

serat. Perlakuan alkali pada serat adalah salah satu perlakuan kimia yang telah dikenal untuk meningkatkan kandungan selulosa melalui penghilangan hemiselulosa dan lignin. (Kim dkk. 2010). Perlakuan alkali adalah metode umum untuk membersihkan dan memodifikasi permukaan serat untuk menurunkan tegangan permukaan dan meningkatkan adhesi antarmuka antara serat dengan matrik. (Bachtiar dkk. 2008).

2.6 Perlakuan Alkali Serat Ijuk

Pohon aren di Indonesia disebut juga enau. Pohon aren mempunyai daun yang berbentuk sisal atau serat yang mempunyai daun yang lurus-lurus, pelepahnya terbalut serabut-serabut berwarna hitam, yaitu ijuk. Pembudidayaan pohon aren di Indonesia sekitar kurang lebih 200 tahun, serat ijuk dimanfaatkan sebagai pembuatan sapu ijuk, sikat ijuk, tali, bahan atap atau pengganti genting, penyaring air untuk irigasi, bahan resapan di bak septitank, sebagai penangkis ombak air laut di bagian pesisir pantai, karena ijuk tahan akan terkena air garam, tempat telur ikan mas, ikan lele, bahkan bisa dimanfaatkan sebagai pembungkus kabel bawah tanah di luar negeri. (Purkuncoro, Aladin Eko. 2017).

Pohon aren (*Arenga Pinata*) tumbuh hampir di setiap daerah pesisir di Indonesia. Jumlahnya melimpah dan tidak mengenal musim. Serat ijuk mempunyai kekuatan tarik dan kekuatan *bending* yang tinggi. Kondisi serat ijuk diambil dari pangkal pelepah pohon aren yang sudah teranyam, serta banyak kotoran dan debu, sehingga mempengaruhi sifat mekanis serat dan belum dapat digunakan dalam pembuatan komposit, maka dari itu perlu dilakukan perlakuan

NaOH. (Purkuncoro, Aladin Eko. 2017). Serat ijuk mempunyai kelebihan, yaitu ekonomis dan dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*), sehingga komposit mampu mengatasi permasalahan lingkungan, serta tidak membahayakan kesehatan. (Hasyim, Abdul Quddus. 2017).

Berdasarkan penelitian Aladin Eko Purkuncoro, yaitu pengaruh perlakuan alkali NaOH serat ijuk (*Arenga Pinata*) terhadap kekuatan tarik. Perlakuan NaOH 0%, 2%, 5%, dan 10% selama 2 jam. Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik komposit serat ijuk tanpa perlakuan NaOH rata-rata sebesar 102,72 MPa, pada perlakuan 2% NaOH rata-rata sebesar 114,37 MPa, pada perlakuan 5% NaOH rata-rata sebesar 138,71 MPa, dan pada perlakuan 10% NaOH rata-rata sebesar 36,12 MPa. Komposit serat ijuk mempunyai kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 5% NaOH rata-rata sebesar 138,71 MPa. Kekuatan tarik komposit serat ijuk cenderung semakin naik. Namun, kekuatan tarik pada perlakuan 10% NaOH semakin turun. (Purkuncoro, Aladin Eko. 2017).

Setelah dilakukan pengujian SEM pada komposit serat ijuk tanpa perlakuan NaOH ada banyak gumpalan-gumpalan kotoran dan debu yang menutupi permukaan serat. Kotoran dan debu akan membuat serat pada saat digunakan sebagai penguat menjadi tidak maksimal dan kurang bagus sifat mekaniknya, baik kekuatan tarik ataupun impak. Komposit serat ijuk dengan perlakuan 2% NaOH ada sedikit gumpalan-gumpalan kotoran dan debu yang menutupi permukaan serat terlihat sedikit bersih, tetapi masih kelihatan menutupi di beberapa permukaan serat. Komposit serat ijuk dengan perlakuan 5% NaOH sudah bersih tidak ada gumpalan-gumpalan kotoran dan debu yang menutupi

permukaan serat, tidak rusak, dan tidak cacat. Komposit serat ijuk dengan perlakuan 10% NaOH masih ada gumpalan-gumpalan kotoran dan debu yang menutupi permukaan serat, rusak, dan cacat. Perlakuan 10% NaOH merusak permukaan serat tersebut. (Purkuncoro, Aladin Eko. 2017).

Perlakuan NaOH akan menghilangkan beberapa kandungan yang ada pada permukaan serat, yaitu hemiselulosa, selulosa, silikat, lignin, dan pektin. Perlakuan ini menentukan kekuatan antarmuka, serta *wetability* semakin baik. Perlakuan permukaan serat akan meningkatkan kekasaran permukaan serat yang akan menghasilkan *mechanical interlocking* yang sangat baik. *Mechanical interlocking* adalah suatu proses terjadinya perekatan antara pengikat dan penguat searah mikroskopis maupun kondisi molekuler. (Purkuncoro, Aladin Eko. 2017).

Setelah dilakukan pengujian komposisi menunjukkan komposit serat ijuk dengan perlakuan 5% NaOH mempunyai kekuatan tarik tinggi dengan kandungan serat hemiselulosa sebesar 12,73%, selulosa sebesar 29,9%, silikat sebesar 0,19%, dan lignin sebesar 51,81%, menurunnya kandungan tersebut akan meningkatkan kekasaran permukaan dan *mechanical interlocking* akan lebih baik dalam pembuatan komposit. Kandungan serat ijuk di atas perlakuan 5% NaOH semakin berkurang, tetapi kekuatan tarik semakin menurun dan serat terlihat rusak dan cacat. Perlakuan 5% NaOH lebih bagus digunakan, karena bahan penguat dan bahan pengikat saling mengikat. (Purkuncoro, Aladin Eko. 2017).

Berdasarkan penelitian Abdul Quddus Hasyim, yaitu pengaruh perlakuan alkali terhadap morfologi serat dan kuat geser rekatan antarmuka serat ijuk/*polyester*. Perlakuan NaOH 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% selama 2 jam atau

perlakuan 5% NaOH selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Setelah dilakukan pengujian SEM dengan pembesaran 50 dan 200 kali. Komposit serat ijuk tanpa perlakuan NaOH, permukaan serat masih dipenuhi dengan kotoran yang menempel menyebabkan rekatan antarmuka serat dengan matrik tidak maksimal, serat yang direndam dengan air selama 2 jam juga masih banyak kotoran yang menempel pada permukaannya. Permukaan serat mulai bersih setelah perlakuan 2,5% NaOH selama 2 jam. Komposit serat ijuk dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam mulai ada retakan kecil pada permukaan serat. Komposit serat ijuk dengan perlakuan 7,5% NaOH selama 2 jam, daging serat mulai terkikis dan serat menjadi pecah terdapat rongga pada serat yang dapat menyebabkan distribusi tegangan yang diterima serat tidak merata, melainkan terkonsentrasi pada titik tertentu. Hal ini sangat mempengaruhi sifat dan karakteristik serat. Komposit serat ijuk dengan perlakuan 5% NaOH selama 6 jam, serat sangat bersih terlihat dari lekukan-lekukan pada permukaan serat. (Hasyim, Abdul Quddus. 2017).

Setelah dilakukan pengujian kuat geser *interface* antara serat ijuk dan *polyester*. Waktu perendaman 2 jam dan variasi perlakuan NaOH menghasilkan kuat geser tertinggi pada konsentrasi NaOH 0,05 gr/gr sebesar 5,24 MPa untuk diameter serat berukuran besar. Waktu perendaman 2 jam dengan konsentrasi NaOH 0,05 gr/gr sebesar 5,04 MPa untuk diameter serat berukuran kecil. Perlakuan 5% NaOH dan variasi waktu perendaman menghasilkan kuat geser tertinggi pada waktu perendaman 2 jam dengan konsentrasi NaOH 0,05 gr/gr sebesar 5,24 MPa untuk diameter serat berukuran besar. Waktu perendaman 2 jam dengan konsentrasi NaOH 0,05 gr/gr sebesar 5,04 MPa untuk diameter serat

berukuran kecil. Hal ini disebabkan karena pada fase kadar NaOH dan waktu perendaman tertentu serat sudah mengalami pengelupasan kotoran (lignin). Ikatan kotoran pada permukaan serat terlepas akan mengakibatkan rekatan antarmuka (*interface*), serat langsung berinteraksi dengan matrik, sehingga kuat geser rekatan antarmuka menjadi maksimal. Bertambah lama waktu perendaman dan kadar NaOH yang tinggi, kuat geser rekatan antarmuka mengalami penurunan, maka diameter serat semakin kecil. Hal ini akan mengakibatkan permukaan serat mengalami pengikisan, sehingga dapat menyebabkan abrasi pada serat tersebut. (Hasyim, Abdul Quddus. 2017).

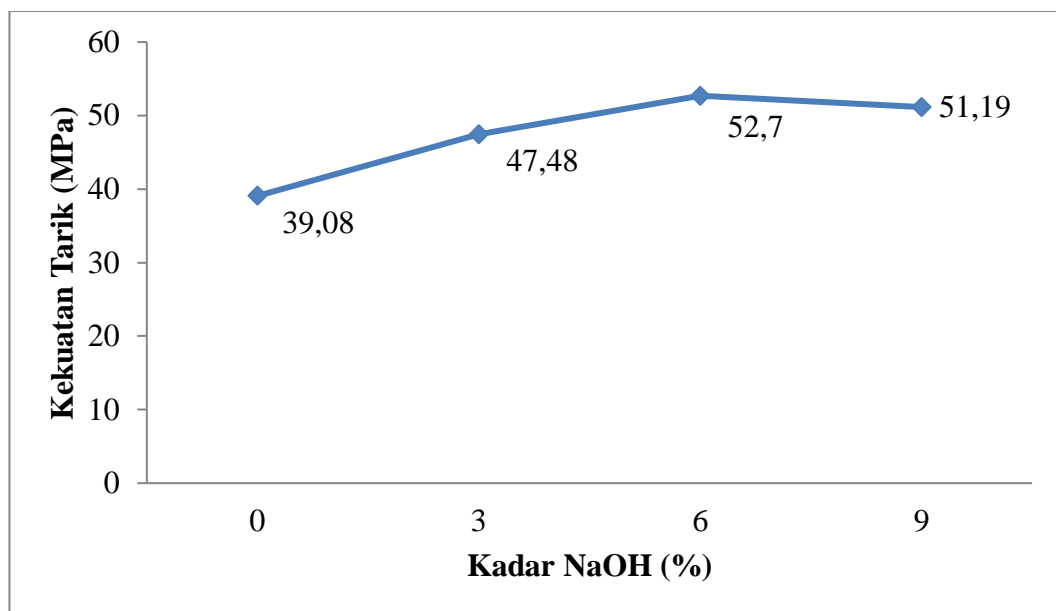
2.7 Perlakuan Alkali Serat Lidah Mertua

Serat daun lidah mertua (*Sansevieria Trifasciata*) merupakan tanaman dari *family Sansevieria*, tanaman ini mudah untuk dibudidayakan dan mempunyai potensi yang sangat baik sebagai penguat komposit berbasis serat alam. *Sansevieria* mempunyai banyak spesies, 37 spesies tanaman *Sansevieria* ditemukan di Indonesia, salah satunya adalah *Sansevieria Trifasciata*. (Aoladi, Laelan Farih dkk. 2019).

Berdasarkan penelitian Laelan Farih Aoladi, Catur Pramono, dan Xander Salahudin, yaitu analisis pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak komposit dari serat lidah mertua (*Sansevieria Trifasciata*) dengan matrik *polyester*. Perlakuan NaOH 0%, 3%, 6%, dan 9% selama 2 jam. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up* dengan fraksi volume serat

20%. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D638-04 dan uji impak sesuai standar ASTM D-265. (Aoladi, Laelan Farih dkk. 2019).

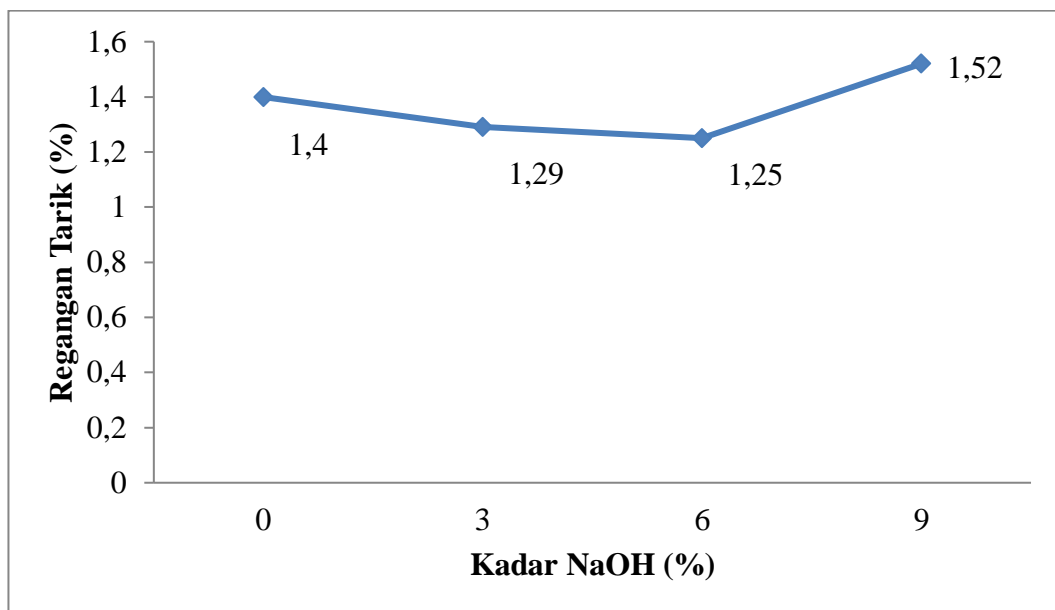
Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik komposit serat lidah mertua mengalami peningkatan pada 0% sampai perlakuan 6% NaOH dan mengalami penurunan pada perlakuan 9% NaOH.



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Lidah Mertua

Berdasarkan data hasil pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik komposit serat lidah mertua pada 0% NaOH sebesar 39,08 MPa, pada perlakuan 3% NaOH sebesar 47,48 MPa, pada perlakuan 6% NaOH sebesar 52,70 MPa, dan pada perlakuan 9% NaOH sebesar 51,19 MPa. Komposit serat lidah mertua mempunyai kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 6% NaOH sebesar 52,70 MPa. Perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur

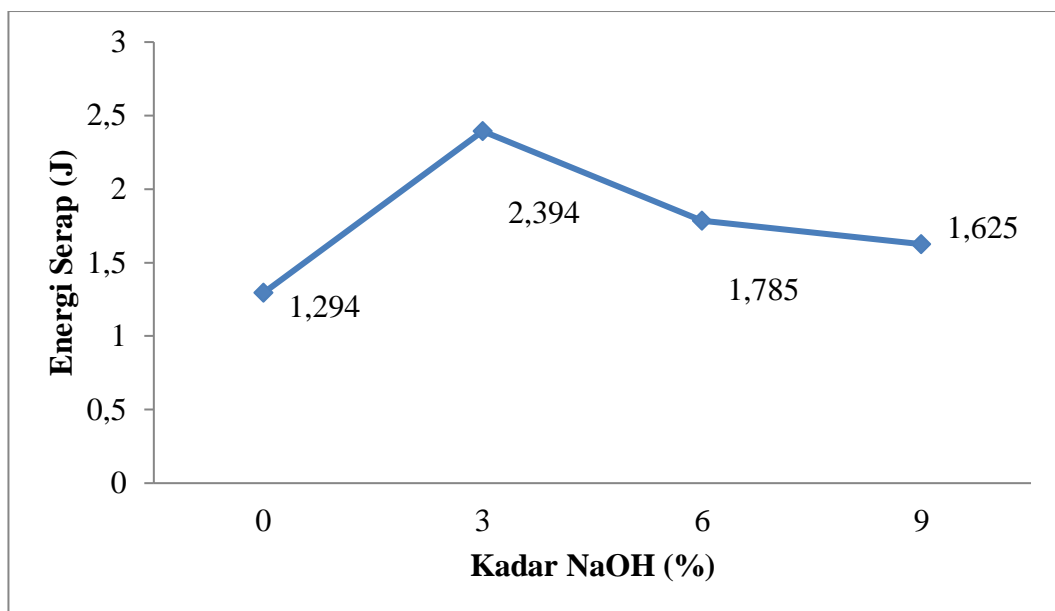
selulosa dan mempunyai kekuatan yang lebih rendah, padahal selulosa sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. Serat yang diberikan perlakuan NaOH terlalu tinggi akan mengalami degradasi kekuatan yang signifikan. Kekuatan tarik mengalami penurunan pada perlakuan 9% NaOH disebabkan oleh terlalu tinggi NaOH yang digunakan dalam perendaman mengakibatkan serat mengalami degradasi. (Aoladi, Laelan Farid dkk. 2019).



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Regangan Tarik dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Lidah Mertua

Berdasarkan data hasil pengujian tarik menunjukkan regangan tarik komposit serat lidah mertua pada 0% NaOH sebesar 1,40%, pada perlakuan 3% NaOH sebesar 1,29%, pada perlakuan 6% NaOH sebesar 1,25%, dan pada perlakuan 9% NaOH sebesar 1,52%. Regangan tarik mengalami *trend* penurunan dari 0% sampai perlakuan 6% NaOH seiring penambahan NaOH, karena serat

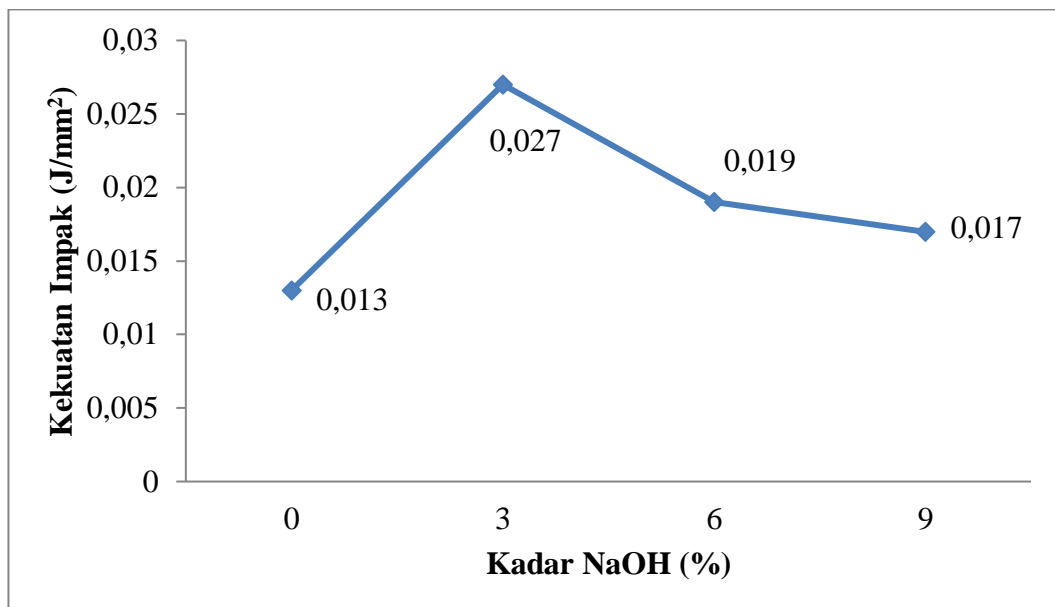
dengan matrik mempunyai ikatan yang kuat dan serat belum mengalami degradasi, sehingga beban yang diberikan dapat ditahan oleh serat dan matrik. Regangan tarik meningkat dari perlakuan 6% ke 9% NaOH, karena serat mengalami kerusakan struktur akibat terlalu tinggi kadar NaOH. (Aoladi, Laelan Farih dkk. 2019).



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Energi Serap dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Lidah Mertua

Berdasarkan data hasil pengujian ketangguhan impak menunjukkan energi serap komposit serat lidah mertua tertinggi pada perlakuan 3% NaOH sebesar 2,394 J dan energi serap terendah pada perlakuan 9% NaOH sebesar 1,625 J. Penambahan NaOH dari 0% sampai perlakuan 3% mengalami peningkatan energi serap, karena ikatan yang kuat antara serat dengan matrik ketika diberikan beban kejut, sehingga mempunyai ketangguhan impak yang tinggi. Energi serap dari

perlakuan 6% sampai 9% NaOH menurun, karena beban yang diberikan tidak dapat ditahan oleh matrik kemudian diteruskan ke serat. Serat mengalami kerusakan struktur serat, sehingga ketangguhan impact menurun. (Aoladi, Laelan Farih dkk. 2019).



Gambar 3.4 Grafik Hubungan Kekuatan Impact dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Lidah Mertua

Berdasarkan data hasil pengujian ketangguhan impact menunjukkan kekuatan impact komposit serat lidah mertua pada 0% NaOH sebesar 0,013 J/mm², pada perlakuan 3% NaOH sebesar 0,027 J/mm², pada perlakuan 6% NaOH sebesar 0,019 J/mm², dan pada perlakuan 9% NaOH sebesar 0,017 J/mm². Komposit serat lidah mertua mempunyai kekuatan impact tertinggi pada perlakuan 3% NaOH sebesar 0,027 J/mm², karena lapisan lignin dan kotoran-kotoran lain yang menempel pada serat sudah terlepas, sehingga rekatan antarmuka serat

dengan matrik menjadi sangat kuat. Komposit serat lidah mertua mempunyai kekuatan impak terendah pada perlakuan 9% NaOH sebesar 0,017 J/mm², karena serat mengalami kerusakan struktur akibat terlalu tinggi kadar NaOH. (Aoladi, Laelan Farih dkk. 2019).

Setelah dilakukan pengamatan kerusakan akibat patahan dengan foto makro untuk mengetahui hasil penampang patah komposit. Foto patahan spesimen diambil satu buah dari setiap variasi perlakuan NaOH dengan arah pengambilan foto dari samping spesimen. Patahan uji tarik komposit serat lidah mertua dengan 0% NaOH terlihat banyak *fiber pull out* (serat terlepas) dan sedikit *fiber break* (serat terputus) disebabkan oleh lapisan lignin dan kotoran yang tidak dapat dibersihkan. Semakin lama waktu perendaman, semakin sedikit jumlah serat yang mengalami kegagalan *fiber pull out*. Patahan uji tarik komposit serat lidah mertua dengan perlakuan 3% NaOH terlihat lebih sedikit *fiber pull out* dan lebih banyak *fiber break* dibandingkan dengan 0% NaOH. Patahan dengan paling sedikit *fiber pull out* dan paling banyak *fiber break* pada perlakuan 6% NaOH, karena perlakuan 6% NaOH yang mampu membersihkan lapisan lignin dan kotoran yang menempel tanpa merusak struktur serat. Patahan uji tarik komposit serat lidah mertua dengan perlakuan 9% NaOH terlihat *fiber pull out* dan *fiber break* yang hampir sama dengan perlakuan 6% NaOH, karena struktur serat terdegradasi akibat kadar NaOH yang terlalu tinggi menyebabkan kekuatan tarik menurun. (Aoladi, Laelan Farih dkk. 2019).

Patahan uji impak komposit serat lidah mertua terlihat paling banyak *fiber pull out* pada 0% NaOH dan paling banyak *fiber break* secara keseluruhan pada

perlakuan 3% NaOH. *Fiber pull out* terjadi akibat ikatan antara serat dengan matrik kurang maksimal, sehingga mengakibatkan serat tercabut ketika komposit diberikan beban impact. Patahan uji impact komposit serat lidah mertua dengan perlakuan 6% sampai 9% NaOH mengalami penurunan kekuatan impact, terlihat banyak *fiber break* dan sedikit *fiber pull out* akibat struktur serat yang rusak, karena kadar NaOH yang terlalu tinggi, sehingga pada saat terjadi beban kejut serat tidak dapat menahan beban transversal. (Aoladi, Laelan Farid dkk. 2019).

2.8 Perlakuan Alkali Serat Rami

Tanaman rami (*Boehmeria Nivea*) tumbuh subur di Indonesia, seperti di daerah Garut Jawa Barat dan Wonosobo Jawa Tengah. Serat rami juga digunakan sebagai bahan tekstil dan kertas. Serat rami mempunyai potensi yang sangat besar untuk digunakan di bidang rekayasa sebagai penguat komposit. Sifat mekanis komposit tersebut dapat ditingkatkan dengan perlakuan NaOH. (Diharjo, Kuncoro. 2006).

Berdasarkan penelitian Kuncoro Diharjo, yaitu pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-*polyester*. Perlakuan 5% NaOH selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Matrik yang digunakan, yaitu resin *unsaturated polyester* tipe 157 BQTN dengan *hardener* MEKPO 1% (v/v). Komposit dibuat menggunakan metode cetak tekan pada $V_f \approx 35\%$. Semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 62°C selama 4 jam. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik dan perpanjangan diukur menggunakan *extensometer*. (Diharjo, Kuncoro. 2006).

Setelah dilakukan pengujian tarik pada komposit serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 0 jam menunjukkan kekuatan tarik sebesar 160,298 MPa, regangan tarik sebesar 0,42%, dan modulus elastisitas sebesar 39,179 GPa. Komposit serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam mempunyai kekuatan tarik sebesar 190,270 MPa, regangan tarik sebesar 0,44%, dan modulus elastisitas sebesar 45,795 GPa. Komposit serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 4 jam mempunyai kekuatan tarik sebesar 169,253 MPa, regangan tarik sebesar 0,39%, dan modulus elastisitas sebesar 43,427 GPa. Komposit serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 6 jam mempunyai kekuatan tarik sebesar 147,099 MPa, regangan tarik sebesar 0,31%, dan modulus elastisitas sebesar 48,166 GPa. (Diharjo, Kuncoro. 2006).

Kekuatan dan regangan tarik yang paling optimum pada komposit serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam. Modulus elastisitas semakin meningkat seiring dengan penambahan waktu perendaman. Komposit tanpa perlakuan NaOH, ikatan (*mechanical bonding*) antara serat dengan *unsaturated polyester (UPRs)* menjadi tidak sempurna, karena terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin pada permukaan serat. Lapisan lilin ini hilang, maka ikatan antara serat dengan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik menjadi lebih tinggi. Perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa dan mempunyai kekuatan yang lebih rendah, padahal selulosa sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. (Diharjo, Kuncoro. 2006).

Komposit tanpa perlakuan NaOH, kegagalan didominasi oleh ikatan antara serat dengan matrik yang terlepas disebabkan oleh tegangan geser pada

permukaan serat disebut *fiber pull out*. Pada kondisi kegagalan ini, serat dan matrik sebenarnya masih mampu menahan beban dan meregang lebih besar. Namun, ikatan antara serat dengan matrik gagal, maka komposit mengalami kegagalan lebih awal. Besarnya tegangan dan regangan ketika gagal juga menjadi lebih rendah. Perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan elastisitas menurun dan serat menjadi rapuh. (Diharjo, Kuncoro. 2006).

Setelah dilakukan pengamatan kerusakan akibat patahan, penampang patahan sesuai standar ASTM D-3039. Patahan uji tarik komposit serat rami tanpa perlakuan dan dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam dapat diklasifikasikan sebagai jenis patahan banyak (*splitting in multiple area*). Kegagalan terjadi pada area yang luas di permukaan spesimen. Umumnya, komposit yang mempunyai patahan jenis ini mempunyai kekuatan tarik yang tinggi. Patahan uji tarik komposit serat rami tanpa perlakuan NaOH didominasi oleh *fiber pull out*. Patahan uji tarik komposit serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam terlihat sedikit *fiber pull out*. Kegagalan *fiber pull out* sudah tidak tampak lagi pada perlakuan 5% NaOH selama 6 jam. Jenis patahan uji tarik komposit serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 6 jam mendekati jenis patahan tunggal. Faktor-faktor yang menjadikan ketidakakuratan kekuatan komposit serat kontinyu adalah kesulitan mengatur serat kontinyu tetap lurus selama proses pencetakan. (Diharjo, Kuncoro. 2006).

2.9 Perlakuan Alkali Serat Sisal

Sisal (*Agave Sisalana Perrine*) adalah salah satu tanaman tropis tahunan (*tropical plant*) dan secara periodik diambil seratnya yang berasal dari daun (*leaf*

fiber) oleh petani serat. Tanaman ini tumbuh baik pada kondisi tanah kering dan berbatu, seperti di Sumenep, Madura, Indonesia. Serat ini banyak digunakan untuk tali temali, membuat jaring jala, sapu, keset, serta produk kerajinan komersial yang lain, karena sifatnya yang kuat, tidak mulur, dan tahan terhadap air laut. (Yudhanto, Ferriawan dkk. 2016).

Berdasarkan penelitian Ferriawan Yudhanto, Andika Wisnujati, dan Kusmono, yaitu pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan tarik dan *wettability* serat alam *Agave Sisalana Perrine*. Perlakuan 5% NaOH selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Matrik yang digunakan, yaitu *unsaturated polyester (UPRs)* ditambah dengan *methyl-ethyl-keton peroxide (MEKPO)* sebagai katalis. Perendaman mengakibatkan lapisan *wax* pada serat sisal hilang, sehingga mengakibatkan kekasaran permukaan (*surface roughness*) pada serat meningkat dan menaikkan indeks kristalinitas (*crystallinity index*) selulosa serat. Kedua hal ini akan meningkatkan ikatan *interfacial bonding* antara serat dengan matrik. (Yudhanto, Ferriawan dkk. 2016).

Setelah dilakukan pengamatan dan pengukuran *droplet*, spesimen uji droplet sebanyak 20 buah tetesan masing-masing waktu perendaman. Hasil pengujian menunjukkan tidak ada serat yang menyebar merata (*spreading*) $0^\circ < \theta < 10^\circ$ dan tidak ada serat yang menunjukkan tidak mempunyai kemampuan basah atau $65^\circ < \theta < 90^\circ$. Semua foto *droplet* ditransfer ke aplikasi program *imageJ* dan secara otomatis kita dapat melakukan pengukuran sudut dengan ketelitian lebih baik. Komposit serat sisal dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam mempunyai nilai sudut dengan *range* $30^\circ < \theta < 44^\circ$ dan tingkat mampu basah

sedang. Komposit serat sisal dengan perlakuan 5% NaOH selama 4 jam mempunyai mampu basah (*wettability*) yang paling optimal dengan *range* $10^{\circ} < \theta < 29^{\circ}$. Komposit serat sisal tanpa perlakuan (*untreated*) NaOH mempunyai bentuk *clam-shell* dengan tingkat *wettability* yang sedang cenderung mendekati rendah. Bentuk *droplet clam-shell* juga ditemukan pada perlakuan 5% NaOH selama 6 jam dan 8 jam dengan sudut kontak $45^{\circ} < \theta < 64^{\circ}$, karena selulosa pada serat rusak. Secara umum hasil pengukuran sudut kontak (θ) dapat digunakan untuk mengukur besaran tegangan permukaan serat dengan *matrix droplet*. Jadi, dapat disimpulkan semakin tinggi nilai $\cos \theta$, semakin tinggi tegangan permukaan serat dengan matrik *polyester*. (Yudhanto, Ferriawan dkk. 2016).

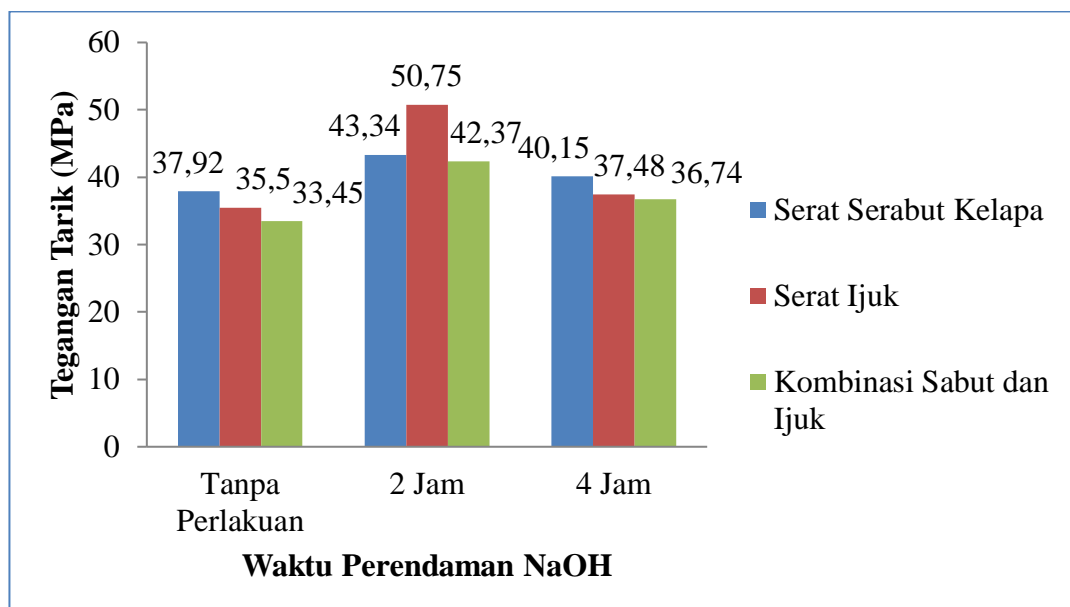
Setelah dilakukan pengujian XRD menunjukkan nilai *Crystallinity Index* (CI) pada uji XRD diindikasikan dari jumlah indeks kristalinitas selulosa dibandingkan dengan jumlah keseluruhan *amorphous material* (hemiselulosa dan lignin) pada serat alam. Pada penelitian serat kulit pohon kurma didapatkan kenaikan CI sebesar 18,6%. Apabila CI naik, maka kekuatan tarik (*tensile strength*) serat akan naik. (Yudhanto, Ferriawan dkk. 2016).

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan pengaruh perlakuan 5% NaOH selama 4 jam pada komposit serat tunggal sisal akan meningkatkan CI pada selulosa akibat hilangnya lapisan hemiselulosa, pektin, dan lignin pada serat. CI yang meningkat akan mengakibatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas naik. Hasil dari uji tarik menunjukkan kenaikan kekuatan tarik komposit serat sisal sebesar 40% dan modulus elastisitas sebesar 26%, sedangkan perlakuan NaOH yang terlalu lama, yaitu 6-8 jam akan menimbulkan kerusakan pada

selulosa di dalam serat, sehingga mengakibatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas turun sebesar 45%. (Yudhanto, Ferriawan dkk. 2016).

2.10 Perlakuan Alkali Serat Serabut Kelapa dan Ijuk

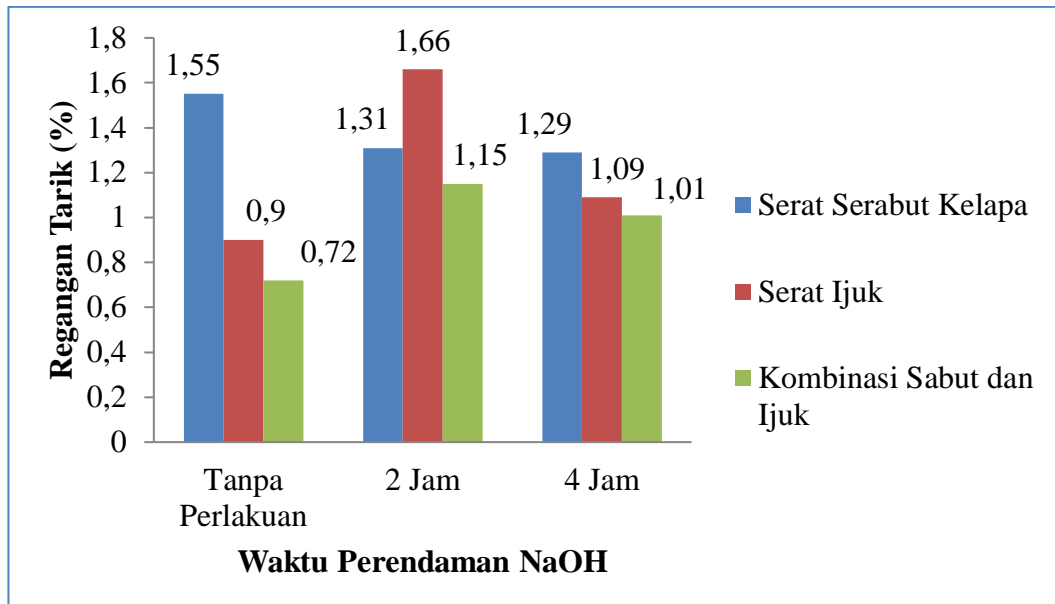
Serat serabut kelapa dan ijuk diharapkan dapat menjadi bahan baku alternatif sebagai penguat komposit, karena populasi tanaman pohon kelapa dan aren sangat besar, khususnya di Sumatera Barat. Serat ini mulai dilirik penggunaannya, karena mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*), serta tidak membahayakan kesehatan, sehingga pemanfaatannya terus dikembangkan agar dihasilkan komposit yang lebih baik. (Nurfajri dkk. 2019).



Gambar 3.5 Diagram Hubungan Tegangan Tarik dengan Waktu Perendaman NaOH pada Komposit Serat Serabut Kelapa dan Ijuk

Berdasarkan penelitian Nurfajri dan Arwizet K, yaitu analisis kekuatan tarik komposit serabut kelapa dan ijuk dengan perlakuan NaOH. Perlakuan 5% NaOH selama 2 jam, 4 jam, dan tanpa perlakuan NaOH. Matrik yang digunakan,

yaitu resin *polyester* 157 BQTN. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up*. Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik *Monsanto Tensometer Education Kit*. (Nurfajri dkk. 2019).



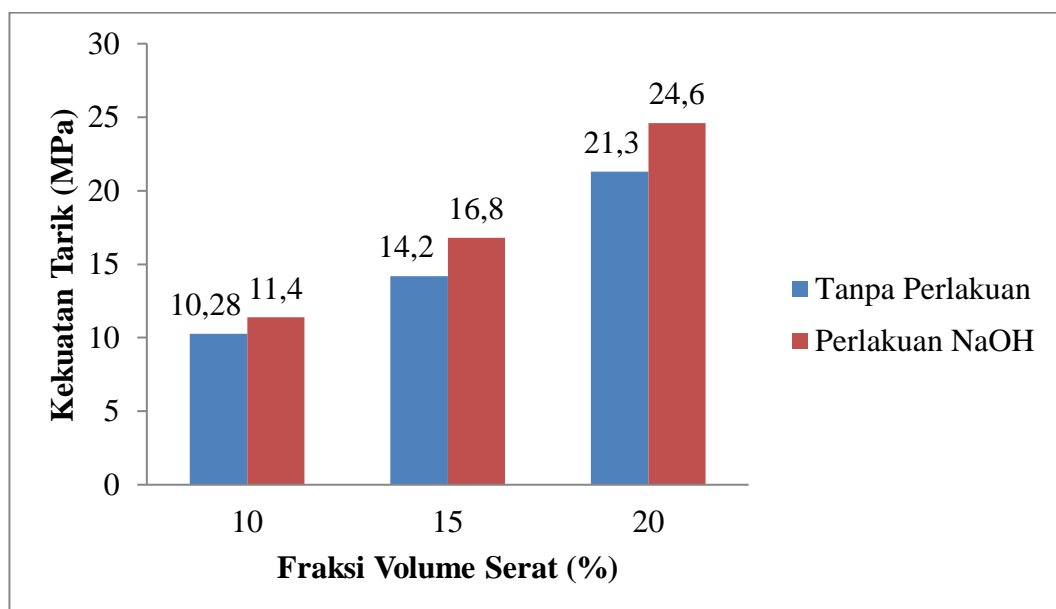
Gambar 3.6 Diagram Hubungan Regangan Tarik dengan Waktu Perendaman NaOH pada Komposit Serat Serabut Kelapa dan Ijuk

Berdasarkan data hasil pengujian tarik menunjukkan tegangan tarik optimum pada komposit serat ijuk dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam sebesar 50,75 MPa dibandingkan dengan komposit serat serabut kelapa dan kombinasi serabut kelapa dan ijuk, sedangkan tegangan tarik terendah pada komposit kombinasi serat serabut kelapa dan ijuk tanpa perlakuan NaOH sebesar 33,45 MPa. Hasil pengujian menunjukkan perlakuan NaOH dapat meningkatkan daya serap serat terhadap matrik dan dapat membersihkan kotoran yang menghalangi ikatan antara serat dengan matrik. Perlakuan NaOH dapat memperbaiki ikatan antara serat dengan matrik, sehingga menaikkan sifat mekanis

komposit serat serabut kelapa, ijuk, dan kombinasi serat serabut kelapa dan ijuk. Kadar NaOH yang tinggi dan waktu perendaman yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa, sehingga serat menjadi rapuh dan mudah putus. Komposit tanpa perlakuan NaOH, ikatan antara serat dengan matrik kurang sempurna, karena terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin pada permukaannya. (Nurfajri dkk. 2019).

2.11 Perlakuan Alkali Serat Batang Pisang

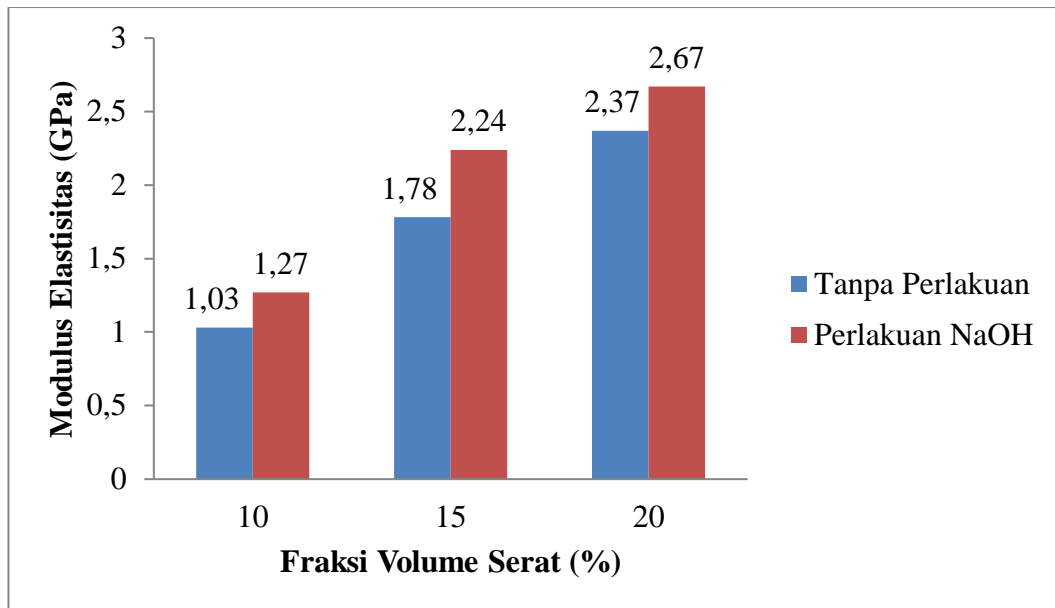
Berdasarkan penelitian Kristomus Boimau, Jermias M. Pell, Jefri S. Bale, dan Paulus Woru, yaitu pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan tarik komposit poliester berpenguat serat anyaman batang pisang. Perlakuan 5% NaOH. Matrik yang digunakan, yaitu *polyester*. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM 0638-2 dengan fraksi volume serat sebesar 10%, 15%, dan 20%.



Gambar 3.7 Diagram Hubungan Kekuatan Tarik dengan Fraksi Volume Serat Pada Komposit Serat Batang Pisang

Serat dengan perlakuan 5% NaOH selama 3 jam tampak lebih bersih dari serat tanpa perlakuan NaOH, karena lignin, getah, dan kotoran yang menempel pada serat telah terlepas dari permukaan serat. Serat yang pada awalnya berwarna coklat gelap berubah menjadi lebih terang. (Boimau, Kristomus dkk. 2019).

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada komposit serat batang pisang dengan perlakuan 5% NaOH pada fraksi volume serat 20% sebesar 24,6 MPa dan kekuatan tarik terendah pada fraksi volume serat 10% tanpa perlakuan NaOH sebesar 10,28 MPa. Komposit dengan perlakuan NaOH mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit tanpa perlakuan NaOH, karena serat dengan perlakuan NaOH mempunyai permukaan yang bersih dan kasar, sehingga ikatan *interfacial* antara serat dengan matrik lebih kuat dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan NaOH. Kekuatan tarik cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat. Ketika komposit tersebut diberikan pembebanan tarik, maka tegangan tarik akan terdistribusi secara merata ke seluruh serat sebelum terjadi patahan, maka komposit yang mempunyai volume serat yang lebih banyak akan menerima beban yang lebih kecil, sehingga kekuatannya lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang mempunyai volume serat yang lebih sedikit akan menerima beban yang lebih besar. Semakin rendah regangan tarik, maka tegangan tarik semakin tinggi. Semakin tinggi regangan tarik, maka tegangan tarik semakin rendah. Komposit serat batang pisang dengan fraksi volume serat 20% mempunyai regangan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan fraksi volume serat 10%. (Boimau, Kristomus dkk. 2019).



Gambar 3.8 Diagram Hubungan Modulus Elastisitas dengan Fraksi Volume Serat pada Komposit Serat Batang Pisang

Modulus elastisitas tertinggi pada komposit serat batang pisang dengan perlakuan 5% NaOH pada fraksi volume serat 20% dan modulus elastisitas terendah pada fraksi volume serat 10%, karena modulus elastisitas berbanding lurus dengan tegangan tarik, sehingga tegangan tarik memberikan dampak yang signifikan terhadap modulus elastisitas. (Boimau, Kristomus dkk. 2019).

2.12 Perlakuan Alkali Serat Mendong

Tanaman mendong (*Fimbristylis Globulosa*) tumbuh di lahan basah, di daerah berlumpur, dan mempunyai air yang cukup. Hasil utama tanaman mendong adalah berupa batang serta tangkai bunga yang dikenal dengan istilah “mendong”. Jenis tanaman rumput yang mempunyai serat yang cukup kuat. Oleh karena itu, mendong digunakan sebagai bahan baku industri kerajinan yang

hasilnya dapat berupa dompet, tas, topi, taplak meja, dan tikar. Pemanfaatan serat mendong sebagai penguat komposit akan mampu meningkatkan nilai tambah dari tanaman mendong. (Witono, Kris dkk. 2013).

Berdasarkan penelitian Kris Witono, Yudy Surya Irawan, Rudy Soenoko, dan Heru Suryanto, yaitu pengaruh perlakuan NaOH terhadap morfologi dan kekuatan tarik serat mendong. Perlakuan NaOH 2,5%, 5%, dan 7,5% selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam, serta membandingkan hasilnya dengan serat mendong tanpa perlakuan NaOH. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik serat mendong dengan variabel terkontrol berupa temperatur proses perlakuan dijaga agar tetap pada suhu kamar ($\pm 26^{\circ}\text{C}$). Densitas serat mendong sebesar $0,892 \text{ g/cm}^3$. (Witono, Kris dkk. 2013).

Tabel 1. Data Uji Tarik Komposit Serat Mendong

Kode	Beban Tarik Maks (N)	Diameter (mm)	Kekuatan Tarik Maks (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (GPa)
Tanpa Perlakuan	0,384	0,034	424,884	2,73	17,400
2,5 NaOH; 2 Jam	0,390	0,032	468,847	2,79	16,891
2,5 NaOH; 4 Jam	0,411	0,033	474,064	2,80	20,529
2,5 NaOH; 6 Jam	0,405	0,033	465,020	2,58	18,822
5 NaOH; 2 Jam	0,293	0,027	497,336	2,53	20,359
5 NaOH; 4 Jam	0,358	0,031	463,007	2,78	19,705

5 NaOH; 6 Jam	0,357	0,031	459,308	2,82	17,147
7,5 NaOH; 2 Jam	0,265	0,026	481,350	2,90	18,640
7,5 NaOH; 4 Jam	0,280	0,028	419,571	2,77	16,985
7,5 NaOH; 6 Jam	0,277	0,029	414,960	3,03	15,249

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik meningkat pada waktu perendaman 2 jam, kemudian menurun kecuali pada perlakuan 2,5% NaOH yang meningkat pada waktu perendaman 4 jam. Komposit serat mendong mempunyai kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 5% NaOH selama 2 jam sebesar 497,34 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan NaOH dengan waktu perendaman lebih dari 2 jam menjadi tidak efektif, karena unsur selulosa mulai terlarut, sehingga kekuatannya mulai menurun. *Modulus young* meningkat pada waktu perendaman 2 jam, kemudian menurun kecuali pada perlakuan 2,5% NaOH yang meningkat pada waktu perendaman 4 jam. Elongasi mengalami penurunan terendah atau terjadi kegetasan tertinggi pada komposit serat mendong dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam, sehingga kekuatan tarik tertinggi ada pada kondisi tersebut. (Witono, Kris dkk. 2013).

Uji statistik terhadap data hasil pengujian kekuatan tarik komposit serat mendong menggunakan analisis varian dua arah menunjukkan variasi waktu perendaman, variasi persentase kadar NaOH, dan interaksi variasi persentase

kadar dan waktu perendaman berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik komposit serat mendong. (Witono, Kris dkk. 2013).

Setelah dilakukan pengujian SEM menunjukkan morfologi komposit serat mendong dengan perlakuan NaOH lebih kasar daripada komposit serat mendong tanpa perlakuan NaOH. Semakin tinggi kadar NaOH, maka semakin kasar permukaan serat. Kekasaran permukaan serat mendong terjadi akibat berkurangnya beberapa unsur penyusun serat, yaitu hemiselulosa, lignin, dan lain-lain. (Witono, Kris dkk. 2013).

Setelah dilakukan pengujian fraktografi untuk menentukan jenis patahan yang terjadi pada masing-masing spesimen. Patahan komposit serat mendong tanpa perlakuan NaOH berbentuk patahan ulet. Patahan komposit serat mendong dengan perlakuan NaOH selama 2 jam berubah menjadi patahan getas. Patahan komposit serat mendong dengan perlakuan NaOH selama 4 jam dan 6 jam berubah menjadi patahan ulet kembali. Jadi, perlakuan NaOH lebih dari 2 jam tidak terlalu efektif, karena semakin ulet patahan yang terjadi berarti semakin rendah kekuatannya. (Witono, Kris dkk. 2013).

Kekuatan tarik komposit serat mendong meningkat setelah diberikan perlakuan NaOH, karena adanya peningkatan kekakuan serat. Kekakuan serat meningkat, karena peningkatan kandungan selulosa dan berkurangnya kandungan unsur lain, yaitu hemiselulosa, lignin, dan lain-lain. Pada waktu perendaman 2 jam, hanya terjadi pelarutan unsur-unsur selain unsur selulosa, yaitu hemiselulosa, lignin, pektin, dan lain-lain. Hal tersebut akan meningkatkan kekakuan serat,

sedangkan pada waktu perendaman 4 jam dan 6 jam, unsur selulosa mulai ikut terlarut, sehingga kekakuan serat akan menurun. (Witono, Kris dkk. 2013).

Komposit serat mendong dengan perlakuan 7,5% NaOH selama 4 jam terjadi penurunan kekuatan tarik di bawah kekuatan tarik komposit serat mendong tanpa perlakuan NaOH. Hal tersebut menunjukkan adanya kerusakan pada unsur selulosa akibat terlalu tinggi kadar NaOH dan terlalu lama waktu perendaman dalam larutan NaOH, sehingga disarankan untuk tidak melarutkan serat mendong pada larutan 7,5% NaOH dan waktu perendaman lebih dari 4 jam. (Witono, Kris dkk. 2013).

2.13 Perlakuan Alkali Serat Sabut Kelapa

Berdasarkan penelitian Yudha Yoga Pratama, R. Hari Setyanto, dan Ilham Priadythama, yaitu pengaruh perlakuan alkali, fraksi volume serat, dan panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit serat sabut kelapa-*polyester*. Perlakuan 5% NaOH selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Panjang serat 10 mm, 20 mm, dan 30 mm. Matrik yang digunakan, yaitu *unsaturated polyester resin (UPRs)* BQTN-EX 157, *hardener metyl etyl keton peroksida* (MEKPO). Pengukuran massa jenis setiap waktu perendaman sesuai standar ASTM D-3800. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan menggunakan cetakan besi dan alat penekan hidrolik dengan fraksi volume serat 35%, 40%, dan 45%. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638. Pengujian tarik dilakukan menggunakan alat uji tarik *Com Servo*. Hasil patahan spesimen diamati menggunakan foto makro. Data hasil uji tarik dilakukan uji ANOVA untuk melihat pengaruh faktor terhadap kekuatan tarik dan

dilanjutkan uji *Student Newman-Keuls* (SNK). Data dibandingkan dengan nilai tarik minimum *hardboard* berdasarkan ANSI A135.4 2004. (Pratama, Yudha Yoga dkk. 2014).

Tabel 2. Data Uji Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa

Perlakuan Alkali (A)	Panjang Serat (B)								
	10mm (b1)			20mm (b2)			30mm (b3)		
	Volume serat 35%	Volume serat 40%	Volume serat 45%	Volume serat 35%	Volume serat 40%	Volume serat 45%	Volume serat 35%	Volume serat 40%	Volume serat 45%
(c ₁)	(c ₂)	(c ₃)	(c ₄)	(c ₅)	(c ₆)	(c ₇)	(c ₈)	(c ₉)	
1 jam (a1)	17,44	17,68	17,49	16,87	13,43	14,34	11,89	15,70	10,94
	16,25	15,47	15,11	17,57	12,90	14,51	15,37	15,63	12,09
	17,00	17,17	16,60	17,40	11,22	13,97	13,35	17,10	12,37
2 jam (a2)	22,57	19,06	20,25	13,54	14,65	12,51	16,09	12,63	14,28
	20,39	20,04	17,48	11,32	14,50	14,57	15,98	12,95	14,04
	20,76	19,01	19,42	13,04	16,03	12,97	14,87	14,17	13,97
3 jam (a3)	19,07	16,63	17,21	12,57	12,64	15,45	14,36	13,72	12,76
	20,38	16,27	18,11	17,92	14,82	13,72	16,11	14,08	13,84
	19,15	17,18	17,54	16,87	15,56	14,03	15,87	12,76	13,07
4 jam (a4)	18,13	17,47	15,63	16,07	18,69	15,12	15,44	11,20	14,98
	19,66	18,37	16,64	15,62	18,35	14,46	12,84	10,55	12,89
	19,07	18,11	16,09	15,76	17,94	13,71	14,37	11,07	12,94

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik rata-rata tertinggi pada komposit serat sabut kelapa dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam sebesar 15,62 MPa. Kekuatan tarik menurun seiring bertambahnya panjang serat. Serat 10 mm mempunyai kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 18,05 MPa, karena pada proses manufaktur/pembuatan komposit serat pendek lebih mudah untuk ditata dan lebih terdistribusi merata, serta seluruh serat dapat menempel dengan matrik secara sempurna. Serat panjang mempunyai kemungkinan lebih besar terdapat bagian serat yang cacat atau tidak seragam, sehingga mempengaruhi kualitas hasil komposit, berbeda dengan serat pendek yang relatif kualitas seratnya lebih homogen. (Pratama, Yudha Yoga dkk. 2014).

Fraksi volume serat 35% mempunyai kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 16,42 MPa. Semakin besar fraksi volume serat, semakin kecil kekuatan tariknya. Fraksi volume serat yang terlalu besar akan menurunkan kekuatan tarik, karena semakin banyak serat pada komposit, maka komposisi serat akan lebih padat, sehingga mempersulit matrik masuk ke sela-sela serat dan matrik tidak dapat mengikat serat secara sempurna. (Pratama, Yudha Yoga dkk. 2014).

Setelah dilakukan pengamatan permukaan patahan dengan pembesaran 400x. Ada 4 spesimen, yaitu spesimen dengan panjang serat 10 mm dan fraksi volume serat 35% dengan masing-masing perlakuan 5% NaOH selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam, sehingga terlihat perbedaan pengaruh perlakuan NaOH dilihat dari patahannya. (Pratama, Yudha Yoga dkk. 2014).

Komposit serat sabut kelapa dengan perlakuan 5% NaOH selama 1 jam, ikatan antara serat dengan matrik tidak sempurna, karena waktu perendaman 1 jam belum sepenuhnya dapat menghilangkan lapisan yang menyerupai lilin pada permukaan serat. (Pratama, Yudha Yoga dkk. 2014). Kegagalan didominasi oleh ikatan antara serat dengan matrik yang terlepas disebabkan oleh tegangan geser pada permukaan serat disebut *fiber pull out*. Pada kondisi kegagalan ini, serat dan matrik sebenarnya masih mampu menahan beban dan meregang lebih besar. Namun, ikatan antara serat dengan matrik gagal, maka komposit mengalami kegagalan lebih awal. Besarnya tegangan dan regangan ketika gagal juga menjadi lebih rendah. (Diharjo, Kuncoro. 2006).

Komposit serat sabut kelapa dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam merupakan perlakuan yang paling optimum. Patahan uji tarik terlihat lebih sedikit

fiber pull out menunjukkan bahwa ikatan antara serat dengan matrik lebih baik dan sudah mampu menghilangkan lapisan lilin yang melapisi permukaan serat. (Pratama, Yudha Yoga dkk. 2014). Komposit serat sabut kelapa dengan perlakuan 5% NaOH selama 3 jam dan 4 jam. Kedua variasi terlihat lebih sedikit lagi *fiber pull out* yang terjadi dibandingkan dengan perlakuan 5% NaOH selama 1 jam dan 2 jam, karena lapisan lilin sudah benar-benar hilang. (Pratama, Yudha Yoga dkk. 2014). Waktu perendaman yang terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa, padahal selulosa sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. (Diharjo, Kuncoro. 2006).

2.14 Perlakuan Alkali Serat Nanas-nanasan

Tanaman sejenis nanas liar (*Bromeliaceae*) banyak terdapat di daerah Piyungan kabupaten Gunung Kidul Yogyakarta mempunyai sifat mekanis yang tinggi dan tahan terhadap musim kemarau. Tanaman ini merupakan salah satu jenis tanaman penghasil serat di bagian daunnya yang tebal. Dahulu, serat tanaman ini dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan tali, karena harga tali plastik jauh lebih murah, akibatnya usaha pembuatan tali dari bahan serat nanas-nanasan menjadi punah. Oleh karena itu, pemanfaatan serat nanas-nanasan sebagai penguat komposit di bidang rekayasa merupakan salah satu gagasan kreatif yang patut dikembangkan. (Nuri, Sigit Hidayat dkk. 2006).

Berdasarkan penelitian Sigit Hidayat Nuri, Totok Suwanda, dan Kuncoro Diharjo, yaitu kajian komprehensif pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan komposit berpenguat serat nanas-nanasan (*Bromeliaceae*). Perlakuan 5% NaOH

selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Matrik yang digunakan, yaitu *unsaturated polyester* tipe 157 BQTN. *Hardener* MEKPO (*metil etil keton peroksida*) 1%. Komposit dibuat menggunakan metode cetak tekan untuk variasi V_f antara 30-60% pada kisaran fraksi massa serat 15-50%. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638. Semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 50°C selama 4 jam. Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik *Servopulser* yang dilengkapi dengan memasang *extensometer*. Hal ini dilakukan agar perpanjangan yang terukur oleh *extensometer* adalah sepanjang *gage length*, yaitu 50 mm. Penampang patahan diamati menggunakan foto makro untuk menyelidiki mekanisme perpatahannya. Massa jenis serat nanas-nanasan sekitar 1,5 gr/cm³. (Nuri, Sigit Hidayat dkk. 2006).

Setelah dilakukan pengujian tarik didapatkan data hasil pengujian tarik komposit dengan sebaran data yang cukup lebar. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti orientasi serat yang tidak seragam, adanya serat yang terputus di tengah spesimen, kekuatan yang tidak merata di sepanjang serat, dan distribusi serat yang tidak merata. Secara teoritis, peningkatan kadar serat (V_f) akan meningkatkan kekuatan tarik komposit. Pada V_f di atas 30%, komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan 5% NaOH selama 4 jam mempunyai *trend* tegangan tarik tertinggi. Kekuatan tarik terendah pada komposit serat nanas-nanasan tanpa perlakuan NaOH. Kekuatan tarik komposit yang tinggi disebabkan oleh semakin kuat ikatan (*mechanical interlocking*) antara serat dengan matrik, karena hilangnya lapisan pelindung yang menyerupai lilin pada permukaan serat akibat perlakuan NaOH. Lapisan pelindung tersebut merupakan lapisan mikro

yang memisahkan permukaan serat dengan matrik, sehingga tingkat kerekatan antara serat dengan matrik rendah. (Nuri, Sigit Hidayat dkk. 2006).

Komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam dan 4 jam mempunyai modulus elastisitas lebih tinggi. Komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan 5% NaOH selama 6 jam, 8 jam, dan tanpa perlakuan NaOH mempunyai modulus elastisitas lebih rendah, karena kenaikan kurva tegangan sebagai fungsi V_f yang tidak terlalu tinggi, tetapi mempunyai regangan tarik yang lebih besar. Regangan tarik tertinggi pada komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan 5% NaOH selama 6 jam. Jadi, semakin lama waktu perendaman, maka regangan tarik akan semakin tinggi, karena ikatan antara serat dengan matrik sangat kuat, sehingga serat dapat meregang lebih panjang bersama-sama dengan matrik. Namun, serat tersebut menjadi rapuh, sehingga beban yang diterima oleh matrik lebih dominan. (Nuri, Sigit Hidayat dkk. 2006).

Komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam dan 4 jam mempunyai ikatan yang kuat dan serat belum mengalami degradasi, sehingga beban yang ditahan oleh serat lebih dominan. Tegangan tarik yang mampu ditahan lebih tinggi, tetapi regangan tarik serat lebih pendek, maka regangan patah kompositnya lebih rendah. Khusus pada komposit tanpa perlakuan NaOH, regangan komposit lebih didominasi oleh matrik, karena kekuatan ikatan antara serat dengan matrik rendah. Akibatnya, regangan tarik pada berbagai variasi fraksi volume serat relatif konstan. (Nuri, Sigit Hidayat dkk. 2006).

Setelah dilakukan pengamatan patahan uji tarik komposit serat nanas-nanasan menunjukkan jenis patahan *splitting in multiple area* sesuai standar

ASTM D-3039, jenis patahan ini mempunyai sifat mekanis yang tinggi. Sifat mekanis komposit tersebut mengindikasikan merata di semua bagian, sehingga terjadi pada area yang lebih luas pada permukaan spesimen. Namun, patahan uji tarik komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan 5% NaOH selama 8 jam menunjukkan jenis patahan patah tunggal (*single fracture*). Jenis patahan ini mempunyai sifat mekanis yang rendah. Pengamatan pada area patahan uji tarik komposit serat nanas-nanasan tanpa perlakuan NaOH terlihat adanya *fiber pull out*, karena lemahnya *mechanical interlocking* antara serat dengan matrik yang terhalang oleh lapisan pelindung permukaan serat yang menyerupai lilin. Kompatibilitas ikatan antara serat dengan matrik meningkat pada perlakuan 5% NaOH selama 2 jam dan 4 jam. Kompatibilitas ikatan ditunjukkan oleh tidak adanya *fiber pull out*, tetapi tetap mempunyai jenis patahan *splitting in multiple area*. (Nuri, Sigit Hidayat dkk. 2006).

2.15 Perlakuan Alkali Serat Bambu Tali

Tanaman bambu tali tumbuh subur di daerah pulau Jawa, sehingga kegunaan atau manfaat tanaman bambu masih bisa dimaksimalkan dan dapat menjadi pengganti logam dan kayu yang semakin berkurang ketersediaannya, serta hasilnya bisa merubah pendapatan si penanam bambu. (Kosjoko. 2014).

Berdasarkan penelitian Kosjoko, yaitu pengaruh perendaman (NaOH) terhadap kekuatan tarik dan *bending* bahan komposit serat bambu tali (*Gigantochloa Apus*) bermatrik *polyester*. Perlakuan 5% NaOH selama 120 menit. Matrik *polyester* tipe 157 BTQN dengan variasi fraksi volume serat 20%, 30%, dan 40%. *Hardener* yang digunakan adalah MEKPO. Komposit dibuat

menggunakan metode *hand lay-up* dengan orientasi satu arah serat bambu tali. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D 638-03 dan uji *bending* sesuai standar ASTM 790-03. Penggunaan satu arah serat menjadi permasalahan untuk dapat meningkatkan sifat mekanik yang maksimal pada komposit. (Kosjoko. 2014).

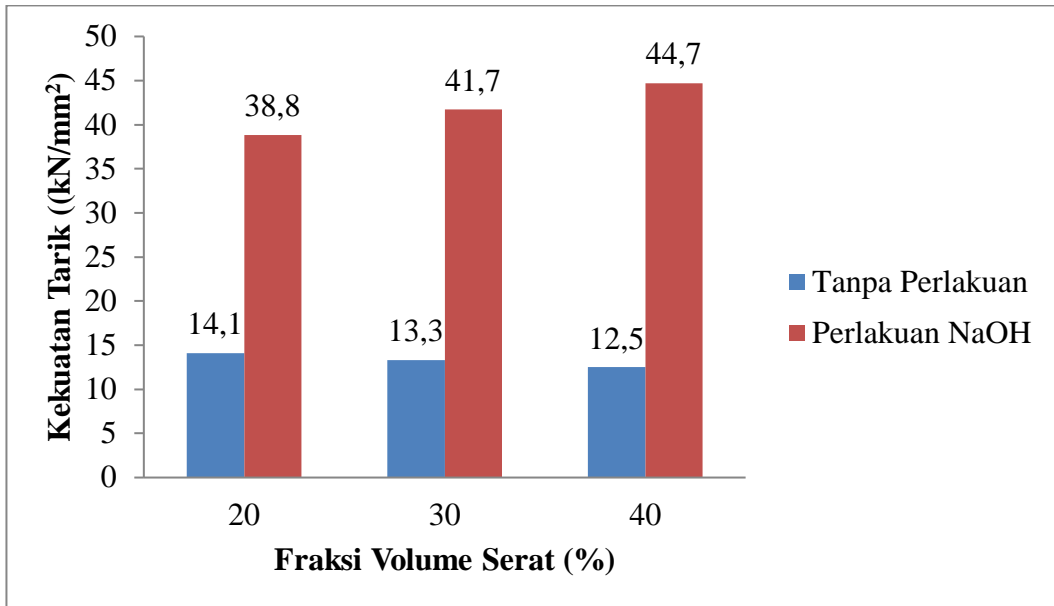
Tabel 3. Data Uji Tarik Komposit Serat Bambu Tali

No	Perlakuan	Fraksi Volume 20%	Fraksi Volume 30%	Fraksi Volume 40%
1	Tanpa Perlakuan	14,1 kN	13,3 kN	12,5 kN
2	Perlakuan NaOH	38,8 kN	41,7 kN	44,7 kN

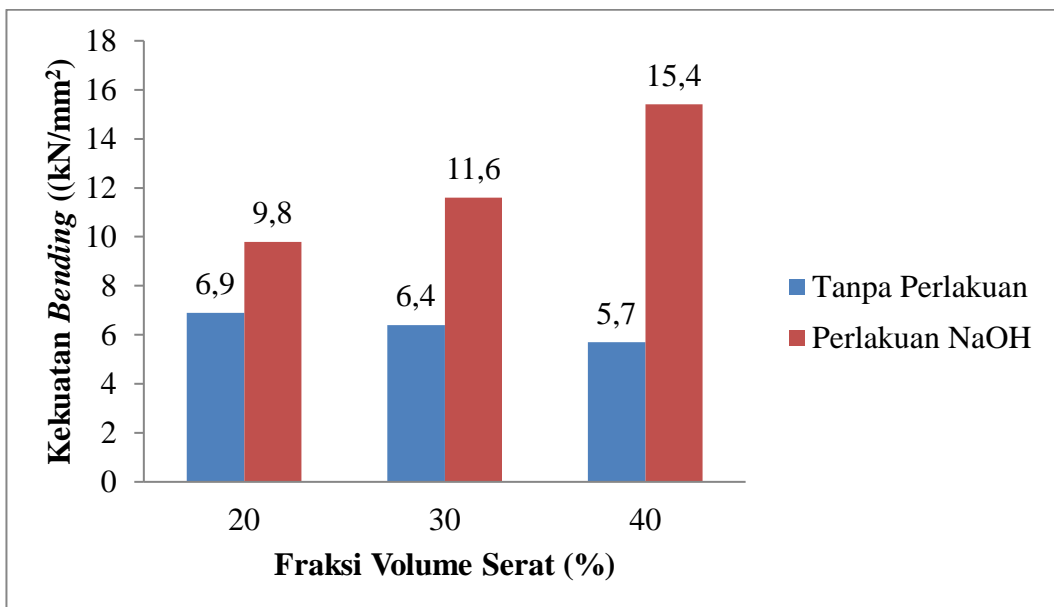
Tabel 4. Data Uji *Bending* Komposit Serat Bambu Tali

No	Perlakuan	Fraksi Volume 20%	Fraksi Volume 30%	Fraksi Volume 40%
1	Tanpa Perlakuan	6,9 kN	6,4 kN	5,7 kN
2	Perlakuan NaOH	9,8 kN	11,6 kN	15,4 kN

ikatan yang kuat dan serat belum mengalami degradasi, sehingga beban yang ditahan oleh serat lebih dominan. Tegangan tarik yang mampu ditahan lebih tinggi, tetapi regangan tarik serat lebih pendek, maka regangan patah kompositnya lebih rendah. Khusus pada komposit tanpa perlakuan NaOH, regangan komposit lebih didominasi oleh matrik.



Gambar 3.9 Diagram Hubungan Kekuatan Tarik dengan Fraksi Volume Serat pada Komposit Serat Bambu Tali



Gambar 3.10 Diagram Hubungan Kekuatan *Bending* dengan Fraksi Volume Serat pada Komposit Serat Bambu Tali

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik dan kekuatan *bending* tertinggi pada komposit serat bambu tali dengan perlakuan 5% NaOH selama 120 menit dengan fraksi volume serat 40% masing-masing sebesar 44,7 kN/mm² dan 15,4 kN/mm². (Kosjoko. 2014).

2.16 Perlakuan Alkali Serat Jelatang

Jelatang mempunyai serat pada kulit batang dan cocok untuk budidaya di Eropa Tengah dan Asia. Jelatang tumbuh subur di Bali khususnya daerah Payangan yang dingin. Suatu penanganan khusus diperlukan untuk mendapatkan kekuatan tarik tinggi dan serat halus. Jelatang ialah tanaman tahunan yang dapat hidup selama 1 sampai 2 tahun atau lebih. Tanaman jelatang membutuhkan kotoran ternak untuk dapat tumbuh dengan subur. (Indrawan, I Kadek dkk. 2018).

Berdasarkan penelitian I Kadek Indrawan, I Gede Putu Agus Suryawan, dan I Ketut Suarsana, yaitu pengaruh NaOH dan fraksi berat serat jelatang pada komposit *epoxy* terhadap kekuatan tarik. Perlakuan NaOH 3%, 6%, dan 9% dengan komposisi perbandingan *epoxy* dengan serat 75% : 25%, 80% : 20%, dan 85% : 15%. Fraksi berat serat 15%, 20%, dan 25%. Panjang batang minimal 500 mm. Matrik yang digunakan, yaitu *epoxy*. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up*. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638. Alat uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan JOEL JSM 6510LA buatan Jepang. (Indrawan, I Kadek dkk. 2018).

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik komposit serat jelatang dengan perlakuan 3% dan 6% NaOH mengalami kenaikan seiring

bertambahnya fraksi berat serat. Kekuatan tarik komposit serat jelatang dengan perlakuan 9% NaOH pada fraksi berat serat 15% mengalami kenaikan sampai fraksi berat serat 20%, lalu mengalami penurunan pada fraksi berat serat 25%. Komposit serat jelatang mempunyai kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 9% NaOH dengan fraksi berat serat 20% sebesar 12,172 MPa dan kekuatan tarik terendah pada perlakuan 6% NaOH dengan fraksi berat serat 15% sebesar 9,886 MPa. Komposit serat jelatang mempunyai kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan komposit matrik murni. (Indrawan, I Kadek dkk. 2018).

Kekuatan tarik menurun disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu kandungan *void* yang terbentuk pada saat pencetakan, sehingga terdapat ruang kosong yang berisi udara, ketidakhomogen antara serat dengan matrik, karena komposit merupakan gabungan dua atau lebih bahan-bahan yang mempunyai komposisi dan bentuk yang berbeda, dan masih tersisa lapisan lilin yang melapisi serat, sehingga mengurangi daya ikat antara serat dengan matrik. Regangan tarik optimal pada komposit tanpa penguat serat. Komposit serat jelatang mempunyai regangan tarik terendah pada perlakuan 9% NaOH dengan fraksi berat serat 15%. (Indrawan, I Kadek dkk. 2018).

Setelah dilakukan pengujian SEM untuk menganalisa penyebab terjadinya patahan. Sebelum dilakukan pengujian SEM material dipotong dahulu dengan dimensi 5 mm x 5 mm agar dapat masuk ke dalam alat uji. Serat yang tidak merata pada saat pencetakan komposit, ada bagian yang sangat banyak terdapat serat di beberapa bagian, serta ada juga yang tidak terdapat serat di dalam satu buah komposit tersebut. Serat putus disebabkan oleh batas kekuatan dari serat dan

ikatan yang kuat antara serat dengan matrik ditunjukkan dengan patahnya komposit secara rata pada permukaan, sehingga serat terlepas dari ikatan matrik. *Good bonding* yang terjadi disebabkan oleh serat terlepas dari matrik yang menyebabkan terbentuknya lubang pada matrik. (Indrawan, I Kadek dkk. 2018).

Void pada komposit, karena ada udara yang terperangkap dalam proses pencetakan yang sangat mempengaruhi kekuatan tarik. *Pull out* pada komposit, karena ikatan antara serat dengan matrik tidak kuat, sehingga serat terlepas dari ikatan matrik. Pada kondisi kegagalan ini, serat dan matrik sebenarnya masih mampu menahan beban dan meregang lebih besar. Namun, ikatan antara serat dengan matrik gagal, maka komposit mengalami kegagalan lebih awal. Besarnya tegangan dan regangan ketika gagal juga menjadi lebih rendah. Perlakuan NaOH menyebabkan ikatan antara serat dengan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kegagalan dapat terjadi secara bersama-sama. (Indrawan, I Kadek dkk. 2018).

2.17 Perlakuan Alkali Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Serat tandan kosong kelapa sawit jarang sering dilihat hanya sebagai limbah dari tanaman kelapa sawit yang hanya diambil minyaknya saja. Tandan kosong kelapa sawit terdapat di Indoneisa dimanfaatkan sebagai bahan *pulp* kertas, papan serat, dan pengisi volume bahan *furniture*. Pengolahan serat TKKS dimulai dari proses pengambilan sampel, kemudian ditimbang beratnya sebelum diberikan perlakuan perebusan dan pengukusan. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) mempunyai komposisi yang bermacam-macam, tetapi ada 2 komposisi yang paling besar, yaitu lignin dan selulosa. Lignin merupakan lapisan

seperti lapisan lilin yang melekatkan selulosa di dalam serat, sedangkan selulosa merupakan bagian penyusun dari serat. Komposisi selulosa yang banyak dan lignin yang sedikit, maka serat tandan kosong kelapa sawit layak dan efisien untuk digunakan, karena *nanofibres* selulosa yang berasal dari tanaman berpotensi untuk diekstraksi ke dalam serat yang lebih tipis dari selulosa bakteri. (Utomo, Samuel Budi dkk. 2017).

Bising dalam kesehatan kerja diartikan sebagai suara yang dapat menurunkan pendengaran baik secara kuantitatif (peningkatan ambang pendengaran) maupun secara kualitatif (penyempitan spektrum pendengaran), berkaitan dengan faktor intensitas, frekuensi, durasi, dan pola waktu. Bising merupakan polusi yang berpengaruh kurang baik terhadap lingkungan, maka diperlukan cara-cara menanggulangnya dan mengendalikan kebisingan agar tidak mengganggu lagi. Kebisingan di atas 70 dB menyebabkan kegelisahan, kurang enak badan, kejenuhan mendengar, sakit lambung, dan masalah peredaran darah. Kebisingan di atas 85 dB menyebabkan kemunduran serius pada kondisi kesehatan seseorang. Apabila berkepanjangan dapat merusak pendengaran yang bersifat sementara maupun permanen. Tingkat kebisingan yang cukup tinggi dapat menyebabkan ketulian sementara atau permanen terjadi di industri. (Utomo, Samuel Budi dkk. 2017).

Berdasarkan penelitian Samuel Budi Utomo, Moh. Farid, dan Haniffudin Nurdiansah, yaitu analisis proses pengikisan (*bleaching*) dari hasil alkalisasi serat tandan kosong kelapa sawit untuk penguat komposit absorpsi suara. Serat dilakukan proses alkalisasi, serat direaksikan dengan 2% NaOH di atas *hot*

magnetic stirrer selama 3 jam dengan kecepatan sampai 2.000 rpm pada suhu 70°C dan dilakukan pencucian dengan air H₂O. Diameter awal yang didapatkan dari hasil alkalisasi sebesar 107-128 µm. Proses *bleaching* yang dilakukan, yaitu serat hasil alkalisasi dilarutkan dengan 7,2% H₂O₂ ditambahkan dengan 4% NaOH selama 2 jam dengan alat *hot magnetic stirrer* pada suhu 55°C. Proses *bleaching* menyebabkan diameter serat mengalami reduksi dari ukuran 108-115 µm menjadi sekitar 20-30 µm. Hasil *bleaching* diukur pH-nya dan dilakukan proses penetralan agar reaksi dalam serat berhenti, kemudian dikeringkan sampai kadar air hilang dan diambil sedikit untuk dilakukan analisis morfologi. (Utomo, Samuel Budi dkk. 2017).

Analisis morfologi serat dilakukan dengan alat uji SEM untuk mengetahui morfologi dari serat yang sudah diberikan perlakuan *bleaching*. Targetnya adalah pengurangan diameter, karena ada lignin yang hilang. Sampel di-*coating* terlebih dahulu dengan *autofine-coater* JFC-1100 sebelum dimasukkan ke dalam alat uji SEM. Alat itu mampu meng-*coating* 20-30 nm dengan emas selama 2 menit dengan tekanan 4 Pa, *chamber size* 86 mm x 100 mm dengan dinding kaca keras, diameter *spray* 20-70 mm, dan suhu kerja 15-30°C dengan kelembapan sampai 70%. Spesimen dilapisi dengan AuPd di dalam *specimen chamber* agar spesimen yang awalnya bersifat tidak konduktor, mampu men-transmisikan *electron* hingga dapat dibaca oleh *detector* pada alat SEM. (Utomo, Samuel Budi dkk. 2017).

Pengujian sesuai standar ASTM E-986. Alat SEM yang digunakan adalah *Inspect S50* dengan banyak kelebihan, seperti penggunaan yang mudah, dapat mengkarakterisasi bahan konduktor maupun non konduktor, stabil pada arus

penembakan yang tinggi (sampai dengan 2 μA) dengan tegangan 200-300 kV, pembesaran dari 13 sampai 1.000.000x, *multi-sub sample holder* dengan hasil gambar yang akurat, dan dapat mengkarakterisasi permukaan material dengan berbagai macam perlambatan cahaya untuk mendapatkan hasil yang tajam dan akurat. (Utomo, Samuel Budi dkk. 2017).

Setelah dilakukan pengujian SEM, hasil morfologi yang didapatkan, yaitu diameter serat tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan sebesar 20-30 μm setelah diberikan perlakuan *bleaching*. Pengurangan kembali diameter serat, karena serat bereaksi dengan H_2O_2 dan NaOH . Reaksi tersebut menjelaskan bahwa penambahan H_2O_2 bereaksi dengan lignin pada serat yang sudah diberikan perlakuan alkalisasi dan memutuskan ikatan pada atom O, kemudian atom O berikatan dengan unsur C yang terdapat di dalam cincin benzene pada senyawa lignin. Saat ikatan-ikatan O melepas ikatan lainnya dan berikatan dengan cincin benzene, maka lignin tereduksi dan ukurannya menjadi lebih kecil lagi. Hasil SEM menunjukkan bahwa diameter serat tereduksi berarti hasil pengujian sesuai dengan teori bahwa reaksi *bleaching* dapat menghilangkan lignin. (Utomo, Samuel Budi dkk. 2017).

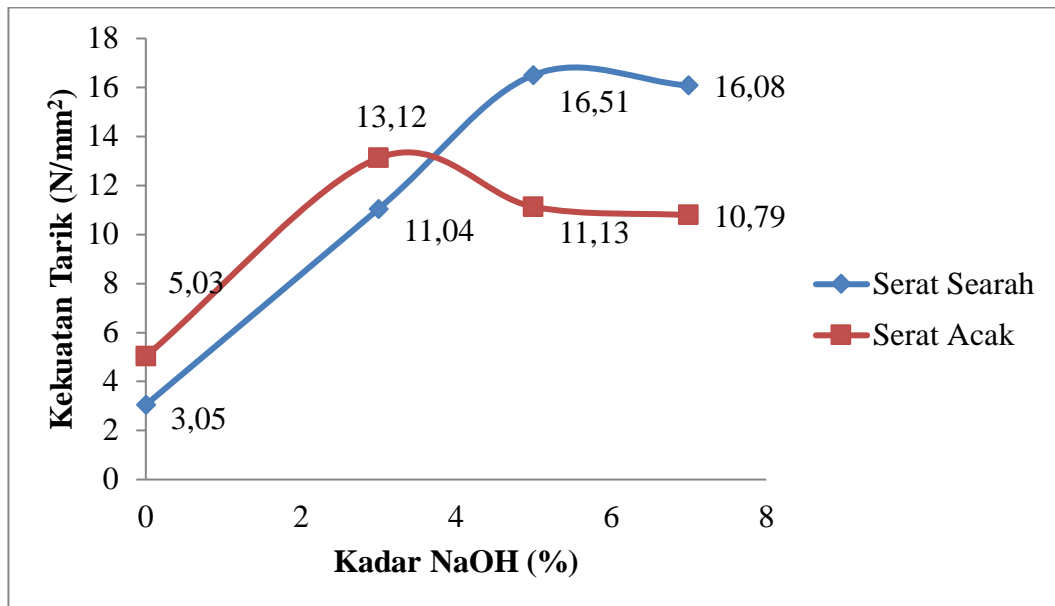
Penelitian ini cukup membuktikan bahwa pereduksian diameter dengan proses *bleaching* mengalami keberhasilan. Pembuatan komposit yang dapat mengabsorpsi suara belum dapat dilakukan pada penelitian ini. Penelitian ini dapat menunjang untuk penelitian selanjutnya, yaitu pembuatan komposit absorpsi suara dengan penguat dari serat tandan kosong kelapa sawit. (Utomo, Samuel Budi dkk. 2017).

2.18 Perlakuan Alkali Serat Ampas Tebu

Berdasarkan penelitian Wike Wiranda dan Mukti Hamzah Harahap, yaitu pengaruh perendaman *filler* serat ampas tebu dengan variasi kadar NaOH terhadap sifat mekanik komposit resin *polyester*. Perlakuan NaOH 0%, 3%, 5%, dan 7% selama 1 jam dengan penyusunan serat ampas tebu model searah dan acak. Panjang serat 50 mm dan 20 mm. Matrik yang digunakan, yaitu resin *polyester*. Pencampuran resin dan katalis 1%. Komposit di-*press* menggunakan *hot press* dengan suhu 120°C selama ±30-35 menit, kemudian di-*roller*. Cetakan berukuran 25 cm x 25 cm untuk menentukan ketebalan komposit 4 mm. Komposit dipotong-potong sesuai ukuran uji kekuatan mekanik meliputi pengujian kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan kekuatan impact. (Wiranda, Wike dkk. 2015).

Pengujian tarik dan lentur dilakukan menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*). Pengujian tarik dilakukan hingga spesimen putus. Pada saat pengujian gaya atau tegangan dan perubahan panjang atau regangan di-*monitoring* dan disajikan dalam kurva tegangan-regangan. Posisi spesimen pengujian impact pada tumpuan dengan posisi *horizontal*/mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638, uji lentur dan impact sesuai standar ASTM D-790. (Wiranda, Wike dkk. 2015).

Uji kekuatan tarik untuk mengetahui sifat mekanik komposit. Uji kekuatan lentur untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap pembebanan dan mengetahui keelastisan suatu bahan. Uji kekuatan impact untuk mengetahui ketangguhan suatu bahan terhadap pembebanan dinamis, sehingga dapat diketahui apakah suatu bahan rapuh atau kuat. (Wiranda, Wike dkk. 2015).



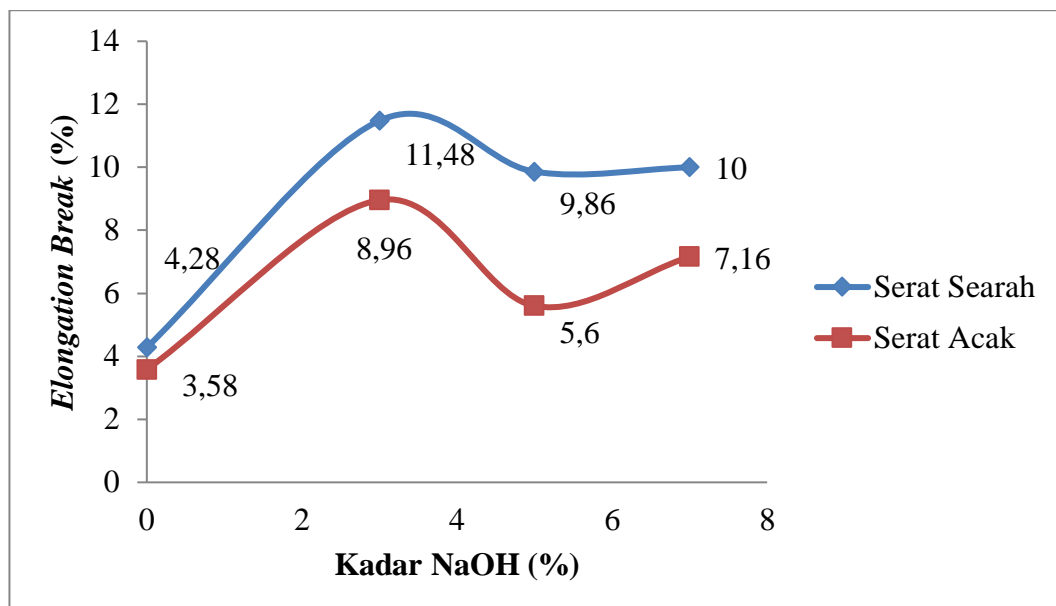
Gambar 3.11 Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Ampas Tebu

Berdasarkan data hasil pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada komposit serat ampas tebu orientasi serat searah dengan perlakuan 5% NaOH sebesar 16,51 N/mm² dan kekuatan tarik terendah pada 0% NaOH sebesar 3,05 N/mm². Komposit tanpa perlakuan NaOH menyebabkan ikatan antara serat dengan matrik menjadi tidak sempurna, karena terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin pada permukaan serat. Ketika diuji tarik kegagalan didominasi oleh ikatan antara serat dengan matrik yang terlepas disebabkan oleh tegangan geser pada permukaan serat disebut *fiber pull out*. Besarnya tegangan dan regangan ketika gagal juga menjadi lebih rendah. (Wiranda, Wike dkk. 2015).

Komposit serat ampas tebu dengan perlakuan 7% NaOH pada orientasi serat searah dan acak mempunyai kekuatan tarik masing-masing sebesar 16,08 N/mm² dan 10,79 N/mm². Pada perlakuan 7% NaOH hemiselulosa, lignin, dan

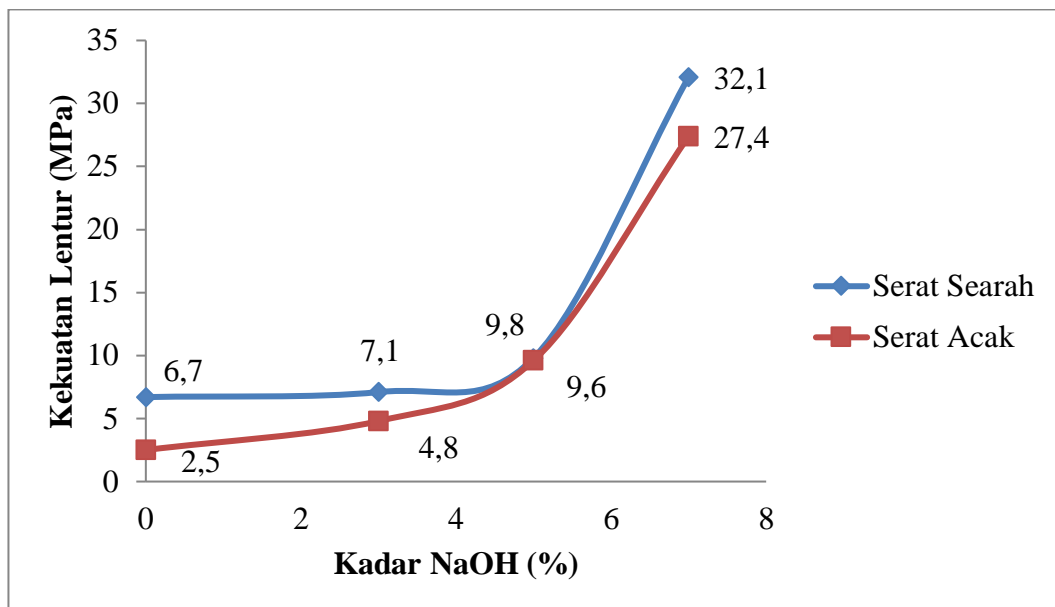
pektin hilang sama sekali, maka kekuatan tarik menurun dibandingkan dengan perlakuan 5% NaOH, karena kumpulan *microfibril* penyusun serat yang disatukan oleh lignin dan pektin akan terpisah, sehingga serat hanya berupa serat-serat halus yang terpisah satu sama lain. (Wiranda, Wike dkk. 2015).

Jika, kadar NaOH terlalu tinggi akan merusak sel-sel serat utamanya, sehingga serat menjadi rapuh, keropos, dan kekuatannya berkurang. Kekuatan tarik maksimum pada komposit serat ampas tebu orientasi serat searah dengan perlakuan 5% NaOH yang dipengaruhi oleh orientasi serat. Secara teori serat searah dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari satu titik ke titik lainnya, sehingga ketika komposit diberikan gaya tarik, maka matrik akan menahan gaya tersebut dan diteruskan oleh serat sebelum akhirnya komposit tersebut akan putus/patah. (Wiranda, Wike dkk. 2015).



Gambar 3.12 Grafik Hubungan Regangan dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Ampas Tebu

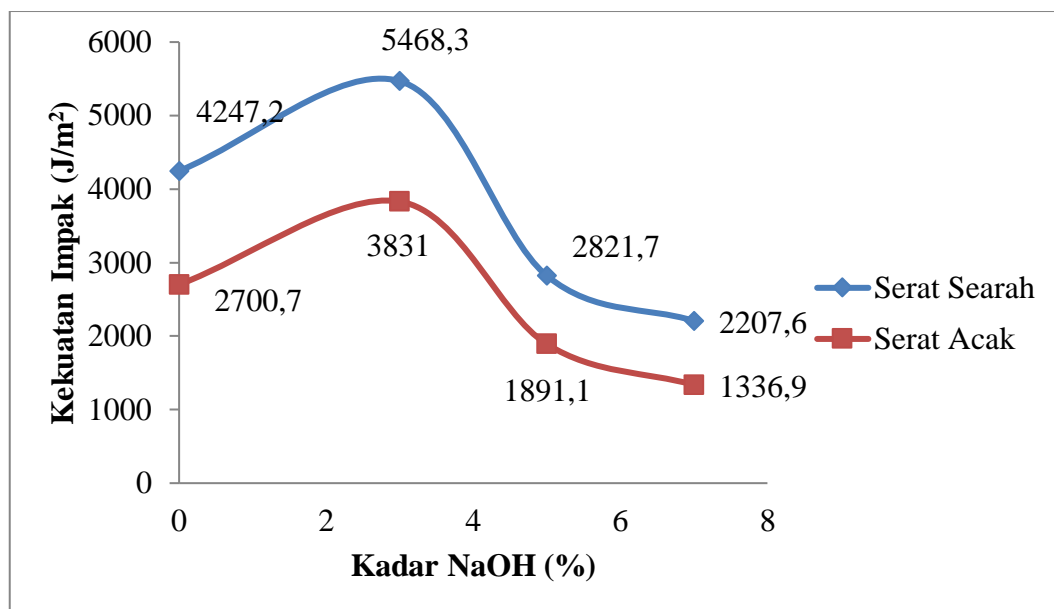
Berdasarkan data hasil pengujian tarik menunjukkan regangan maksimum tertinggi pada komposit serat ampas tebu orientasi serat searah dengan perlakuan 3% NaOH sebesar 11,48% dan regangan maksimum terendah pada komposit serat ampas tebu orientasi serat acak dengan 0% NaOH sebesar 3,58%.



Gambar 3.13 Grafik Hubungan Kekuatan Lentur dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Ampas Tebu

Berdasarkan data hasil pengujian lentur menunjukkan kekuatan lentur tertinggi pada komposit serat ampas tebu orientasi serat searah dengan perlakuan 7% NaOH sebesar 32,1 MPa dan kekuatan lentur terendah pada komposit serat ampas tebu orientasi serat acak dengan 0% NaOH sebesar 2,5 MPa. Pelakuan kimia dapat membersihkan, mengubah topografi, dan meningkatkan kekerasan permukaan serat, sehingga dapat meningkatkan daya ikat *interfacial* antara serat dengan matrik. Kekuatan lentur pada komposit tergantung pada daya rekat antara

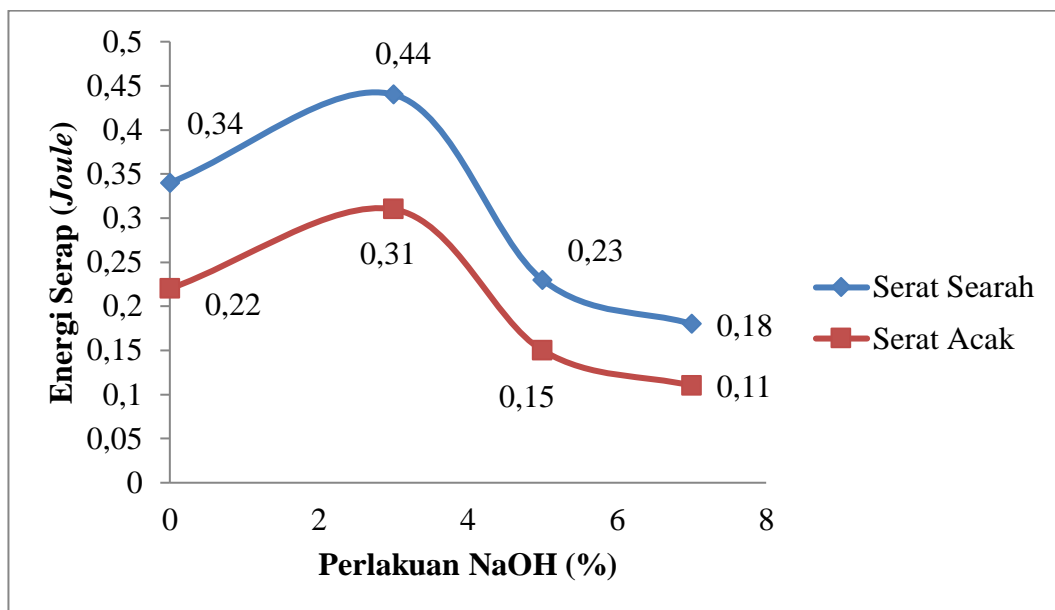
serat dengan matrik. Semakin besar kekuatan lentur, maka energi yang diperlukan untuk melepaskan ikatan antara serat dengan matrik semakin besar. Kekuatan lentur terendah pada komposit orientasi serat acak disebabkan oleh perletakan serat yang tidak teratur, sehingga orientasi serat acak tidak mampu secara optimum menahan gaya yang diberikan pada arah gaya bekerja. (Wiranda, Wike dkk. 2015).



Gambar 3.14 Grafik Hubungan Kekuatan Impak dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Ampas Tebu

Berdasarkan data hasil pengujian impak menunjukkan kekuatan impak tertinggi pada komposit serat ampas tebu orientasi serat searah dengan perlakuan 3% NaOH sebesar 5.468,3 J/m² dan kekuatan impak terendah pada komposit serat ampas tebu orientasi serat acak dengan perlakuan 7% NaOH sebesar 1.336,9 J/m². Perlakuan NaOH yang tinggi akan merusak sel-sel utama serat/degradasi kimia pada serat, sehingga serat menjadi rapuh dan kekuatan impaknya berkurang.

Kekuatan impact terendah pada komposit orientasi serat acak disebabkan oleh distribusi serat yang kurang merata, sehingga sifat mekanik semakin melemah. Serat searah mempunyai kekuatan impact tertinggi disebabkan oleh perletakan serat yang teratur. Ketika komposit diberikan gaya, maka matrik dapat menahan gaya tersebut dan diteruskan oleh serat sebelum akhirnya komposit tersebut putus/patah. (Wiranda, Wike dkk. 2015).



Gambar 3.15 Grafik Hubungan Energi Serap dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Ampas Tebu

Berdasarkan data hasil pengujian impact menunjukkan energi serap tertinggi pada komposit serat ampas tebu orientasi serat searah dengan perlakuan 3% NaOH sebesar 0,44 *Joule* dan energi serap terendah pada komposit serat ampas tebu orientasi serat acak dengan perlakuan 7% NaOH sebesar 0,11 *Joule*. Perlakuan NaOH dilakukan untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin pada

permukaan serat, yaitu lignin, hemiselulosa, dan kotoran lainnya. Hilangnya lapisan lilin, maka ikatan antara serat dengan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan mekanik komposit menjadi lebih kuat. (Wiranda, Wike dkk. 2015).

2.19 Perlakuan Alkali Serat Akaa

Pohon akaa (*Corypha*) hidup 1.200 m di atas permukaan laut, pertumbuhannya dapat mencapai 0,2% per hari dengan tinggi antara 0,07 cm. Pohon akaa dapat hidup di daerah gersang atau iklim kemarau, banyak tumbuh di perkebunan dan pegunungan Sulawesi Selatan. Populasinya begitu melimpah dan pengendaliannya kurang maksimal, maka serat akaa harus dimanfaatkan untuk mengendalikan pertumbuhannya yang begitu pesat. (Renreng, Ilyas dkk. 2016).

Berdasarkan penelitian Ilyas Renreng, Muhammad Syaiful, dan Emil Pratama, yaitu analisis pengaruh perlakuan alkali terhadap IFSS (*Interfacial Shear Stress*) berpenguat serat akaa dengan matrik *epoxy* resin. Perlakuan NaOH 2%, 3%, 3,5%, 4%, dan 5% selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Matrik yang digunakan, yaitu *epoxy* resin. Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan tegangan tarik tertinggi pada komposit serat akaa dengan perlakuan 3,5% NaOH selama 2 jam sebesar 150,095 MPa, regangan tarik sebesar 0,833%, dan modulus elastisitas sebesar 0,180 GPa. Tegangan tarik terendah pada komposit serat akaa dengan perlakuan 5% NaOH selama 3 jam sebesar 108,485 MPa, regangan tarik sebesar 0,889%, dan modulus elastisitas sebesar 0,133 GPa. (Renreng, Ilyas dkk. 2016).

Setelah dilakukan pengujian *Pull-Out* didapatkan IFSS (*interfacial shear stress*) tertinggi pada komposit serat akaa dengan perlakuan 3,5% NaOH sebesar 6,354 MPa dan IFSS terendah pada perlakuan 5% NaOH sebesar 4,428 MPa.

IFSS meningkat pada perlakuan 3,5% NaOH disebabkan oleh permukaan serat yang kasar, berongga, dan beralur, sehingga saat dipadukan dengan matrik terjadi *interlocking* atau *bonding* yang sempurna. Perlakuan NaOH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan permukaan serat menjadi halus dan menurunkan daya ikat antara serat dengan matrik atau IFSS. (Renreng, Ilyas dkk. 2016).

Kekuatan tarik meningkat disebabkan oleh hilangnya beberapa komponen dan impuritas, yaitu lignin, pektin, *wax*, dan lain-lain yang merupakan unsur terluar dari serat, karena perlakuan NaOH pada serat menyebabkan meningkatnya *crystallinity*, faktor orientasi *crystallite*, dan ukuran *crystallite*. Kekuatan tarik menurun disebabkan oleh rusaknya atau berkurangnya beberapa unsur penguat, seperti holoselulosa, alfa selulosa, hemiselulosa, dan selulosa yang mengalami degradasi. Kekuatan tarik menurun seiring dengan kadar NaOH yang meningkat juga ditandai oleh putusannya ikatan *crosslink* antara molekul serat selulosa. Pada skala mikro terjadi proses *opening* serat yang berlebihan menyebabkan terurainya serat tunggal menjadi *microfibril* akibat pelarutan lignin sebagai pengikat. Kadar yang tinggi dan waktu perendaman yang lama dapat menyebabkan serat mengalami degradasi, sehingga terjadi penurunan kekuatan. Perlakuan NaOH meningkatkan kekuatan ikatan antara serat dengan matrik atau meningkatkan tegangan geser antara serat dengan matrik, sedangkan tegangan geser antara serat dengan matrik mulai mengalami penurunan pada perlakuan 4% NaOH dan maksimal turun pada perlakuan 5% NaOH, bahkan tegangan gesernya lebih kecil daripada komposit serat akasia tanpa perlakuan NaOH. (Renreng, Ilyas dkk. 2016).

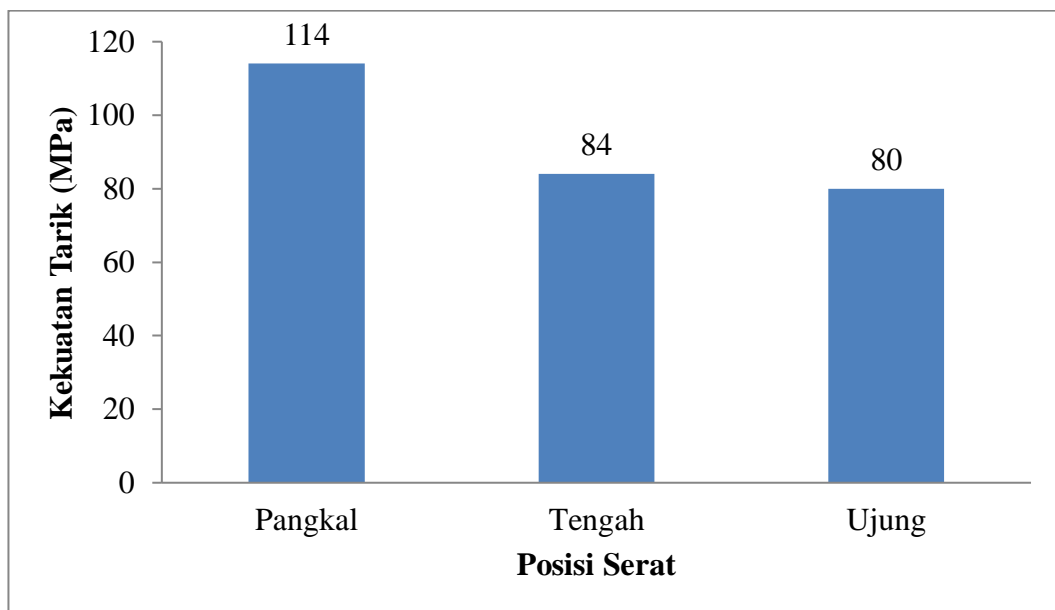
2.20 Perlakuan Alkali Serat Pelepah Salak

Pengembangan pelepah salak belum dapat meningkatkan nilai ekonomis secara nyata (signifikan). Aplikasi pelepah salak untuk meningkatkan nilai manfaat meliputi bahan bakar, pagar atau pembatas, perangkap binatang, dan tenun. Aplikasi serat pelepah salak untuk bahan tenun baru dapat dilakukan di sentral produksi salak Cinehem Tasikmalaya Jawa Barat. Pengembangan pelepah salak mempunyai kendala keterbatasan kualitas produk, teknik pengolahan, dan perlakuan serat. Kualitas serat pelepah salak dalam kondisi alami (asli) cenderung mempunyai kekuatan rendah, getas, warna kurang cerah (krem), dan higroskopis (menyerap air relatif tinggi). Komposit serat pelepah salak dapat diterapkan di komponen bangunan/properti, otomotif, dan kerajinan. Khusus di bidang otomotif dapat diaplikasikan untuk *bemper*, *dashboard*, pelapis pintu, rumah kaca *spion*, dan produk aksesoris mobil. (Darmanto, Seno dkk. 2018).

Secara umum, serat *bundle* pelepah salak sebenarnya didapatkan dari batang (bagian dalam batang dan kulit batang), daun, dan kulit buah. Bagian batang, serat *bundle* pelepah salak secara visual dilingkupi komponen/bagian lunak yang biasa dinamakan perekat atau lignin. Kulit luar batang merupakan lapisan tipis yang kaku dan kuat. (Darmanto, Seno dkk. 2018).

Berdasarkan penelitian Seno Darmanto, Sarwoko, Eko Julianto Sasono, Yusuf Umardani, dan Sriyana, yaitu karakterisasi dan perlakuan awal serat pelepah salak untuk meningkatkan kekuatan mekanik. Perlakuan 5% NaOH serat *bundle*, serat *bundle* tanpa perlakuan NaOH, serat *bundle* dengan perlakuan kombinasi 5% NaOH selama masing-masing 30 menit yang dilanjutkan dengan

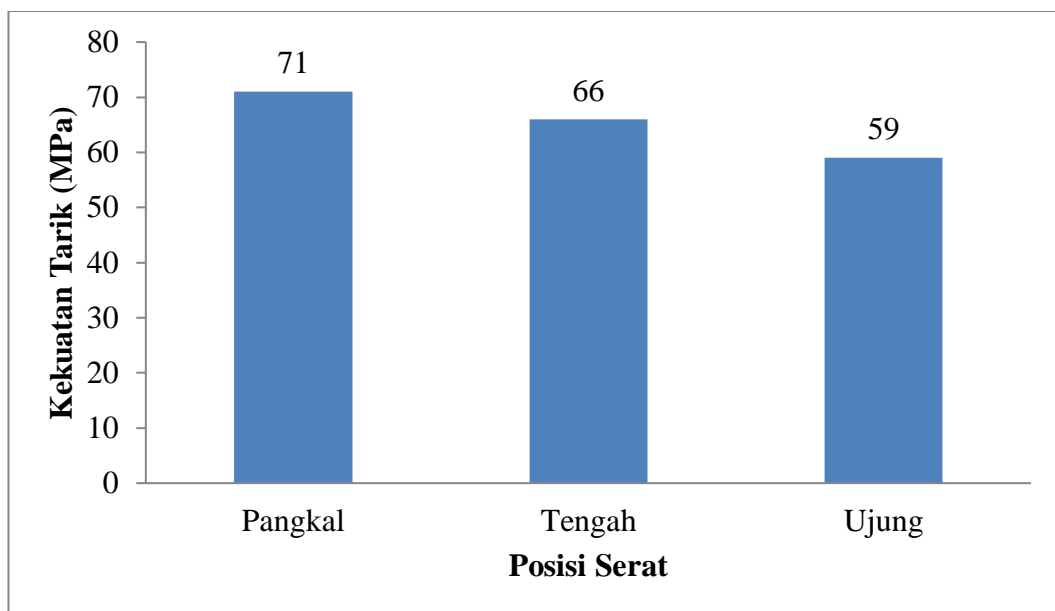
pengukusan pada tekanan 5 Bar selama 60 menit. Hasil fibrilasi serat pelepah salak menghasilkan serat *bundle* pelepah salak dengan warna krem, bentuk bulat dan memanjang. Perlakuan awal dengan perendaman dengan air selama 6 jam menunjukkan bahwa serat *bundle* pelepah salak cenderung tetap berwarna krem. Perlakuan NaOH yang dilanjutkan dengan pengukusan pada serat *bundle* pelepah salak menghasilkan serat dengan warna coklat. (Darmanto, Seno dkk. 2018).



Gambar 3.16 Diagram Hubungan Kekuatan Tarik dengan Posisi Serat pada Komposit Serat Pelepah Salak tanpa Perlakuan NaOH

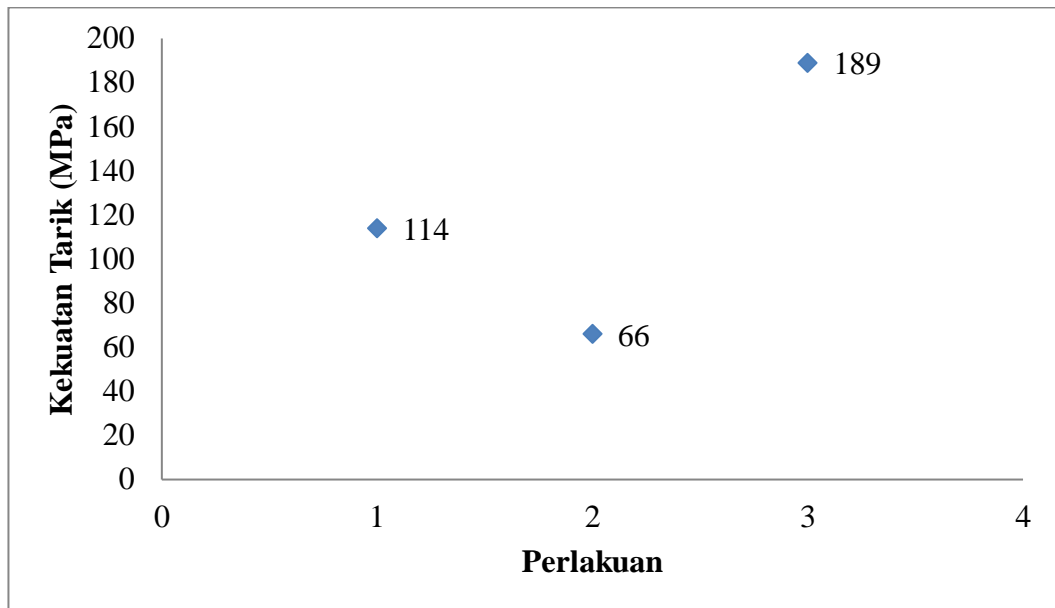
Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik terbaik pada komposit serat *bundle* pelepah salak di pangkal pelepah. Karakterisasi awal serat *bundle* pelepah salak dilakukan dengan menentukan kekuatan tarik berdasarkan posisi serat dari pangkal batang pelepah salak. Hasil pengujian menunjukkan indikasi sifat kekuatan tarik di pangkal, tengah, dan ujung relatif

berbeda. Kekuatan tarik komposit serat *bundle* pelepah salak tanpa perlakuan NaOH di pangkal cenderung lebih kuat daripada kekuatan tarik di tengah dan ujung. Kekuatan tarik komposit serat tunggal batang pelepah salak tanpa perlakuan NaOH di pangkal, tengah, dan ujung masing-masing sebesar 114 MPa, 84 Mpa, dan 80 Mpa. (Darmanto, Seno dkk. 2018).



Gambar 3.17 Diagram Hubungan Kekuatan Tarik dengan Posisi Serat pada Komposit Serat Pelepah Salak dengan Perlakuan 5% NaOH

Perlakuan 5% NaOH belum dapat memperbaiki kekuatan tarik komposit serat *bundle* pelepah salak. Kekuatan tarik cenderung menurun untuk semua posisi di sepanjang batang pelepah serat. Kekuatan tarik komposit serat tunggal batang pelepah salak dengan perlakuan 5% NaOH di pangkal, tengah, dan ujung masing-masing sebesar 71 MPa, 66 MPa, dan 59 MPa. (Darmanto, Seno dkk. 2018).



Gambar 3.18 Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Perlakuan pada Komposit Serat Pelepah Salak

Pengujian kekuatan tarik menunjukkan peningkatan kekuatan tarik yang cukup tinggi pada komposit serat *bundle* pelepah salak yang diberikan perlakuan kombinasi (perlakuan 3), yaitu perlakuan 5% NaOH selama 30 menit dan pengukusan pada tekanan 5 Bar selama 60 menit sebesar 189 MPa relatif tinggi dibandingkan dengan kekuatan tarik komposit serat *bundle* pelepah salak tanpa perlakuan NaOH (perlakuan 1) dan komposit serat *bundle* pelepah salak dengan perlakuan 5% NaOH (perlakuan 2) masing-masing sebesar 114 MPa dan 66 MPa. (Darmanto, Seno dkk. 2018).

2.21 Perlakuan Alkali Serat Akar Wangi

Tanaman akar wangi (*Vetiveria Zizanoides*) tumbuh subur di Indonesia, seperti di daerah Garut Jawa Barat. Tanaman akar wangi lebih banyak diambil akarnya yang digunakan sebagai penghasil minyak atsiri melalui proses

penyulingan dan menghasilkan limbah padat yang masih dalam bentuk akar. Tahun 2012, kabupaten Garut mempunyai potensi menghasilkan sekitar 20.000 ton lebih akar wangi mentah pertahun. Tanaman akar wangi juga banyak dijumpai di Sukabumi dan Wonosobo. Akar dari tanaman akar wangi mempunyai sifat yang sangat ringan dan bersifat mengapung di air, densitas dari akar ini sebesar $0,6455 \text{ g/cm}^3$. (Nurdin, Akhmad dkk. 2019).

Berdasarkan penelitian Akhmad Nurdin, Sri Hastuti, Henanto Pandu D., dan Rino H., yaitu pengaruh alkali dan fraksi volume terhadap sifat mekanik komposit serat akar wangi-*epoxy*. Perlakuan 5% NaOH selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Variasi fraksi volume serat 10%, 20%, 30%, dan 40%. Matrik yang digunakan, yaitu *epoxy* A dengan *hardener* B. Spesimen uji *bending* sesuai standar ASTM D 790-02 dan uji impak sesuai standar ASTM D 5942-9. Semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 1.000°C selama 15 menit. Pengujian *bending* dilakukan menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*). Pengujian impak dilakukan menggunakan *impact tester izod*. (Nurdin, Akhmad dkk. 2019).

Setelah dilakukan pengujian *bending* menunjukkan kekuatan *bending* terendah pada komposit serat akar wangi dengan perlakuan 5% NaOH selama 0 jam sebesar 15,20 MPa. Kekuatan *bending* mengalami kenaikan pada waktu perendaman 2 jam dan 4 jam sebesar 22,84 MPa. Kekuatan *bending* naik drastis pada waktu perendaman 6 jam sebesar 39,05 MPa. Setelah dilakukan pengujian impak menunjukkan kekuatan impak terendah pada komposit serat akar wangi dengan perlakuan 5% NaOH selama 0 jam sebesar $4,27 \text{ kJ/mm}^2$. Kekuatan impak secara bertahap naik pada waktu perendaman 2 jam, 4 jam, dan 6 jam masing-

masing sebesar 5,86 kJ/mm², 7,10 kJ/mm², dan 8,28 kJ/mm². (Nurdin, Akhmad dkk. 2019).

Komposit tanpa perlakuan NaOH menyebabkan ikatan antara serat dengan matrik menjadi tidak sempurna, karena terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin pada permukaan serat, sehingga ikatan/*bonding* antarmuka (*interface*) antara serat dengan matrik tidak merekat dengan sempurna. Komposit dengan perlakuan NaOH akan mengalami kenaikan kekuatan disebabkan oleh berkurangnya lapisan yang menyerupai lilin pada permukaan serat, sehingga ikatan/*bonding* antarmuka (*interface*) antara serat dengan matrik semakin kuat. (Nurdin, Akhmad dkk. 2019).

Setelah dilakukan pengujian *bending* menunjukkan kekuatan *bending* terendah pada komposit serat akar wangi dengan fraksi volume serat 40% sebesar 30,75 MPa. Kekuatan *bending* komposit serat akar wangi dengan fraksi volume serat 10% sebesar 34,24 MPa. Kekuatan *bending* naik pada fraksi volume serat 20% sebesar 43,40 MPa. Kekuatan *bending* turun pada fraksi volume serat 30% sebesar 39,87 MPa dan kekuatan *bending* semakin turun pada fraksi volume serat 40%. Setelah dilakukan pengujian impak menunjukkan kekuatan impak terendah pada komposit serat akar wangi dengan fraksi volume serat 10% sebesar 9,358 kJ/mm². Kekuatan impak naik pada fraksi volume serat 20% sebesar 20,5 kJ/mm². Kekuatan impak turun pada fraksi volume serat 30% dan 40% masing-masing sebesar 16,02 kJ/mm² dan 10,975 kJ/mm². (Nurdin, Akhmad dkk. 2019).

Komposit dengan kenaikan fraksi volume serat akan menambah kekuatan apabila matrik masih mampu mengisi antar permukaan pada serat, sehingga serat mengalami ikatan yang baik dengan matrik. Saat komposit mengalami tegangan,

maka tegangan tersebut akan terdistribusi merata dari matrik ke semua serat sampai serat tersebut mengalami kegagalan. Komposit dengan kenaikan fraksi volume serat akan menurunkan kekuatan apabila matrik tidak mampu mengisi antar permukaan pada serat, sehingga serat mengalami ikatan yang tidak baik dengan matrik. Saat komposit mengalami tegangan, maka tegangan tersebut tidak akan terdistribusi merata dari matrik ke semua serat, sehingga komposit akan mengalami kegagalan langsung disebabkan oleh adanya *void* udara yang terjebak dalam komposit. (Nurdin, Akhmad dkk. 2019).

Penampang patahan komposit berdasarkan perlakuan. Penampang patahan komposit serat akar wangi tanpa perlakuan NaOH menunjukkan mekanisme *fiber pull out* mempunyai ikatan yang tidak kuat antara serat dengan matrik saat komposit terkena beban, maka serat akan terlepas dari matrik. Penampang patahan komposit serat akar wangi dengan perlakuan NaOH menunjukkan ikatan yang kuat antara serat dengan matrik saat komposit terkena beban, maka serat akan menahan distribusi tegangan yang terjadi sampai serat mengalami kegagalan (patah). Penampang patahan komposit berdasarkan fraksi volume serat. Penampang patahan komposit serat akar wangi dengan serat sedikit menunjukkan ikatan yang baik antara serat dengan matrik, sehingga saat pembebanan maksimum serat akan menahan distribusi tegangan dari matrik sampai serat mengalami kegagalan (patah). Penampang patahan komposit serat akar wangi dengan serat banyak menunjukkan banyak lubang-lubang yang tidak terisi oleh matrik disebabkan oleh jumlah volume matrik yang tidak mampu mengisi

antarmuka serat, sehingga udara akan terjebak di dalam komposit dan menyebabkan timbulnya *void*. (Nurdin, Akhmad dkk. 2019).

2.22 Perlakuan Alkali Serat Kulit Buah Pinang

Pinang merupakan buah dari pohon *Palm Areca (Areca Catechu)* yang banyak tumbuh di dataran Asia, terutama India, Indonesia, dan Malaysia. Masyarakat Indonesia menggunakan biji buah pinang dengan mengunyah untuk menghangatkan badan dan membersihkan gigi disebut menyirih. Buah pinang berbentuk bulat lonjong dengan panjang 3,5-7 cm berwarna kuning emas atau jingga untuk buah yang sudah matang, berwarna hijau untuk buah yang masih muda, dan berwarna cokelat untuk buah yang sudah kering/tua. Dinding buahnya berserabut berserat keras meliputi *endosperm* dan berat kulitnya sekitar 60-80% dari total berat buah. Anatomi kulit buah pinang dibagi menjadi 3 zona. Lapisan luar ditutupi dengan kutikula, lapisan tengah serat tertutup, dan lapisan dalam yang keras dan berbatu adalah bagian bijinya. (Kencanawati, CIPK dkk. 2018).

Serat dalam setiap buah dapat menghasilkan sekitar 2,50-2,75 g serat kulit buah pinang (*Areca Husk Fiber/AHF*). Serat kulit buah pinang didapatkan melalui teknik pengelupasan kulit buah dari biji buah. Komposisi kimia terdiri dari α -selulosa, hemiselulosa, lignin, pektin dan *protopectin*, abu, dan lain-lain. Saat ini pemanfaatan serat kulit buah pinang masih bersifat konvensional, yaitu sebagai media tanaman, bahan bakar biomassa, kerajinan tangan dan sebagian besar menjadi limbah pertanian yang dibuang begitu saja ke lingkungan, sehingga menimbulkan bau yang kurang sedap. Limbah pertanian secara alami mampu

terurai oleh tanah (*biodegradable*), sehingga nantinya akan didapatkan penguat komposit dari serat alam dengan biaya murah. (Kencanawati, CIPK dkk. 2018).

Berdasarkan penelitian CIPK Kencanawati, I Ketut Gede Sugita, NPG Suardana, dan I W Budiasa Suyasa, yaitu pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat fisik dan mekanik serat kulit buah pinang. Perlakuan NaOH 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% selama 2 jam pada suhu kamar untuk mengetahui karakteristik fisik AHF, maka dilakukan pengukuran panjang dan diameter serat, pengujian densitas, pengujian kadar air, dan *moisture*. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-3379. (Kencanawati, CIPK dkk. 2018).

Setelah dilakukan pengujian densitas menunjukkan semakin meningkat kadar NaOH, maka densitas serat kulit buah pinang semakin menurun, karena hilangnya sebagian komponen penyusun serat, yaitu lignin, pektin, *wax*, dan komponen lain berupa kotoran yang melekat pada serat. Kerapatan serat alam umumnya rendah. Perlakuan NaOH mengakibatkan penyusun serat berlubang seperti struktur tabung yang menyebabkan pengurangan densitas serat. Diameter serat menjadi lebih kecil dan lebih kesat, karena lignin yang menyelimuti serat sudah terlarut dalam NaOH. Panjang serat terjadi deviasi pengukuran yang cukup besar mengindikasikan keragaman panjang serat sangat bervariasi. Serat yang terukur dengan panjang 12-58 mm. (Kencanawati, CIPK dkk. 2018).

Moisture serat kulit buah pinang tanpa perlakuan dan dengan perlakuan NaOH 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% terjadi pengurangan *moisture* terhadap peningkatan kadar NaOH, karena sebelum diberikan perlakuan NaOH kondisi serat masih alami, sedangkan setelah diberikan perlakuan NaOH, serat sudah

mengalami perubahan fisik dan kimia, sehingga akan mempengaruhi sifat *moisture*-nya. (Kencanawati, CIPK dkk. 2018).

Serat kulit buah pinang mempunyai kandungan selulosa yang cukup tinggi sebesar 54,15%, hemiselulosa sebesar 16,61%, dan lignin sebesar 21,02%. Kandungan lignin yang tinggi disebabkan oleh peningkatan deposisi lignin pada dinding sel serat. Kandungan hemiselulosa yang rendah dapat mengurangi kelembaban serat. Hemiselulosa mengandung banyak gugus hidroksil untuk menarik molekul air. Penurunan penyerapan air akan menguntungkan stabilitas dimensi yang baik dan mengurangi masalah terkait kelembaban selama fabrikasi, penyimpanan, dan aplikasi serat kulit buah pinang pada komposit. Serat kulit buah pinang dengan perlakuan NaOH dapat menghilangkan komponen lignin, minyak, lilin, dan pektin dari permukaan serat. Keberadaan unsur ini pada permukaan serat mengganggu ikatan antara serat alami dengan matrik polimer dalam komposit, sehingga mengurangi kemampuan penyerapan air dari serat kulit buah pinang. (Kencanawati, CIPK dkk. 2018).

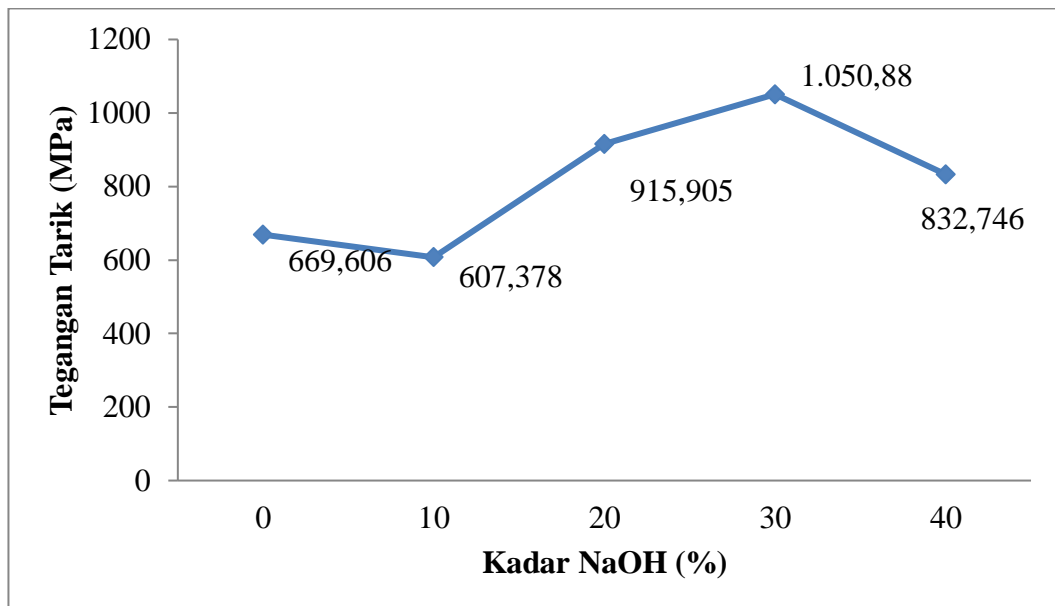
Setelah dilakukan pengujian tarik didapatkan kurva tegangan-regangan komposit serat kulit buah pinang dengan variasi perlakuan NaOH sesuai standar ASTM D-3379, panjang 20 mm dengan tingkat kecepatan *cross-head* 1 mm/menit dengan beban 5 kN. Perlakuan 5% NaOH merupakan perlakuan yang paling efektif untuk meningkatkan kekuatan tarik, tetapi regangan tarik yang dihasilkan dari uji tarik terlihat semakin berkurang. Komposit serat kulit buah pinang tanpa perlakuan NaOH berbentuk patahan ulet, kurva tegangan-regangan diawali dengan adanya daerah *linier* dan selanjutnya melengkung tanpa batas titik *yield*

yang jelas. Jenis kurva umumnya dipengaruhi oleh sifat viskoelastik dari serat alami. Area di bawah kurva tegangan-regangan mewakili energi yang diserap oleh komposit serat kulit buah pinang selama proses patahan pengujian tarik. Perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Selulosa sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. Komposit dengan perlakuan NaOH yang terlalu lama mengalami degradasi kekuatan yang signifikan. (Kencanawati, CIPK dkk. 2018).

2.23 Perlakuan Alkali Serat Nanas

Serat nanas (*Ananas comosus L. Merr*) termasuk dalam familia nanas-nanasan dengan ciri-ciri, perawakan (habitus) tumbuhannya rendah, herba (menahun) dengan 30 helai atau lebih daun yang panjang, berujung tajam, dan tersusun dalam bentuk roset mengelilingi batang yang tebal. Suhu yang sesuai untuk budidaya tanaman nanas adalah 23-32°C (suhu ruang di Indonesia), sehingga menjadi peluang ekonomis ke depan walaupun produksi nanas di Indonesia masih berada pada urutan ke-19 dengan pangsa hanya 0,47%. Nilai jual pelepah nanas dapat dikatakan sebagai limbah (tidak mempunyai nilai jual). Pada masa mendatang setelah melalui penelitian tertentu, sangat mungkin serat dari pelepah nanas dapat digunakan sebagai penguat komposit serat alam yang murah dan ramah lingkungan. Proyeksi luaran komposit serat nanas agar mampu dibuat *listplank* rumah diperlukan kemampuan menahan beban tarik. Serat dalam bentuk anyaman atau acak sebagai pilihan agar kualitas komposit sesuai dengan keinginan dan fungsi dari material. (Puruhita, Hana Wardani dkk. 2019).

Berdasarkan penelitian Hana Wardani Puruhita, Dwi Ely Wardani, dan Ita Dwijayanti, yaitu pengaruh perlakuan alkali % NaOH terhadap kekuatan tarik komposit serat nanas sebagai bahan alternatif penguat *listplank* rumah. Perlakuan NaOH 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% selama 2 jam. Matrik yang digunakan, yaitu *unsaturated polyester* tipe 157 BQTN-EX dengan *hardener Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO). Pengujian tarik sesuai standar JIS K-7601, sedangkan untuk memperkuat analisisnya melalui foto SEM. Pengujian tarik menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) dengan model WEW-300 kelas 1 nomer seri 178 tahun 2012 buatan China. (Puruhita, Hana Wardani dkk. 2019).



Gambar 3.19 Grafik Hubungan Tegangan Tarik dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Nanas

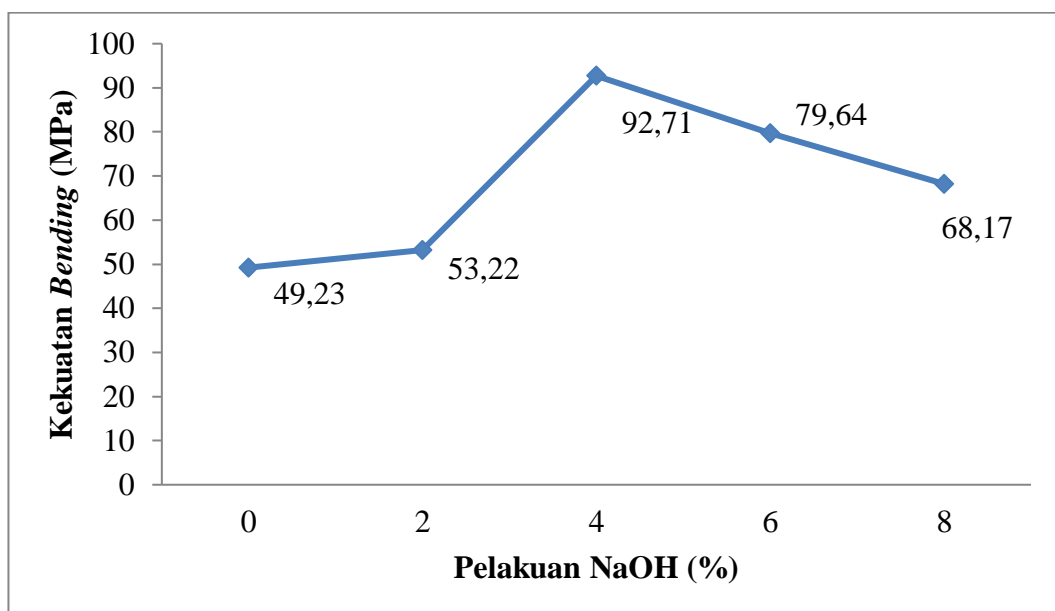
Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan tegangan tarik rata-rata komposit serat nanas tanpa perlakuan NaOH sebesar 669,606 MPa, sedangkan

tegangan tarik rata-rata komposit serat nanas dengan perlakuan NaOH 10%, 20%, 30%, dan 40% masing-masing sebesar 607,378 MPa, 915,905 MPa, 1.050,822 MPa, dan 832,746 MPa. Tegangan tarik dapat ditingkatkan dengan perlakuan NaOH, tetapi semakin tinggi kadar NaOH menunjukkan potensi penurunan dan sesuai dengan prinsip dasar larutan NaOH yang mempunyai sifat mampu mengubah permukaan serat menjadi kasar, maka kekuatan tarik semakin menurun setelah melampaui batas jenuhnya. (Puruhita, Hana Wardani dkk. 2019).

Setelah dilakukan pengamatan foto SEM menunjukkan penampang patahan komposit serat nanas tanpa perlakuan NaOH masih terlapis oleh lignin, selulosa, dan hemiselulosa, sehingga serat mudah terlepas dan matrik tidak mampu mengikat serat secara optimal (*fiber pull out*). Terlepasnya serat (mengalami *debonding*) dari matrik menyebabkan kekuatan tarik komposit kecil. Daerah yang mengalami penurunan ukuran diameter serat (daerah *necking*) menunjukkan bahwa komposit serat nanas dengan perlakuan 30% NaOH selama 2 jam mengalami patahan dan terjadi murni akibat mulai terkelupasnya lapisan permukaan serat. Ikatan yang kuat antara serat dengan matrik mengakibatkan kekuatan tarik optimal. Komposit serat nanas dengan perlakuan 40% NaOH selama 2 jam mengakibatkan serat menjadi rapuh dan tegangan tarik akan terlepas dari matrik dengan kata lain matrik tidak mampu mengikat serat karena rapuh. Sel-sel serat yang rusak menjadi rapuh, keropos, dan kekuatannya berkurang, karena waktu perendaman yang terlalu lama atau kadar NaOH yang terlalu tinggi. Terlepasnya serat dari matrik akibat serat rapuh akan menyebabkan kekuatan tarik komposit semakin kecil. (Puruhita, Hana Wardani dkk. 2019).

2.24 Perlakuan Alkali Serat Ilalang

Rumput ilalang yang berlimpah di alam sekeliling kita mempunyai potensi sebagai bahan bangunan alternatif. Berdasarkan penelitian Lidi Wilaha, Silvia Yulita, dan Ratih Setyo Rahayu, yaitu uji *bending* komposit serat ilalang sebagai bahan alternatif panel kamar mandi. Perlakuan NaOH 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% selama 1 jam dengan perbandingan 40% tangkai ilalang dan 60% resin epoksi diaduk 70x selama 12 menit dituang dicetakan. Spesimen uji *bending* sesuai standar ASTM-6277 menggunakan metode *four poin bending* dengan dimensi spesimen panjang 127 mm dan lebar 12,7 mm. Pengujian tarik menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) tipe 4160 kapasitas 100 ton diproduksi *SANS testing machine, Co., Ltd.*, dan foto SEM. (Wilaha, Lidi dkk. 2019).



Gambar 3.20 Grafik Hubungan Kekuatan *Bending* dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Ilalang

Setelah dilakukan pengujian *bending* menunjukkan kekuatan *bending* tertinggi pada komposit serat ilalang dengan perlakuan 4% NaOH sebesar 92,71 N/mm² dan kekuatan *bending* terendah pada 0% NaOH sebesar 48,05 MPa. Kekuatan *bending* tanpa perlakuan NaOH rendah, karena ikatan antara serat dengan matrik terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin (lignin, selulosa, dan hemiselulosa) pada permukaan serat, sehingga kegagalan didominasi oleh ikatan antara serat dengan matrik yang terlepas disebabkan oleh tegangan beban pada permukaan serat disebut *fiber pull out*. Gaya yang diterima oleh komposit akan ditahan oleh matrik, kemudian didistribusikan ke serat. Perlakuan NaOH pada serat lebih dari 4% mengakibatkan serat semakin terkikis, sehingga terjadi degradasi kekuatan serat untuk menahan gaya yang diterima. Kadar NaOH yang sedikit atau kurang optimal menyebabkan serat terlepas dari matrik (licin), karena lapisan yang menyerupai lilin masih menempel pada serat, sehingga matrik kurang mampu mengikat serat atau *fiber pull out*. (Wilaha, Lidi dkk. 2019).

Serat dengan matrik yang tidak mengikat kuat akan menjadi tempat konsentrasi tegangan titik inisiasi/awal retak dan penampang patahan komposit mengalami kegagalan disebut juga mengalami *debonding*. Komposit serat ilalang dengan perlakuan 4% NaOH mengalami ikatan kuat antara serat dengan matrik secara optimal, sehingga sangat sedikit rongga/ruang kosong pada komposit. Jumlah rongga pada komposit serat ilalang yang relatif sedikit akan semakin mengurangi peluang terjadinya permukaan patah yang dapat menimbulkan potensi berkembang menjadi perpatahan mendadak/getas, sehingga kekuatan *bending* lebih optimal. (Wilaha, Lidi dkk. 2019).

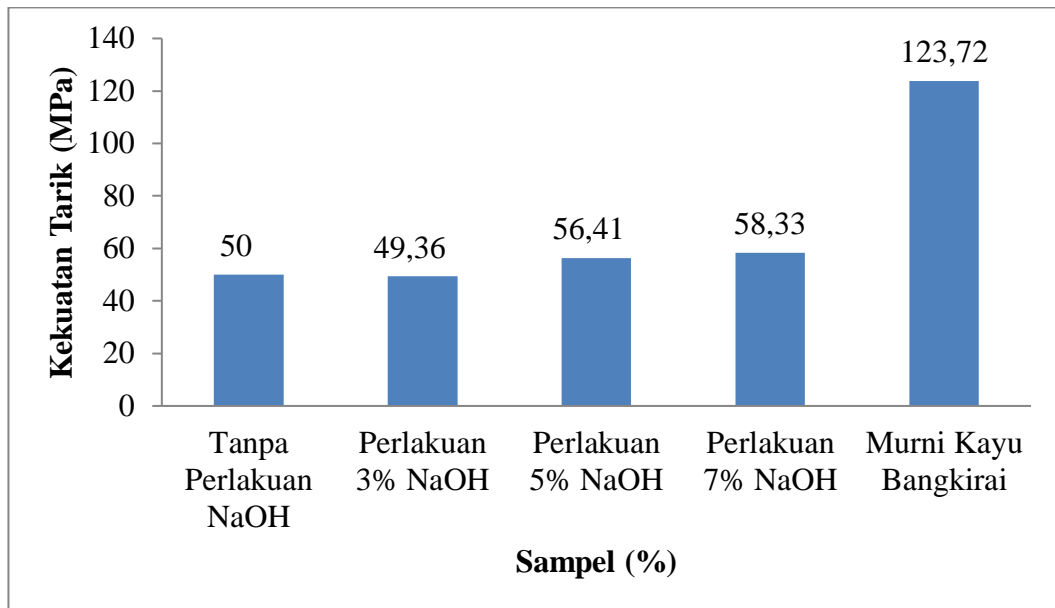
2.25 Perlakuan Alkali Serat Kayu Bangkirai

Kayu bangkirai (*Shorea Laevifolia Endert*) merupakan jenis kayu kategori kelas awet I-II dan kelas kuat I-II dengan berat jenis sebesar 0,6-1,13 kg/m³. Kayu bangkirai biasanya digunakan untuk konstruksi jembatan, perkapalan, kerajinan untuk perumahan, dan bahan bakar. (Laksono, Andromeda Dwi dkk. 2019).

Berdasarkan penelitian Andromeda Dwi Laksono, Basyaruddin, dan Nur Adlina, yaitu pengaruh perlakuan alkalisasi serat alam kayu bangkirai (*Shorea Laevifolia Endert*) pada sifat mekanik komposit dengan matrik poliester. Perlakuan NaOH 3%, 5%, dan 7% selama 1 jam. Matrik yang digunakan, yaitu resin poliester tak jenuh. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up*. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638 dan uji *bending* sesuai standar ASTM D-790, serta dari hasil pengujian tarik dilakukan pengamatan morfologi menggunakan SEM. Setelah dilakukan pembuatan komposit pada sampel uji terdapat perbedaan warna lebih terang pada kayu bangkirai dengan kayu bangkirai setelah dijadikan komposit. Sampel tanpa perlakuan dan dengan perlakuan NaOH tidak mempunyai perbedaan secara visual. (Laksono, Andromeda Dwi dkk. 2019).

Tabel 5. Data Uji Tarik Komposit Serat Kayu Bangkirai

Sampel	Beban Maksimal (N)	Kekuatan Tarik (MPa)
Tanpa Perlakuan NaOH	2.600	50
Perlakuan 3% NaOH	2.566,67	49,36
Perlakuan 5% NaOH	2.933,33	56,41
Perlakuan 7% NaOH	3.033,33	58,33
Murni Kayu Bangkirai	6.433,33	123,72

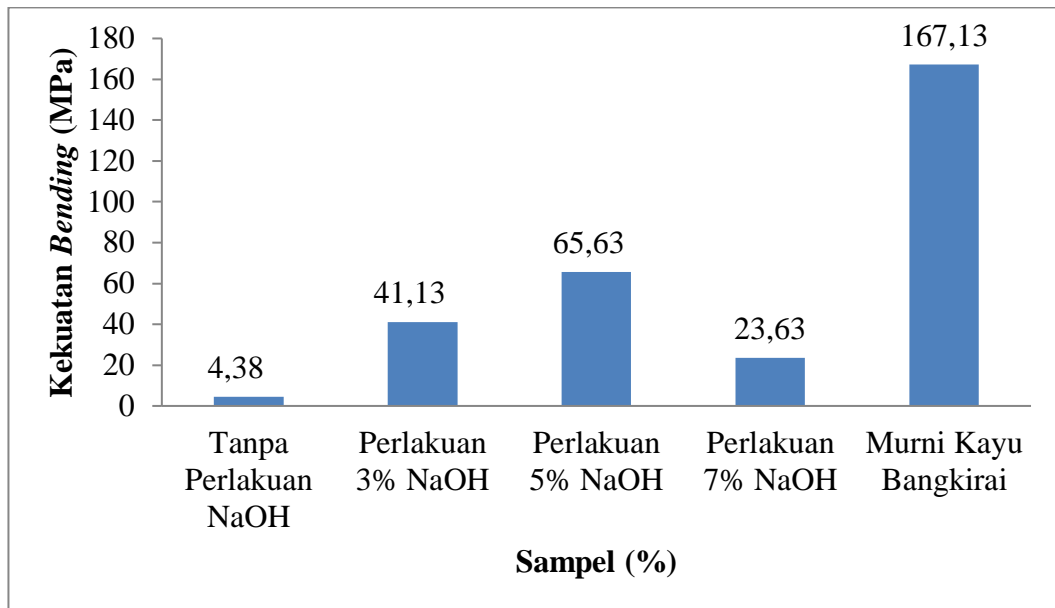


Gambar 3.21 Diagram Hubungan Kekuatan Tarik dengan Sampel pada Komposit Serat Kayu Bangkirai

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada komposit serat kayu bangkirai dengan perlakuan 7% NaOH sebesar 58,33 MPa. Perlakuan NaOH dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit, tetapi kekuatan tarik komposit tidak dapat mencapai bahan dari komposit tersebut, yaitu kayu bangkirai sebesar 123,72 MPa. (Laksono, Andromeda Dwi dkk. 2019).

Tabel 6. Data Uji *Bending* Komposit Serat Kayu Bangkirai

Sampel	Beban Maksimal (N)	Kekuatan <i>Bending</i> (MPa)
Tanpa Perlakuan NaOH	16,67	4,38
Perlakuan 3% NaOH	156,67	41,13
Perlakuan 5% NaOH	250	65,63
Perlakuan 7% NaOH	90	23,63
Murni Kayu Bangkirai	636,67	167,13



Gambar 3.22 Diagram Hubungan Kekuatan *Bending* dengan Sampel pada Komposit Serat Kayu Bangkirai

Setelah dilakukan pengujian menggunakan alat mesin uji *bending* jenis *three-point bending* menunjukkan kekuatan *bending* kayu bangkirai sebesar 167,13 MPa. Komposit serat kayu bangkirai mempunyai kekuatan *bending* tertinggi pada perlakuan 5% NaOH sebesar 65,63 MPa. Perlakuan NaOH pada komposit serat kayu bangkirai berpengaruh signifikan pada kekuatan *bending*. Perlakuan NaOH dapat meningkatkan ikatan antara serat dengan matrik, tetapi seiring terus bertambahnya kadar NaOH, maka tidak kontinyu meningkatkan kekuatan *bending*. Kekuatan *bending* komposit serat kayu bangkirai menurun pada perlakuan 7% NaOH. Semakin meningkat kadar NaOH yang berlebihan dapat menghilangkan sebagian lignin dari serat kayu bangkirai yang merupakan kekuatan serat alam komposit. Jadi, kondisi sudah mencapai jenuh pada perlakuan 7% NaOH. (Laksono, Andromeda Dwi dkk. 2019).

Setelah dilakukan pengamatan secara visual pada patahan komposit serat kayu bangkirai dengan perlakuan 3% dan 7% NaOH terdapat *void* ditunjukkan dengan lingkaran hitam yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan 5% NaOH. Komposit mengalami penurunan kekuatan *bending* dan modulus elastisitas saat semakin banyak dan besar bentuk *void* yang dapat menurunkan sifat mekaniknya. (Laksono, Andromeda Dwi dkk. 2019).

Setelah dilakukan pengujian SEM menunjukkan komposit serat kayu bangkirai tanpa perlakuan NaOH dan komposit serat kayu bangkirai dengan perlakuan NaOH yang paling optimal pada perlakuan 7% NaOH. Serat kayu bangkirai mempunyai permukaan serat yang lebih halus dibandingkan dengan serat kayu bangkirai dengan perlakuan NaOH yang mempunyai permukaan lebih kasar. Komposit serat kayu bangkirai tanpa perlakuan NaOH masih terdapat lapisan lignin dan zat pengotor yang membuat ikatan antara serat dengan matrik tidak menyatu dengan baik, sedangkan lapisan lignin dan zat pengotor pada komposit serat kayu bangkirai dengan perlakuan NaOH akan terlarut saat diberikan perlakuan yang mengakibatkan permukaan serat menjadi lebih kasar. Permukaan serat yang kasar dapat meningkatkan ikatan antara serat dengan matrik yang membuat kekuatan tarik lebih baik. (Laksono, Andromeda Dwi dkk. 2019).

Patahan uji tarik komposit serat kayu bangkirai tanpa perlakuan mengindikasikan adanya *debonding* antara serat dengan matrik dan *interfacial gap* yang menunjukkan bahwa ikatan antara serat dengan matrik tidak baik. Selain itu terdapat lumen yang dapat mempertahankan struktur serat dan bentuk dinding sel yang masih utuh serta halus mengindikasikan masih terdapatnya lignin dan

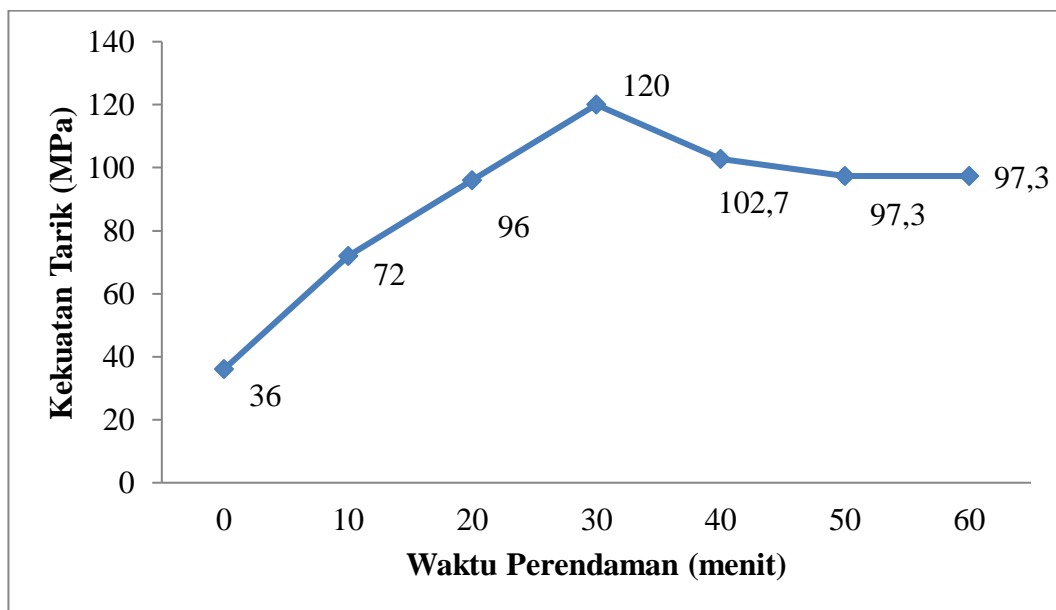
hemiselulosa pada serat. Patahan uji tarik komposit serat kayu bangkirai dengan perlakuan 7% NaOH mengindikasikan adanya *debonding* antara serat dengan matrik yang menyebabkan matrik terjadi *cracking*. *Debonding* terjadi akibat pemutusan serat pada saat uji tarik yang terjadi di daerah *interface* dari serat dengan matrik, kemudian dapat merambat pada *debonding* lainnya mengakibatkan satu patahan besar pada komposit. (Laksono, Andromeda Dwi dkk. 2019).

2.26 Perlakuan Alkali Serat Bundung

Gulma adalah tanaman liar yang tumbuh dan tidak dikehendaki, karena dapat menghambat pertumbuhan tanaman budidaya, serta menurunkan kualitas dari tanaman budidaya. Berdasarkan klasifikasi botani, gulma dapat dibedakan menjadi teki (*Sedges*), rumput (*Grasses*), dan gulma daun lebar. Tanaman bundung (*Scirpus Grossus*) termasuk gulma jenis teki (*Sedges*) yang mempunyai batang berbentuk segitiga dan tidak berongga. Serat bundung mempunyai kekuatan serat yang sangat tinggi, karena adanya jaringan penyusun epidermis berupa jaringan parenkim. Jaringan parenkim sangat banyak, tersebar secara merata dan rapat, sehingga tanaman bundung sangat berpotensi untuk dimanfaatkan dan dikembangkan dalam kajian ilmu material. (Khaidar, Hafidh Rayana dkk. 2019).

Berdasarkan penelitian Hafidh Rayana Khaidar, Irfana Diah Faryuni, dan Asifa Asri, yaitu analisis kekuatan tarik serat bundung (*Scirpus Grossus*) dengan variasi perlakuan alkali. Perlakuan NaOH 2,5% dan 5%, sedangkan variasi waktu perendaman adalah 10 menit sampai 150 menit dengan interval waktu 10 menit dan 30 menit. Kadar 2,5% NaOH dilakukan waktu perendaman selama 30 menit,

60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Kadar 5% NaOH dilakukan waktu perendaman dengan interval 10 menit dan 30 menit. Perendaman dengan interval 10 menit dilakukan selama 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit. Perendaman dengan interval 30 menit dilakukan selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Serat bundung dibuat dengan ukuran seragam, yaitu 1 cm x 0,05 cm x 25 cm. Pengujian kekuatan tarik menggunakan *Universal Testing Machine* tipe Galdabini. (Khaidar, Hafidh Rayana dkk. 2019).



Gambar 3.23 Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Waktu Perendaman

Interval 10 Menit pada Komposit Serat Bundung dengan 5% NaOH

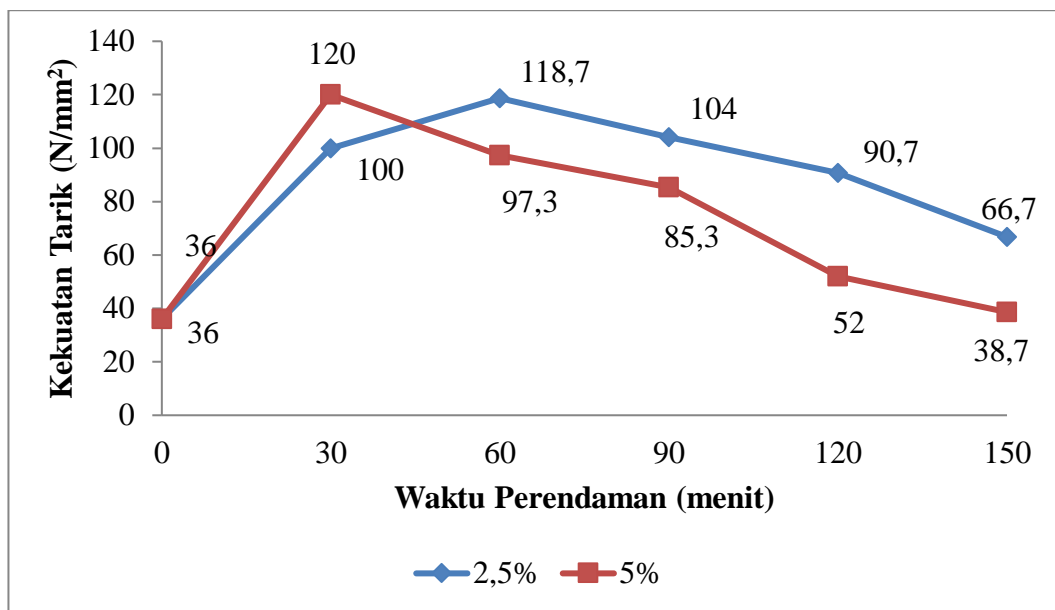
Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik terendah pada komposit serat bundung tanpa perlakuan NaOH sebesar 36 MPa. Komposit serat bundung tanpa perlakuan NaOH menyebabkan permukaan serat masih terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin (*wax*, pektin, hemiselulosa, dan lignin). Lapisan tersebut mempengaruhi kualitas selulosa pada serat bundung, sehingga komposit mempunyai kekuatan tarik yang kurang maksimal. Lapisan

lilin pada permukaan serat bersifat *amorphous* atau terdiri dari bagian penyusun yang acak dan cenderung tidak teratur. (Khaidar, Hafidh Rayana dkk. 2019).

Komposit serat bundung mengalami peningkatan kekuatan tarik pada perlakuan 5% NaOH selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit masing-masing sebesar 72 MPa, 96 MPa, dan 120 MPa. Kekuatan tarik yang meningkat disebabkan oleh larutnya lapisan lilin pada permukaan serat, sehingga kualitas selulosa meningkat. Waktu perendaman yang lama berpengaruh terhadap penurunan kekuatan tarik komposit dan bagian selulosa menjadi rusak ditunjukkan dengan diameter serat yang terbelah. Komposit serat bundung mengalami penurunan kekuatan tarik pada perlakuan 5% NaOH selama 40 menit, 50 menit, dan 60 menit masing-masing sebesar 102,7 MPa, 97,3 MPa, dan 97,3 MPa. (Khaidar, Hafidh Rayana dkk. 2019).

Perbedaan variasi kadar NaOH pada komposit serat bundung dengan interval waktu perendaman yang sama untuk mengetahui perbedaan kekuatan tarik masing-masing. Perlakuan NaOH 2,5% dan 5% terhadap serat mengalami peningkatan kekuatan tarik. Komposit serat bundung dengan perlakuan 5% NaOH mencapai kekuatan tarik maksimal pada waktu perendaman 30 menit sebesar 120 MPa. Komposit serat bundung dengan perlakuan 2,5% NaOH mencapai kekuatan tarik maksimal pada waktu perendaman 60 menit sebesar 118,7 MPa. Kadar NaOH yang tinggi menyebabkan lapisan lilin larut lebih cepat. Komposit serat bundung dengan perlakuan 5% NaOH mengalami penurunan kekuatan tarik pada menit ke 60 hingga 150 menit. Komposit serat bundung dengan perlakuan 2,5% NaOH mengalami penurunan kekuatan tarik pada menit ke 90 hingga 150 menit.

Kekuatan tarik komposit serat bundung lebih cepat menurun saat perlakuan 5% NaOH, karena lapisan lilin dan lapisan selulosa tidak tahan dengan kadar NaOH yang lebih tinggi, sehingga mudah rusak. (Khaidar, Hafidh Rayana dkk. 2019).



Gambar 3.24 Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Waktu Perendaman Interval 30 Menit pada Komposit Serat Bundung dengan 2,5% dan 5% NaOH

Setelah dilakukan visualisasi permukaan serat bundung secara makroskopis, komposit serat bundung tanpa perlakuan NaOH cenderung mempunyai struktur permukaan yang halus dan terdiri dari bagian lapisan yang menyerupai lilin. Permukaan serat bundung menjadi kasar saat diberikan perlakuan NaOH, tetapi perlakuan NaOH yang terlalu lama berpengaruh terhadap penurunan kekuatan tarik. Permukaan serat bundung mengalami kerusakan selulosa yang berakibat terbelahnya diameter serat menjadi serat-serat baru. (Khaidar, Hafidh Rayana dkk. 2019).

2.27 Perlakuan Alkali Serat Pandan Berduri

Serat pandan berduri (*Pandanus Tectorius*) merupakan salah satu material serat alami (*natural fibre*) yang berpotensi dimanfaatkan dalam pembuatan komposit. Serat pandan berduri yang dikombinasikan dengan epoksi sebagai matrik akan menghasilkan komposit alternatif yang bermanfaat untuk dunia industri. Serat ini dipilih, karena banyak tersebar di Indonesia khususnya daerah dataran rendah, sehingga mudah didapat. Pandan berduri dapat ditemukan di sepanjang garis pantai di Indonesia. (Sudarisman dkk. 2019).

Berdasarkan penelitian Sudarisman, Nanda Satria Atmaja, Muhammad Budi Nur Rahman, dan Kunto Purbono, yaitu *degumming*, perlakuan alkali, dan karakterisasi serat pandan berduri (*Pandanus Tectorius*). Waktu *degumming* 1 jam, 2 jam, 3 jam atau 4 jam dengan suhu *degumming* dibuat tetap 95°C. Perlakuan NaOH 2,5% dan 5% selama 2 jam. Matrik yang digunakan, yaitu epoksi. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas menggunakan mesin COM SERVO berkapasitas 50 kgf. Luas penampang serat diukur menggunakan perangkat lunak terbuka *imageJ*. Foto mikro didapatkan menggunakan mikroskop optik Zeiss yang dilengkapi dengan kamera digital Axiolab pol (0,5) beresolusi maksimum 5 megapixel. Pengukuran dalam pixel persegi, kemudian dikonversi berdasar pada mistar digital dari kamera digital tersebut. Foto SEM didapatkan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM, FEI Inspect S50). (Sudarisman dkk. 2019).

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan komposit serat pandan berduri dengan perlakuan 2,5% NaOH kekuatan tarik optimal dicapai pada waktu

perendaman 3 jam sebesar 203,02 MPa, sedangkan kekuatan tarik pada perlakuan 5% NaOH hanya diperlukan waktu perendaman 2 jam sebesar 153,43 MPa. Semakin tinggi kadar NaOH, maka waktu perendaman yang diperlukan cukup singkat untuk memperoleh kekuatan tarik yang optimal. Perlakuan NaOH dapat melarutkan sebagian lignin dan menguraikan bendel *fiber* menjadi *fiber* individual, serta meningkatkan kadar hidroksil pada permukaan serat. Kadar NaOH yang terlalu tinggi dan/atau waktu perendaman yang terlalu lama dapat merusak struktur serat, sehingga menurunkan kekuatan tarik. (Sudarisman dkk. 2019).

Regangan patah juga menunjukkan pola yang sama. Komposit serat pandan berduri mempunyai regangan patah optimum pada perlakuan 2,5% NaOH selama 3 jam sebesar 46,29 $\mu\text{m}/\text{mm}$ atau 4,629%, sedangkan regangan patah pada perlakuan 5% NaOH selama 2 jam sebesar 37,33 $\mu\text{m}/\text{mm}$ atau 3,733%. Modulus elastisitas meningkat seiring dengan semakin lama waktu perendaman sampai dengan 3 jam pada komposit serat pandan berduri dengan perlakuan 2,5% NaOH sebesar 11,938 GPa, dan modulus elastisitas terendah pada perlakuan 2,5% NaOH selama 4 jam sebesar 7,477 GPa disebabkan oleh larutnya sebagian lignin yang berfungsi sebagai pengikat, sehingga terurainya bendel serat dan memperbesar laju peregangannya. (Sudarisman dkk. 2019).

2.28 Perlakuan Alkali Serat Nanas Sabrang

Serat nanas sabrang (*Agave Cantula*) adalah serat alam yang berasal dari ekstraksi daun tanaman nanas sabrang setelah melewati proses pemisahan serat. Tanaman nanas sabrang banyak tumbuh liar tersebar luas di Indonesia dan daerah

beriklim tropis, misalnya di NTT. Dahulu, serat tanaman ini dimanfaatkan oleh masyarakat pedalaman sebagai bahan tali dan sapu, tetapi harga tali plastik dan sapu jauh lebih murah akibatnya usaha pembuatan tali dan sapu dari bahan serat ini menjadi punah hingga saat ini, oleh karena itu pemanfaatan yang lebih jauh untuk serat ini digunakan sebagai bahan baku komposit. (Jorhans dkk. 2015).

Berdasarkan penelitian Jorhans J. S. Nesimnasi, Kristomus Boimau, dan Yeremias M. Pell, yaitu pengaruh perlakuan alkali (NaOH) pada serat *Agave Cantula* terhadap kekuatan tarik komposit *polyester*. Perlakuan NaOH 2% dan 5% selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Matrik yang digunakan, yaitu resin *unsaturated polyester* tipe 157 BQTN dengan *hardener* MEKPO. Komposit dibuat menggunakan metode cetak tekan pada $V_f \approx 25\%$. Spesimen uji tarik sesuai standar (*American Standard Testing of Materials*) ASTM D-638. (Jorhans dkk. 2015).

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 2% NaOH selama 2 jam belum mampu membersihkan kotoran yang menempel pada serat, sehingga menyebabkan kekuatan tarik rendah. Perlakuan 2% NaOH selama 6 jam dapat menurunkan kekuatan tarik komposit, karena semakin lama waktu perendaman, serat menjadi rapuh/rusak disebabkan oleh putusya rantai selulosa dalam serat, sehingga tegangan tarik menurun. Komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 2% NaOH selama 4 jam mempunyai tegangan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan waktu perendaman 2 jam dan 6 jam, karena kadar yang kecil, tetapi waktu perendaman 4 jam mampu membersihkan permukaan serat dari kotoran tanpa merusak struktur serat,

sehingga ikatan antara serat dengan matrik menjadi kuat. Sebaliknya, kekuatan tarik cenderung menurun pada komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 5% NaOH. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar NaOH dan semakin lama waktu perendaman, maka kekuatan tarik semakin menurun. Komposit serat nanas sabrang mempunyai tegangan tarik tertinggi pada perlakuan 5% NaOH selama 2 jam sebesar 36,866 MPa dan tegangan tarik terendah pada perlakuan 2% NaOH selama 2 jam sebesar 22,707 MPa. (Jorhans dkk. 2015).

Komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 5% NaOH selama 6 jam mempunyai regangan tarik tertinggi. Semakin lama waktu perendaman, maka regangan tarik semakin meningkat. Serat tersebut menjadi rapuh, sehingga beban yang diterima lebih didominasi oleh matrik, maka regangan tarik komposit menjadi tinggi. Sebaliknya, serat dengan matrik mempunyai ikatan yang kuat dan serat belum mengalami degradasi pada waktu perendaman 2 jam dan 4 jam, sehingga beban yang diberikan dapat ditahan oleh serat dan matrik. Tegangan tarik mampu ditahan, sehingga regangan tarik komposit rendah. (Jorhans dkk. 2015).

Komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 2% NaOH selama 2 jam mempunyai regangan tarik tertinggi, karena ikatan antara serat dengan matrik terlepas disebabkan oleh tegangan tarik pada permukaan serat, sehingga beban yang diberikan tidak dapat ditahan oleh serat dan matrik. Regangan tarik kembali meningkat pada perlakuan 2% NaOH selama 6 jam, karena mempunyai ikatan permukaan yang kuat, tetapi serat telah mengalami deformasi, sehingga beban yang ditahan lebih dominan oleh matrik. Tegangan tarik yang ditahan oleh matrik

rendah, tetapi menghasilkan regangan serat yang panjang, sehingga regangan patah komposit tinggi. Komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 2% NaOH selama 4 jam tidak terdapat *debonding/pull out* sebab serat didukung oleh matrik, sehingga beban yang diberikan dapat ditahan oleh serat dan matrik. Tegangan tarik yang mampu ditahan tinggi, sehingga regangan serat lebih pendek, maka regangan tarik komposit menjadi rendah. (Jorhans dkk. 2015).

Komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 5% NaOH selama 4 jam dan 6 jam menurunkan modulus elastisitas, karena semakin lama waktu perendaman mengakibatkan serat menjadi rapuh dan struktur selulosa serat rusak, sehingga menghilangkan sifat keuletan serat. Rendahnya kedua komposit tersebut juga dipengaruhi oleh kurva tegangan regangan. Komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 2% NaOH selama 4 jam mempunyai modulus elastisitas tertinggi dibandingkan dengan waktu perendaman 2 jam dan 6 jam. Pada perlakuan 2% NaOH selama 2 jam, serat masih mempunyai sifat kegetasan, karena belum mampu menghilangkan sifat tersebut, sehingga modulus elastisitas rendah. Pada perlakuan 2% NaOH selama 4 jam telah merubah sifat kegetasan serat dan serat menjadi ulet, sehingga modulus elastisitas meningkat. Pada perlakuan 2% NaOH selama 6 jam, serat masih mempunyai sifat keuletan akan tetapi waktu perendaman yang terlalu lama dapat merusak struktur selulosa serat dan serat menjadi rapuh, sehingga modulus elastisitas kembali menurun apabila waktu perendaman dinaikkan. Komposit serat nanas sabrang mempunyai modulus elastisitas terendah pada perlakuan 2% NaOH selama 2 jam, karena regangan tarik

yang terjadi sangat tinggi, sedangkan tegangan tarik yang terjadi sangat rendah. (Jorhans dkk. 2015).

Setelah dilakukan pengamatan penampang patahan uji tarik terlihat bahwa pada komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 2% NaOH selama 2 jam dan 6 jam, serta perlakuan 5% NaOH selama 6 jam terdapat *debonding/pull out*, sedangkan komposit serat nanas sabrang dengan perlakuan 2% NaOH selama 4 jam, serta perlakuan 5% NaOH selama 2 jam dan 4 jam tidak terdapat *debonding/pull out*. (Jorhans dkk. 2015).

2.29 Perlakuan Alkali Serat Kulit Waru

Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) merupakan jenis tanaman yang sangat dikenal oleh penduduk Indonesia dapat ditemukan dengan mudah, karena tersebar luas di daerah tropik dan terutama tumbuh berkelompok di pantai berpasir atau daerah pasang surut. Oleh karena sering ditemukan hidup di tepi pantai, maka tanaman ini juga biasa disebut waru laut. Waru atau baru (*Hibiscus Tiliaceus*, suku kapas-kapasan atau *Malvaceae*) telah lama dikenal waru laut sebagai pohon peneduh tepi jalan atau tepi sungai dan pematang, serta pantai. Walaupun tajuknya tidak terlalu rimbun, waru disukai karena akarnya tidak dalam, sehingga tidak merusak jalan dan bangunan di sekitarnya. Serat kulit dari pohon waru mempunyai struktur serat yang kontinyu dan anyaman alami yang kuat, tetapi pemanfaatannya masih sangat terbatas. Oleh sebab itu dibutuhkan pemanfaatan yang lebih baik lagi terutama serat kulit waru sebagai alternatif untuk bahan dasar komposit, dan secara tidak langsung nilai tambah (*added value*) dari tanaman bisa ditingkatkan dan tanaman waru bisa dijadikan sebagai tanaman industri. (Nurudin, Arif dkk. 2011).

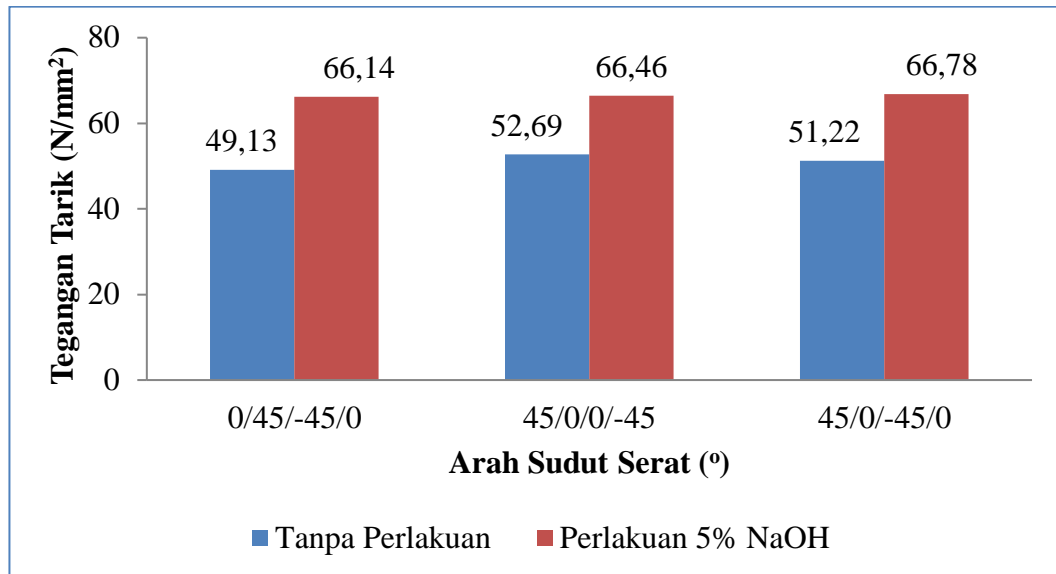
Berdasarkan penelitian Arif Nurudin, Achmad As'ad Sonief, dan Winarno Yahdi Atmodjo, yaitu karakterisasi kekuatan mekanik komposit berpenguat serat kulit waru (*Hibiscus Tiliaceus*) kontinyu laminat dengan perlakuan alkali bermatrik *polyester*. Perlakuan NaOH 5% selama 2 jam dan layerisasi serat kontinyu alami. Matrik yang digunakan, yaitu resin *unsaturated polyester* tipe 157 BQTN dengan *hardener* MEKPO 1%. Tebal rata-rata serat kulit waru setelah diukur perlembarnya mempunyai ketebalan rata-rata 0,115 mm dan kekuatan tarik serat kulit waru sebesar 334 MPa. Variasi empat *layer* serat dan orientasi arah sudut serat yang digunakan, yaitu $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$; $45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}$; $45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$. (Nurudin, Arif dkk. 2011).

Tabel 7. Data Uji Tarik Komposit Serat Kulit Waru

	Perlakuan Alkali			
	Tanpa Perlakuan		5% NaOH	
Sudut Serat	E (N/mm ²)	σ (N/mm ²)	E (N/mm ²)	σ (N/mm ²)
	39958,3	46,11	41818,2	66,35
$0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$	32968,7	50,72	51320,7	65,38
	40461,5	50,58	52339,6	66,68
	41965,5	58,51	54440,0	65,43
$45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}$	40000,0	53,85	41641,7	67,07
	45285,7	45,72	49678,5	66,88
	58578,9	53,51	44531,2	68,51
$45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$	33218,7	51,11	41090,9	65,19
	35172,4	49,04	60260,8	66,63

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik rata-rata pada komposit serat kulit waru dengan perlakuan 5% NaOH hampir sama antara arah sudut serat $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ sebesar $66,14\text{N/mm}^2$; $45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}$ sebesar $66,46\text{N/mm}^2$; dan $45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ sebesar $66,78\text{ N/mm}^2$. Arah sudut serat $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$; $45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}$; dan $45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ tidak memberikan perbedaan kekuatan tarik yang signifikan atau bisa dikatakan variasi orientasi arah sudut serat tidak memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik, karena semua kekuatan tarik hampir sama. Hal ini dikarenakan masing-masing mempunyai jumlah *layer* yang sama, yaitu 4 *layer* dan jumlah orientasi arah sudut serat yang sama, yaitu 2 arah 0° dan 2 arah 45° . Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up* dengan orientasi arah serat. Kekuatan mekanis dari komposit serat kulit waru didapatkan dengan dua pengujian, yaitu pengujian tarik dan pengujian *bending* dan diharapkan karakterisasi kekuatannya dapat digunakan dengan tepat pada pemanfaatannya. Gaya yang dikenakan terhadap benda uji adalah gaya aksial. Perbedaan sedikit kekuatan tarik, karena serat kulit waru yang tersusun secara alami mempunyai diameter serat yang berbeda dan tidak bisa dikontrol seperti pada serat buatan. *Void* yang terjadi saat pembuatan komposit juga mempengaruhi kekuatan tarik. (Nurudin, Arif dkk. 2011). Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan pengaruh perlakuan 5% NaOH selama 2 jam terlihat perbedaan yang signifikan antara kekuatan tarik. Kekuatan tarik arah sudut serat $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ meningkat 25,71%, arah sudut serat $45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}$ meningkat 20,71%, dan arah sudut serat $45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ meningkat 23,30% berarti dengan adanya

perlakuan 5% NaOH selama 2 jam terjadi *interface bonding* yang lebih baik antara serat dengan matriknya. (Nurudin, Arif dkk. 2011).



Gambar 3.25 Diagram Hubungan Tegangan Tarik dengan Arah Sudut Serat pada Komposit Serat Kulit Waru

Tabel 8. Data Analisis Varian (Anova) terhadap Kekuatan Tarik dan Perlakuan 5% NaOH pada Komposit Serat Kulit Waru

SUMMARY							
Groups	Count	Sum	Av	Var			
Tanpa Perlakuan	9	459,1	51,0	15,8			
Perlakuan NaOH	9	598,1	66,4	1,08			
ANOVA							
Source	of	SS	df	MS	F	P-Value	F Crit
Variation							
Between Groups		1073,2	1	1073,2	126,8	5,13E-09	4,49
Within Groups		135,3	16	8,46			
Total		1208,6	17				

Tabel 9. Data Analisis Varian (Anova) terhadap Orientasi Arah Sudut Serat dan Kekuatan Tarik dengan Perlakuan 5% NaOH pada Komposit Serat Kulit Waru

SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Av</i>	<i>Var</i>		
σ Perlakuan	9	598,1	66,4	1,08		
σ Max Perlakuan	9	600,1	66,68	0		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Value</i>	<i>F Crit</i>
<i>Between Groups</i>	0,221	1	0,22	0,40	0,532	4,494
<i>Within Groups</i>	8,653	16	0,54			
Total	8,874	17				

Setelah dilakukan analisis varian (anova) terhadap kekuatan tarik dan perlakuan 5% NaOH didapatkan F hitung 126,84, level signifikan α 5%, dan F tabel 4,494, karena F hitung $>$ F tabel maka H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari pengaruh perlakuan serat terhadap kekuatan tarik komposit. Hasil dari analisis varian (anova) terhadap orientasi arah sudut serat dan kekuatan tarik dengan perlakuan 5% NaOH didapatkan F hitung 0,4088, level signifikan α 5%, dan F tabel 4,494, karena F hitung $<$ F tabel maka H_0 diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh orientasi arah sudut serat terhadap kekuatan tarik komposit. (Nurudin, Arif dkk. 2011).