

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil dari penelitian pengujian tarik pada komposit berpenguat serat daun pandan didapatkan dengan menggunakan alat *Hydraulic Servo Pulser* yang berada di laboratorium Sentral Universitas Brawijaya. Dari alat tersebut didapatkan data berupa nilai beban dan pertambahan panjang pada spesimen yang kemudian diolah untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik komposit dengan rumus :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

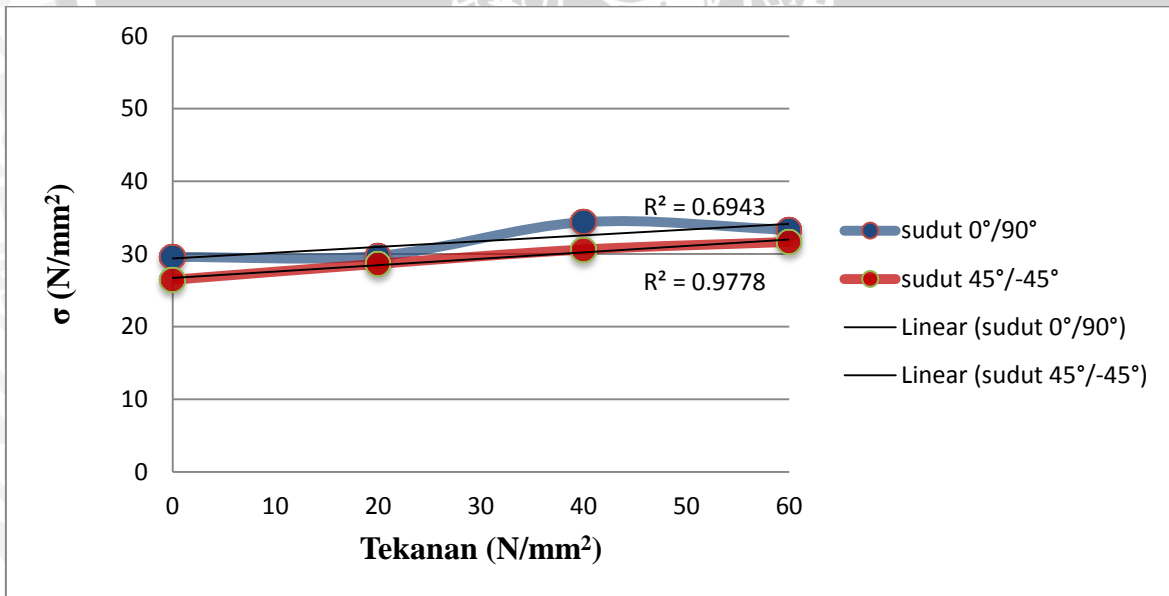
Dimana

σ = Tegangan Tarik (N/mm²)

F = Gaya yang diterima (N)

A = luas penampang spesimen (mm²)

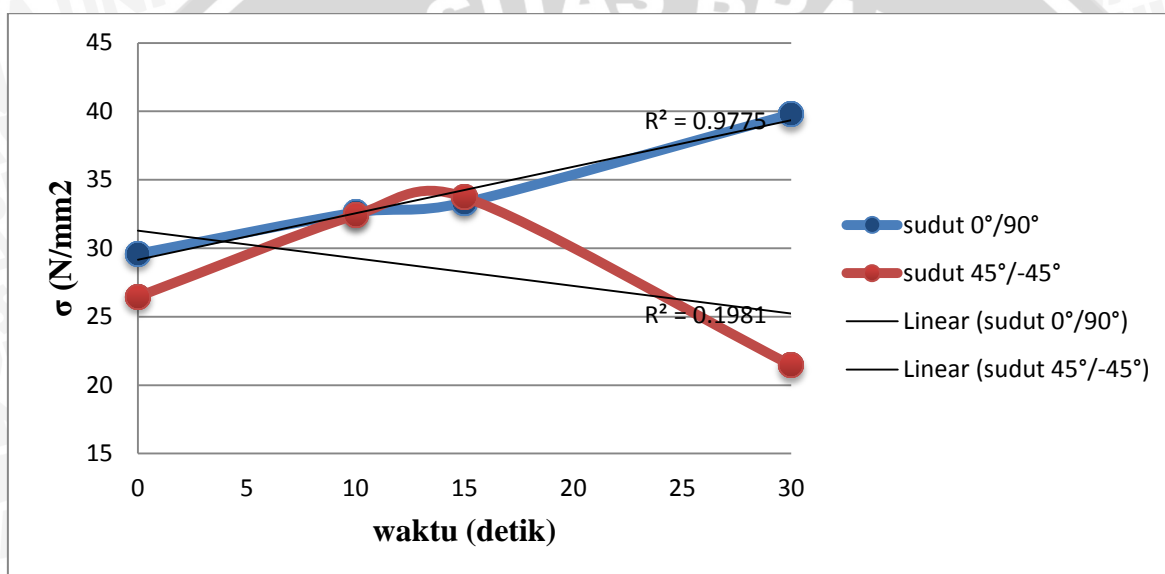
Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.1 Hubungan Kekuatan Tarik Maksimal dengan Serat Sudut 0°/90° dan Sudut 45°/-45° Pada Variasi Penekanan Berbeda dengan Waktu Konstan (15 detik)



Dari gambar 4.1 dapat dilihat pengaruh variasi tekanan terhadap kekuatan tarik pada spesimen dengan sudut serat $0^\circ/90^\circ$ dan sudut serat $45^\circ/-45^\circ$ memiliki perbandingan kekuatan yang tidak terlalu signifikan, Hal ini terlihat pada grafik kekuatannya yang cenderung konstan. Pada spesimen dengan serat sudut $0^\circ/90^\circ$ mencapai kekuatan tarik maksimalnya pada tekanan 40 N/mm² sebesar 34.389 (N/mm²) sedangkan pada spesimen dengan sudut serat $45^\circ/-45^\circ$ mencapai kekuatan maksimalnya sebesar 31.671 (N/mm²) pada tekanan 60 N/mm². Hal ini dipengaruhi karena besar penekanan yang diterima tiap spesimen semakin besar, menyebabkan volume perekat pada spesimen berkurang. Akibatnya ketebalan pada spesimen berbeda-beda sehingga mempengaruhi kekuatannya.



Gambar 4.2 Hubungan Kekuatan Tarik Maksimal dengan Sudut Serat $0^\circ/90^\circ$ dan Sudut $45^\circ/-45^\circ$ Pada Variasi Waktu Berbeda dengan Penekanan Konstan (60 N/mm²)

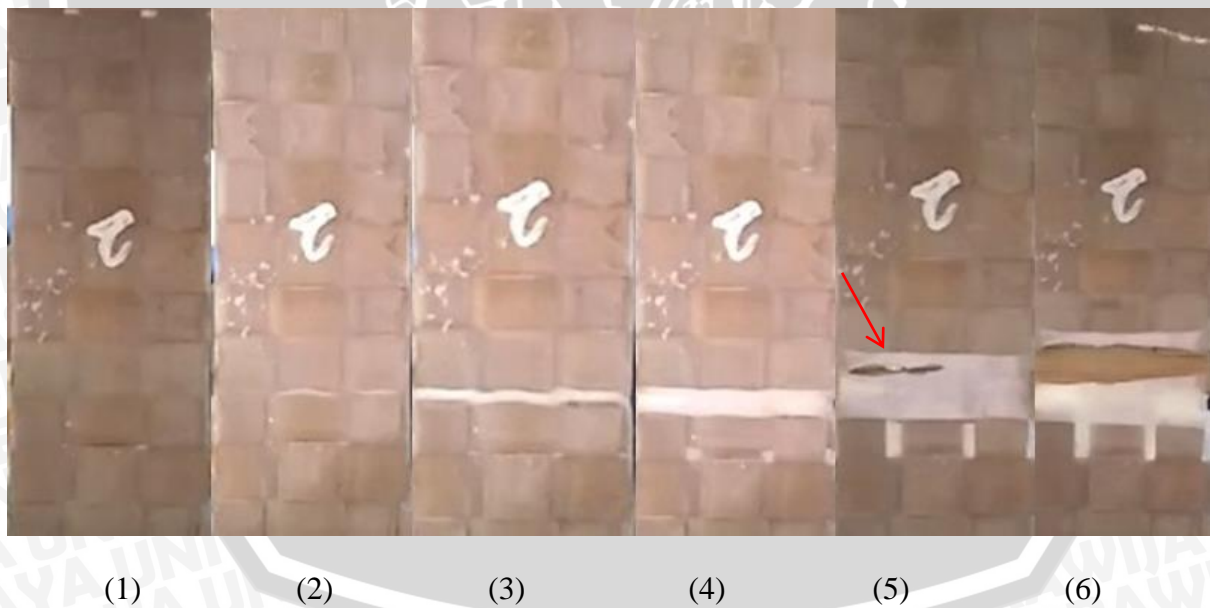
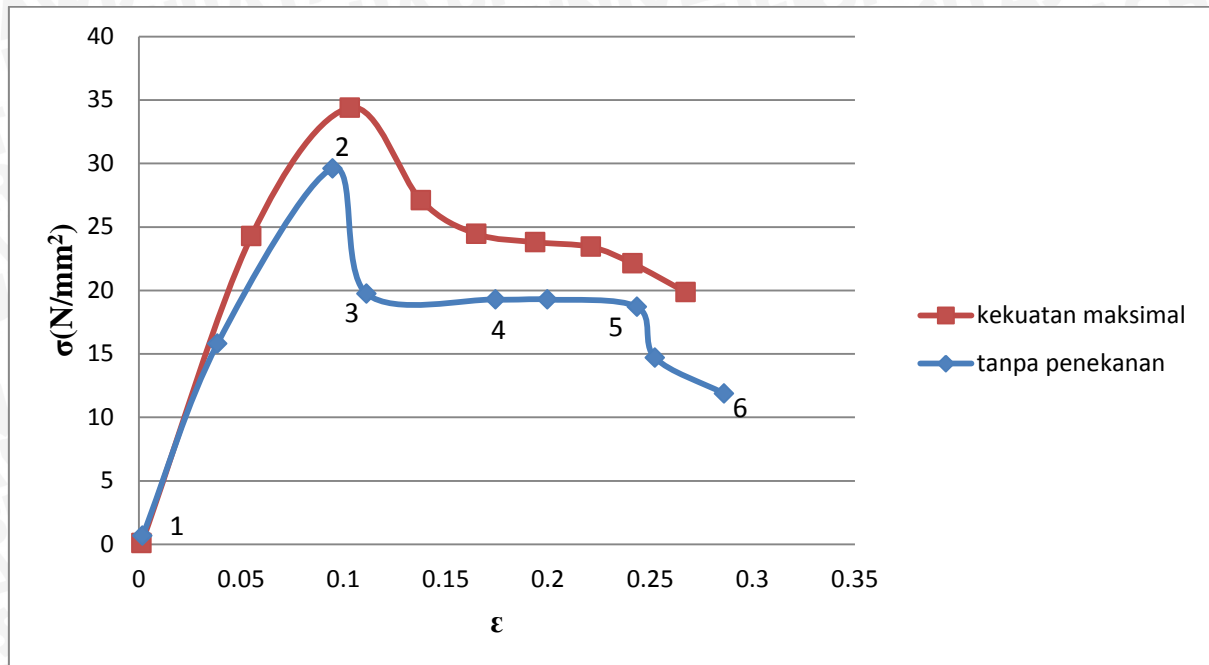
Dari gambar 4.2 dapat dilihat perbandingan kekuatan tarik akibat adanya variasi lama penekanan pada 60 N/mm² baik pada spesimen dengan serat sudut $0^\circ/90^\circ$ maupun spesimen dengan serat sudut $45^\circ/-45^\circ$. Dari grafik diatas dilihat pada spesimen dengan serat sudut $0^\circ/90^\circ$ mencapai kekuatan maksimalnya pada waktu 30 detik dengan kekuatan sebesar 39.792 (N/mm²). Pada spesimen dengan sudut serat $45^\circ/-45^\circ$ kekuatan maksimalnya pada waktu 15 detik dengan kekuatan sebesar 33.728(N/mm²). Pada spesimen dengan sudut serat $0^\circ/90^\circ$ grafiknya cenderung meningkat terus sampai lama penekanan 30 detik, sedangkan pada spesimen dengan sudut 45° kekuatannya sudah menurun ketika spesimen yang diberi penekanan waktu lebih dari 15 detik. Hal ini

disebabkan dengan lamanya penekanan yang diberikan pada spesimen, menyebabkan semakin banyaknya volume perekat yang keluar dari spesimen itu sendiri. Semakin banyak volume perekat yang keluar, maka dapat mempengaruhi kekuatannya. Selain disebabkan pengaruh volume perekat yang keluar, faktor lain juga berpengaruh terhadap kekuatan tariknya, seperti gas yang terperangkap pada saat proses produksi, kekasaran permukaan antar serat dengan matriks dan faktor lainnya.



4.2 Pembahasan

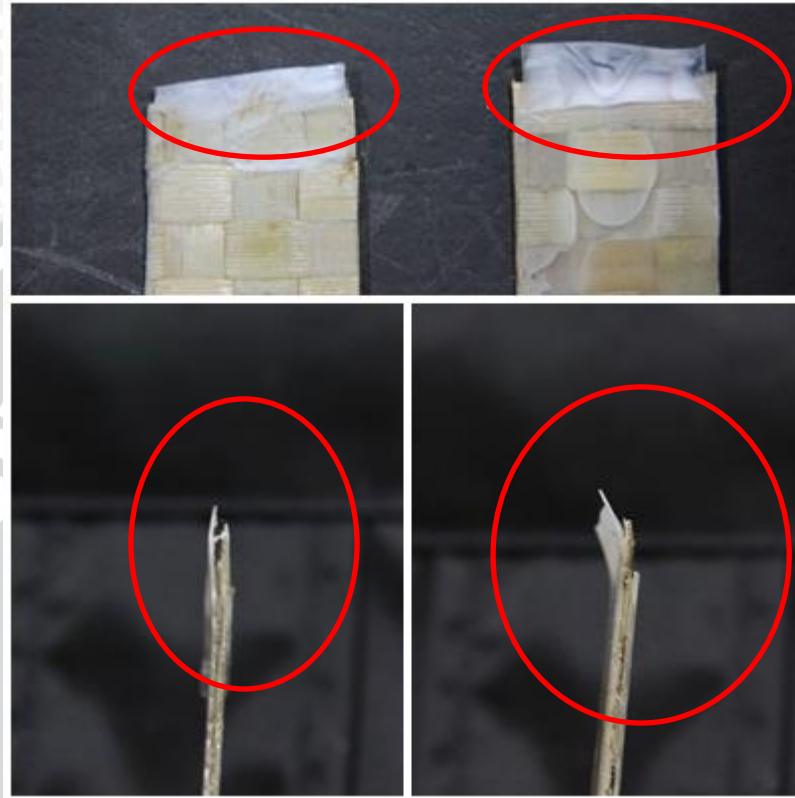
4.2.1 Perbandingan Fase patahan dan Bentuk Patahan Spesimen sudut $0^\circ/90^\circ$ Tanpa Penekanan dan Kekuatan Maksimal Dengan Variasi Penekanan berbeda Waktu Konstan (15 detik)



Gambar 4.3 Fase patahan spesimen dengan sudut $0^\circ/90^\circ$ tanpa penekanan

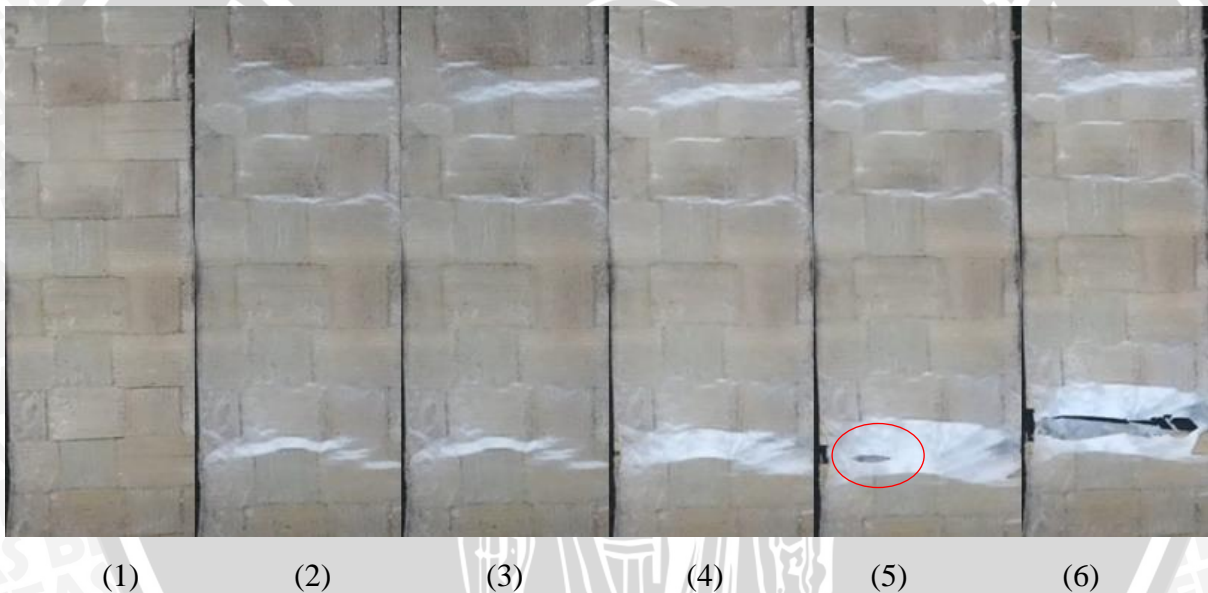
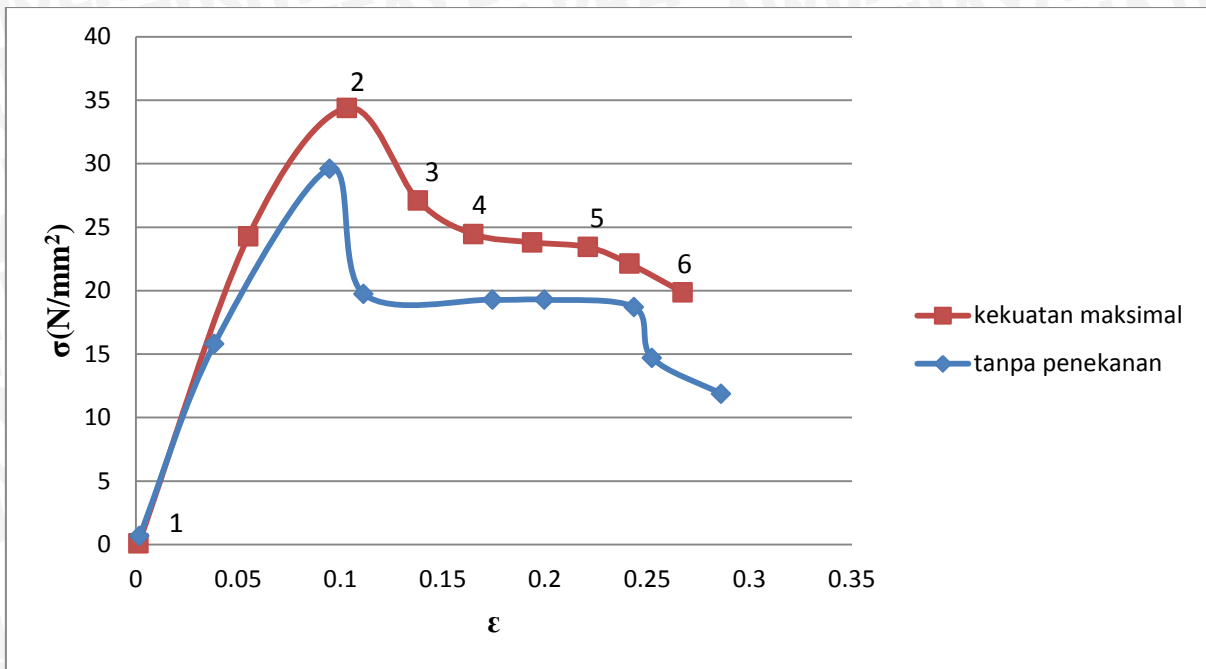
Pada gambar 4.3 poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik dimulai. Pada poin (2) sampai (3) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk semakin melebar. (4) pada spesimen serat daun pandan sudah sepenuhnya

patah tetapi mika pada spesimen belum patah dan terjadi delaminasi. (5) pada spesimen mika mulai mengalami putus, peristiwa ini ditunjukkan dengan tanda panah pada gambar. (6) spesimen 0° sudah mengalami putus seluruhnya. Berikut adalah bukti delaminasi yg terjadi pada spesimen :



Gambar 4.4 tanda adanya delaminasi pada spesimen dengan sudut serat $0^\circ/90^\circ$ tanpa perlakuan penekanan

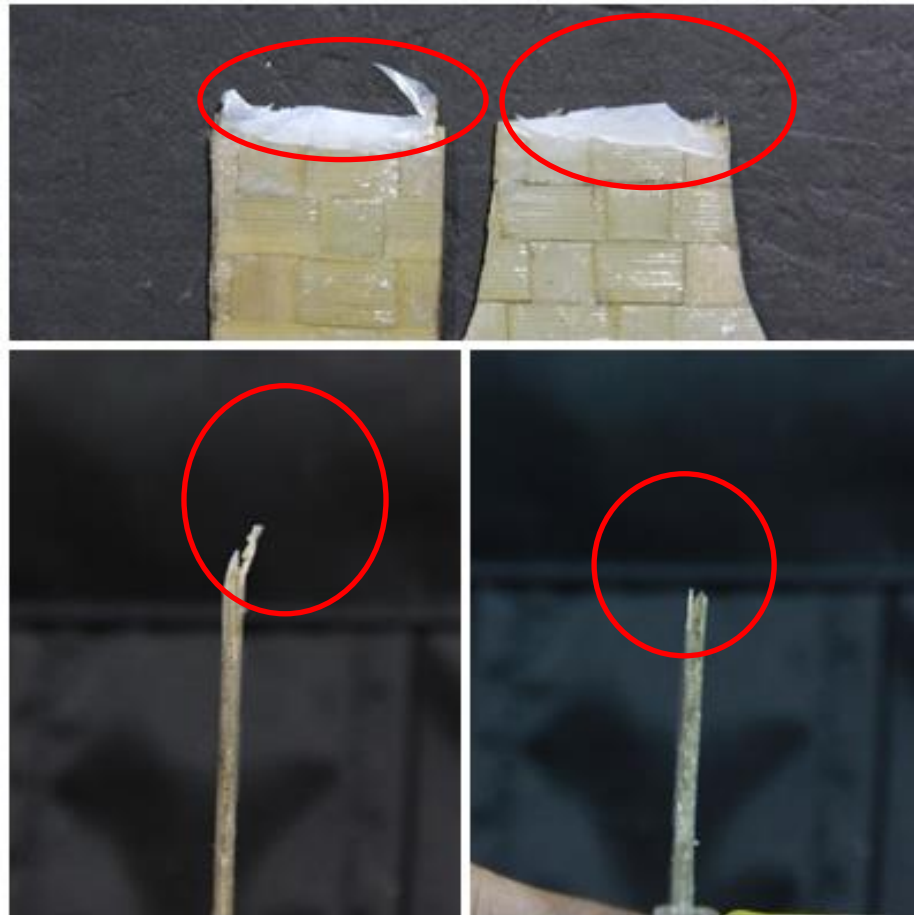
Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa adanya delaminasi. Delaminasi adalah suatu keadaan dimana antara matrik dan serat tidak menempel secara merata. Hal ini bisa terjadi dikarenakan spesimen dengan mika tanpa diberi tekanan menyebabkan ikatan yang terbentuk tidak sempurna, sehingga terjadi delaminasi pada spesimen sebelum mengalami patah seluruhnya. Luas daerah patahan pada spesimen sebesar 535.33 mm^2 . Selanjutnya mengamati fase patahan dan bentuk patahan yang terjadi pada spesimen dengan sudut serat $0^\circ/90^\circ$ yang diberi perlakuan dengan kekuatan maksimal terbagi menjadi 6 fase sebagai berikut :



Gambar 4.5 Fase patahan spesimen dengan sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ kekuatan paling tinggi penekanan 40 N/mm^2 waktu penekanan 15 detik

Gambar 4.5 diatas menunjukkan fase patahan spesimen uji tarik kekuatan maksimal dengan variasi penekanan dan waktu 15 detik. Pada poin (1) adalah kondisi awal spesimen uji tarik dimulai. pada poin (2) spesimen mulai menunjukan daerah patahan yang terjadi. Pada spesimen terdapat dua daerah patahan, hal ini disebabkan tidak meratanya gaya pembebanan yang diterima spesimen. Pada poin (3) spesimen dengan sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ daerah patahannya semakin melebar di daerah bawah. (4) patahan pada spesimen dengan sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ yang berada dibawah semakin meluas dan menyebabkan peristiwa delaminasi

dimana serat daun dan mika terpisah karena beban gaya yg diterima spesimen. Poin (5) pada spesimen sudut $0^\circ/90^\circ$ mika yang tadinya mengalami mulur muncul tanda patahan yang ditunjukkan dengan tanda lingkaran merah. (6) spesimen sudut $0^\circ/90^\circ$ sudah mengalami patah seluruhnya. Berikut adalah bukti delaminasi yg terjadi pada spesimen :



Gambar 4.6 adanya delaminasi pada spesimen dengan sudut $0^\circ/90^\circ$ dengan diberi tekanan 40 N/mm^2 dan waktu tekan 15 detik

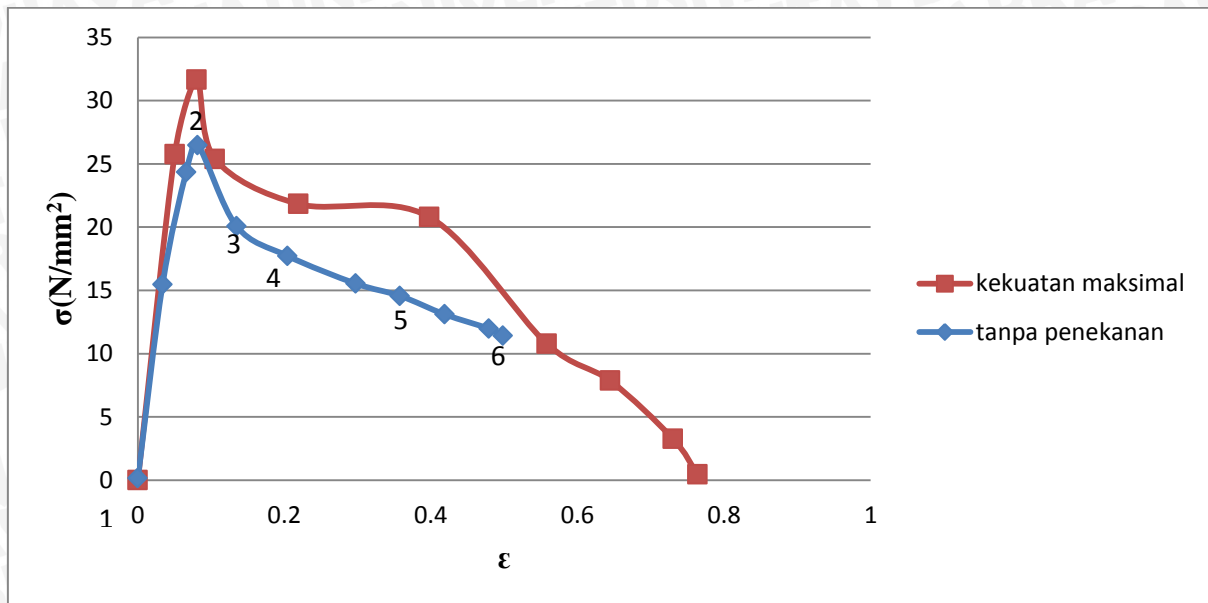
Pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa adanya delaminasi yang terjadi. Hal ini dikarenakan spesimen dengan sudut $0^\circ/90^\circ$ dengan diberi tekanan sebesar 40 N/mm^2 dan waktu tekan 15 detik antara matrik dan serat terdistribusi lebih baik daripada spesimen tanpa perlakuan dengan luas delaminasi sebesar 253.301 mm^2 . Hal ini menunjukkan adanya pengaruh tekanan terhadap area delaminasi pada spesimen.



Gambar 4.7 foto tampak atas bentuk patahan spesimen uji tarik (2) spesimen $0^{\circ}/90^{\circ}$ tanpa penekanan (26) spesimen $0^{\circ}/90^{\circ}$ dengan diberi tekanan 40 kg/cm^2 dan waktu tekan 15 detik

Dengan melihat bentuk patahan dan fase patahan yang terjadi pada spesimen sudut serat $0^{\circ}/90^{\circ}$ tanpa penekanan jika dibandingkan dengan spesimen kekuatan maksimalnya cenderung mengalami delaminasi lebih banyak dibandingkan spesimen sudut serat $0^{\circ}/90^{\circ}$ dengan kekuatan tertinggi. Hal ini dikarenakan ikatan antar matrik dan fiber tidak berikatan dengan sempurna. Selain itu gaya pembebanan yg diterima pada spesimen dengan sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ dengan kekuatan tertinggi lebih merata dibandingkan dengan spesimen sudut serat $0^{\circ}/90^{\circ}$ tanpa perlakuan sehingga spesimen sudut serat $0^{\circ}/90^{\circ}$ paling tinggi lebih getas dibandingkan spesimen tanpa perlakuan.

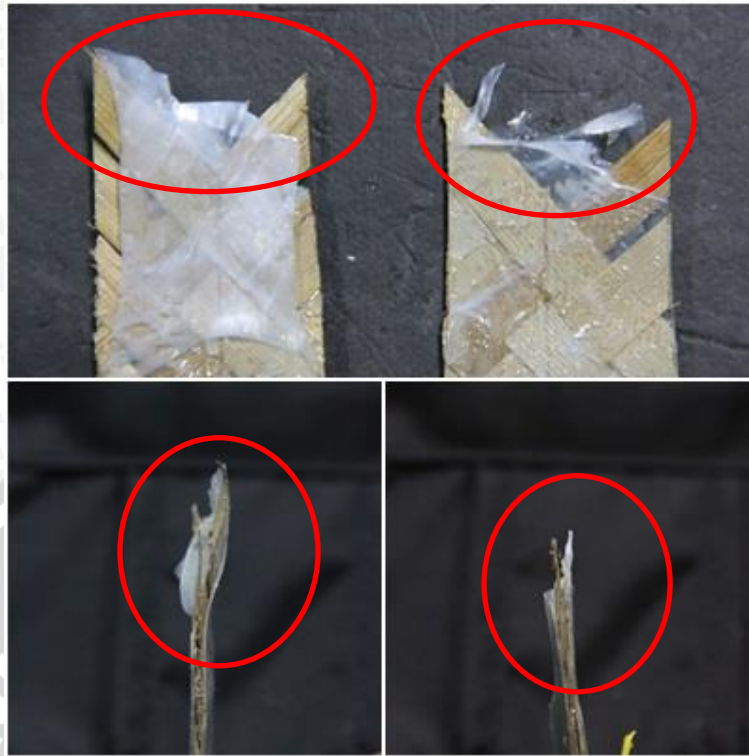
4.2.2 Perbandingan Fase Patahan dan Bentuk Patahan Spesimen Sudut 45°/-45° Tanpa Penekanan Dan Kekuatan Maksimal Dengan Variasi Penekanan Berbeda Waktu Konstan (15 detik)



(1) (2) (3) (4) (5) (6)

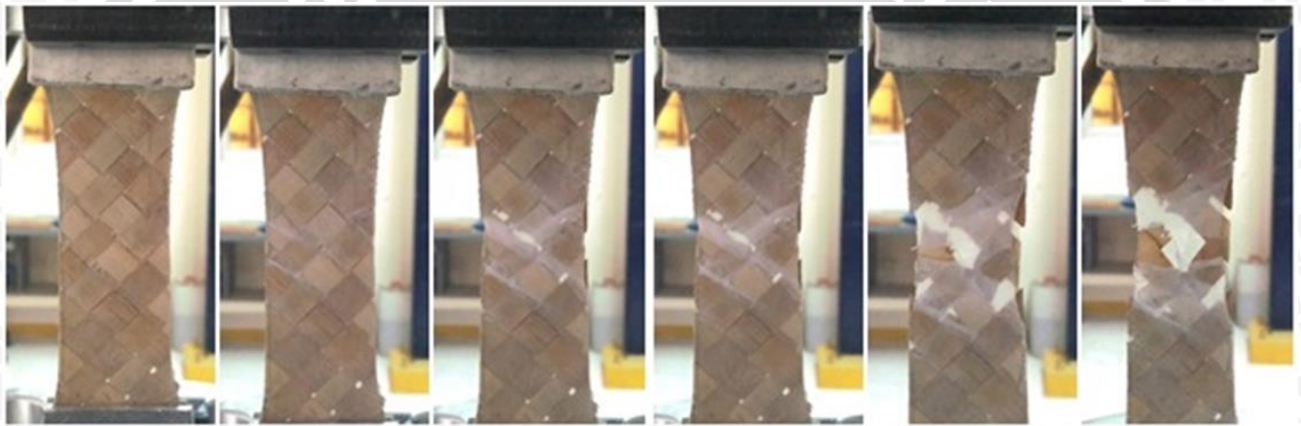
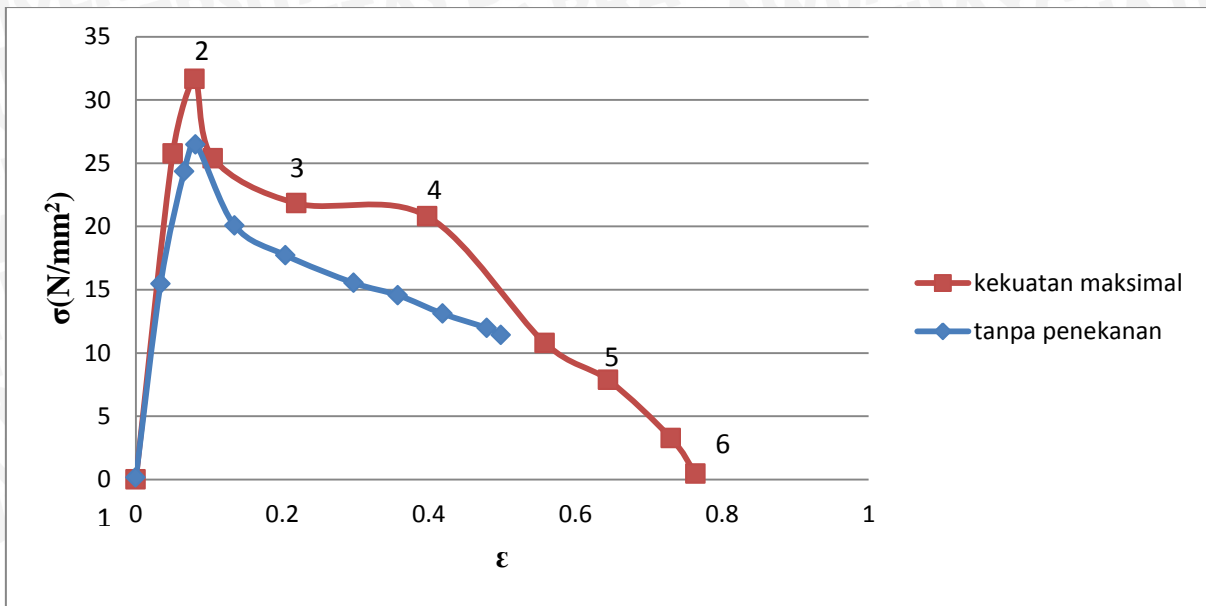
Gambar 4.8 Fase patahan spesimen dengan sudut 45°/-45° tanpa penekanan

Gambar 4.8 pada poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik dimulai. Pada poin (2) sampai (3) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk semakin melebar dan sudah muncul tanda delaminasi pada spesimen. (4) Pada spesimen 45°/-45° patahan yang terbentuk semakin melebar dengan adanya delaminasi yang terjadi dan mika mengalami penyusutan dibagian samping. Pada poin (5) mika pada spesimen terus mengalami mulur yang semakin panjang, pada fase ini serat daun sudah terputus seluruhnya. Delaminasi pada spesimen ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 4.9 tanda adanya delaminasi pada spesimen dengan sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ tanpa penekanan

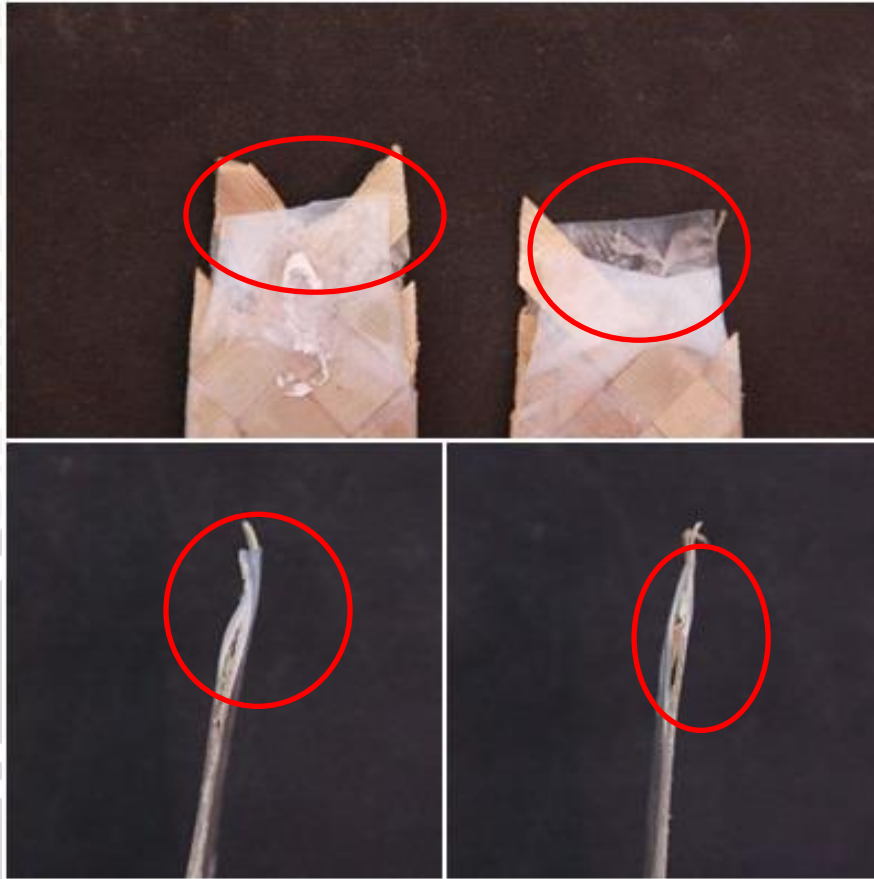
Pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa adanya delaminasi sebesar 820.292 mm^2 . Hal ini terjadi dikarenakan spesimen dengan sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ tanpa perlakuan tidak sepenuhnya antara serat dan matriknya berikatan, sehingga pembebanan yang diterima matrik dan serat tidak terdistribusi secara merata. Selanjutnya mengamati fase dan bentuk patahan pada spesimen sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ yang memiliki kekuatan paling tinggi dan dibagi menjadi 6 fase sebagai berikut :



(1) (2) (3) (4) (5) (6)

Gambar 4.10 Fase patahan spesimen dengan sudut 45°/-45° penekanan 60 N/mm² waktu penekanan 15 detik

gambar 4.10 diatas menunjukkan fase patahan spesimen uji tarik kekuatan maksimal dengan variasi tekanan dan waktu konstan. Pada poin (1) adalah kondisi awal spesimen uji tarik dimulai.pada poin (2) mulai muncul tanda patahan pada spesimen. Pada poin (3) pada spesimen dengan sudut 45°/-45° patahan yang terbentuk dipengaruhi arah sudut anyaman pada serat,sehingga bentuk patahannya melintang. Pada poin (4) patahan pada spesimen semakin membesar dengan adanya delaminasi yg terjadi pada spesimen. Poin (5) pada spesimen 45°/-45° serat pada spesimen sudah patah sepenuhnya dan mika pada spesimen mengalami fase mulur menuju patah. Pada poin (6) spesimen dengan sudut 45°/-45° mengalami patah seluruhnya. Berikut adalah bukti terjadinya delaminasi pada spesimen :



Gambar 4.11 Adanya delaminasi pada spesimen sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ dengan diberi penekanan 60 N/mm^2 dan waktu penekanan 15 detik

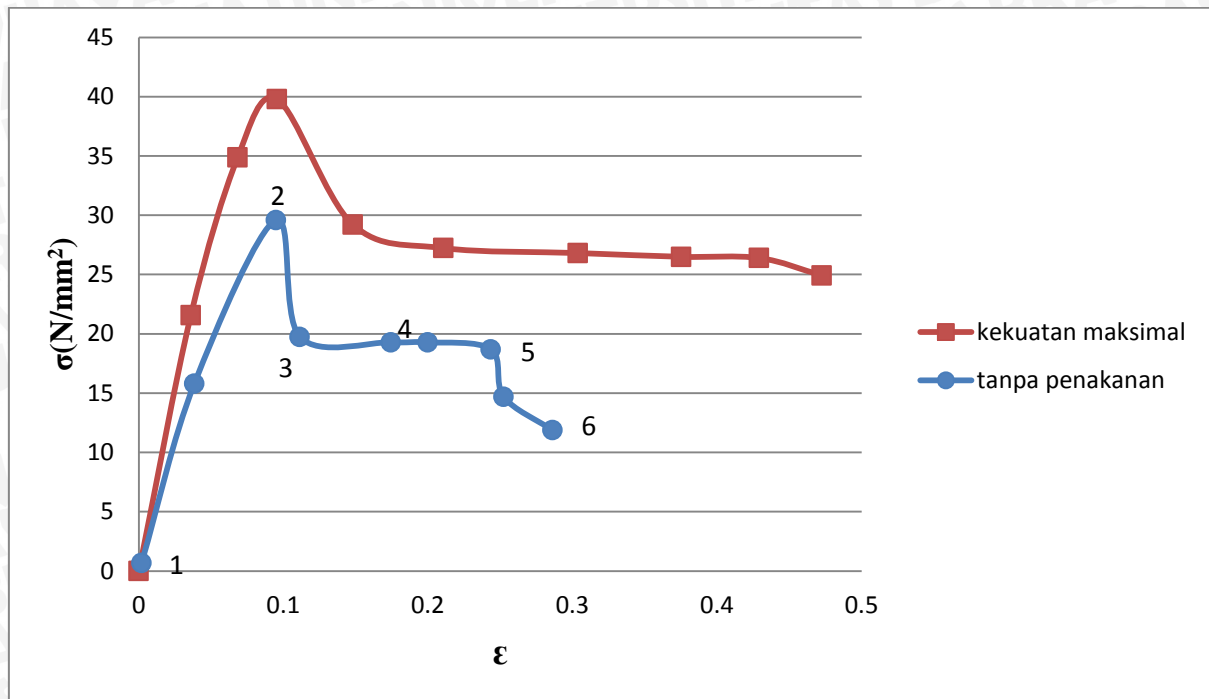
Gambar 4.11 menunjukkan adanya peristiwa delaminasi yg terjadi pada spesimen. Luas delaminasi yang terjadi pada spesimen sebesar 882.582 mm^2 . Hal ini dapat disebabkan karena beban yang diterima spesimen saat dilakukan pengujian tidak merata sehingga serat mengalami patah terlebih dahulu kemudian mika mengalami mulur.



Gambar 4.12 foto tampak atas bentuk patahan spesimen uji tarik (30) spesimen $45^{\circ}/-45^{\circ}$ tanpa penekanan (8) spesimen $45^{\circ}/-45^{\circ}$ diberi tekanan 60 N/mm^2 dan waktu penekanan 15 detik

Dengan melihat bentuk patahan pada kedua spesimen terlihat kedua spesimen mengalami delaminasi sebelum patah, tetapi pada spesimen tanpa perlakuan mengalami delaminasi dan penyusutan penampang lebih besar daripada spesimen dengan kekuatan maksimalnya. Peristiwa ini menunjukkan bahwa tekanan yang diberikan pada spesimen, mempengaruhi distribusi lem dan juga arah patahan pada serat mengikuti sudut yang dibentuk pada spesimen.

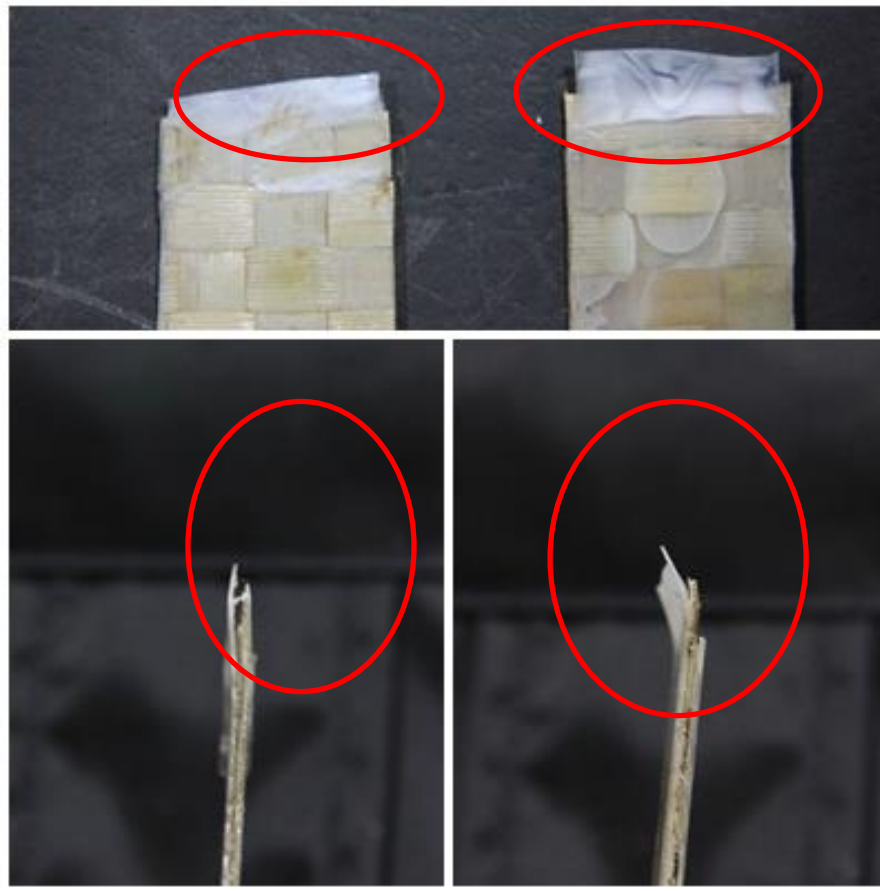
4.2.3 Perbandingan Fase Patahan dan Bentuk Patahan Spesimen Sudut $0^\circ/90^\circ$ Tanpa Penekanan Dengan Kekuatan Maksimal Pada Variasi Waktu Berbeda Penekanan Konstan (60 N/mm^2)



(1) (2) (3) (4) (5) (6)
Gambar 4.13 Fase patahan spesimen dengan sudut $0^\circ/90^\circ$ tanpa perlakuan penekanan

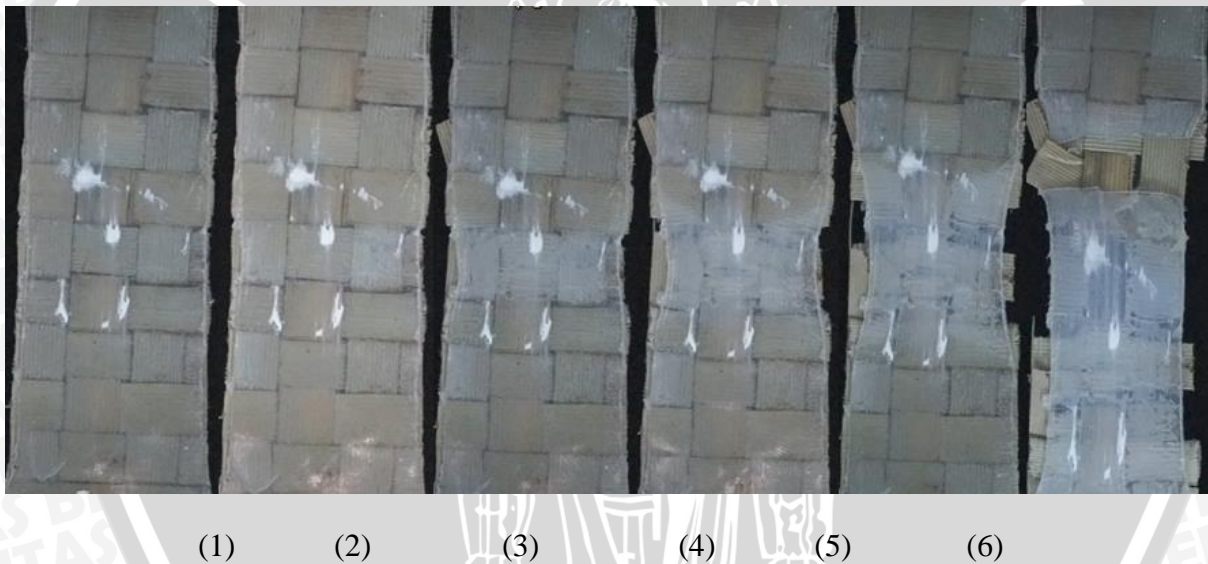
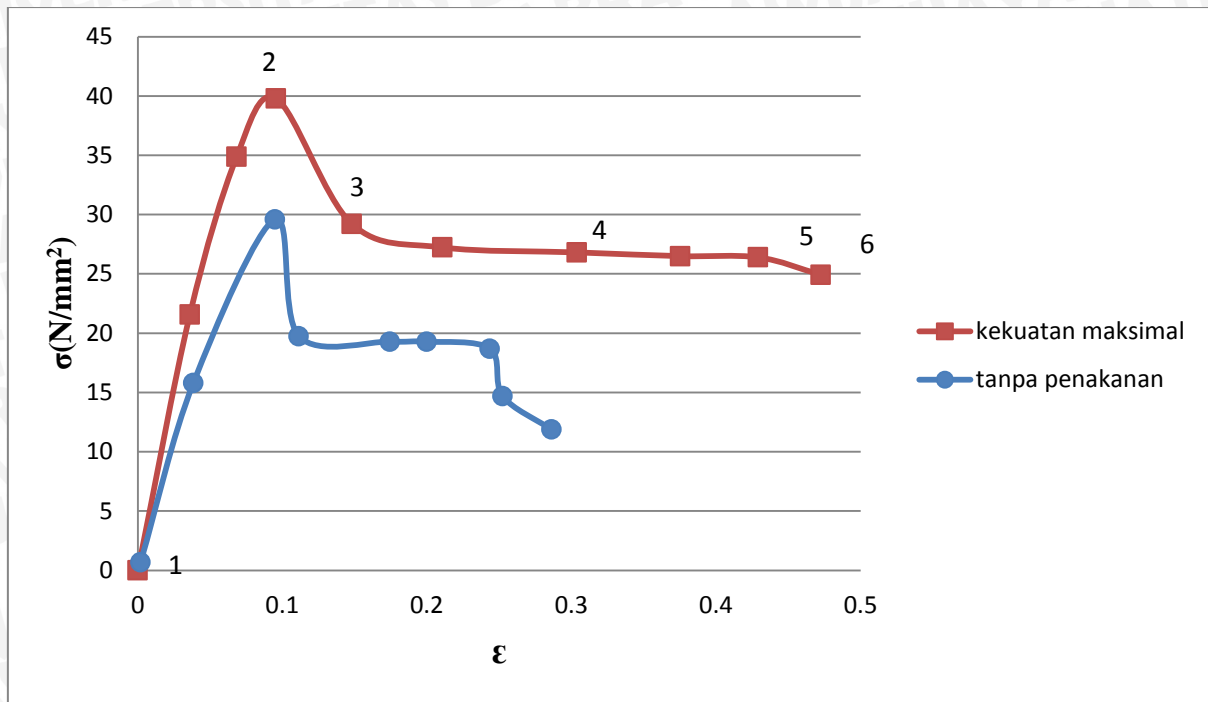
Pada gambar 4.13 poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik dimulai. Pada poin (2) sampai (3) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk semakin melebar. (4) pada spesimen serat daun pandan sudah sepenuhnya patah tetapi mika pada spesimen belum patah dan terjadi delaminasi. (5) pada spesimen mika mulai mengalami putus, peristiwa ini ditunjukkan dengan tanda panah pada gambar.

(6) spesimen 0° sudah mengalami putus seluruhnya. Berikut adalah bukti delaminasi yg terjadi pada spesimen :



Gambar 4.14 Tanda adanya delaminasi pada spesimen dengan sudut $0^\circ/90^\circ$ tanpa perlakuan penekanan

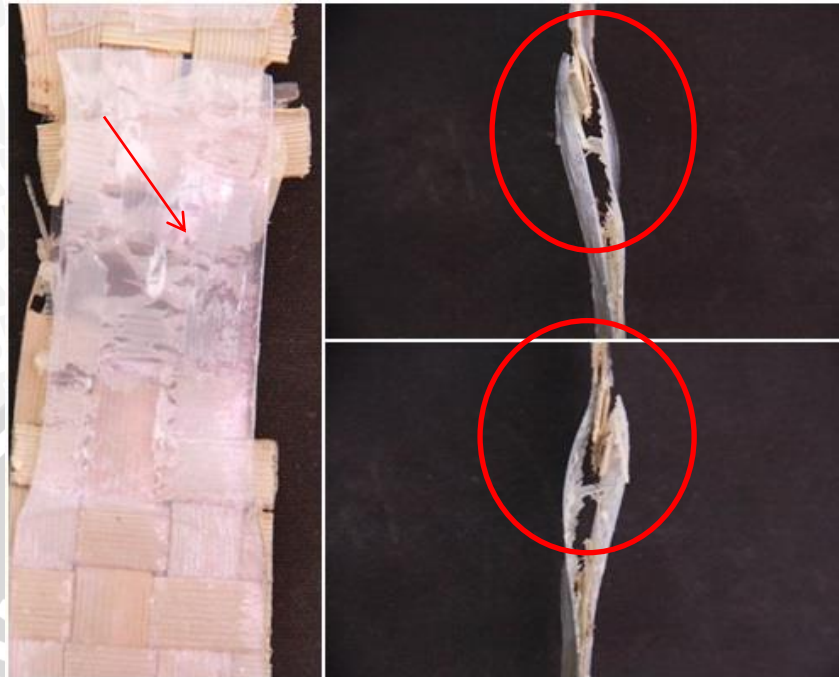
Pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa adanya delaminasi. Delaminasi adalah suatu keadaan dimana antara matrik dan serat tidak menempel secara merata. Luas delaminasi pada spesimen sebesar 535.33 mm^2 . Hal ini bisa terjadi dikarenakan spesimen dengan mika tanpa diberi perlakuan tekan dan spesimen dengan kekuatan optimal tidak berikatan sempurna, sehingga terjadi delaminasi pada spesimen sebelum mengalami patah seluruhnya. Selanjutnya mengamati fase patahan dan bentuk patahan yang terjadi pada spesimen dengan sudut $0^\circ/90^\circ$ yang diberi perlakuan dengan kekuatan maksimal terbagi menjadi 6 fase sebagai berikut :



Gambar 4.15 fase patahan spesimen sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ tekanan 60 kg/cm^2 waktu penekanan 30 detik

pada gambar 4.15 diatas menunjukkan fase patahan spesimen uji tarik kekuatan maksimal dengan variasi waktu dan tekanan konstan. Pada poin (1) adalah kondisi awal spesimen uji tarik dimulai. Pada poin (2) pada spesimen sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ mengalami penyusutan luas karena gaya yang diterima. Pada poin (3) spesimen sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ mengalami delaminasi dan kerusakan pada serat. Pada poin (4) spesimen sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ mengalami delaminasi yang semakin meluas dan juga serat daun mulai patah. Pada poin (5) spesimen $0^{\circ}/90^{\circ}$ seratnya sudah patah seluruhnya sedangkan mikanya belum

mengalami patah. Pada poin (6) spesimen 0° sudah patah seluruhnya. Berikut adalah bukti terjadinya delaminasi pada spesimen :



Gambar 4.16 Adanya delaminasi pada spesimen sudut $0^\circ/90^\circ$ dengan perlakuan penekanan 60 N/mm^2 waktu penekanan 30 detik

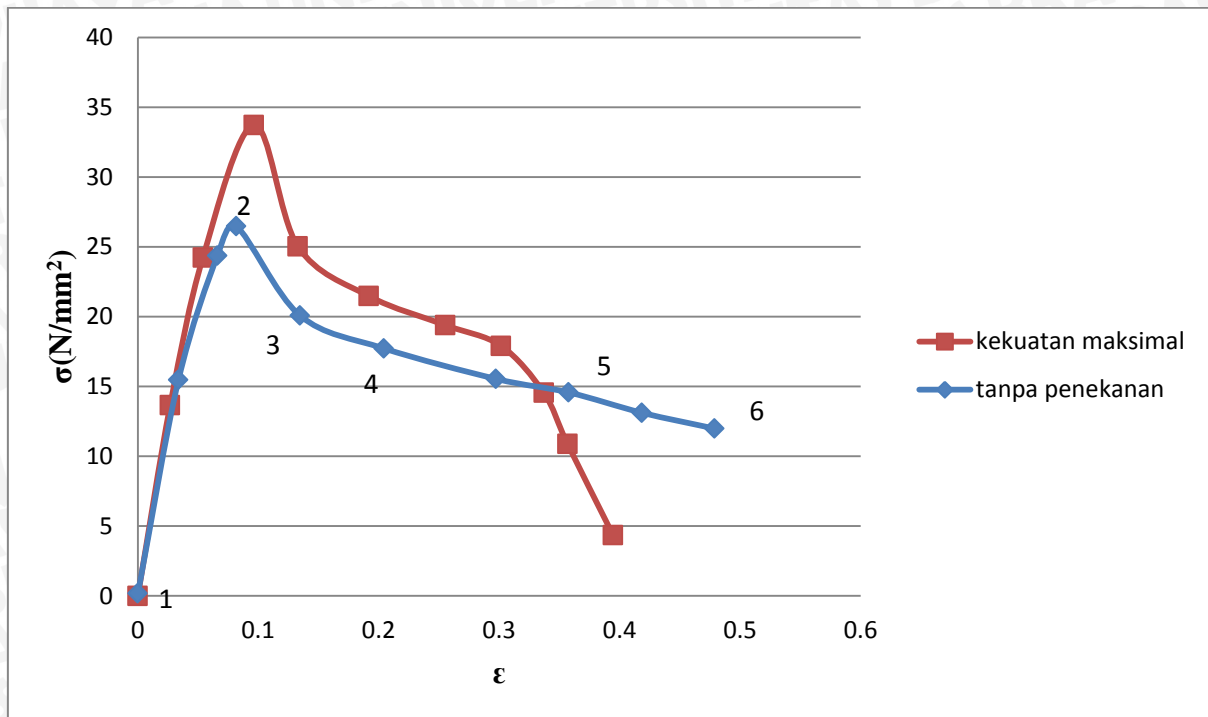
Gambar 4.16 menunjukkan adanya *pull out* yang terjadi pada spesimen. *Pull out* adalah keadaan dimana beban yang diterima komposit terlebih dahulu diterima seratnya sehingga serat patah terlebih dahulu. Hal ini dapat disebabkan karena kurang meratanya gaya pembebanan yang diterima serat dan matriks pada spesimen sehingga bentuk patahannya seperti diatas. Selain mengalami *pull out*, pada spesimen juga terjadi delaminasi sebelum patah. Besar delaminasi pada spesimen ini sebesar 1198.690 mm^2 . Berikut adalah bentuk patahan dari kedua spesimen :



Gambar 4.17 foto tampak atas bentuk patahan spesimen uji tarik (2) spesimen $0^{\circ}/90^{\circ}$ tanpa perlakuan penekanan (59) spesimen $0^{\circ}/90^{\circ}$ dengan diberi penekanan 60 kg/cm^2 dan waktu tekan 30 detik.

Dari bentuk patahan spesimen (a) mengalami delaminasi, hal ini disebabkan ikatan antara serat dan matrik lemah, sehingga ketika komposit diberi beban, maka ikatan serat dengan matriknya terlepas. Hal ini dapat mempengaruhi kekuatan komposit itu sendiri. pada spesimen (b) serat mengalami putus terlebih dahulu atau disebut juga *pull out* karena pembebanan pada komposit diterima oleh serat terlebih dahulu.

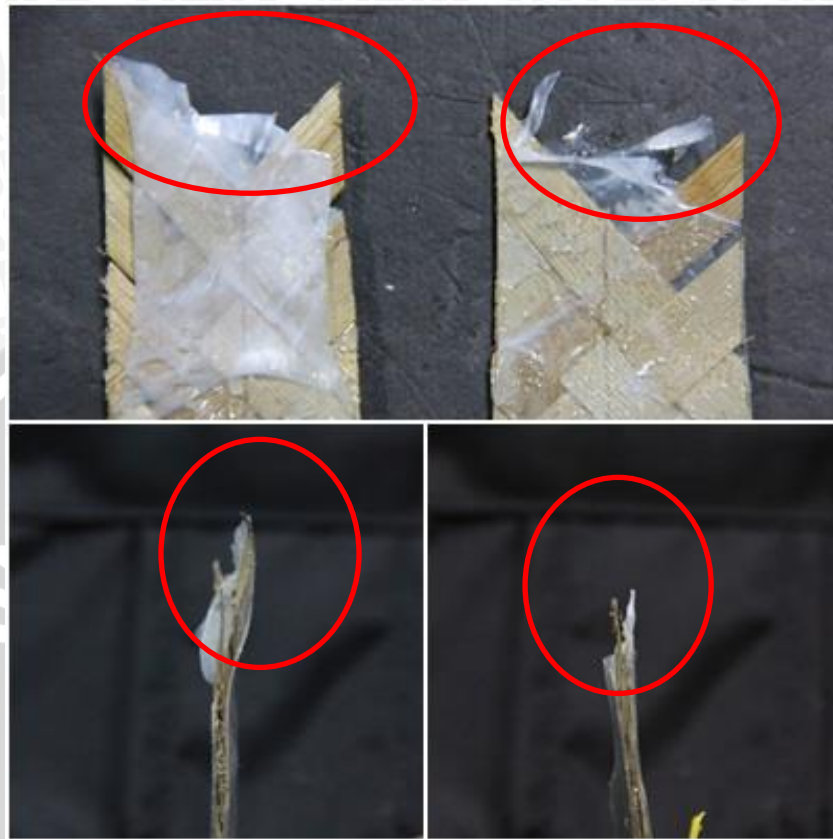
4.2.4 Perbandingan Fase Patahan dan Bentuk Patahan Spesimen Sudut 45°/-45° Tanpa Perlakuan Penekanan Dengan Kekuatan Maksimal Pada Variasi Waktu Berbeda Tekanan Konstan (60 N/mm²)



(1) (2) (3) (4) (5) (6)
Gambar 4.18 Fase patahan spesimen dengan sudut 45°/-45° tanpa perlakuan penekanan

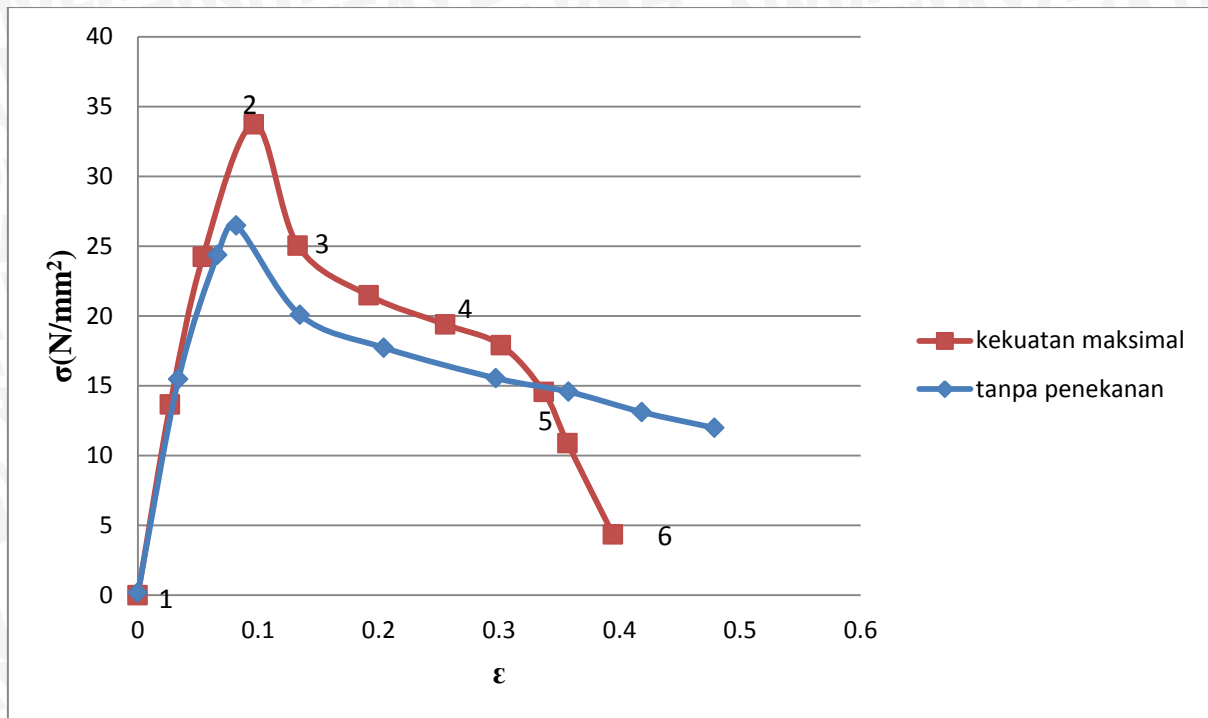
gambar 4.18 pada poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik dimulai. Pada poin (2) sampai (3) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk semakin melebar dan sudah muncul tanda tanda delaminasi pada spesimen. (4) Pada spesimen 45°/-45° patahan yang terbentuk semakin melebar dengan adanya delaminasi yang terjadi dan mika mengalami penyusutan dibagian samping. Pada poin (5) mika pada spesimen terus mengalami mulur yang semakin panjang, pada fase ini serat

daun sudah terputus seluruhnya. Delaminasi pada spesimen ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 4.19 Tanda adanya delaminasi pada spesimen dengan sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ tanpa perlakuan penekanan

Pada Gambar 4.19 menunjukkan bahwa adanya delaminasi. Delaminasi yang terjadi pada spesimen sebesar 820.292 mm^2 . Hal ini terjadi dikarenakan spesimen dengan sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ tanpa perlakuan tekan sehingga antara matrik dan serat tidak terdistribusi secara merata. Selanjutnya mengamati fase dan bentuk patahan pada spesimen sduut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ yang memiliki kekuatan paling tinggi dan dibagi menjadi 6 fase sebagai berikut :

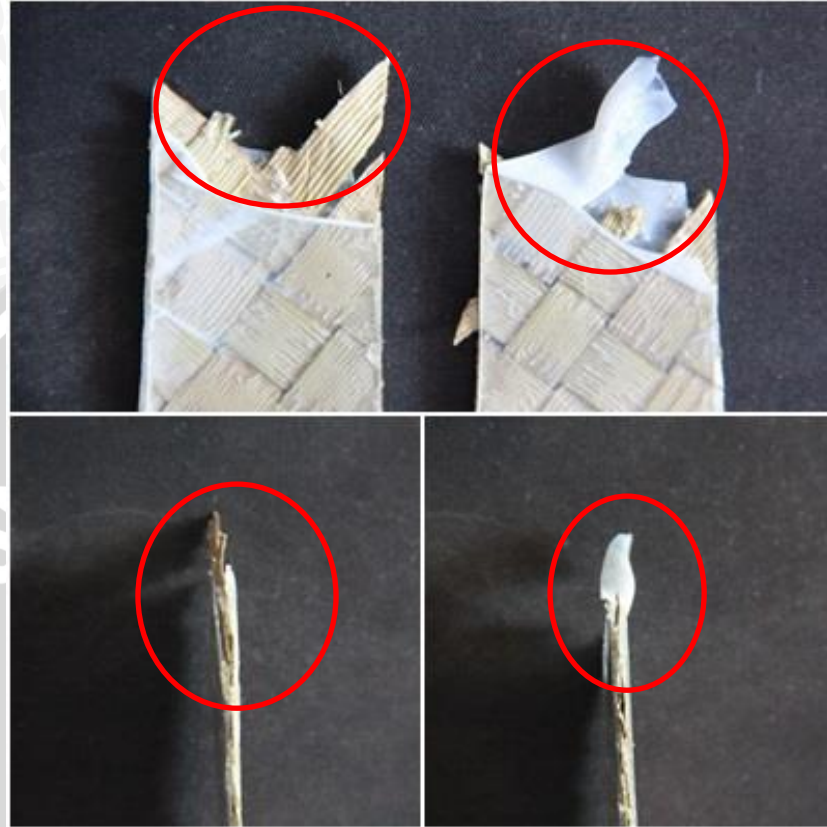


(1) (2) (3) (4) (5) (6)

Gambar 4.20 fasa patahan spesimen sudut 45°/45° Penekanan 60 N/mm² waktu penekanan 15 detik

pada gambar 4.20 diatas menunjukkan fase patahan spesimen uji tarik kekuatan maksimal dengan variasi waktu dan tekanan konstan. Pada poin (1) adalah kondisi awal spesimen uji tarik dimulai. Pada poin (2) spesimen 45°/45° patahan mulai terlihat terutama pada mika mengalami delaminasi. Pada poin (3) spesimen sudut 45°/45° delaminasi semakin meluas dan juga serat daun pandan mulai patah. Pada poin (4)

spesimen sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ terlihat pada serat mengalami patah. Pada poin (5) spesimen $45^{\circ}/-45^{\circ}$ patahan yang terjadi semakin meluas. Pada poin (6) spesimen sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ juga sudah mengalami patah seluruhnya. Berikut adalah bukti bahwa spesimen mengalami delaminasi :



Gambar 4.21 adanya delaminasi pada spesimen dengan sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ diberi perlakuan penekanan 60 N/mm^2 dan waktu penekanan 15 detik



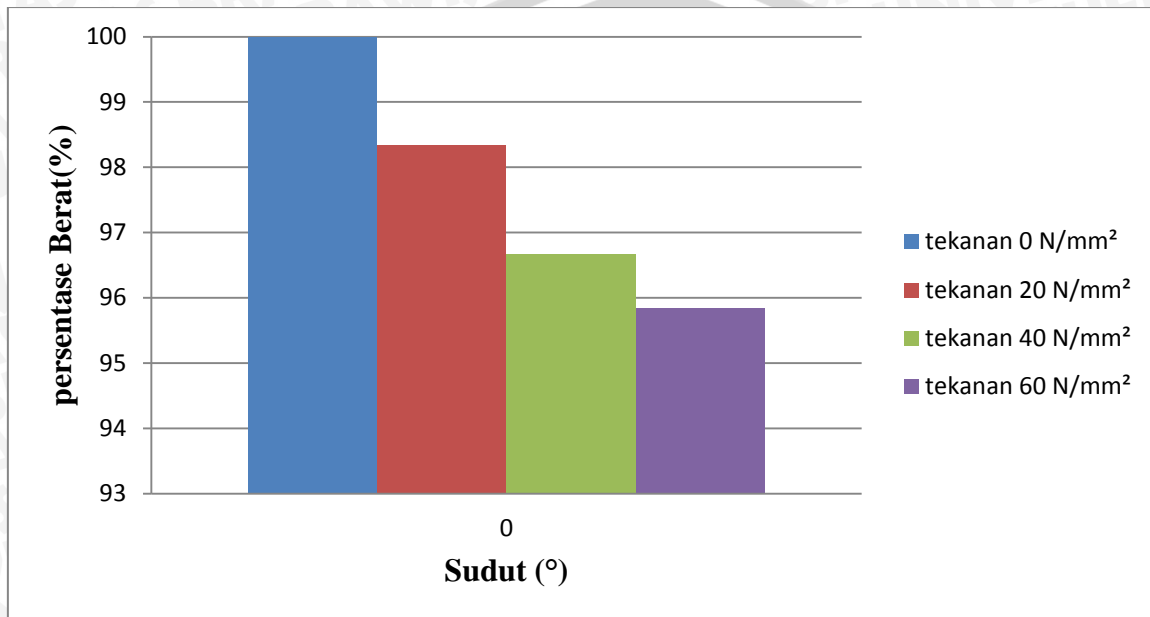
Gambar 4.22 Foto tampak atas bentuk patahan spesimen uji tarik(30) sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ tanpa perlakuan penekanan (61) spesimen sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ dengan perlakuan penekanan 60 N/mm^2 dan waktu penekanan 15 detik

Dengan melihat fase dan bentuk patahannya, spesimen dengan sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ tanpa perlakuan cenderung mengalami delaminasi lebih besar daripada spesimen sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ dengan kekuatan maksimal. Spesimen tanpa perlakuan mengalami fase mulur lebih lama sedikit dibandingkan spesimen dengan kekuatan maksimal.

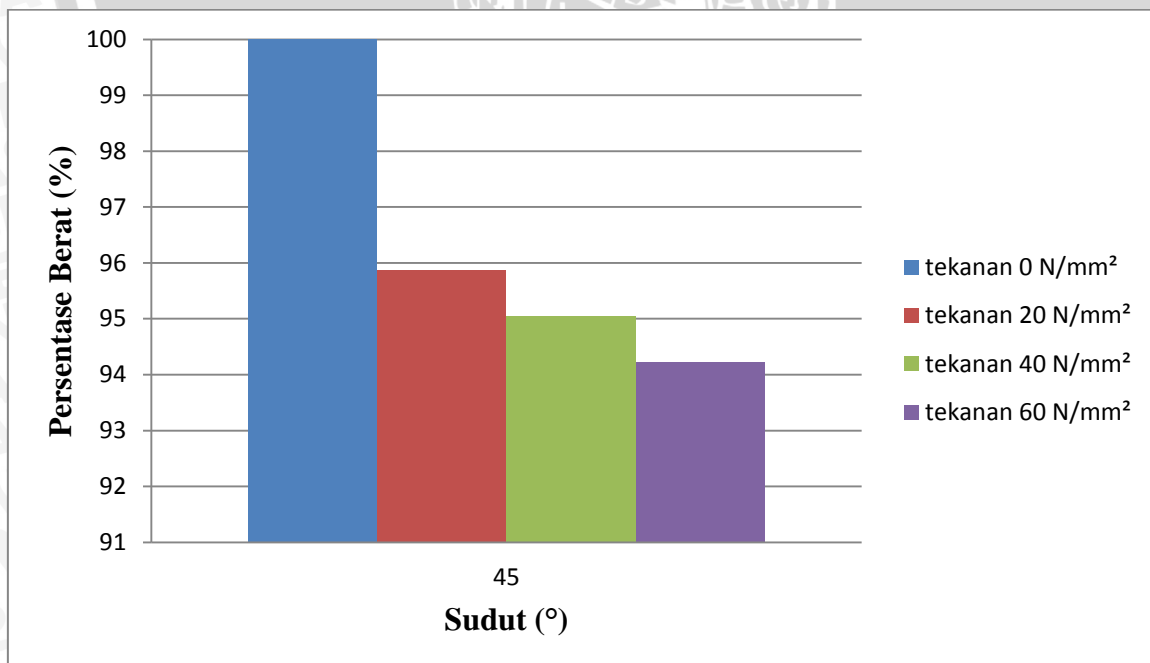
4.3 Persentase Berat

4.3.1 Persentase Berat Spesimen Sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ dan $45^{\circ}/45^{\circ}$ Pada Variasi Penekanan dan Waktu Konstan (15 detik)

Selain fase patahan dan bentuk patahan, persentasi juga mempengaruhi kekuatan tarik dari spesimen. Berikut ini contoh persentase berat spesimen :



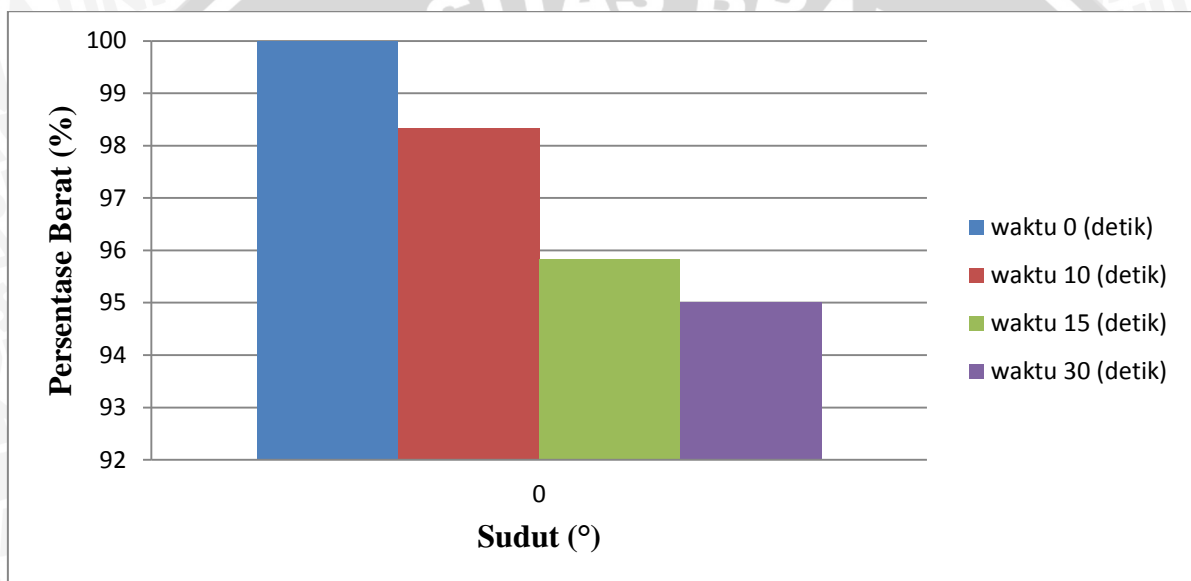
Gambar 4.23 Persentase berat spesimen sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$



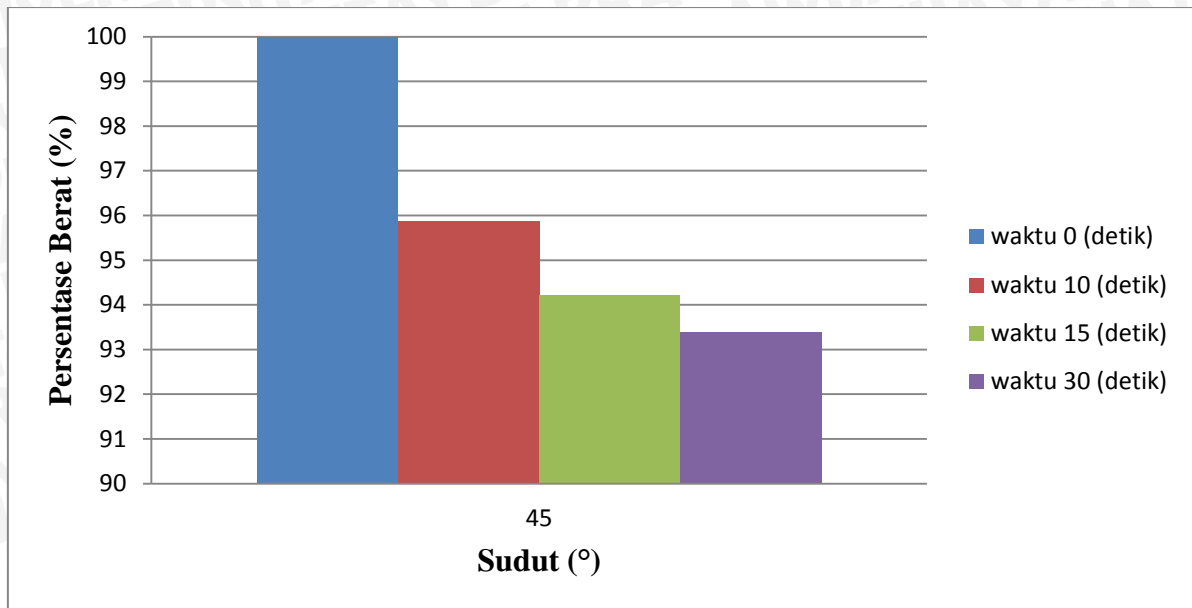
Gambar 4.24 Persentase berat spesimen sudut $45^{\circ}/45^{\circ}$

Dilihat pada gambar 4.18 dan 4.19 terlihat persentase berat pada spesimen semakin menurun seiring dengan bertambahnya tekanan yang diberikan pada spesimen sedangkan waktu penekanan dibuat sama yaitu 15 detik. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan yang diberikan pada spesimen dapat mempengaruhi berat spesimennya dan juga tebal spesimen. Peristiwa ini disebabkan masa perakat yang diberikan pada spesimen keluar ketika diberi tekanan.

4.3.2 Persentase Berat Spesimen Sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ dan $45^{\circ}/-45^{\circ}$ Pada Variasi Waktu dan Penekanan Konstan ($60\text{kg}/\text{cm}^2$)



Gambar 4.25 Perbandingan persentase berat spesimen sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$



Gambar 4.26 Perbandingan persentase berat spesimen sudut 45°/-45°

Pada gambar 4.20 dan 4.21 menunjukkan perbandingan persentase berat pada spesimen dengan sudut 0°/90° dan spesimen sudut 45°/-45° yang semakin menurun seiring dengan lama penekanan yang diberikan pada spesimen dengan penekanan tetap sebesar 60 kg/cm². Pada gambar terlihat bahwa persentase beratnya semakin menurun, hal ini dikarenakan volume perekat pada spesimen semakin berkurang karna mendapat tekanan yang lama. Sehingga berat spesimen semakin menurun. Semakin banyaknya volume perekat yang keluar, dapat mempengaruhi kekuatan pada spesimen itu sendiri. Semakin sedikit volume perekat pada spesimen maka semakin kecil kekuatannya karena daya rekat antar matrik dengan serat lebih kecil.