



PENGARUH LEBAR SERAT ABAKA SEBAGAI MATERIAL NFRP UNTUK KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG

Wirahman Salvana^{a,d}, Taufiq Saidi^{b,*}, Iskandar Hasanuddin^c, Muttaqin Hasan^b, Zahra Amalia^b

^aMagister Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

^bJurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

^cJurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

^dBPK RI Perwakilan Provinsi Aceh

*Corresponding author, email address: taufiq_saidi@unsyiah.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article History:</i> Received 28 January 2022 Accepted 02 March 2022 Online 30 March 2022</p> <p><i>Keywords:</i> Natural fiber reinforced polymer (NFRP) Abaka fiber Shear strength Fiber width</p>	<p>Fiber Reinforced Polymer (FRP) is an alternative for planning, repairing, and strengthening structures. FRP is a combination of fiber as reinforcement and resin as adhesive. Reinforcing materials can be made of carbon, aramid, glass, and natural fibers. Utilization of Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP) FRP with natural fibers can be more economical. The natural fiber used in this research is abaca fiber which is often found and is not used for structural reinforcement. The purpose of this study was to determine the increase in shear strength of reinforced concrete beams with different widths of NFRP abaca fiber. NFRP Abaca fiber is fully wrapped (complete wrapping) on the surface of the reinforced concrete beam. The study was conducted on four reinforced concrete beams measuring 15 cm x 30 cm x 220 cm with simple support with two load points to determine the effect of abaca fiber width on increasing the shear strength of the beam. One specimen as a control test object and three specimens reinforced with Abaca Fiber NFRP with variations in fiber width of 2.5 cm, 5 cm, and 7.5 cm, respectively. The test results show an increase in the shear capacity of reinforced concrete beams as the fiber width increases. The flexural failure occurred in the test object with a width of 7.5 cm, this was the case that the shear capacity of the beam had exceeded the flexural capacity of the beam.</p>

©2022 Magister Teknik Sipil USK. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Fiber Reinforced Polymer (FRP) merupakan alternatif dalam melakukan perencanaan, perbaikan, dan perkuatan struktur. Hal ini karena memiliki keunggulan rasio kekuatan terhadap berat sendiri yang tinggi, ringan, anti korosi dan cepat dalam instalasi. Penggunaan FRP bisa menggunakan material carbon, aramid, glass dan serat alami sebagai fiber penguat dan resin sebagai perekat.

Perbaikan dan perkuatan struktur dilakukan karena faktor umur, lingkungan yang mempengaruhi penurunan kekuatan struktur, desain awal yang kurang tepat, penggunaan yang tidak sesuai dengan fungsinya dan kerusakan akibat bencana alam. Bencana alam yang sering terjadi di daerah Provinsi Aceh seperti intensitas gempa bumi yang cukup tinggi dapat mengakibatkan kerusakan bangunan. Perbaikan dan perkuatan struktur dibutuhkan untuk menghindari kegagalan struktur yang berdampak kerusakan bangunan hingga korban jiwa dan kerugian material.

Pemanfaatan *Natural Fiber Reinforced Polyme* (NFRP) menggunakan serat alami yang diaplikasikan dengan resin atau epoxy dapat menekan biaya produksi menjadi lebih ekonomis. Serat alami juga banyak

dijumpai di daerah tropis seperti Indonesia, sehingga pemanfaatan serat alami bisa memajukan usaha lokal yang mengelola serat alami untuk jadi bahan FRP.

Penggunaan NFRP sebagai tulangan geser *external* diharapkan dapat meningkatkan kapasitas geser balok beton bertulang dengan praktis, sederhana, dan biaya yang relatif murah. Serat yang digunakan pada penelitian ini adalah serat abaka yang banyak dijumpai dan kurang dimanfaatkan untuk perkuatan struktur.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*

FRP adalah salah satu jenis material komposit yang terdiri atas matrik resin polimer yang diperkuat dengan serat gelas atau serat karbon. FRP banyak digunakan sebagai komponen struktur pada elemen pesawat terbang, otomotif, perkuatan (*retrofit*), dan struktur lain termasuk jembatan. Kelebihan material FRP dibandingkan dengan material lainnya adalah tahan korosi (*corrosion resistance*), memiliki kekuatan tinggi, bobotnya ringan, memiliki stabilitas dimensi, mengurangi penggunaan alat produksi, memiliki karakteristik insulasi listrik/non konduktif, tidak memerlukan proses finishing yang besar. Faktor kekurangan dari material ini adalah biayanya relatif mahal.

2.2 Kuat Geser Balok

Dalam perencanaan kekuatan geser, McCormack (2003a) meninjau kekuatan geser nominal (V_n) sebagai jumlah dari dua bagian :

$$\phi V_n = \phi (V_c + V_s) \quad (1)$$

dimana :

V_n = Kekuatan geser nominal (kg)

V_c = Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton (kg),

V_s = Kekuatan geser yang disumbangkan oleh tulangan geser (kg)

ϕ = Faktor reduksi (0.75)

Tujuan pemasangan sengkang adalah meminimalisasi ukuran retak tarik diagonal atau untuk memikul tegangan tarik diagonal dari satu sisi ke sisi retak lainnya. Sangat sedikit retak yang dipikul oleh sengkang sampai setelah retak mulai terbentuk. Sebelum retak diagonal mulai terbentuk, regangan dalam sengkang adalah sama dengan regangan pada beton disekelilingnya. Sengkang tidak mencegah retak diagonal dan sengkang bukan faktor yang menentukan sampai retak mulai terjadi (McCormack, 2003a).

Kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2):

$$V_c = \left(\frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\right) b_w d \quad (2)$$

dimana:

V_c = Kapasitas geser beton (N);

f'_c = Kuat tekan beton (MPa);

b_w = Lebar balok(mm); dan

d = Tinggi efektif penampang beton (mm).

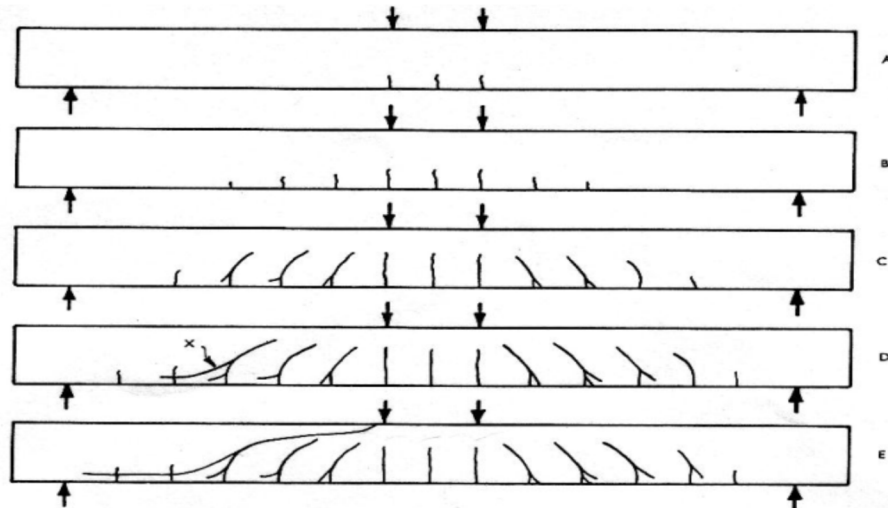
2.3 Perilaku Geser Balok

Menurut Nawy (1998), perilaku balok beton bertulang pada keadaan runtuh karena geser sangat berbeda dengan keruntuhan karena lentur. Balok yang hancur karena geser kehancurannya secara tiba-tiba tanpa adanya pemberitahuan terlebih dahulu. Jika geser murni dihasilkan dalam suatu batang, tegangan tarik utama dengan besar yang sama akan dihasilkan pada bidang yang lain. Karena kekuatan tarik beton lebih kecil dari kekuatan geser, beton akan runtuh dalam tarik sebelum kekuatan gesernya dicapai (McCormack, 2003).

Menurut Mc Cormack (2003), retak geser memiliki pola diagonal atau miring. Retak miring dapat terjadi pada beton bertulang baik sebagai kelanjutan dari retak lentur atau kadang-kadang sebagai retak yang independen. Pengujian terhadap balok beton bertulang menunjukkan bahwa balok tidak akan runtuh dengan melebarnya retak tarik diagonal sampai sengkang yang melintasi retak mencapai tegangan lelehnya. (McCormack, 2003b).

2.4 Pola Retak Beton

Beton dapat retak pada awal pembebanan karena material ini lemah terhadap tarik. Retak mempunyai kontribusi terhadap proses korosi tulangan, rusaknya permukaan beton dan efek-efek jangka panjang lainnya. Tegangan lekatan antara baja tulangan dengan beton di sekitarnya (*bond strength*) merupakan parameter utama yang mempengaruhi retak geser, juga lebar retak. Lebar retak maksimum yang diizinkan bervariasi, tergantung lokasi, jenis struktur, tekstur permukaan beton, dan faktor-faktor lain. Komite ACI 224 dalam laporannya tentang retak, telah memperlihatkan sejumlah perkiraan lebar retak maksimum yang diizinkan untuk berbagai situasi. Pembentukan retak geser pada penambahan beban dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Pembentukan Retak Geser setiap Penambahan Beban
(Sumber : Al-Nu'man dan Al-Sahlani, 2006)

Retak perlu diperbaiki, terutama retak struktur (retak tembus) karena dapat mengurangi kekuatan, kekakuan, durabilitas struktur maupun fungsi struktur lainnya. Perbaikan retak dilakukan dengan tujuan antara lain (Amri, 2006);

- 1) Melindungi tulangan pada lokasi retak agar tidak terpengaruh lingkungan luar (korosi)
- 2) Merekatkan beton kembali setelah mengalami pemisahan akibat retak agar beton dapat berfungsi kembali.

2.5 Serat Alam Abaka

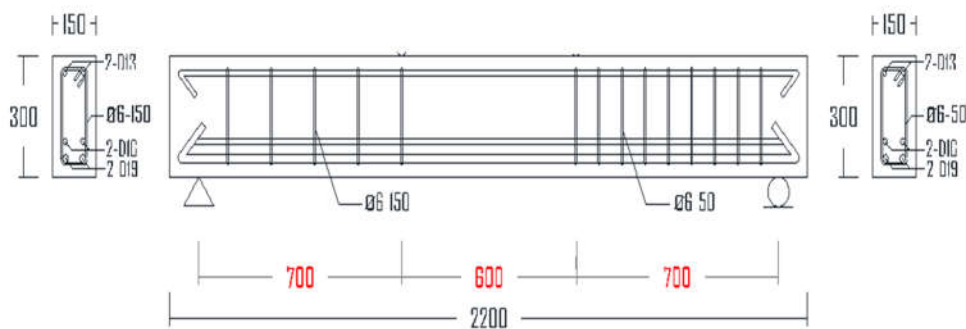
Abaka (*Musa textillis Nee*) adalah tumbuhan yang termasuk dalam famili Musaceae yang berasal dari Filipina yang telah dikenal dan telah dikembangkan sejak tahun 1519 (Wibowo,1998) . Tanaman Abaca penghasil serat panjang yang banyak digunakan sebagai bahan pembuat tali kapal laut, karena seratnya kuat, mengapung diatas air, dan tahan air garam. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nugroho, serat pisang abaca memiliki kekuatan tarik sebesar 434.654 MPa.

3. METODE PENELITIAN

Pengujian terhadap empat balok beton bertulang dengan tumpuan sederhana yang dibebani pada dua titik simetri dilakukan untuk mengetahui pengaruh lebar NFRP terhadap peningkatan kapasitas geser.

Semua benda uji memiliki ukuran yang sama, yaitu 15 cm x 30 cm x 220 cm dengan ratio a/d 2,95 dan direncanakan sedemikian hingga akan mengalami kegagalan geser. NFRP Serat Abaca direkatkan secara penuh (*complete wrapping*) pada permukaan dari salah satu sisi bentang geser balok beton bertulang dengan perekat resin epoxy dan hardener dengan perbandingan 1: 1 berbentuk strip dengan jarak 15 cm. *Strain gauge* dilekatkan pada tulangan geser, NFRP Serat Abaca tulangan lentur tekan dan tulangan lentur tarik untuk mengukur regangan yang terjadi selama pengujian. Gambar 2 memperlihatkan detail benda uji balok beton bertulang dan lokasi penempatan NFRP Serat Abaca. Sedangkan data tulangan, kuat tekan beton dan material properti diperlihatkan pada Tabel 1.

Pengujian kuat geser balok yang dilakukan dengan pemberian beban terpusat secara bertahap hingga benda uji mengalami kehancuran. Setiap tahapan pemberian beban, regangan yang terjadi pada tulangan geser, tulangan lentur dan NFRP Serat Abaca serta lendutan balok dicatat, dan perkembangan retak diamati secara detail. Displacement transducer digunakan untuk mengukur lendutan balok selama pemberian beban. *Set Up* pengujian benda uji balok dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 2. Detail Benda Uji Balok

Tabel 1. Material Properti Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Tulangan Pokok		Tulangan Geser diperkuat	Tulangan Geser diperlemah	Lebar Serat
		Tekan	Tarik			
1.	BBN	2D13	2D16 dan 2D19	Ø 6 - 50	Ø 6 - 150	Tidak Ada
2.	BBS 2,5					2,5 cm
3.	BBS 5					5 cm
4.	BBS 7,5					7,5 cm



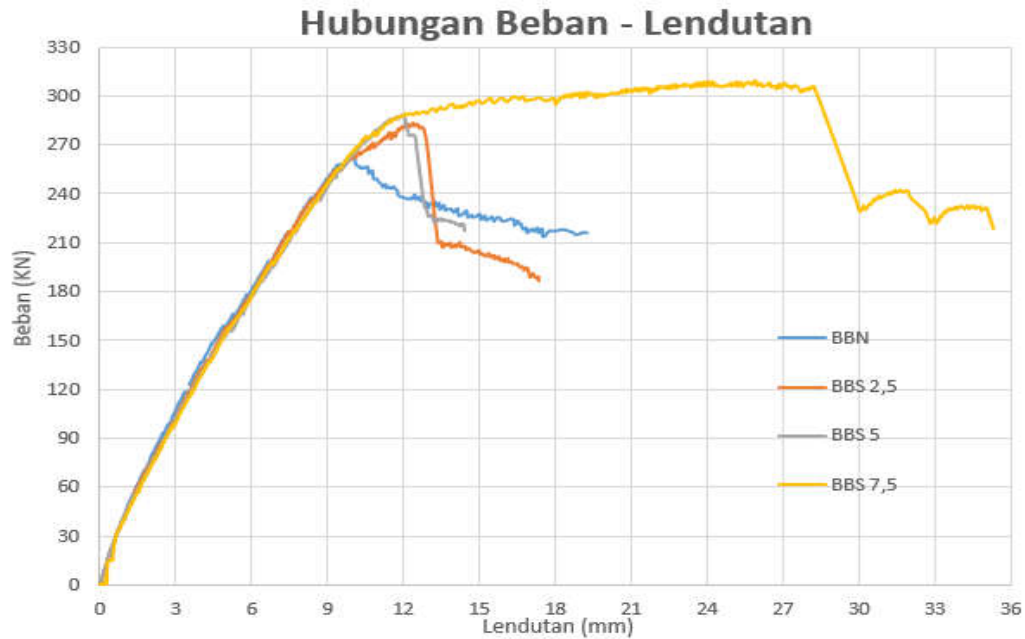
Gambar 3. Set Up Benda Uji

Pengujian kuat geser balok beton dengan empat benda uji. Satu benda uji sebagai kontrol dan tiga benda uji divariasi dengan lebar serat 2,5 cm, 5cm dan 7,5 cm. Mutu beton yang digunakan dalam sebesar 43,46 MPa dan FAS 0,43

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Beban dan Lendutan

Hasil pengujian beban dan lendutan dari 4 (empat) balok benda uji yaitu balok beton normal(BBN), balok beton serat 2,5 cm (BBS 2,5), balok beton serat 5 cm (BBS 5), dan balok beton serat 7,5 cm (BBS 7,5) menunjukkan peningkatan beban maksimum yang diterima oleh balok. Peningkatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Beban dan lendutan benda uji

Berdasarkan hasil pengujian, lendutan pada beban maksimum terjadi pada BBS 7,5 yaitu sebesar 25,90 mm dengan beban maksimum 309,51 kN . Pada BBN lendutan yang terjadi sebesar 9,91 mm pada beban 262,81 kN, sedangkan pada BBS 2,5 dan 5 lendutan yang terjadi sebesar 12,38 mm dan 11,89 mm pada beban 283,12 kN dan 288,51 kN. Hasil penelitian balok dengan perkuatan NFRP mengalami peningkatan kapasitas beban maksimum atau lendutan pada beban maksimum jika dibandingkan dengan balok normal tanpa perkuatan NFRP.

Peningkatan terbesar terjadi pada BBS 7,5 yaitu untuk lendutan sebesar 161,30% dan beban maksimum sebesar 17,77%. Hasil dari pengujian beban dan lendutan dari empat benda uji dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil kenaikan beban dan lendutan pada benda uji

No	Benda Uji	Beban (kN)	Lendutan (mm)	Kenaikan Beban (%)	Kenaikan Lendutan (%)
1	BBN	262,81	9,91	-	-
2	BBS 2,5	283,12	12,38	7,73	24,87
3	BBS 5	288,51	11,89	9,78	19,93
4	BBS 7,5	309,51	25,90	17,77	161,30

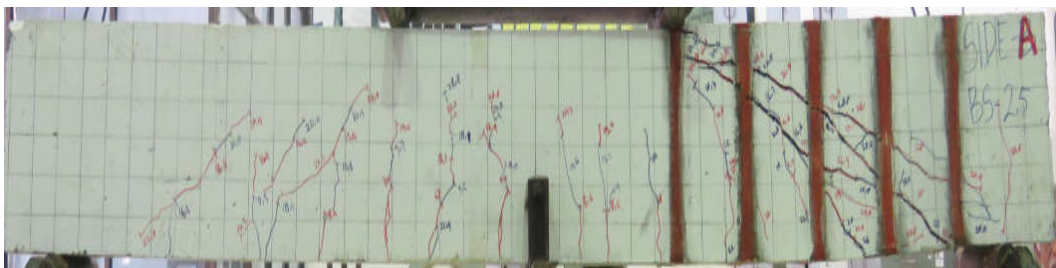
4.2 Pola Retak dan Kehancuran

Penambahan NFRP berpengaruh pada pola retak yang dirancang kegagalan geser sehingga pada BBN, BBS 2,5% dan BBS 5% pola kehancuran sesuai dengan desain awal yaitu terjadi kehancuran geser– tarik (*shear–tension failure*). Kehancuran geser tarik ini ditandai dengan terjadinya kehancuran pada daerah tarik balok tersebut. Pada BBS 7,5% terjadi kehancuran lentur yang disebabkan distribusi tegangan geser akibat beban terpusat dibantu dengan pengaruh serat abaka yang lebarnya 7,5 cm, sehingga kapasitas beban geser belum mencapai ultimit tetapi kapasitas lentur telah mencapai batasnya. Kehancuran geser – tarik mengakibatkan balok hancur dalam keadaan getas, sedangkan kehancuran lentur mengakibatkan balok menjadi daktail. Pola retak balok beton pada bagian yang tanpa perkuatan NFRP lebih dominan terjadi keretakan.

Kegagalan NFRP terjadi pada BBS 5 ialah kegagalan putus dikarenakan serat sudah bekerja sampai dengan leleh. Pada NFRP BBS 2,5 dan BBS 7,5 serat belum bekerja secara maksimal tetapi balok sudah mengalami kehancuran. Sudut pola retak pada BBN, BBS 2,5 dan BBS 5 terlihat miring dibawah $<90^{\circ}$ menunjukkan pola kehancuran geser- tarik, sedangkan pada BBS 7,5 sudut pola retak hampir 90° menunjukkan pola kehancuran lentur. Pola Retak dapat dilihat pada Gambar 5, 6, 7, dan 8.



Gambar 5. Pola Retak Balok Beton Normal



Gambar 6. Pola Retak Balok Beton Serat 2,5 cm



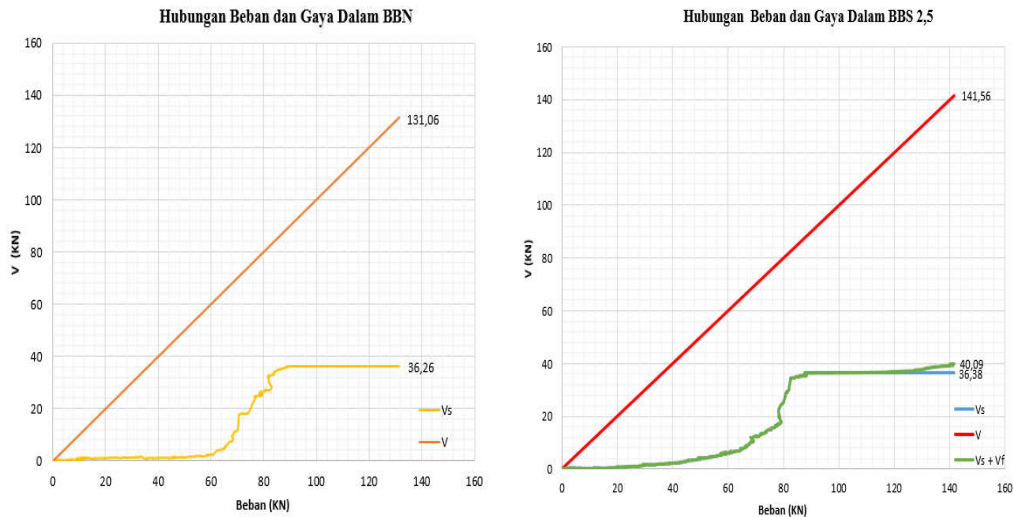
Gambar 7. Pola Retak Balok Beton Serat 5 cm

4.3 Gaya Dalam

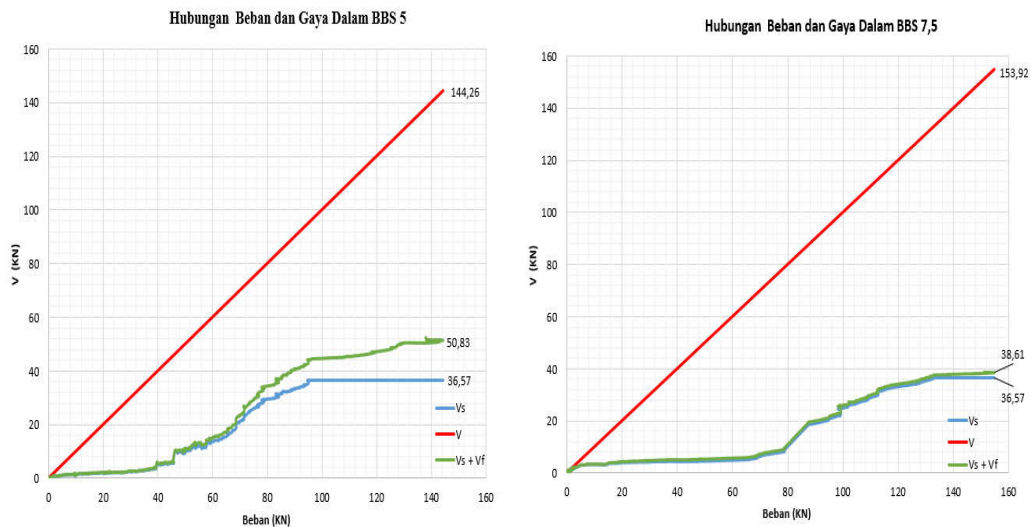
Gaya dalam balok beton pada sisi sebelah kiri yang diberikan oleh tulangan sengkang, NFRP dan beton sendirinya. Grafik hubungan beban dan gaya dalam dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 8. Pola Retak Balok Beton Serat 7,5 cm



Gambar 9. Grafik Beban dan Gaya Dalam BBN dan BBS 2,5



Gambar 10. Grafik Beban dan Gaya Dalam BBS 5 dan BBS 7,5

Pada BBS 7,5 kapasitas geser belum mencapai ultimit dikarenakan telah terjadi kegagalan lentur. Pada saat terjadi kegagalan lentur dengan beban 75,73 kN, tegangan yang diukur strain gauge pada tulangan geser sebesar 168,40 MPa. Sehingga diperkirakan masih dapat meningkatkan kekuatan geser sebesar 62,46%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan material komposit NFRP serat abaka dengan variasi lebar serat 7,5 cm meningkatkan kapasitas beban maksimum sebesar 17,77% dan lendutan pada beban maksimum sebesar 161,30%. Kehancuran yang terjadi pada BBN, BBS 2,5 dan BBS 5 ialah kehancuran geser – tarik (*shear – tension failure*). Untuk BBS 7,5 mengubah pola kehancuran beton yang awalnya di desain kehancuran geser menjadi kehancuran lentur. Hasil penelitian benda uji dengan lebar serat lebih lebar dari 7,5 cm, perlu direncanakan dengan kapasitas lentur lebih besar agar dapat diperoleh kapasitas geser maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Nu'man, B. S., dan Al-Sahlani, M. H. 2006. Behavior of repaired reinforced concrete beams failed in shear. *Journal of Engineering and Development*, 10(3), pp. 115-134.
- Amri, S. 2006. *Teknologi audit forensik, repair dan retrofit untuk rumah dan bangunan gedung*. Penerbit Yayasan John Hi-Tech Ideatama, Jakarta.
- McCormack, J. C. 2003a. *Desain Beton Bertulang Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- McCormack, J. C. 2003b. *Desain Beton Bertulang Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Nawy, E. G. 1998. *Beton bertulang suatu pendekatan dasar. Cetakan kedua*. PT. Refika Aditama, Bandung.
- Wibowo, A. 1998. *Abaca (Musa Textillis Nee) penghasil serat*. Duta Rimba.