafirasalsabila@unsam.ac.id)

Diterima: 25-04-2025

Disetujui: 31-07-2025

## Abstract

Concrete structures that experience performance degradation require repair and strengthening to maintain their load-bearing capacity. One method that has gained attention is the use of composite materials, specifically Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP), which consists of adhesives reinforced with natural fibers. Pineapple fiber is a promising natural fiber for NFRP due to its abundance, low production cost, environmental friendliness, and high tensile strength. This study aims to investigate the adhesion behavior between NFRP composite materials and concrete, as well as to observe the failure modes of both concrete and NFRP under tensile loading. Concrete specimens measuring (100 x 100 x 300) mm were reinforced with pineapple fiber NFRP of (50 x 240) mm, with fiber orientations arranged in both unidirectional and random patterns. The results showed that the maximum tensile strength of the random pineapple fiber NFRP reached 31.59 MPa. The highest load capacity recorded was 4360 kg, observed in the LP3-SNS-C test specimen. The failure mode occurred as a fracture of the pineapple fiber NFRP in the center of the specimen's cross-section on both sides.

**Keywords:** *Concrete, Pineapple fiber, NFRP, Tensile strength, Bonding strength, Failure mode*

## Abstrak

Struktur beton yang kinerjanya menurun perlu diperbaiki dan diperkuat untuk memastikan tetap memenuhi standar kekuatan yang disyaratkan.. Perkembangan mengenai perbaikan dan perkuatan pada struktur beton terus meningkat sehingga menghasilkan berbagai metode salah satunya dengan menggunakan material komposit yaitu *Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP)*. NFRP adalah material komposit yang tersusun dari perekat yang diperkuat dengan serat alam. Salah satu serat alam yang dapat digunakan sebagai material dasar NFRP adalah serat nenas. Hal ini dikarenakan karena serat nenas memiliki berbagai kelebihan diantaranya memiliki jumlah yang melimpah, biaya produksi yang ekonomis, ramah lingkungan dan memiliki kuat tarik yang signifikan. penelitian ini difokuskan untuk menginvestigasi karakteristik lekatan antara material komposit NFRP dengan beton serta melihat mode kegagalan yang dialami beton dan NFRP setelah diberikan beban tarik pada beton dengan ukuran (100 x 100 x 300) mm yang diperkuat dengan NFRP serat nenas dengan arah serat yang disusun secara searah dan acak dengan ukuran (50 x 240) mm. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu kuat tarik maksimum pada NFRP serat nenas acak sebesar 31,59 MPa. Beban maksimum yang mampu dipikul sebesar 4360 kg oleh benda uji LP3-SNS-C dengan mode kegagalan yaitu NFRP serat nenas mengalami kegagalan ditengah penampang dengan kerusakan yang terlihat pada kedua sisi penampang.

**Kata Kunci:** *Beton, Serat nenas, NFRP, Kuat tarik, Kuat lekatan, Mode kegagalan*

## 1. Pendahuluan

Struktur beton kerap terjadi masalah saat masa layannya seperti masalah kegagalan dan kerusakan pada struktur tersebut yang mengakibatkan penurunan kekuatan beton. Penurunan kekuatan beton disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya pengaruh kondisi lingkungan, desain awal yang kurang baik, umur, bencana alam seperti gempa dan kurangnya perawatan [1]. Penting untuk mengetahui perilaku struktur beton agar dapat menghindari kegagalan pada struktur beton dan juga dapat segera

menentukan perbaikan dan perkuatan pada struktur beton yang telah mengalami penurunan kinerja dengan perbaikan yang tepat. Retak awal yang terjadi pada beton merupakan hal yang harus diperhatikan karena dapat mengakibatkan kegagalan atau keruntuhan pada struktur beton tersebut [2].

Perbaikan dan perkuatan pada struktur beton terus berkembang pada industri konstruksi yang menghasilkan berbagai metode salah satunya dengan menggunakan material komposit. Selama ini perbaikan dan perkuatan yang tersedia adalah material komposit dengan menggunakan metode perkuatan *Fiber Reinforced Polymer* (FRP). FRP adalah material komposit yang tersusun dari matriks resin polimer yang diperkuat dengan serat gelas, carbon dan aramid [3]. Namun karena tersusun oleh material sintetis atau serat buatan sehingga memiliki berbagai kekurangan diantaranya proses pembuatan yang tidak ramah lingkungan, materialnya yang sangat sulit terurai dan mudah terbakar serta harganya yang relatif mahal. Oleh karena itu terbitlah sebuah inovasi yaitu material komposit yang tersusun dari perekat yang diperkuat dengan serat alam yang disebut dengan *Natural Fiber Reinforced Polymer* (NFRP). Serat alam yang digunakan merupakan serat nenas. Dengan memanfaatkan serat nenas, material komposit dapat diproduksi dengan dampak lingkungan yang lebih rendah dikarenakan proses pembuatannya yang berkelanjutan dibandingkan menggunakan material komposit yang berbahan dasar serat gelas atau karbon [4].

Serat nenas merupakan serat yang terdiri dari selulosa yang tinggi sehingga serat nenas memiliki kekuatan dan kekakuan yang relatif tinggi. Serat nenas juga memiliki jumlah yang melimpah, menawarkan keunggulan berupa bobot ringan, biaya produksi terjangkau dan sifatnya yang terbarukan. Serat nenas memiliki kuat tarik sebesar 413 MPa [5].

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia serat nenas

Karakter	Nilai
Cellulose	81,27%
Hemicelluloses	12,31%
Lignin	3,46%

Kuat tarik yang tinggi pada serat nenas pastinya sangat efektif sebagai bahan dasar dari material komposit NFRP untuk perkuatan pada struktur beton [6]. Namun kekuatan tarik yang tinggi harus diimbangi dengan lekatan yang baik juga antara material komposit serat nenas dan beton, Sehingga lekatan antara material komposit serat nenas dan beton perlu diuji. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sekaligus mempelajari perilaku lekatan antara material komposit NFRP serat nenas dengan beton serta melihat mode kegagalan yang dialami beton dan NFRP serat nenas setelah diberikan beban tarik.

## 2. Material dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental di Laboratorium Konstruksi Bahan Bangunan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala.

### 2.1 Material komposit NFRP serat nenas

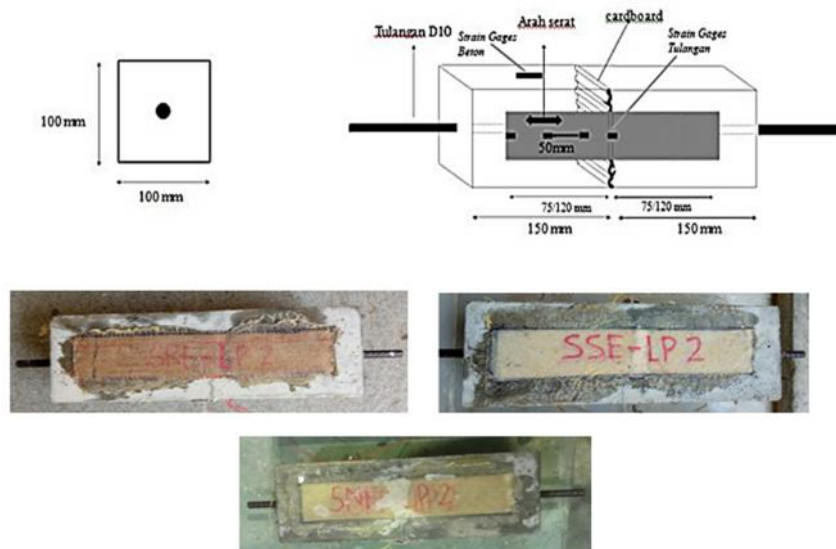
Serat yang digunakan sebagai material dasar NFRP adalah serat nenas. Terdapat 2 perlakuan pada serat nenas yang digunakan yaitu serat nenas searah dan serat nenas acak. Serat nenas searah dibuat dengan menyusun helai-helai serat secara searah sedangkan serat nenas acak disusun arah seratnya secara acak kesembarang arah. Variasi jumlah lapisan serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1,2 dan 3 lapis. NFRP serat nenas direkatkan menggunakan lem sikadur 330.

Tabel 2. Parameter NFRP serat nenas

No	Nama Benda Uji	Arah Serat	Jumlah Lapis	Jumlah Benda Uji
1	LP1 – SNS – R	Searah	1 Lapis	1
2	LP2 – SNS – R		2 Lapis	1
3	LP3 – SNS – R		3 Lapis	1
4	LP1 – SNS – C	Acak	1 Lapis	1
5	LP2 – SNS – C		2 Lapis	1
6	LP3 – SNS – C		3 Lapis	1

## 2.2 Persiapan benda uji beton dan NFRP serat nenas

Benda uji yang digunakan berupa beton bertulang. Ukuran benda uji adalah 100 mm x 100 mm x 300 mm, dengan tulangan tunggal berdiameter 10 mm yang ditempatkan di tengah penampang. NFRP serat alam dilekatkan pada sisi kanan dan sisi kiri beton menggunakan lem sikadur 330. Lebar NFRP serat nenas yang digunakan sebesar 50 mm dengan panjang serat yaitu 240 mm. Perletakan *strain gauge* yang digunakan pada NFRP serat nenas tiap jarak 50 mm dan terdapat juga *strain gauge* yang dipasang pada tulangan dan beton. Pemasangan *strain gauge* bertujuan untuk mengetahui regangan yang terjadi pada benda uji ketika dilakukan pengujian. Pada pertengahan benda uji diletakkan *cardboard* sebagai asumsi retak awal pada beton yang telah diberikan beban dan mengalami kehancuran.



Gambar 1. Benda uji beton yang diperkuat dengan NFRP serat nenas

## 2.3 Pengujian kekuatan ikatan beton dan NFRP

pengujian kekuatan ikatan menggunakan beton yang telah dilakukan perawatan selama 28 hari dan selanjutnya dilakukan penempelan serat nenas dikedua sisi beton dengan perekat sikadur 330 serta pemasangan strain gauge pada NFRP serat nenas, tulangan dan beton. Regangan yang terbaca pada *strain gauge* dicek setiap kenaikan 100 Kg. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban tarik pada beton yang diberikan beban secara bertahap hingga mengalami kehancuran. Hasil yang diamati adalah beban maksimum yang mampu ditahan oleh beton yang telah diperkuat dengan NFRP serat nenas dan mode kegagalan yang terjadi pada NFRP serat nenas dan beton setelah diberikan beban tarik.



Gambar 2. Pengujian kuat lekatan antara beton dengan NFRP serat nenas

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian yang disajikan berupa kuat tarik NFRP serat nenas, beban maksimum yang mampu dipikul oleh beton yang telah diperkuat dengan serat nenas, distribusi regangan dan mode kegagalan yang terjadi pada beton dan NFRP serat nenas setelah diberikan beban tarik. Diperoleh nilai kuat tarik NFRP serat nenas yang dapat dilihat pada tabel 3 dibawah.

Tabel 3. Nilai kuat tarik NFRP serat nenas

No	Nama benda uji	Kuat tarik (MPa)
1	LP1-SNS-R	15,43
2	LP2-SNS-R	21,86
3	LP3-SNS-R	27,91
4	LP1-SNS-C	18,75
5	LP2-SNS-C	24,48
6	LP3-SNS-C	31,59

Dimana:

LP1-SNS-R = 1 lapis serat nenas sikadur searah

LP2-SNS-R = 2 lapis serat nenas sikadur searah

LP3-SNS-R = 3 lapis serat nenas sikadur searah

LP1-SNS-C = 1 lapis serat nenas sikadur acak

LP2-SNS-C = 2 lapis serat nenas sikadur acak

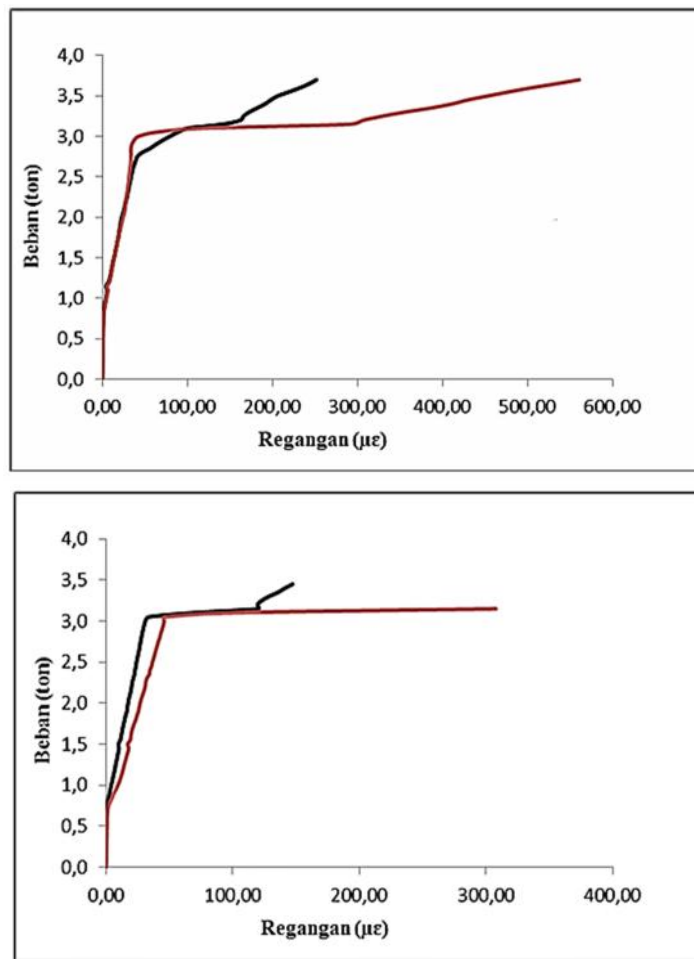
LP3-SNS-C = 3 lapis serat nenas sikadur acak

Pada pengujian tarik antara beton dan NFRP serat nenas diperoleh nilai beban maksimum yang dicapai oleh beton yang telah diperkuat dengan NFRP serat nenas. Diperoleh bahwa beton yang telah diperkuat dengan NFRP serat nenas dapat menahan beban maksimum yang lebih tinggi dibanding beton yang tidak diberikan perkuatan dengan NFRP serat nenas. Hal ini membuktikan bahwa dengan adanya perkuatan pada balok yang telah mengalami kegagalan menggunakan NFRP serat nenas akan menambah kekuatan beton dalam menahan beban yang diberikan.

Tabel 3. Nilai kuat tarik NFRP serat nenas

No	Nama benda uji	Beban maksimum (kg)	Mode kegagalan
1	LP1-SNS-R	3270	Serat putus dikedua sisi
2	LP2-SNS-R	3780	Serat putus dikedua sisi
3	LP3-SNS-R	4100	Serat putus dikedua sisi
4	LP1-SNS-C	3480	Serat putus dikedua sisi
5	LP2-SNS-C	3950	Serat putus dikedua sisi
6	LP3-SNS-C	4360	Serat putus dikedua sisi
7	Beton kontrol	3650	Hancur dibagian tengah penampang

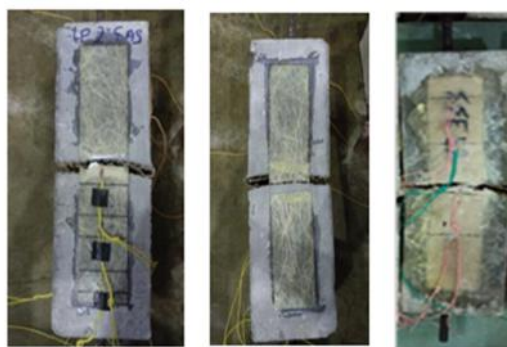
Selain nilai kuat tarik dan beban maksimum pada benda uji yang diperkuat dengan NFRP serat nenas juga dilihat hubungan dari beban dan regangan pada benda uji. Nilai regangan diperoleh dari hasil pembacaan *strain gauge* yang dipasang pada NFRP serat nenas pada setiap jarak 50 mm dan juga *strain gauge* yang telah dipasang pada tulangan dan beton. Diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa regangan baja tulangan cenderung mirip dengan regangan pada NFRP pada strain gauge 2 yang artinya bahwa regangan baja tulangan dan regangan pada strain gauge 2 kompatibel atau mulai terjadi regangan secara bersamaan. Hubungan antara beban dan regangan yang terjadi pada benda uji dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 3. Grafik hubungan antara regangan dan beban pada NFRP serat nenas searah dan serat nenas acak 3 lapis

Pada grafik diatas juga dapat dilihat bahwa penggunaan serat alam yang paling efektif pada perkuatan dan perbaikan beton adalah serat nenas searah 3 lapis dikarenakan serat tersebut memiliki kuat regangan luluh yang lebih besar dibandingkan dengan regangan luluh baja namun untuk serat nenas acak juga memperlihatkan bahwa regangan luluhnya juga lebih besar dibandingkan dengan regangan luluh baja.

Mode kegagalan yang terjadi pada NFRP serat nenas yang diperoleh dari pengujian tarik adalah semua NFRP serat nenas putus dibagian tengah benda uji dikedua sisi yaitu sisi kanan dan sisi kiri beton. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengerjaan lekatan antara NFRP serat nenas dengan beton terbilang sangat baik dikarenakan tidak ada mode kegagalan yang menunjukkan lepasnya NFRP serat nenas dari beton.



Gambar 4. Mode kegagalan pada beton dan NFRP serat nenas

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai kuat tarik maksimum pada NFRP serat nenas searah adalah 27,91 MPa pada NFRP serat nenas 3 lapis. Nilai kuat tarik maksimum pada NFRP serat nenas acak adalah 31,59 MPa. Nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik yang dihasilkan akan semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah lapis pada NFRP serat nenas.
2. Beban maksimum yang mampu dipikul pada pengujian kuat tarik beton yang diperkuat dengan NFRP serat nenas paling tinggi terdapat pada benda uji LP3-SNS-C yaitu sebesar 4360 kg. Hal ini menunjukkan bahwa beton yang diperkuat dengan NFRP serat nenas acak 3 lapis mampu menahan beban jauh lebih tinggi dibanding beton tanpa ada perkuatan dengan NFRP serat nenas. Begitupun dengan beton yang diperkuat dengan NFRP serat nenas searah dan acak yang dilapisi sebanyak 1 atau 2 lapis juga mampu memikul beban yang lebih tinggi dibandingkan beton tanpa perkuatan.
3. Mode kegagalan yang terjadi pada semua benda uji setelah diberikan beban tarik menghasilkan kegagalan yang sama yaitu NFRP serat nenas putus dibagian tengah penampang benda uji dikedua sisi kanan dan kiri beton.
4. Regangan luluh yang dihasilkan oleh NFRP serat nenas searah lebih besar dibandingkan dengan regangan luluh baja. Sehingga penggunaan serat nenas untuk perkuatan beton terbilang cukup efektif.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Universitas Syiah Kuala, Aceh, Indonesia. Penulis mengucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan proses pelaksanaan penelitian ini sehingga bisa diselesaikan dengan baik.

#### 6. Referensi

- [1] Achmad, K., SMD, A., & Tavio, "Metode Eksperimental Perkuatan Kolom Beton Bertulang Menggunakan FRP", *Media teknik Sipil.*, Vol. 12, No. 2, Hal. 149-157, 2017.
- [2] ASTM. D3039, "Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials," *American Society for Testing and Materials.*, 2017.
- [3] Widyaningsih, E., Herbudiman, B., & Hardono, S, "Kajian Eksperimental kapasitas sambungan material Fiber Reinforced Polymer", *Teknik Sipil Itenas.*, Vol.2, No.3, 2016.
- [4] Codispoti, R., Dkk, "Mechanical performance of natural fiber-reinforced composites for the strengthening of masonry", *Journal homepage: www.elsevier. Com/locate/compositesb*, 77, 74-83, 2015.
- [5] Asim, M., Khalina, A., M. Jawaid., M. Nasir., Zahra, D., M.R.Ishak., & M. Enamul H, "A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites", *International Journal of Polymer Science*, 2015.
- [6] Saidi, T., Z, Amalia., M, Hasan., I, Hasanuddin., W, Salvana., Akram, "An Experimental Study on Bond Strength of Abaca Fiber as Natural FRP Material". *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering.*, 2020.
- [7] Senobaan, E. (2016). Metode Perkuatan Girder Jembatan Menggunakan Lembaran FRP Akibat Retakan Geser (Studi Kasus : Jembatan Malelleng). Universitas Hasanuddin, Makassar: Hasanuddin University Repository.
- [8] T. Maeda, Y. Asano, Y. U. Sato, dan Y. Kakuta, "A Study on Bond Mechanism of Carbon Fiber Sheet", *Proceeding of the Third International Symposium*, Vol 1, h. 279-286., 1997.
- [9] Diab, H. M., & Farghal, O.A, "Bond Strength and Effective Bond Length of FRP Sheets/Plate Bonded to Concrete Considering The Type Of Adhesive Layer", *The Online Journal of Science and Teknologi*, Vol. 58, h. 618-624., 2013.
- [10] Nakaba, K., Kanakubo, T., Furuta ,T., Yoshizawa, Hiroyuki, "Bond Behavior Between Fiber-Reinforced Polymer Laminates and Concrete", *ACI Structural Journal.*, 2001.
- [11] Ude, A., Eshkoo, R., Zulkifili, R., Ariffin, A., Dzuraidah, A., & Azhari, C. (2014). Bombyx Mori Silk Fibre and Its Composite ; A review of Contemporary Developments. Malaysia: Material and Design 57 (298-305).
- [12] Sen, T., & Reddy, H. (2013). Strengthening of RC beams in flexure using natural jute fibre textile reinforced composite system and its comparative study with CFRP and GFRP strengthening system. India: International Journal of Sustainable Built Environment No.2 h. 41-55.
- [13] L. Lorenzis, dan A. Nanni, 2001, Characterization of FRP Rods as Near Surface Mounted Reinforcement, *Journal of Composite for Construction*, May 2001, page 114 – 121.

- [14] Arianto Siboro, T., & Fajri, H. (2023). Implementasi BIM Dalam Estimasi QTO, RAB, Dan Analisis Struktur Menggunakan Revit Dan Robot Struktural Analysis (Gedung Asrama MAN 1 Langsa). 2(3).
- [15] Junita1, R., & Purwandito2, M. (2023). Analisis Pemeliharaan Bangunan Gedung Yayasan Pendidikan Samudra. 2(2).
- [16] F. Alami, dan Widyawati, R. 2010. Studi Eksperimental Perkuatan Geser Balok Beton Bertulang Dengan GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer). Jurnal Rekayasa. 14,(2), 109-123.
- [17] Tong, F., S., Chin, S., C., Doh, S., I., dan Gimbin, J., 2017, Natural Fiber Composites as Potential External Strengthening Material- A Review, Indian Journal of Science and Tecnology, VOl. 10 (2).