

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Komposit**

Komposit berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Komposit adalah penggabungan dari dua (atau lebih) material yang berbeda sebagai suatu kombinasi yang menyatu. (Nurmaulita. 2010). Komposit memiliki sifat atau struktur yang berbeda dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik. (Sulistijono. 2012). Material keduanya tetap menjadi wujudnya masing-masing (tidak saling melarutkan antara materialnya), tetapi dapat saling melengkapi dan membentuk sifat mekanik yang lebih baik dari material-material penyusunnya. (Utomo, Samuel Budi dkk. 2017).

Komposit terdiri dari matrik sebagai pengikat serat dan *filler* sebagai pengisi komposit. Keunggulan komposit diantaranya dapat memberikan sifat-sifat mekanik terbaik yang dimiliki oleh komponen penyusunnya, bobotnya yang ringan, kemudian tahan korosi, ekonomis, dan tidak sensitif terhadap bahan-bahan kimia. (Matthews & Rawlings. 1994). Penggunaan komposit dalam bidang teknik semakin meningkat seiring meningkatnya pengetahuan karakteristik material. Komposit mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan material jenis logam. Komposit banyak digunakan di bidang konstruksi permesinan, alat-alat rumah tangga, dan industri otomotif. (Hasyim, Abdul Quddus. 2017).

## 2.2 Serat

Serat merupakan material berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Pada umumnya, komposit mengandung serat pendek maupun serat panjang yang dibungkus dengan matrik. Fungsi serat adalah menahan beban yang diberikan. (Renreng, Ilyas dkk. 2016).

Dalam perkembangannya, serat yang digunakan dalam pembuatan material komposit tidak hanya serat sintetis (*fiber glass*), tetapi juga serat alami (*natural fiber*). Keunggulan serat alami dibandingkan dengan serat sintetis adalah serat alami lebih ramah lingkungan, karena serat lebih mudah dan cepat terurai secara alami, sedangkan serat sintetis lebih sukar terurai. Serat alami memiliki keistimewaan sifatnya yang *renewable* atau terbarukan. Salah satu sifat alami dari serat alam adalah *hydrophilic* (dapat menyerap air), berbeda dengan polimer yang bersifat *hydrophobic* (sukar menyerap air). (Hasyim, Abdul Quddus. 2017).

Serat alam (*natural fiber*) adalah serat yang berasal dari tumbuhan, hewan, dan serat mineral. Serat alam tumbuhan diperoleh dari serat selulosa yang didapat dari bulu benih, batang, dan daun tanaman. Serat alam hewan diperoleh dari protein rambut, bulu binatang, dan kepompong. Serat alam mineral dapat berupa *basal*, *mineral wool*, *glass wool*, *crystalline*, dan *asbes*. (Jones, Robert M. 2005).

Serat berfungsi untuk memperkuat komposit, sehingga sifat mekaniknya lebih kaku, tangguh, dan lebih kokoh, selain itu menghemat penggunaan resin. Kekakuan adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk, jika dibebani dengan gaya tertentu di dalam daerah elastis. Ketangguhan adalah kemampuan bahan menahan beban yang menyebabkan patah. (Joni dkk. 2017).

### 2.3 Matrik

Bahan pengikat atau penyatu serat dalam material komposit disebut matrik. Matrik berfungsi sebagai pelindung serat dari kerusakan atau abrasi yang terjadi, pelindung terhadap lingkungan (dari serangan zat kimia, kelembaban, dan lain-lain), pendukung dan menginfiltrasi serat, mentransfer beban antara serat dengan perekat, serta penyetabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur. (Hasyim, Abdul Quddus. 2017). Matrik berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Syarat pokok matrik adalah harus mampu meneruskan beban, sehingga serat bisa melekat pada matrik. Polimer merupakan bahan matrik yang paling sering digunakan. Adapun jenis polimer, yaitu : (Nesimnasi, Jorhans J. S dkk. 2015).

1. Termoset adalah plastik atau resin yang tidak bisa berubah karena panas dan akan mengeras jika dipanaskan lebih lanjut (tidak bisa didaur ulang), misalnya *epoxy*, *polyester*, dan *phenolic*.
2. Termoplastik adalah plastik atau resin yang dapat dilunakkan terus-menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah karena panas (bisa didaur ulang), misalnya *polyamid*, *nylon*, *polysurface*, *polyether*, dan *polyvinylchloride* (PVC).

Resin *polyester* adalah resin cair dengan viskositas rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengetesan. (Nurmaulita. 2010). Resin *polyester* mempunyai harga yang murah dan mudah digunakan, selain itu *polyester* mempunyai daya tahan terhadap

impak, tahan terhadap segala cuaca, transparan, dan efek permukaan yang baik. (Nesimnasi, Jorhans J. S dkk. 2015).

## **2.4 Katalis**

Katalis (*hardener*) yang digunakan adalah *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO) dengan bentuk cair dan berwarna bening. Fungsi katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matrik akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak akan membuat komposit menjadi getas. Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya. Pada saat mencampurkan katalis ke dalam matrik, maka akan timbul reaksi panas (60°C-90°C). (Nesimnasi, Jorhans J. S dkk. 2015). Pemberian katalis dibatasi 1% sampai 2% dari berat resin. (Prasetyo, Sandi Eko dkk. 2015).

## **2.5 Perlakuan Alkali**

Alkalisasi adalah salah satu cara modifikasi serat untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat dengan matrik. Hemiselulosa, lignin atau pektin serat yang berkurang akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik antara serat dengan matrik, dan proses perendaman akan membuat pori-pori di sekitar permukaan serat. (Prasetyo, Sandi Eko dkk. 2015). Perlakuan alkali dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit. Komposit tanpa perlakuan alkalisasi mempunyai ikatan antara serat dengan matrik

yang tidak sempurna, karena terhalang lapisan yang menyerupai lilin pada permukaan serat. (Maryanti, Budha dkk. 2011).

Natrium hidroksida (NaOH) merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori Arrhenius basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH<sup>-</sup> dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit disebut sifat kaustik basa. Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%, bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas, sangat larut dalam air, dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan dan juga larut dalam etanol dan metanol. (Nesimnasi, Jorhans J. S dkk. 2015).

Serat diberikan perlakuan atau direndam dalam cairan yang mengandung alkali/NaOH untuk memperoleh sifat mekanik yang baik, yaitu kekuatan tarik, *bending*, impak, modulus elastisitas, dan lain-lain. (Renreng, Ilyas dkk. 2016). Penggunaan bahan kimia alkali dan *coupling agent silane* pada perlakuan serat selulosa sebagai media penguatan pada komposit matrik polimer adalah yang paling umum digunakan. (Ray dkk. 2001). Semua perlakuan awal (*pretreatment*) terhadap serat bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik, meningkatkan kekuatan *interfacial*, menurunkan daya serap air, dan meningkatkan keseragaman serat. (Konte. 2006).

Kekuatan dan kekakuan dari serat tergantung pada kandungan selulosanya, peningkatan kandungan selulosa adalah faktor kunci untuk meningkatkan sifat

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).

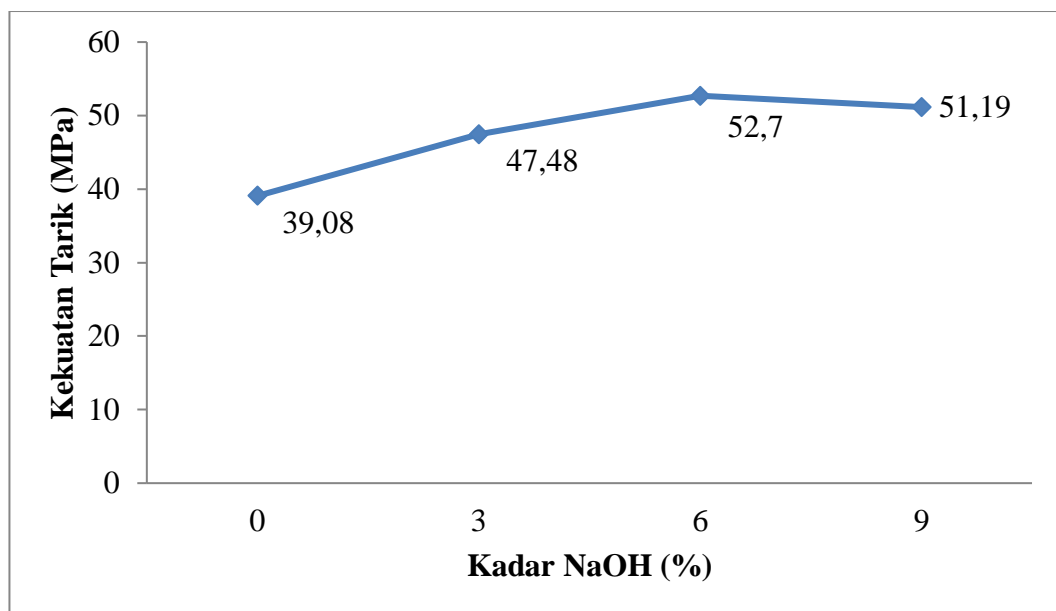
## **2.7 Perlakuan Alkali Serat Lidah Mertua**

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).

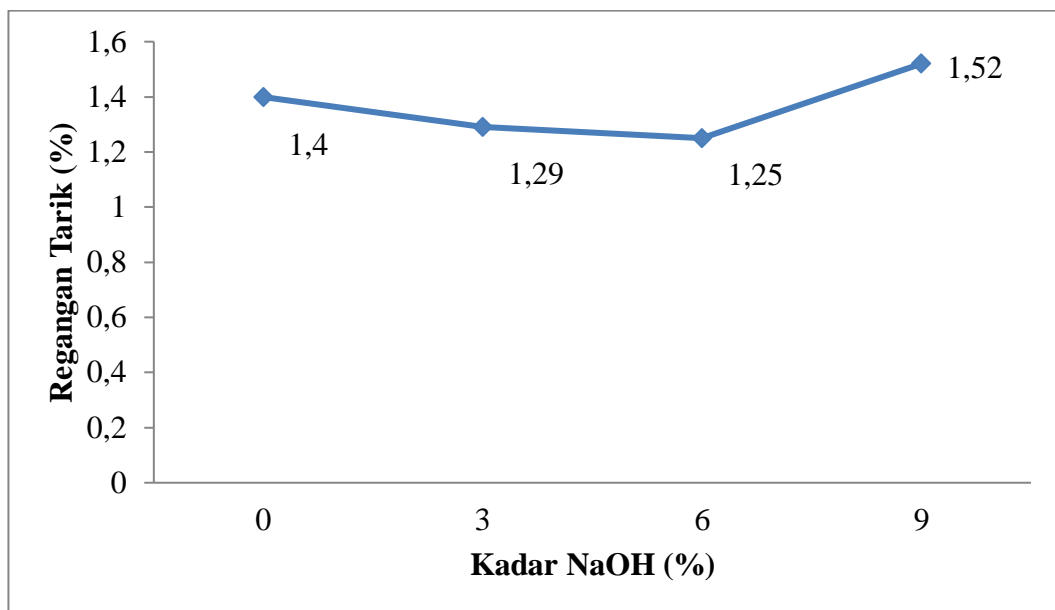
Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik komposit serat lidah mertua mengalami peningkatan pada 0% sampai perlakuan 6% NaOH dan mengalami penurunan pada perlakuan 9% NaOH.



**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

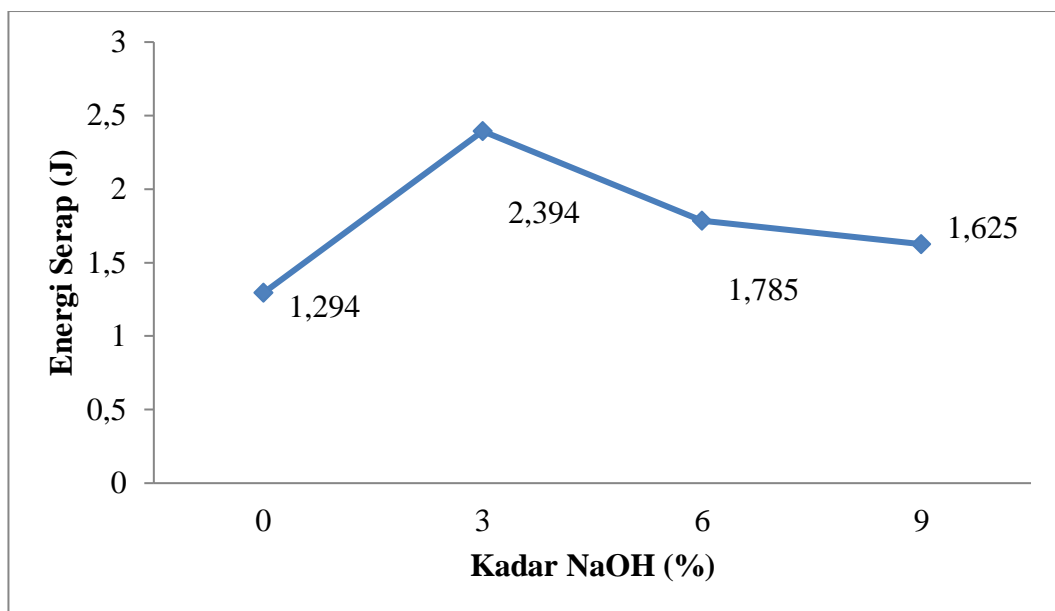
selulosa dan mempunyai kekuatan yang lebih rendah, padahal selulosa sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. Serat yang diberikan perlakuan NaOH terlalu tinggi akan mengalami degradasi kekuatan yang signifikan. Kekuatan tarik mengalami penurunan pada perlakuan 9% NaOH disebabkan oleh terlalu tinggi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

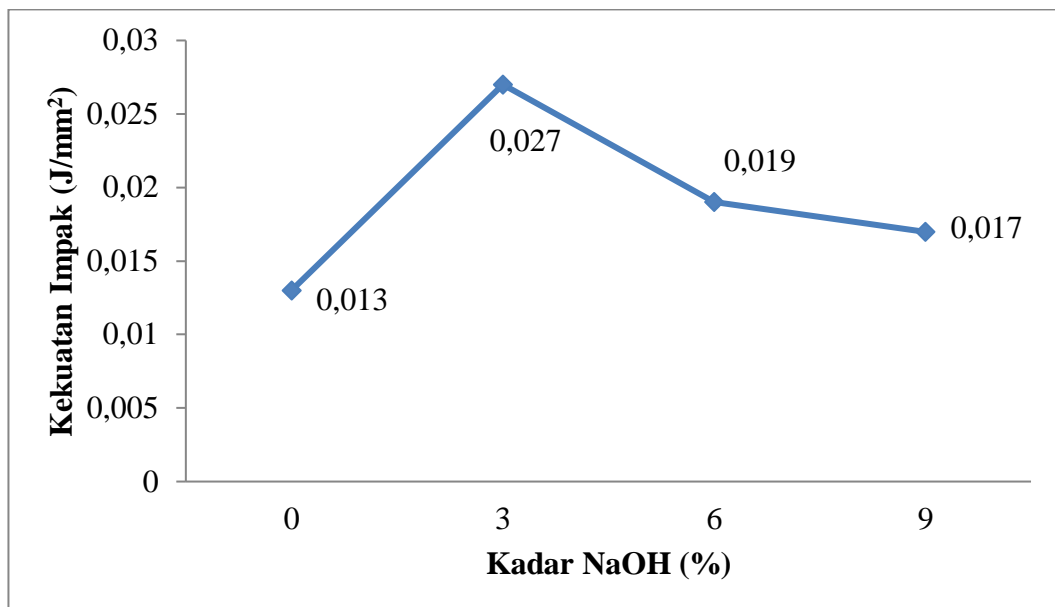
dengan matrik mempunyai ikatan yang kuat dan serat belum mengalami degradasi, sehingga beban yang diberikan dapat ditahan oleh serat dan matrik. Regangan tarik meningkat dari perlakuan 6% ke 9% NaOH, karena serat mengalami kerusakan struktur akibat terlalu tinggi kadar NaOH. (Aoladi, Laelan Farih dkk. 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/mm<sup>2</sup>, pada perlakuan 3% NaOH sebesar 0,027 J/mm<sup>2</sup>, pada perlakuan 6% NaOH sebesar 0,019 J/mm<sup>2</sup>, dan pada perlakuan 9% NaOH sebesar 0,017 J/mm<sup>2</sup>. Komposit serat lidah mertua mempunyai kekuatan impact tertinggi pada perlakuan 3% NaOH sebesar 0,027 J/mm<sup>2</sup>, 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/mm<sup>2</sup>, 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 Farih 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 ( $\theta$ ) 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).

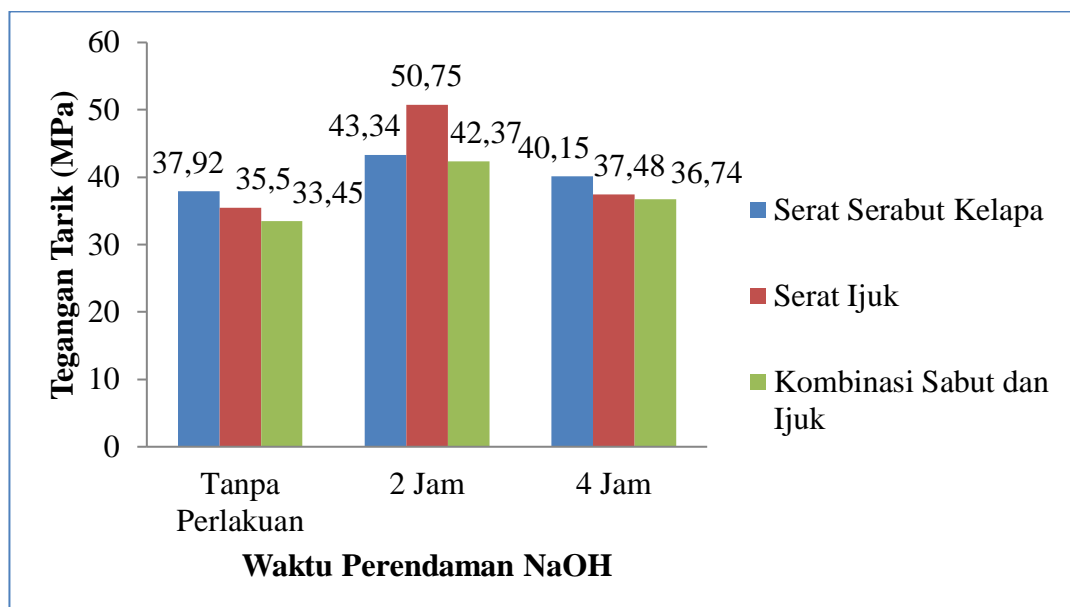
Setelah dilakukan pengujian XRD menunjukkan nilai *Crystallinity Index* (CI) pada uji XRD diindikasikan dari jumlah indeks kristalinitas selulosa dibandingkan dengan jumlah keseluruhan *amorphous material* (hemiselulosa dan lignin) pada serat alam. Pada penelitian serat kulit pohon kurma didapatkan kenaikan 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

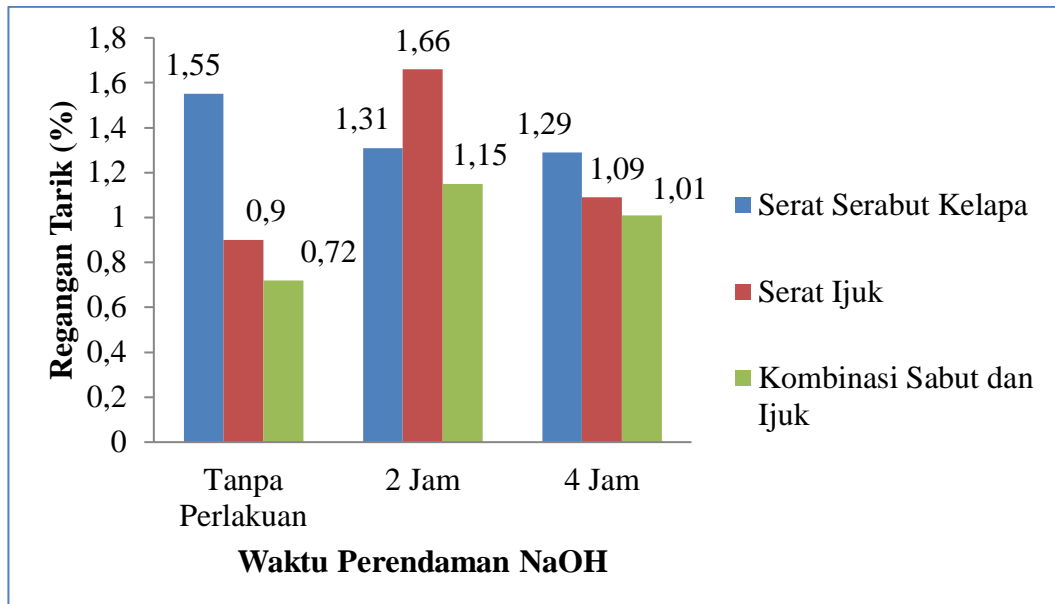
Serat serabut kelapa dan ijuk diharapkan dapat menjadi bahan baku alternatif sebagai penguat komposit, karena populasi tanaman pohon kelapa dan aren sangat besar, khususnya di Sumatera Barat. Serat ini mulai dilirik penggunaannya, karena mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*), 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).



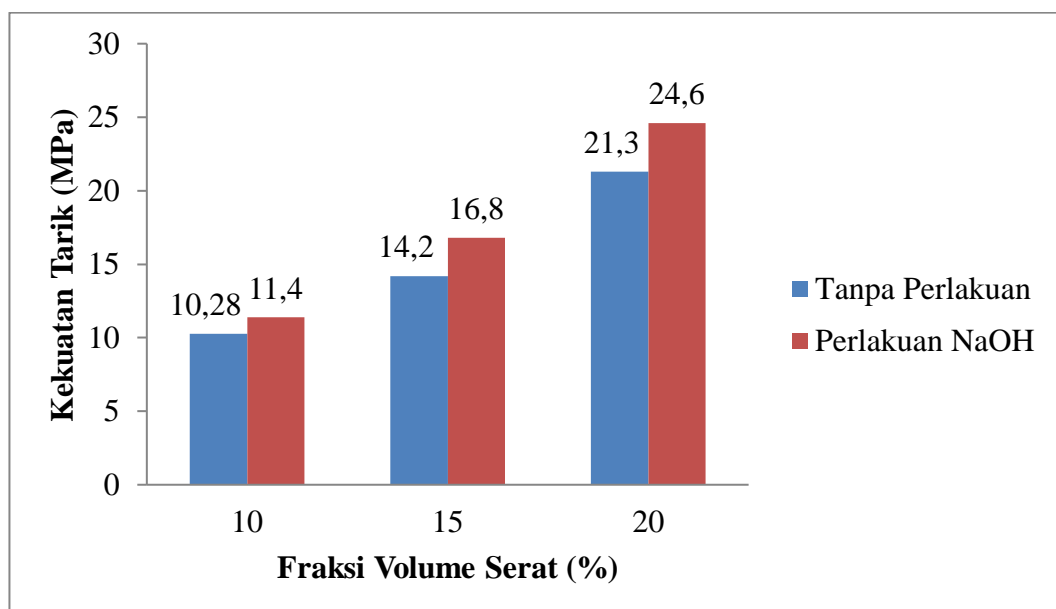
**Gambar 3.6** Diagram Hubungan Regangan Tarik dengan Waktu Perendaman NaOH pada Komposit Serat Serabut Kelapa dan Ijuk

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%.

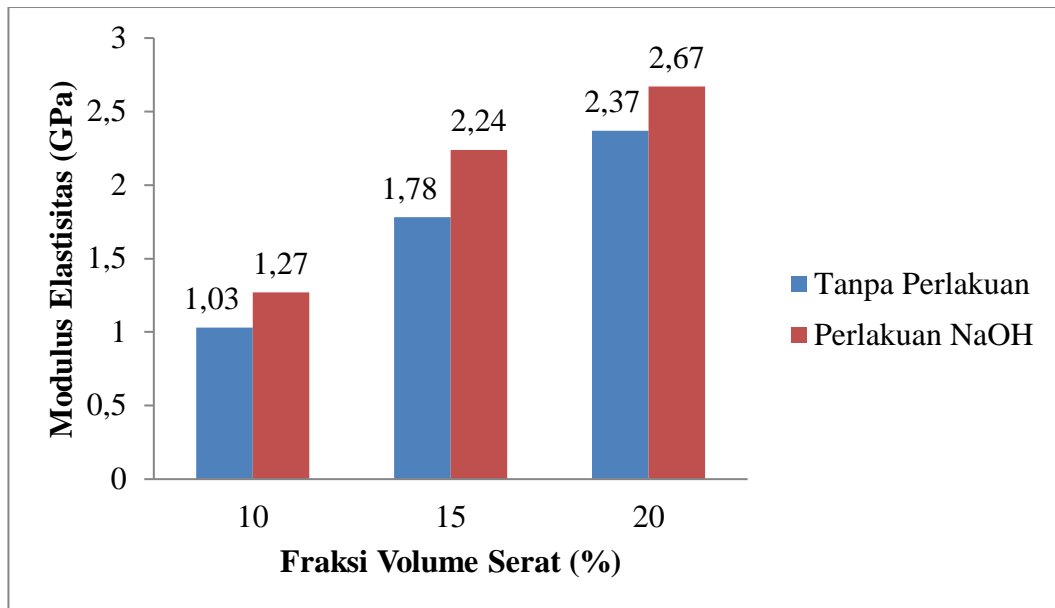


**Gambar 3.7** Diagram Hubungan Kekuatan Tarik dengan Fraksi Volume Serat Pada Komposit Serat Batang Pisang

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 <sub>1</sub> )	(c <sub>2</sub> )	(c <sub>3</sub> )	(c <sub>4</sub> )	(c <sub>5</sub> )	(c <sub>6</sub> )	(c <sub>7</sub> )	(c <sub>8</sub> )	(c <sub>9</sub> )	
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/cm<sup>3</sup>. (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).

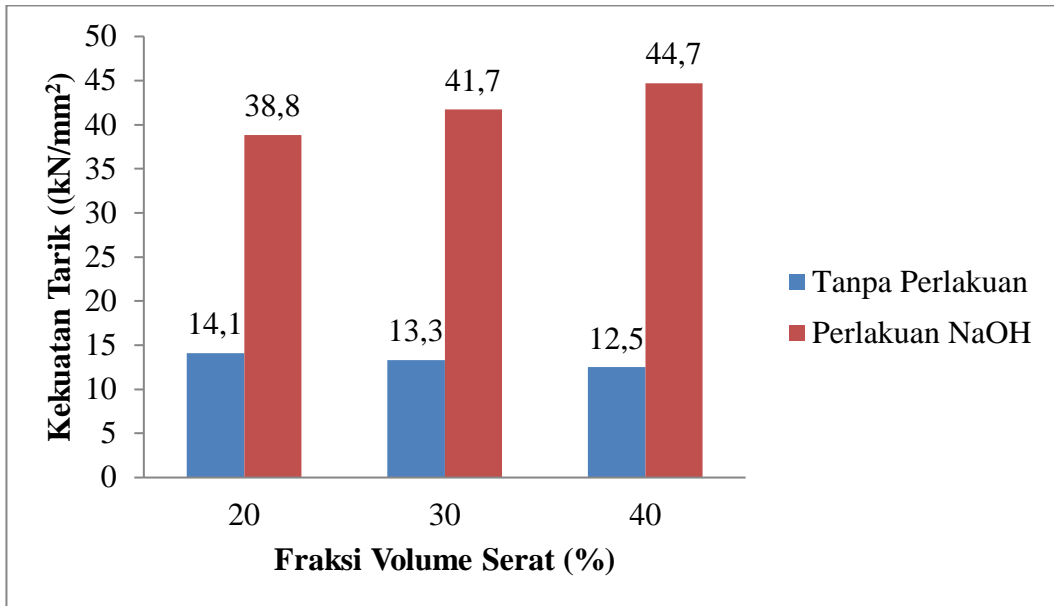
**Tabel 3.** Data Uji Tarik Komposit Serat Bambu Tali

No	Perlakuan	Fraksi Volume	Fraksi Volume	Fraksi Volume
		20%	30%	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

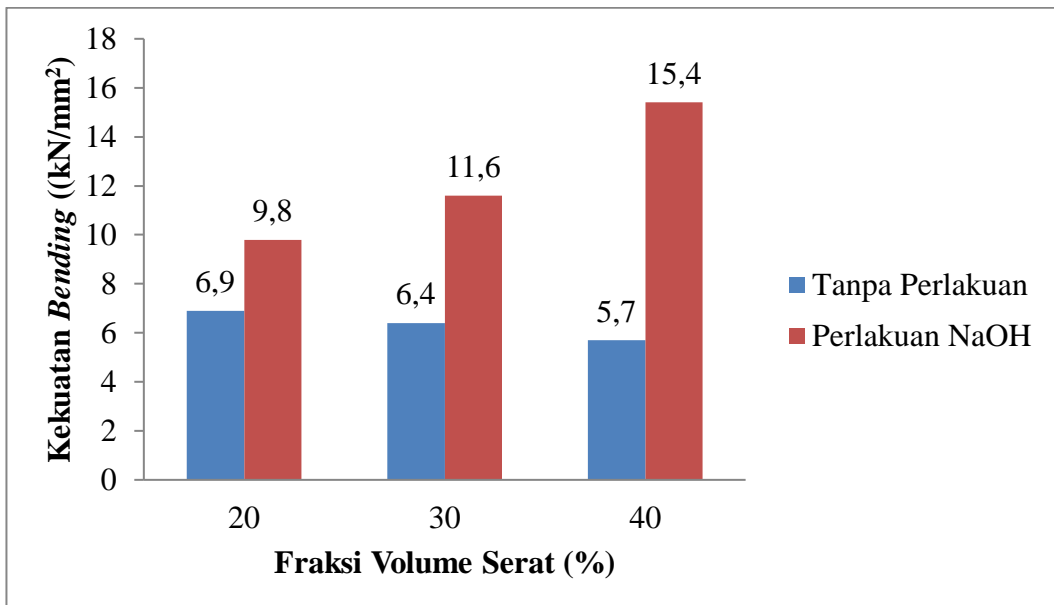
**Tabel 4.** Data Uji *Bending* Komposit Serat Bambu Tali

No	Perlakuan	Fraksi Volume	Fraksi Volume	Fraksi Volume
		20%	30%	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/mm<sup>2</sup> dan 15,4 kN/mm<sup>2</sup>. (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 H<sub>2</sub>O. Diameter awal yang didapatkan dari hasil alkalisasi sebesar 107-128 µm. Proses *bleaching* yang dilakukan, yaitu serat hasil alkalisasi dilarutkan dengan 7,2% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 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  $\mu\text{A}$ ) 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  $\mu\text{m}$  setelah diberikan perlakuan *bleaching*. Pengurangan kembali diameter serat, karena serat bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan  $\text{NaOH}$ . Reaksi tersebut menjelaskan bahwa penambahan  $\text{H}_2\text{O}_2$  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 melepaskan 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).

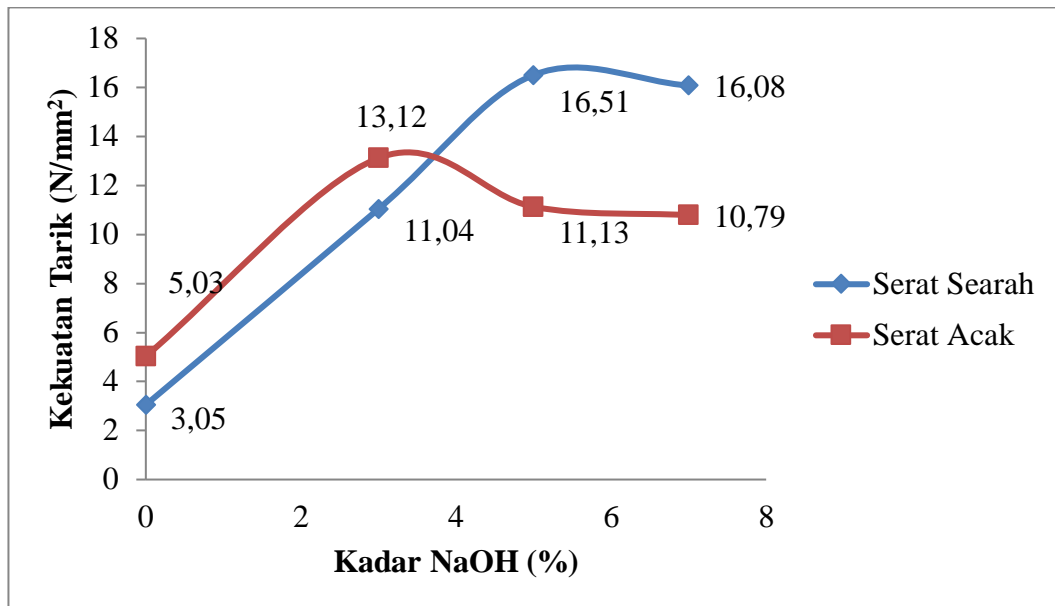
Penelitian ini cukup membuktikan bahwa pereduksian diameter dengan proses *bleaching* mengalami keberhasilan. Pembuatan komposit yang dapat mengabsorpsi suara belum dapat dilakukan pada penelitian ini. Penelitian ini dapat menunjang untuk penelitian selanjutnya, yaitu pembuatan komposit absorpsi suara 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  $\pm 30-35$  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).



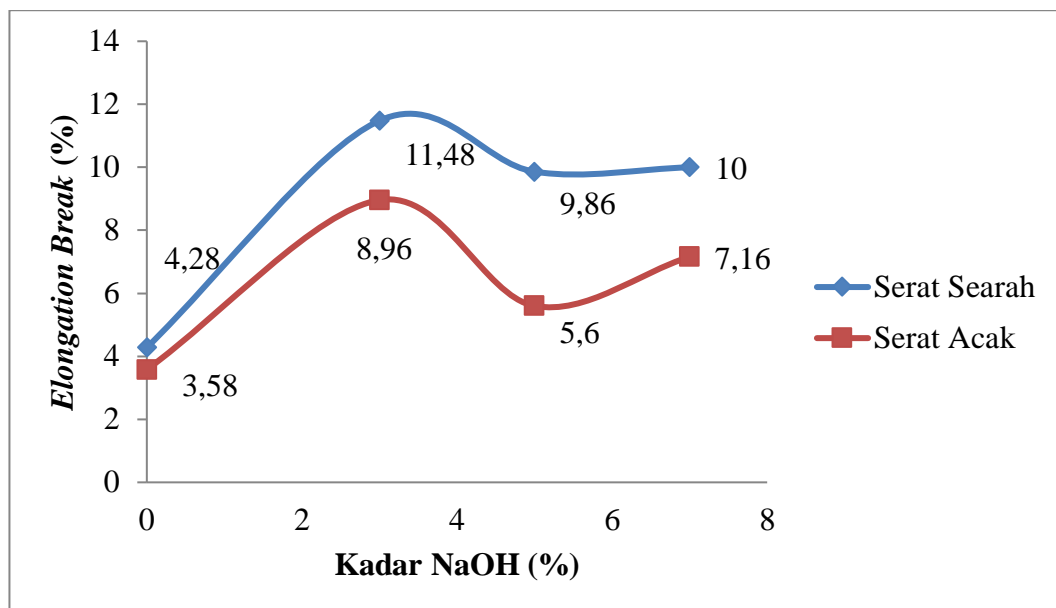
**Gambar 3.11** Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Ampas Tebu

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/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik terendah pada 0% NaOH sebesar 3,05 N/mm<sup>2</sup>. 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/mm<sup>2</sup> dan 10,79 N/mm<sup>2</sup>. Pada perlakuan 7% NaOH hemiselulosa, lignin, dan

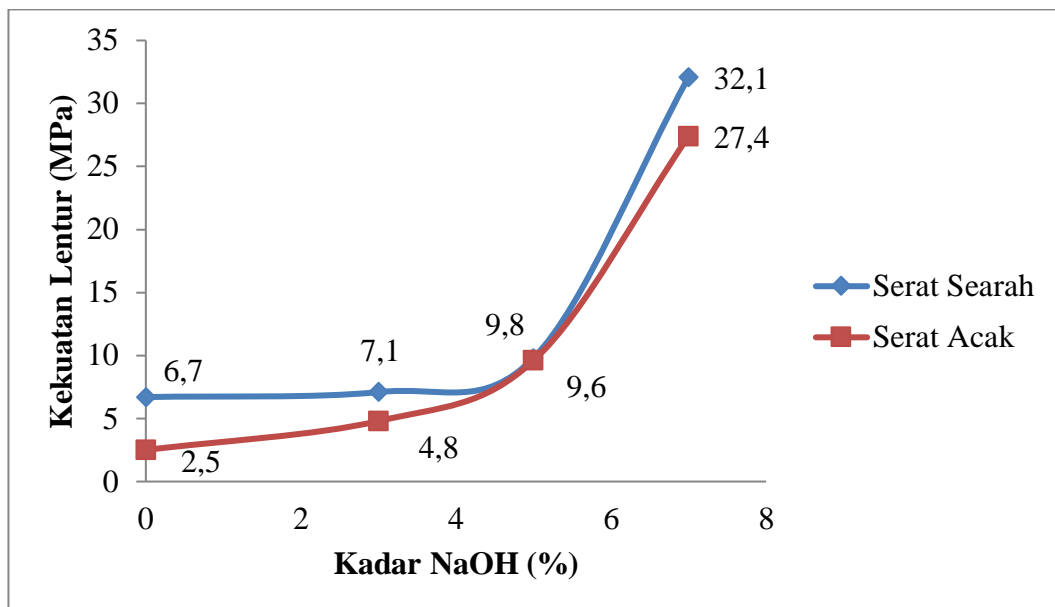
pektin hilang sama sekali, maka kekuatan tarik menurun dibandingkan dengan perlakuan 5% NaOH, karena kumpulan *microfibril* penyusun serat yang disatukan oleh lignin dan pektin akan terpisah, sehingga serat hanya berupa serat-serat halus yang terpisah satu sama lain. (Wiranda, Wike dkk. 2015).

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

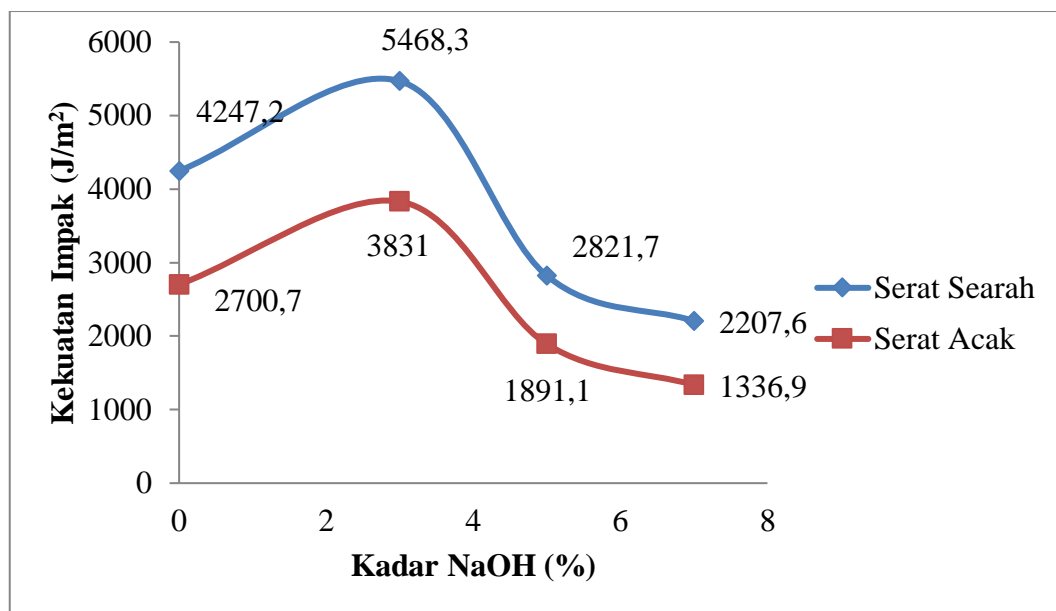
Berdasarkan data hasil pengujian tarik menunjukkan regangan maksimum tertinggi pada komposit serat ampas tebu orientasi serat searah dengan perlakuan 3% NaOH sebesar 11,48% dan regangan maksimum terendah pada komposit serat ampas tebu orientasi serat acak dengan 0% NaOH sebesar 3,58%.



**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).

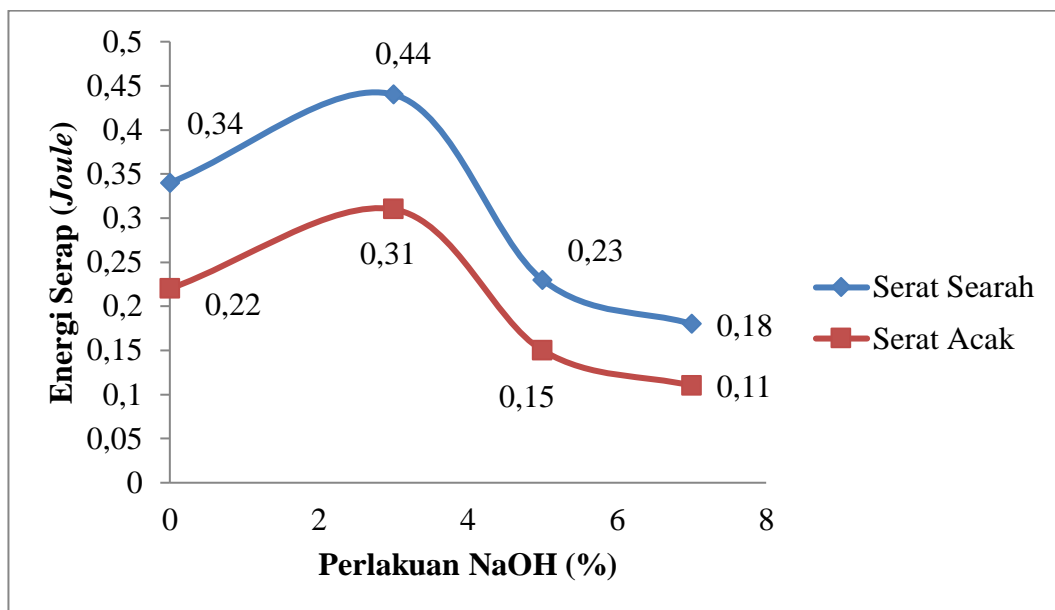


**Gambar 3.14** Grafik Hubungan Kekuatan Impak dengan Kadar NaOH pada Komposit Serat Ampas Tebu

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/m<sup>2</sup> dan kekuatan impak terendah pada komposit serat ampas tebu orientasi serat acak dengan perlakuan 7% NaOH sebesar 1.336,9 J/m<sup>2</sup>. 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 putusya 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 akaa tanpa perlakuan NaOH. (Renreng, Ilyas dkk. 2016).

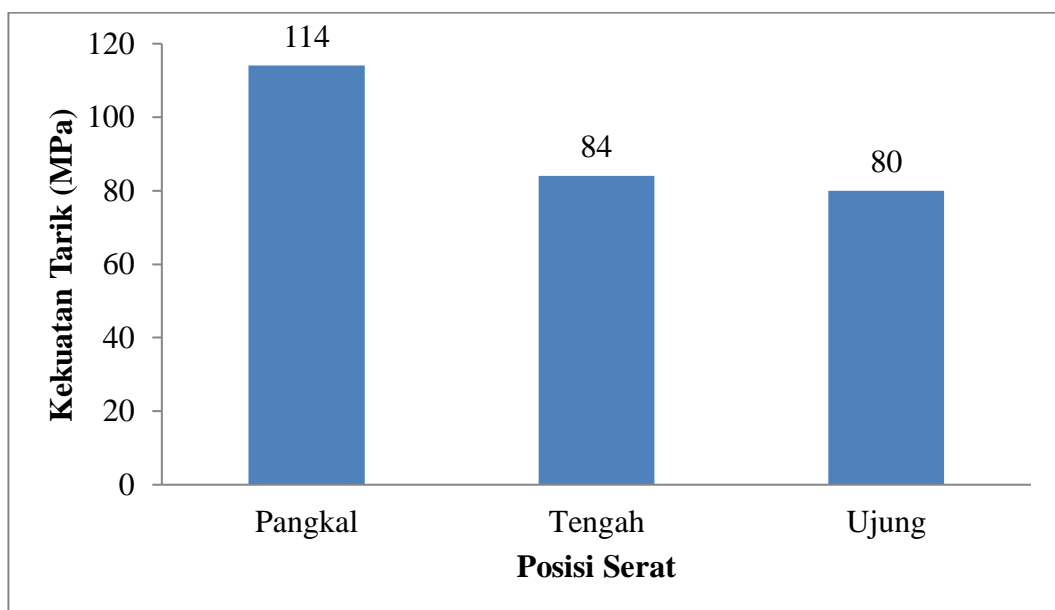
## 2.20 Perlakuan Alkali Serat Pelepah Salak

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

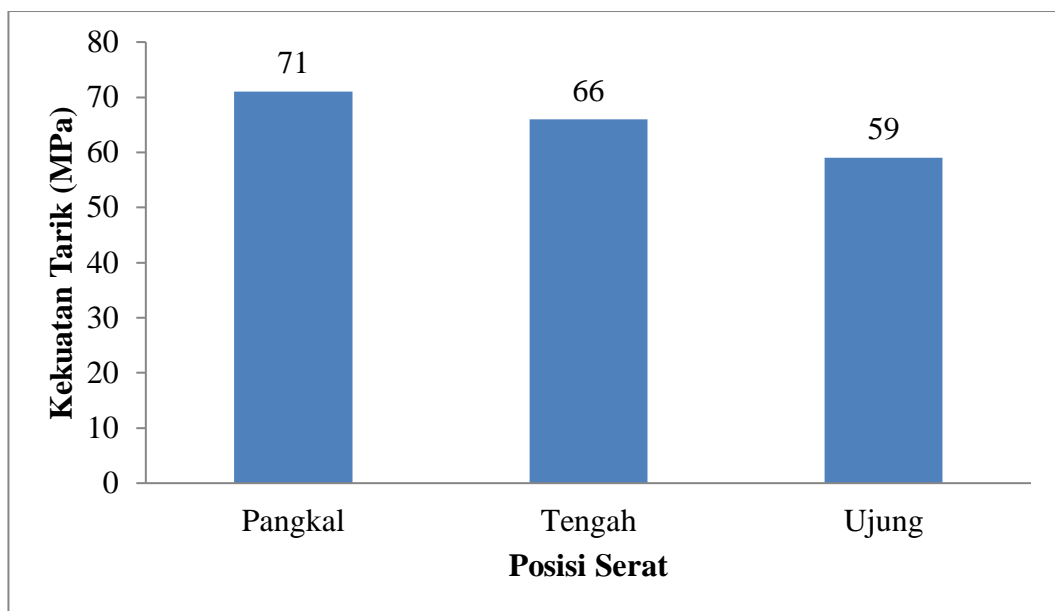
pengukusan pada tekanan 5 Bar selama 60 menit. Hasil fibrilasi serat pelepah salak menghasilkan serat *bundle* pelepah salak dengan warna krem, bentuk bulat dan memanjang. Perlakuan awal dengan perendaman dengan air selama 6 jam menunjukkan bahwa serat *bundle* pelepah salak cenderung tetap berwarna 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

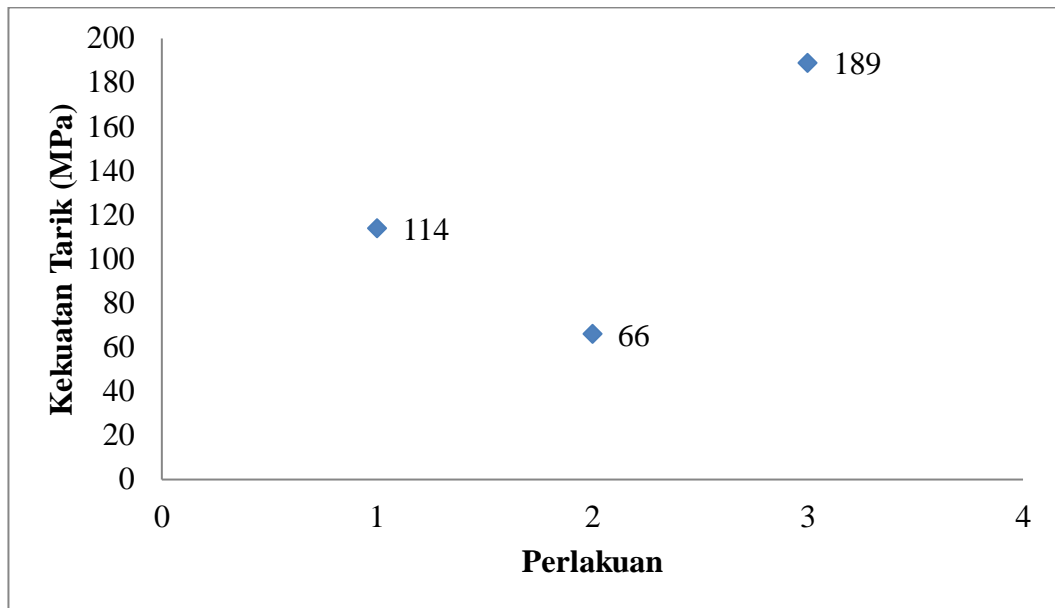
Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik terbaik pada komposit serat *bundle* pelepah salak di pangkal pelepah. Karakterisasi awal serat *bundle* pelepah salak dilakukan dengan menentukan kekuatan tarik berdasarkan posisi serat dari pangkal batang pelepah salak. Hasil pengujian menunjukkan 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  $1.000^\circ\text{C}$  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/mm<sup>2</sup>, 7,10 kJ/mm<sup>2</sup>, dan 8,28 kJ/mm<sup>2</sup>. (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/mm<sup>2</sup>. Kekuatan impak naik pada fraksi volume serat 20% sebesar 20,5 kJ/mm<sup>2</sup>. Kekuatan impak turun pada fraksi volume serat 30% dan 40% masing-masing sebesar 16,02 kJ/mm<sup>2</sup> dan 10,975 kJ/mm<sup>2</sup>. (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  $\alpha$ -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).

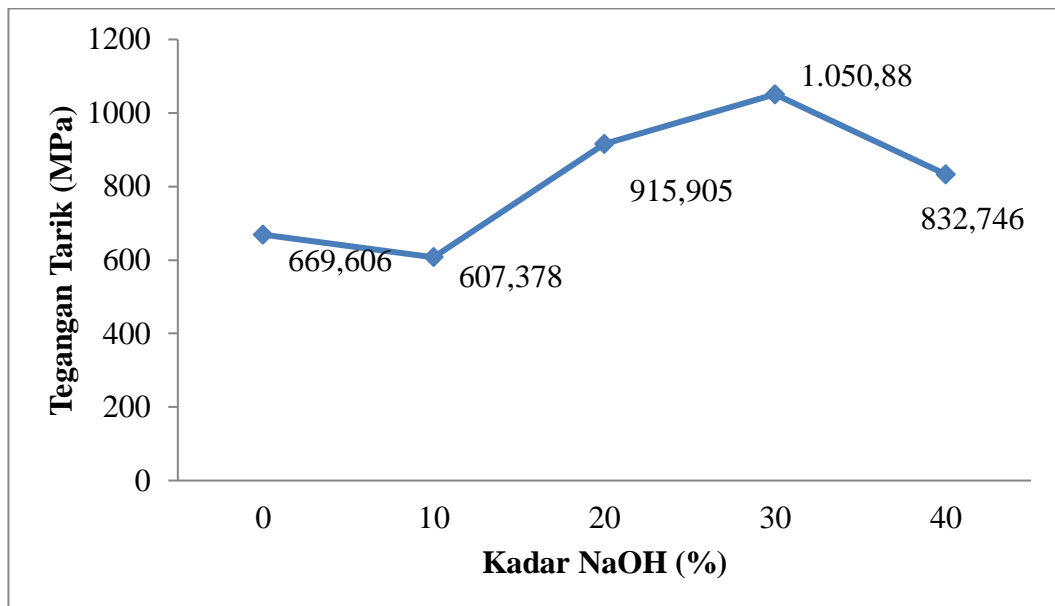
Setelah dilakukan pengujian tarik didapatkan kurva tegangan-regangan komposit serat kulit buah pinang dengan variasi perlakuan NaOH sesuai standar ASTM D-3379, panjang 20 mm dengan tingkat kecepatan *cross-head* 1 mm/menit dengan beban 5 kN. Perlakuan 5% NaOH merupakan perlakuan yang paling efektif untuk 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

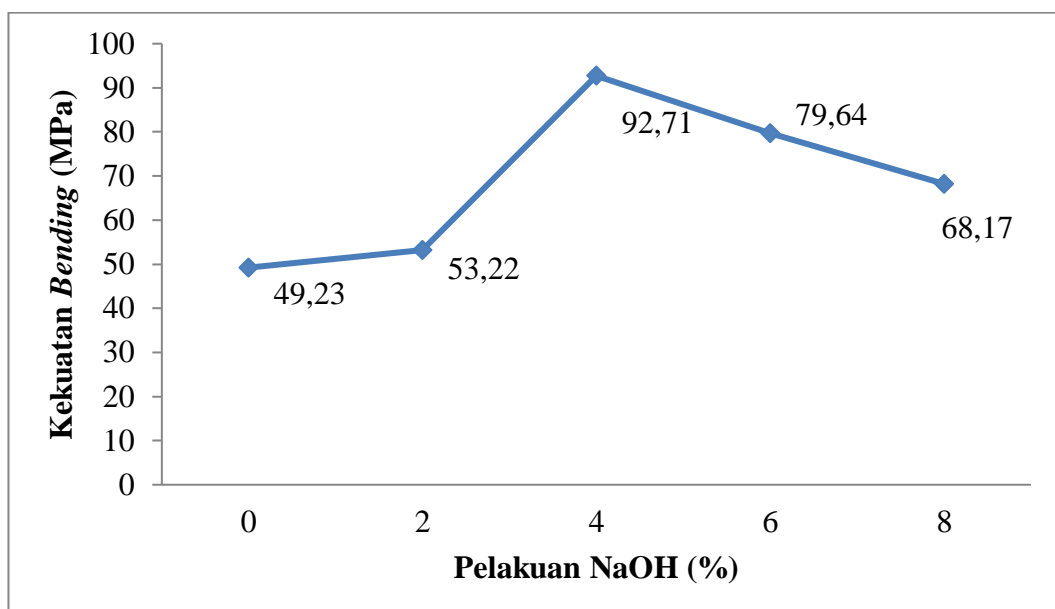
tegangan tarik rata-rata komposit serat nanas dengan perlakuan NaOH 10%, 20%, 30%, dan 40% masing-masing sebesar 607,378 MPa, 915,905 MPa, 1.050,822 MPa, dan 832,746 MPa. Tegangan tarik dapat ditingkatkan dengan perlakuan NaOH, tetapi semakin tinggi kadar NaOH menunjukkan potensi penurunan dan sesuai 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/mm<sup>2</sup> 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).

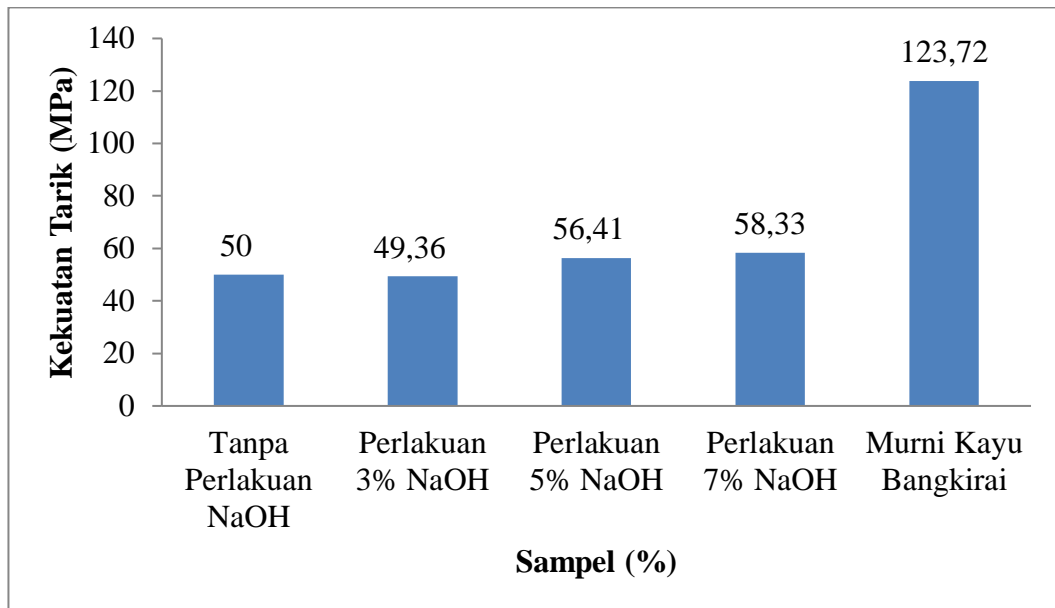
## 2.25 Perlakuan Alkali Serat Kayu Bangkirai

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/m<sup>3</sup>. 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

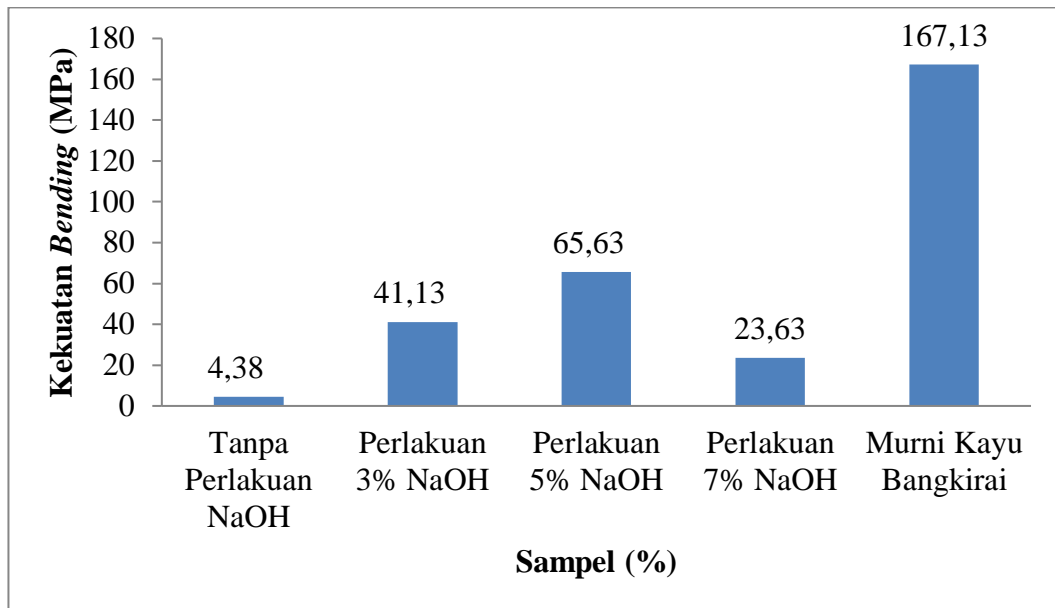


**Gambar 3.21** Diagram Hubungan Kekuatan Tarik dengan Sampel pada Komposit Serat Kayu Bangkirai

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

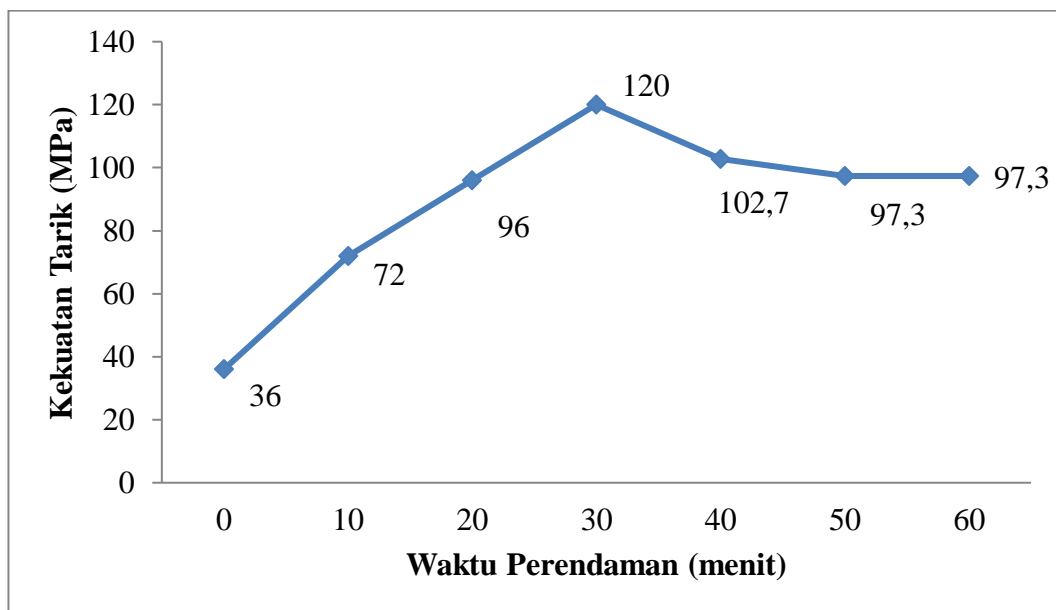
hemiselulosa pada serat. Patahan uji tarik komposit serat kayu bangkirai dengan perlakuan 7% NaOH mengindikasikan adanya *debonding* antara serat dengan matrik yang menyebabkan matrik terjadi *cracking*. *Debonding* terjadi akibat pemutusan serat pada saat uji tarik yang terjadi di daerah *interface* 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

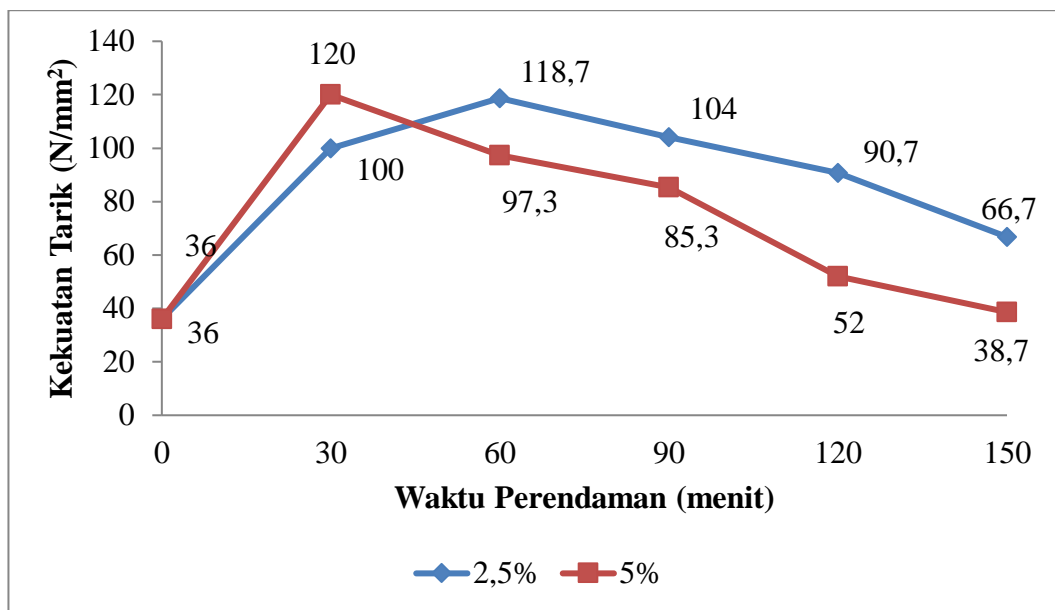


lilin pada permukaan serat bersifat *amorphous* atau terdiri dari bagian penyusun yang acak dan cenderung tidak teratur. (Khaidar, Hafidh Rayana dkk. 2019).

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).



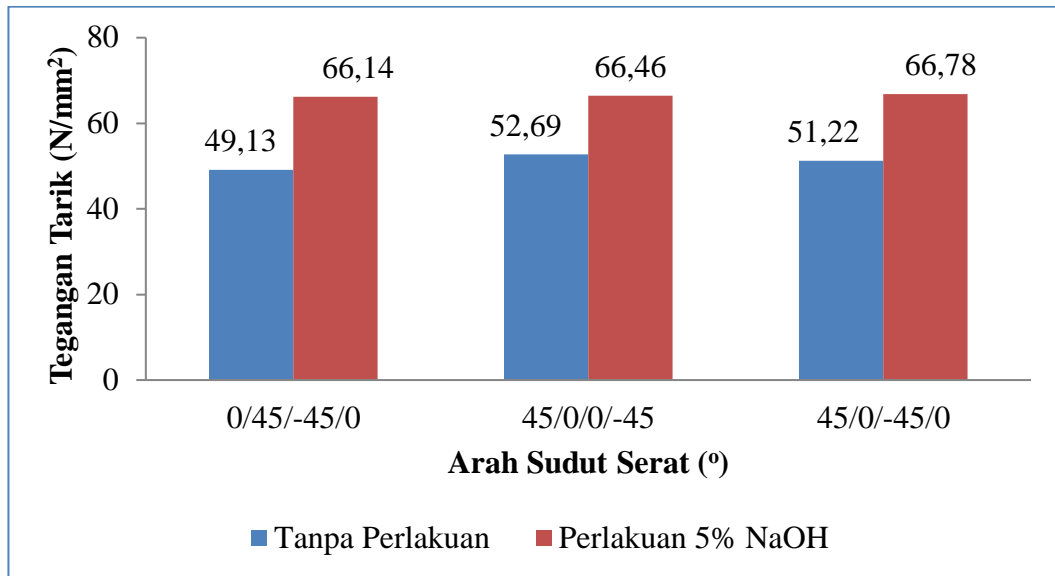
Berdasarkan penelitian Arif Nurudin, Achmad As'ad Sonief, dan Winarno Yahdi Atmodjo, yaitu karakterisasi kekuatan mekanik komposit berpenguat serat kulit waru (*Hibiscus Tiliaceus*) kontinyu laminat dengan perlakuan alkali bermatrik *polyester*. Perlakuan NaOH 5% selama 2 jam dan layerisasi serat kontinyu 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 <sup>2</sup> )	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )
	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  $0^{\circ}$  dan 2 arah  $45^{\circ}$ . 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>		
$\sigma$ Perlakuan	9	598,1	66,4	1,08		
$\sigma$ 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  $\alpha$  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  $\alpha$  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).

**Tabel 10.** Data Uji *Bending* Komposit Serat Kulit Waru

Sudut Serat	Perlakuan Alkali			
	Tanpa Perlakuan		5% NaOH	
	Eb (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	Eb (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )
0°/45°/-45°/0°	3893,96	148,04	4439,00	181,08
	3965,44	143,40	5277,36	172,17
	4060,22	156,15	3879,65	186,08
45°/0°/0°/-45°	3676,60	143,09	3779,05	166,59
	3600,00	117,38	4537,31	142,37
	3424,00	142,82	3759,22	162,13
45°/0°/-45°/0°	3135,39	132,32	3592,45	160,08
	4758,97	150,98	4495,53	174,88
	3933,33	156,72	4860,76	156,35
0°/-45°/0°/45°	3783,54	136,82	4114,29	167,76
	3379,44	152,22	4800,00	156,51
	3979,49	126,25	3541,75	152,75

Setelah dilakukan pengujian *bending* menunjukkan hasil pengujian *bending* berbeda dengan pengujian tarik yang pembebanannya secara aksial. Data hasil pengujian *bending* arah sudut serat 0°/45°/-45°/0° ; 45°/0°/0°/-45° ; 45°/0°/-45°/0°, dan 0°/-45°/0°/45° didapatkan hasil kekuatan *bending* yang berbeda sesuai arah sudut seratnya. Komposit serat kulit waru dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam mempunyai kekuatan *bending* rata-rata tertinggi pada arah sudut serat 0°/45°/-45°/0° sebesar 179,78 N/mm<sup>2</sup> disebabkan oleh faktor orientasi serat yang searah dengan beban. Sudut 0° menahan beban sampai batas maksimumnya, arah sudut serat 0°/45°/-45°/0° memberikan kontribusi optimumnya pada peningkatan kekuatan *bending*. (Nurudin, Arif dkk. 2011).

**Tabel 11.** Data Momen *Bending* Rata-rata Komposit Serat Kulit Waru

Arah Serat	Momen <i>Bending</i> (N.mm)	
	Tanpa Perlakuan	Perlakuan 5% NaOH
0°/45°/-45°/0°	3882,67	4320,00
45°/0°/0°/-45°	3413,33	3573,33
45°/0°/-45°/0°	3552,00	3978,67
0°/-45°/0°/45°	3509,33	3840,00

Komposit serat kulit waru dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam mempunyai momen *bending* tertinggi pada arah sudut serat 0°/45°/-45°/0° sebesar 4320 N.mm. Hubungan antara kekuatan *bending* dan momen *bending*, yaitu kekuatan *bending* merupakan kekuatan dalam menahan momen *bending* maksimum. Semakin besar momen *bending*, semakin besar kekuatan *bending*. (Nurudin, Arif dkk. 2011).

**Tabel 12.** Hasil Analisis Varian (Anova) terhadap Kekuatan *Bending* dan Perlakuan 5% NaOH

SUMMARY							
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Av</i>	<i>Var</i>			
Tanpa Perlakuan		1706	142,2	146,95			
Perlakuan NaOH	12	1958	163,2	270,13			
ANOVA							
<i>Source</i>	<i>of</i>	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Value</i>	<i>F Crit</i>
<i>Variation</i>							
<i>Between Groups</i>		2657	1	2657,6	12,74	0,0017	4,301
<i>Within Groups</i>		4587	22	208,5			
Total		7245	23				

Setelah dilakukan analisis varian (anova) terhadap kekuatan *bending* dan perlakuan 5% NaOH didapatkan F hitung 12,7436, level signifikan  $\alpha$  5%, dan F tabel 4,300949, karena F hitung > F tabel maka  $H_0$  ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari pengaruh perlakuan serat terhadap kekuatan *bending* komposit. Hasil dari analisis varian (anova) terhadap orientasi arah sudut serat dan kekuatan *bending* dengan perlakuan 5% NaOH didapatkan F hitung 3,661, level signifikan  $\alpha$  5%, dan F tabel 2,657, karena F hitung > F tabel maka  $H_0$  ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh orientasi arah sudut serat terhadap kekuatan *bending* komposit. (Nurudin, Arif dkk. 2011).

**Tabel 13.** Hasil Analisis Varian (Anova) terhadap Orientasi Arah Sudut Serat dan Kekuatan *Bending* dengan Perlakuan 5% NaOH

SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Av</i>	<i>Var</i>		
$\sigma$ TP1	3	447,5	149,19	41,6		
$\sigma$ TP2	3	403,3	134,4	217,9		
$\sigma$ TP3	3	440,0	146,6	162,7		
$\sigma$ TP4	3	415,3	138,4	170,4		
$\sigma$ P1	3	539,3	179,7	49,6		
$\sigma$ P2	3	451,0	150,3	592,8		
$\sigma$ P3	3	491,3	163,7	96,0		
$\sigma$ P4	3	477,0	159	60,9		
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>	4460,7	7	637,2	3,66	0,014	2,657
<i>Within Groups</i>	2784,8	16	174			

Total	7245,5	23
-------	--------	----

---

Setelah dilakukan pengamatan foto makro patahan uji tarik dan uji *bending* komposit serat kulit waru tanpa perlakuan NaOH terlihat banyak sekali *debonding*. Pada saat beban dikenakan pada spesimen, banyak serat yang terlepas dari matriknya, karena ikatan antara serat dengan matrik menjadi tidak sempurna. Lapisan seperti lilin pada permukaan serat yang mengakibatkan kegagalan, sehingga kekuatan tarik dan kekuatan *bending* tidak maksimal. 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. (Nurudin, Arif dkk. 2011).

Patahan uji tarik dan uji *bending* komposit serat kulit waru dengan perlakuan NaOH terlihat patahan yang lebih baik. Patahan yang terjadi adalah patah getas, karena terlihat permukaan patahan yang relatif rata. Perlakuan 5% NaOH selama 2 jam membuat permukaan serat menjadi kasar, sehingga matrik mampu mengikat serat dengan lebih baik ketika beban dikenakan pada spesimen. Lapisan lilin yang hilang pada permukaan serat akibat perlakuan NaOH, maka ikatan antara serat dengan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik dan kekuatan *bending* komposit menjadi lebih tinggi. Kekuatan tarik dan kekuatan *bending* yang meningkat menunjukkan perubahan pada *interface* antara serat dengan matrik, karena kekuatan komposit adalah gabungan antara kekuatan serat dan matrik, sehingga akan tergantung dari *interface* tersebut, semakin baik ikatan



serat dengan matrik, maka beban tarik dan beban *bending* yang diberikan pada komposit akan terdistribusi lebih baik. (Nurudin, Arif dkk. 2011).

Penggunaan serat gelas sebagai penguat komposit pada kapal *fiber glass* tampak sudah terdesain dengan baik, tetapi fasilitas material kurang produktif di Indonesia, karena pembuatannya menggunakan proses ilmiah atau kimia yang tidak semua negara bisa memproduksinya untuk mendapatkan material tersebut Indonesia masih impor. Penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan pemanfaatannya untuk produksi lambung kapal dengan membandingkan kekuatan mekanisnya. Perbandingan hasil pengujian spesimen, yaitu peraturan yang dikeluarkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) tahun 2006 tentang peraturan kapal untuk material *non metal*. Besaran yang disyaratkan dalam peraturan ini khusus dispesifikasikan untuk kapal-kapal FRP dengan bahan penguat *fiber glass* yang diisi oleh serat penguat baik itu jenis *Mat and Woven Roving*. (Nurudin, Arif dkk. 2011).

Menurut BKI *non metal* 2006 komposit yang bisa diaplikasikan untuk material lambung kapal minimal mempunyai kekuatan sebesar 85 MPa untuk pengujian tarik dan 152 MPa untuk pengujian *bending*. Mengacu pada peraturan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) tahun 2006 dan membandingkan nilai hasil uji tarik dari masing-masing variasi arah sudut serat dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam dapat dilihat bahwa semua variasi arah sudut serat pada uji tarik belum dapat memenuhi standar persyaratan yang ditetapkan sebagai standar tolak ukur kekuatan material serat gelas baik itu jenis *Mat and Woven Roving* untuk pengganti bahan kulit badan kapal. Hasil uji *bending* untuk variasi arah sudut

serat  $0^\circ/45^\circ/-45^\circ/0^\circ$  ;  $45^\circ/0^\circ/-45^\circ/0^\circ$  dan  $0^\circ/-45^\circ/0^\circ/45^\circ$  dapat memenuhi standar persyaratan yang ditetapkan BKI. Variasi arah sudut serat  $45^\circ/0^\circ/0^\circ/-45^\circ$  didapatkan kekuatan *bending* sebesar 150,36 Mpa, sehingga belum dapat memenuhi standar yang disyaratkan BKI sebesar 152 MPa. (Nurudin, Arif dkk. 2011).

### **2.30 Perlakuan Alkali Kulit Kayu *Khombouw***

Serat kulit kayu *khombouw* merupakan salah satu jenis serat alam yang berasal dari tumbuhan yang banyak tumbuh di wilayah hutan tropis Papua, khususnya di wilayah Kabupaten Sentani. Serat kulit kayu ini telah lama digunakan masyarakat setempat sebagai pakaian adat dan alat penyimpanan (*nokem*) dan banyak digunakan sebagai media lukisan, karena mempunyai tekstur yang halus dan kontinyu, kualitas serat ini juga dapat bertahan lama dan tidak mudah menjadi lapuk. (Joni dkk. 2017).

Berdasarkan penelitian Joni, Johannes Leonard, dan Rafiuddin Syam, yaitu analisis kekuatan tarik dan lentur komposit epoksi yang diperkuat dengan serat kulit kayu *khombouw*. Perlakuan 15% NaOH selama 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Metode yang digunakan adalah metode lamina, serat disusun tiga lapis dengan variasi arah sudut serat  $-30^\circ/0^\circ/30^\circ$ ,  $-45^\circ/0^\circ/45^\circ$ , dan  $-60^\circ/0^\circ/60^\circ$ . Matrik yang digunakan, yaitu resin epoksi dengan *hardener*. Metode analisa data yang digunakan adalah metode analisis varian (anova) dua arah dengan interaksi dari dua perlakuan (alkalisasi dan arah sudut serat). Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D 638-99 dan uji *bending* sesuai standar ASTM 790-03. Pengujian lentur dilakukan dengan metode *three point bend*. (Joni dkk. 2017).

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan peningkatan tegangan tarik komposit serat kulit kayu *khombouw* pada kondisi normal tanpa perlakuan NaOH dari arah sudut serat  $-30^{\circ}/0^{\circ}/30^{\circ}$  ke  $-60^{\circ}/0^{\circ}/60^{\circ}$  sebesar 7,69% (dari 2,54 MPa menjadi 2,73 MPa). Jika dibandingkan dengan tegangan tarik komposit serat kulit kayu *khombouw* dengan perlakuan NaOH menunjukkan peningkatan yang berarti, tegangan tarik rata-rata maksimum pada arah sudut serat  $-45^{\circ}/0^{\circ}/45^{\circ}$  selama 4 jam sebesar 11,33 MPa. Kondisi ini berbeda dengan serat alam lainnya yang umumnya hanya membutuhkan waktu perendaman 2 jam untuk mencapai tegangan tarik maksimum, karena serat kulit kayu *khombouw* terdapat kandungan getah dan membutuhkan waktu perendaman yang lebih lama untuk dapat menghilangkan lapisan getah pada permukaan serat yang menghambat penyatuannya dengan resin. Serat yang berfungsi sebagai penguat, karena bagian utama dari beban telah diambil oleh serat yang mengakibatkan perpanjangan serat menjadi cacat bersama dengan matrik. Waktu perendaman yang bertambah 6-8 jam menyebabkan penurunan modulus elastisitas, karena perlahan-lahan serat mengalami kehilangan tegangan tarik, sehingga menciptakan daerah konsentrasi tegangan yang menurunkan kekakuan komposit. Selain itu, serat menjadi tidak rapat dan memudahkan material mengalami kegetasan. Kekuatan tarik menurun, karena beban serat meningkat secara keseluruhan, tetapi ada kenaikan tegangan tarik setelah waktu perendaman 2-6 jam. Apabila waktu perendaman ditambah, maka nilai tersebut mengalami penurunan secara perlahan. (Joni dkk. 2017).

Tegangan lentur dan modulus lentur meningkat secara bertahap dengan pembebanan yang diberikan. Variasi waktu perendaman menyebabkan tegangan

material mengalami peningkatan. Tegangan lentur komposit serat kulit kayu *khombouw* dengan perlakuan NaOH meningkat pada arah sudut serat  $-30^{\circ}/0^{\circ}/30^{\circ}$  dengan waktu perendaman 0-6 jam dari 31,50 MPa menjadi 121,50 MPa dan tegangan lentur terendah pada arah sudut serat  $-45^{\circ}/0^{\circ}/45^{\circ}$  sebesar 24,75 MPa sebelum perendaman dan akan meningkat tegangan lenturnya setelah direndam selama 6 jam sebesar 360,00 MPa, serta tegangan lentur yang cukup baik pada arah sudut serat  $-60^{\circ}/0^{\circ}/60^{\circ}$ . (Joni dkk. 2017).

### **2.31 Perlakuan Alkali Serat Enceng Gondok**

Serat tumbuhan enceng gondok (*Eichornia crassipes*) berpotensi sebagai material penguat komposit. Komposit berpenguat serat alam mempunyai keuntungan, yaitu ringan, tahan korosi, tahan air, *performance* menarik, dan tanpa proses pemesinan. Tujuan penggunaan serat alam sebagai material alternatif pengganti material komposit serat gelas dengan serat enceng gondok yang ramah lingkungan dan murah. Enceng gondok belum banyak digunakan di dunia industri. Penggunaannya masih terbatas pada pembuatan tas dan mebel anyam. Tumbuhan enceng gondok termasuk dalam kelompok gulma perairan mempunyai kecepatan berkembangbiak vegetatif yang sangat tinggi, terutama di daerah tropis dan subtropis. Potensi serat enceng gondok sebagai material komposit sangat potensial mengingat dari segi ketersediaan bahan baku serat alam di Indonesia cukup melimpah. Data perkembangan enceng gondok di Rawa Pening, Ambarawa-Jawa Tengah berkisar 7.200 hektar,  $\pm$  6.000 hektar diantaranya tertutup enceng gondok. Tingkat pertumbuhan enceng gondok yang pesat, yaitu satu batang enceng gondok dalam waktu 52 hari mampu menghasilkan tanaman baru seluas 1 m<sup>2</sup>.

Serat enceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga, karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*), serta tidak membahayakan kesehatan. Serat enceng gondok jauh lebih murah dibanding serat gelas (*fiber glass*). (Hastuti, Sri dkk. 2018).

Berdasarkan penelitian Sri Hastuti, Catur Pramono, dan Yafi Akhmad, yaitu sifat mekanis serat enceng gondok sebagai material komposit serat alam yang *biodegradable*. Perlakuan NaOH dan Etanol 10%, 20%, dan 30% selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam, penetralisiran dengan H<sub>2</sub>O, dan pengeringan pada suhu kamar. Spesimen uji tarik serat tunggal sesuai standar ASTM D-3379. (Hastuti, Sri dkk. 2018).

Setelah dilakukan pengujian tarik pada komposit serat enceng gondok dengan perlakuan NaOH menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 10% NaOH selama 4 jam sebesar 25,820 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 20% NaOH selama 4 jam sebesar 28,402 N/mm<sup>2</sup>, dan kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 30% NaOH selama 6 jam sebesar 24,959 N/mm<sup>2</sup>. Setelah dilakukan pengujian tarik pada komposit serat enceng gondok dengan perlakuan etanol menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 10% etanol selama 4 jam sebesar 40,451 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 20% etanol selama 2 jam sebesar 48,197 N/mm<sup>2</sup>, dan kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan 30% etanol selama 4 jam sebesar 43,033 N/mm<sup>2</sup>. (Hastuti, Sri dkk. 2018).

Setelah dilakukan pengamatan foto mikro dengan pembesaran 50X, patahan uji tarik komposit serat enceng gondok terlihat ujung patahan seratnya

berbentuk runcing dan tumpul, karena tidak mampu menahan beban pada saat pengujian dan mengakibatkan patahannya serat ada yang ditengah dan pinggir dekat *framenya*. (Hastuti, Sri dkk. 2018).

### **2.32 Perlakuan Alkali Serat Rekel (Resam dan Kelapa)**

Berdasarkan penelitian Herwandi dan Robert Napitupulu, yaitu peningkatan kualitas serat rekel untuk bahan komposit sebagai bahan komponen kendaraan bermotor. Perlakuan 5% NaOH selama 10 menit, 2 jam dan 4 jam. Matrik yang digunakan, yaitu resin *unsaturated polyester* tipe Yukalac 157 BQTN-EX dengan *hardener* MEKPO 1,5% dan *wax glasses* sebagai pencegah menempelnya resin ke cetakan. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638 (*Standard Test Methode for Tensile Properties of Plastics*), uji *flexure* sesuai standar ASTM D-790 (*Standard Test Methode for Flexure Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics*), dan uji impak sesuai standar ISO-179 (*Plastic-Determination of Charpy Impact Properties*). Variasi ukuran panjang serat 3 mm, 10 mm, dan 20 mm. Variasi berat serat rekel 25%, 30%, dan 35%. Uji tarik untuk mendapatkan sifat mekanik polimer, yaitu kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas. Uji *flexure* untuk mendapatkan nilai defleksi komposit dengan pembebanan tertentu. Sifat mekanik polimer yang ingin didapatkan pada uji *flexure*, yaitu tegangan lentur dan modulus lentur. Uji impak untuk mendapatkan nilai ketangguhan komposit. Sifat mekanik polimer yang ingin didapatkan pada uji impak, yaitu tegangan impak. (Herwandi dkk. 2017).

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik maksimum pada komposit serat rekel dengan perlakuan 5% NaOH, panjang serat 10 mm, dan

berat serat 25% sebesar 24,4 MPa. Kekuatan tarik dari *dashboard* mobil yang memiliki jenis bahan plastik ABS *High Impact* sebesar 20-40 Mpa, sehingga kekuatan tarik sudah memenuhi standar. Modulus elastisitas maksimum pada komposit serat rekel dengan perlakuan 5% NaOH, panjang serat 10 mm, dan berat serat 25% sebesar 6.686,00 Mpa. Modulus elastisitas dari *dashboard* mobil yang memiliki jenis bahan plastik ABS *High Impact* sekitar 1-2,5 Gpa (1.000-2.500 MPa), sehingga modulus elastisitas sudah memenuhi standar. Regangan maksimum pada komposit serat rekel dengan perlakuan 5% NaOH, panjang serat 10 mm, dan berat serat 25% sebesar 0,38%. Regangan dari *dashboard* mobil yang memiliki jenis bahan plastik ABS *High Impact* sebesar 2%, sehingga regangan belum memenuhi standar. (Herwandi dkk. 2017).

Setelah dilakukan pengujian *flexure* menunjukkan tegangan lentur maksimum pada komposit serat rekel dengan perlakuan 5% NaOH, panjang serat 10 mm, dan berat serat 35% sebesar 94,85 MPa. Tegangan lentur dari *dashboard* mobil yang memiliki jenis bahan plastik ABS *High Impact* sekitar 37-76 MPa, sehingga tegangan lentur sudah memenuhi standar. Modulus lentur maksimum pada komposit serat rekel dengan perlakuan 5% NaOH, panjang serat 10 mm, dan berat serat 35% sebesar 4.141,5 MPa. Modulus lentur dari *dashboard* mobil yang memiliki jenis bahan plastik ABS *High Impact* sekitar 1.235-2.588 MPa, sehingga modulus lentur sudah memenuhi standar. (Herwandi dkk. 2017).

Setelah dilakukan pengujian impak menunjukkan tegangan impak maksimum pada komposit serat rekel dengan perlakuan 5% NaOH, panjang serat 20 mm, dan berat serat 25% sebesar 55,81 kJ/m<sup>2</sup>. Kekuatan impak dari *dashboard*

mobil yang memiliki jenis bahan plastik ABS *High Impact* sebesar 13,48 kJ/m<sup>2</sup>, sehingga kekuatan impak sudah memenuhi standar. (Herwandi dkk. 2017).

### 2.33 Perlakuan Alkali Serat Tapis Kelapa

Berdasarkan penelitian I Putu Lokantara, NPG Suardana, IGNP Tenaya, dan Nanda Edy, yaitu perbandingan perlakuan serat terhadap kekuatan tarik komposit poliester berpenguat serat tapis kelapa. Perlakuan NaOH dan KMnO<sub>4</sub> 5% selama 2 jam. Matrik yang digunakan, yaitu resin *unsaturated polyester (UPRs)* tipe *Yukalac 157 BQTN-EX* dengan *hardener MEKPO 1%*. Panjang serat 10 mm dengan fraksi volume serat 20%.. sedangkan NaOH terlihat warna serat yang natural, sehingga dilihat dari nilai estetika, perlakuan serat menggunakan NaOH lebih baik dibandingkan dengan KMnO<sub>4</sub>. (Lokantara, I Putu dkk. 2016).

**Tabel 14.** Data Uji Tarik Komposit Serat Tapis Kelapa

Spesimen Uji Tarik	Perlakuan	
	NaOH	KMnO <sub>4</sub>
	13,574	12,925
	15,055	6,721
Panjang Serat 10 mm	10,265	15,423
	16,422	9,501
	14,905	10,633
Rata-rata	14,044	11,04

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik komposit serat tapis kelapa dengan perlakuan NaOH sebesar 14,04 MPa lebih besar dibandingkan dengan perlakuan KMnO<sub>4</sub> sebesar 11,04 MPa, Kekuatan tarik



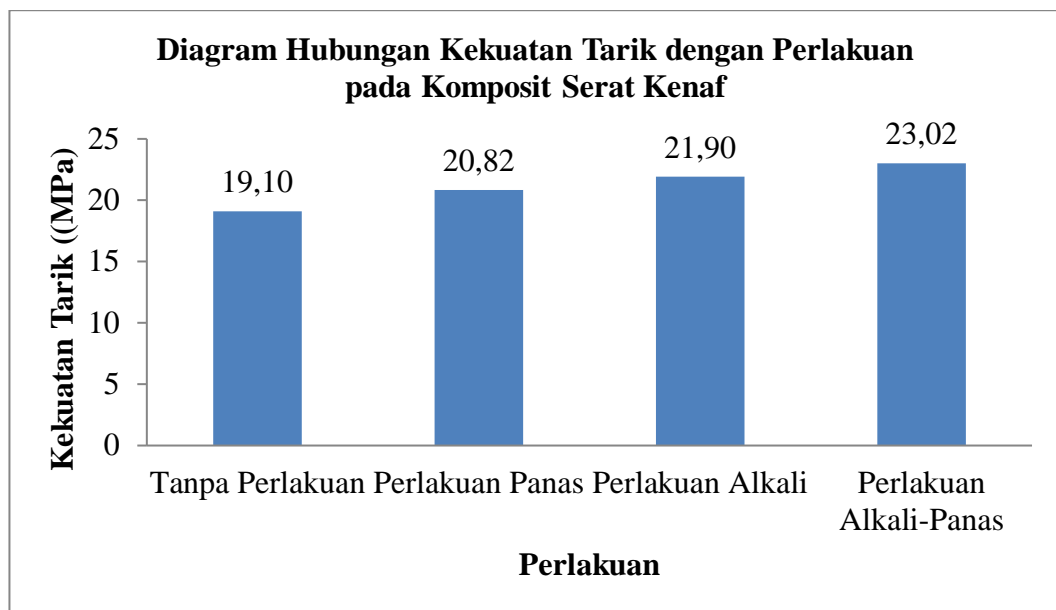
komposit menjadi semakin baik apabila terjadi ikatan yang baik antara serat dengan matrik. Permukaan serat sangat berpengaruh terhadap ikatan adhesi dengan matriknya. Serat di lapisan luarnya mengandung lapisan lilin atau yang dikenal dengan lignin. Jika, lignin bisa dibersihkan, maka ikatan antara serat dengan matrik akan kuat, demikian sebaliknya. NaOH mampu membersihkan lignin dan lapisan lainnya pada permukaan serat tapis kelapa lebih baik dibandingkan dengan  $\text{KMnO}_4$ , sehingga ikatan antara serat dengan matriknya menjadi lebih baik. Kekuatan tarik komposit dengan perlakuan NaOH lebih baik dibandingkan dengan perlakuan  $\text{KMnO}_4$ . (Lokantara, I Putu dkk. 2016).

#### **2.34 Perlakuan Alkali Serat Kenaf**

Tumbuhan kenaf (*Hibiscus Cannabinus*) termasuk tanaman pendek yang berasal dari Afrika tumbuh liar di daerah tropis. Tanaman kenaf pada waktu dulu hanya merupakan tanaman sebagai sayuran dan pakan ternak. Selain industri pulp dan pembungkus hasil pertanian, serat kenaf banyak dikembangkan oleh banyak negara terutama negara-negara maju sebagai bahan pembuat material transportasi. Kualitas kenaf lebih baik dibandingkan dengan kualitas *jute*, *flax*, dan bambu. Liu (2007) menyebutkan batang kenaf terdiri atas serat bagian luar yang terdapat pada kulit sebesar 35% berat kering tangkai dan serat bagian dalam yang terdapat pada *core* sebesar 65% berat kering tangkai. (Rachmat. 2016).

Berdasarkan penelitian Rachmat, Salim, yaitu studi pengaruh perlakuan alkali dan panas terhadap sifat mekanik serat kenaf untuk bahan komposit. Perlakuan NaOH berkadar 99% seberat 60 g selama 3 jam. Pemanasan

menggunakan suhu 140°C selama 10 jam, serta kombinasi dari keduanya. (Rachmat. 2016).



**Gambar 3.27** Diagram Hubungan Kekuatan Tarik dengan Perlakuan pada Komposit Serat Kenaf

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik komposit serat kenaf tanpa perlakuan sebesar 19,10 MPa, perlakuan panas (140°C selama 10 jam) sebesar 20,82 MPa, perlakuan alkali (6% NaOH selama 3 jam) sebesar 21,90 MPa, serta perlakuan alkali-panas (6% NaOH selama 3 jam dan pemanasan 140°C selama 10 jam) menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 23,02 MPa. Perlakuan alkali dan pemanasan adalah cara efektif untuk menghilangkan kotoran pada permukaan serat. Ikatan hidrogen atau OH dalam serat bertambah, karena adanya pengikisan lignin oleh NaOH, degradasi lignin berdampak pada degradasi sifat hidrofilik pada serat. Sifat hidrofilik yang dimiliki oleh lignin berpengaruh terhadap kekuatan serat dalam berikatan dengan matrik, sehingga jika gugus

kimia lignin berkurang akan berpengaruh terhadap kekuatan ikatan serat dengan matrik. (Rachmat. 2016).

Peningkatan kekuatan mekanik serat dengan perlakuan panas pada suhu 140°C selama 10 jam memberikan efek penurunan kadar air dalam serat dan menguatkan sifat serat. Kotoran tersebut akan berpengaruh terhadap daya rekat dan cengkeraman pada bahan yang akan dibentuk komposit. Apabila dipaksakan dipergunakan akan terjadi lepas (*pull out*) dari bahan pengikatnya. Perlakuan alkali dan panas dapat mengakibatkan *depolymerizes selulosa* dan membuka *crystalin*, serta meningkatkan selulosa pada serat kenaf. Selain *depolymerizes selulosa*, kandungan selulosa meningkat disebabkan oleh terjadinya pembukaan hemiselulosa menjadi selulosa, sehingga tegangan permukaan meningkat. Semua itu akan dapat meningkatkan sifat mekanik. Struktur selulosa mempunyai ikatan hidrogen yang kuat mengakibatkan serat tahan terhadap tarikan. (Rachmat. 2016).

### **2.35 Perlakuan Alkali Serat Kelapa**

Kelapa merupakan tanaman perkebunan/industri berupa pohon batang lurus dari *family Palmae*. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L*) merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*), karena hampir seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun, dan buahnya dapat dipergunakan untuk kebutuhan kehidupan manusia sehari-hari. (Maryanti, Budha dkk. 2011).

Berdasarkan penelitian Budha Maryanti, A. As'ad Sonief, dan Slamet Wahyudi, yaitu pengaruh alkalisasi komposit serat kelapa-poliester terhadap kekuatan tarik. Perlakuan NaOH 2%, 5%, dan 8% selama 1 jam. Matrik yang digunakan, yaitu resin poliester tidak jenuh tipe 157 BQTN dengan *hardener* MEKPO 1%. Komposit dibuat menggunakan metode *wet hand lay-up* Fraksi volume serat kelapa 30% dan fraksi volume poliester 70%. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638. (Maryanti, Budha dkk. 2011).

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik komposit serat kelapa yang paling optimal pada perlakuan 5% NaOH sebesar 97,356 N/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik terendah pada 0% NaOH sebesar 90,144 N/mm<sup>2</sup>. Komposit tanpa perlakuan NaOH menyebabkan ikatan antara serat dengan matrik menjadi tidak sempurna, karena terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin pada permukaan serat, sehingga ketika diuji tarik 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. (Maryanti, Budha dkk. 2011).

Komposit serat kelapa dengan perlakuan 8% NaOH mempunyai kekuatan tarik sebesar 94,151 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan pada perlakuan 8% NaOH hemiselulosa, lignin, dan pektin hilang sama sekali, maka kekuatan tarik menurun dibandingkan dengan perlakuan 5% NaOH, karena kumpulan *microfibril*

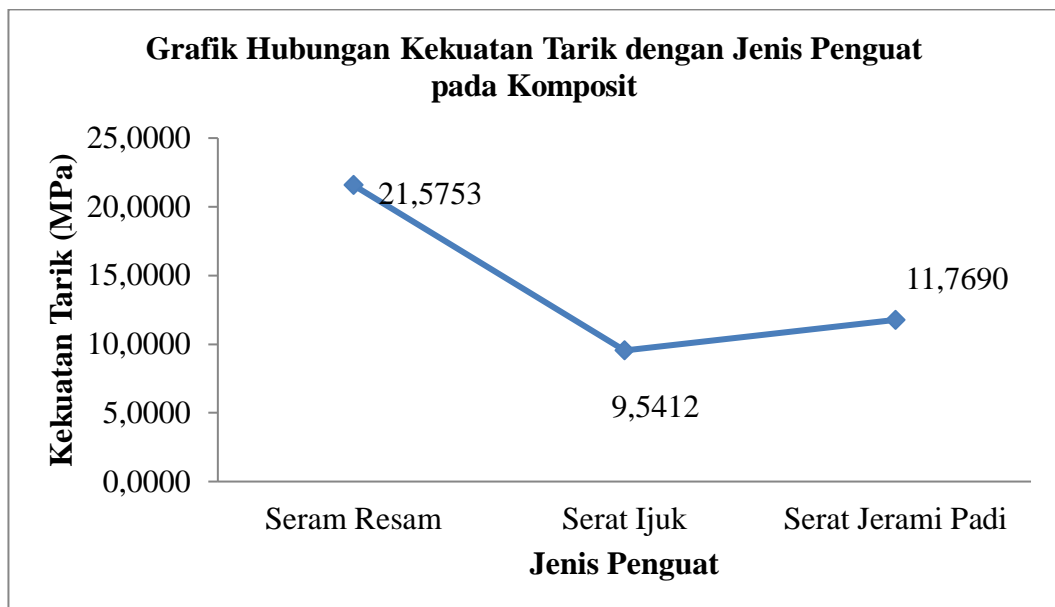
penyusun serat yang disatukan oleh lignin dan pektin akan terpisah, sehingga serat hanya berupa serat-serat halus yang terpisah satu sama lain. Besarnya tegangan dan regangan yang mampu ditahan oleh komposit menjadi menurun. Komposit serat kelapa dengan perlakuan 2% dan 8% NaOH mempunyai kekuatan tarik yang tidak terlalu besar perbedaannya masing-masing sebesar 93,75 N/mm<sup>2</sup> dan 94,151 N/mm<sup>2</sup>, karena adanya void yang hampir sama. (Maryanti, Budha dkk. 2011).

### **2.36 Perlakuan Alkali Serat Resam, Ijuk, dan Jerami Padi**

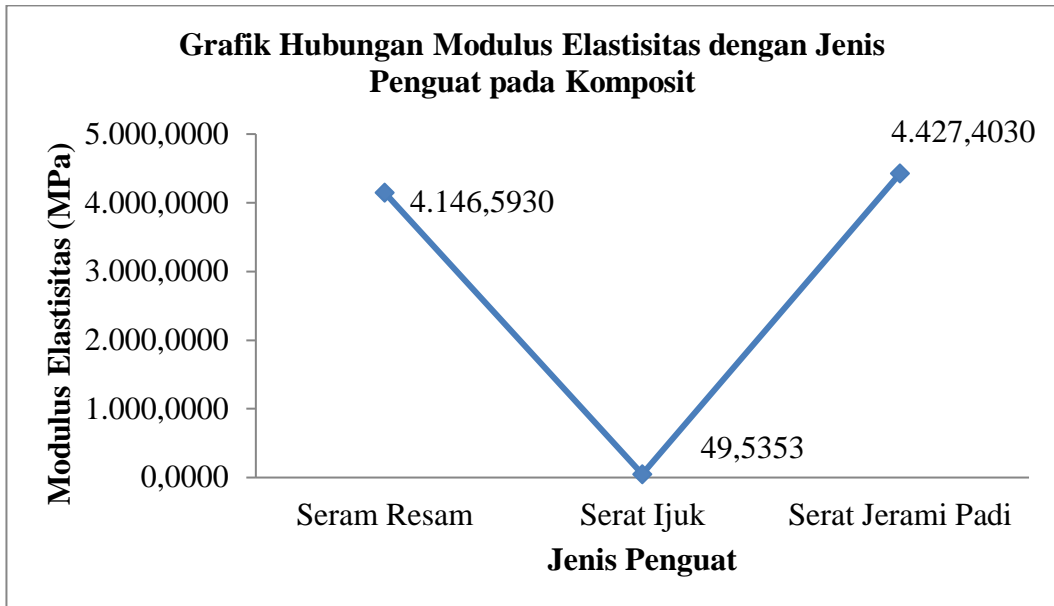
Resam (*Dicranopteris Linearis*) adalah tumbuhan pakis hutan yang hidup di daerah hutan sekunder, tumbuh pada tanah liat yang buruk dan tumbuh menjalar ke atas pepohonan yang terdapat disekitarnya. Tumbuhan resam terkandung zat tanduk, anti rayap, dan tahan terhadap udara lembab. Serat batang resam cukup kuat, ulet, dan tahan lama, sehingga cocok digunakan sebagai serat alam untuk komposit. Serat ijuk (*Arenga Pennata*) adalah serat berwarna hitam yang dihasilkan dari pohon aren mempunyai keistimewaan, yaitu tahan lama, tahan terhadap asam dan garam air laut, memperlambat pelapukan kayu, serta pencegah serangan rayap. Jerami padi adalah batang padi yang mempunyai panjang 40-60 cm dan berupa ruas-ruas yang bagian dalamnya berongga. Syarat dalam pemilihan jerami padi, yaitu mempunyai kekeringan yang cukup tinggi, nampak cemerlang, warna kuning cerah, ketebalan (diameter) rata-rata sama, dan berat yang rata-rata sama. (Rodiawan dkk. 2016).

Berdasarkan penelitian Rodiawan, Suhdi, dan Firly Rosa, yaitu analisa sifat-sifat serat alam sebagai penguat komposit ditinjau dari kekuatan mekanik.

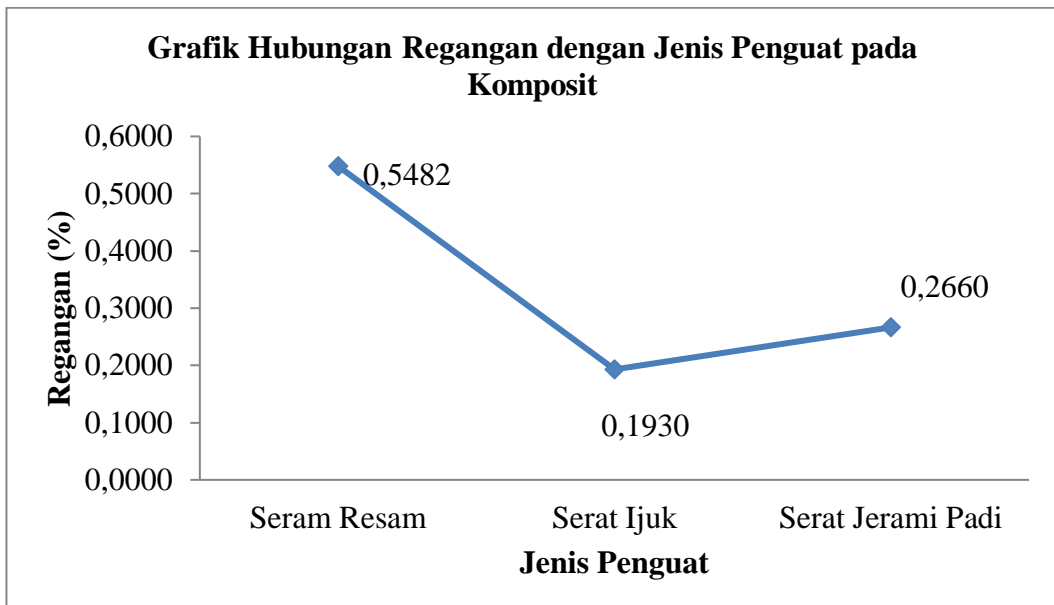
Perlakuan 5% NaOH selama 2 jam. Matrik yang digunakan, yaitu resin tipe *Yukalac 157 BQTN-EX* dengan *hardener MEKPO*. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638 dan uji impak sesuai standar ASTM D-5941. (Rodiawan dkk. 2016).



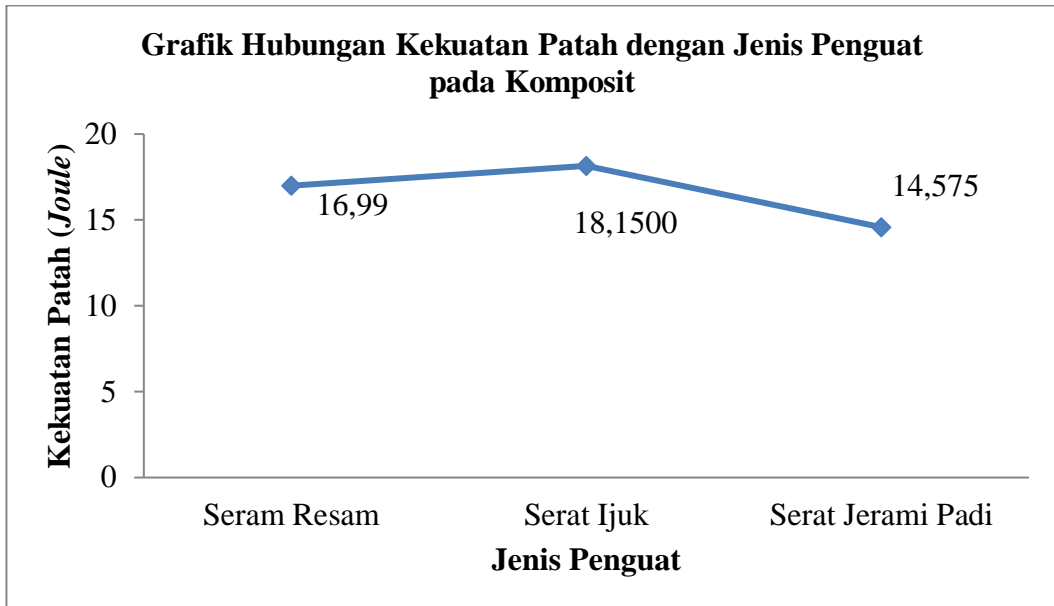
**Gambar 3.28** Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Jenis Penguat pada Komposit



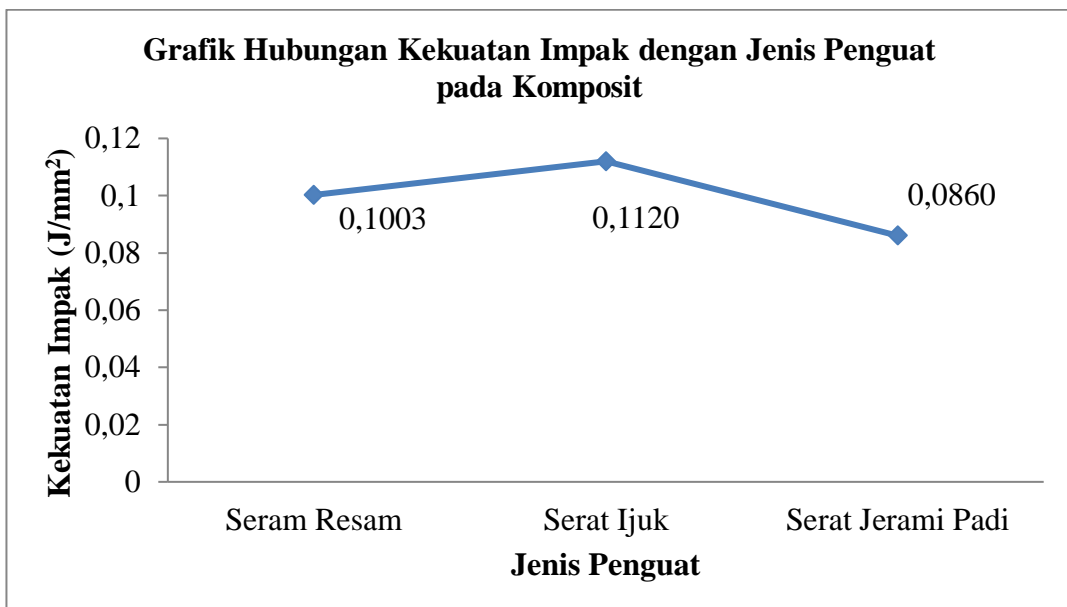
**Gambar 3.29** Grafik Hubungan Modulus Elastisitas dengan Jenis Penguat pada Komposit



**Gambar 3.30** Grafik Hubungan Regangan dengan Jenis Penguat pada Komposit



**Gambar 3.31** Grafik Hubungan Kekuatan Patah dengan Jenis Penguat pada Komposit



**Gambar 3.32** Grafik Hubungan Kekuatan Impak dengan Jenis Penguat pada Komposit



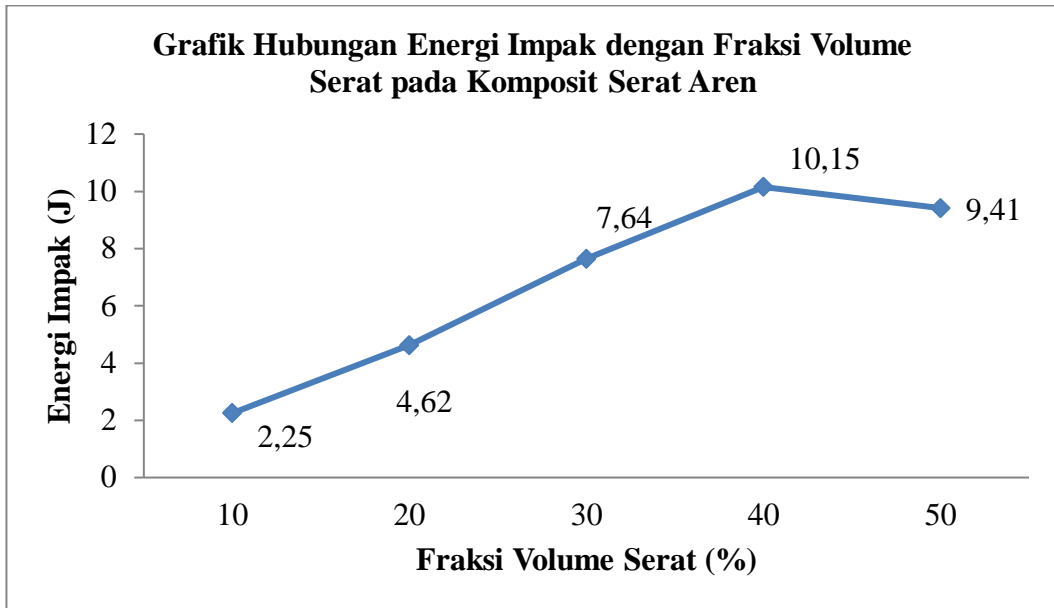
Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada komposit serat resam sebesar 21,5753 MPa, modulus elastisitas tertinggi pada komposit serat jerami padi sebesar 4.427,4030 MPa, regangan tertinggi pada komposit serat resam sebesar 0,5482%, kekuatan patah tertinggi pada komposit serat ijuk sebesar 18,1500 J, dan kekuatan impak tertinggi pada komposit serat ijuk sebesar 0,1120 J/mm<sup>2</sup>. (Rodiawan dkk. 2016).

### 2.37 Perlakuan Alkali Serat Aren

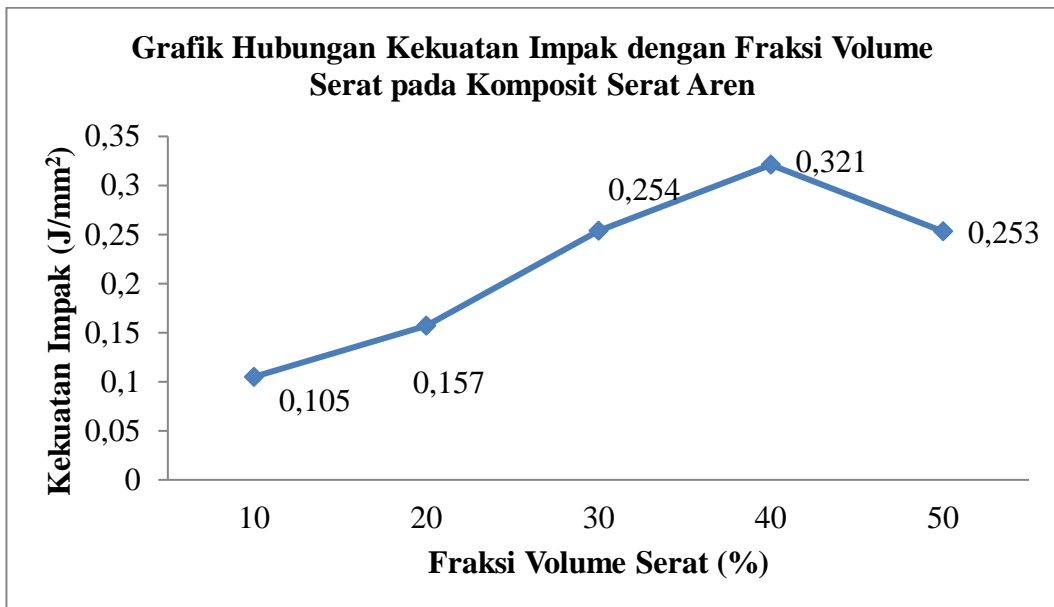
Berdasarkan penelitian M. Budi Nur Rahman, Bambang Riyanta, dan Kuncoro Diharjo, yaitu pengaruh fraksi volume serat dan lama perendaman alkali terhadap kekuatan impak komposit serat aren-*polyester*. Perlakuan 5% NaOH selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Matrik yang digunakan, yaitu resin *unsaturated polyester* tipe 157 BQTN dengan *hardener* MEKPO 1%. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan dengan fraksi volume serat 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. (Rahman, M. Budi Nur dkk. 2011).

**Tabel 15.** Data Uji Impak Komposit Serat Aren terhadap Fraksi Volume Serat

Fraksi Volume Serat (%)	Energi Impak (J)	Kekuatan Impak (J/mm <sup>2</sup> )
10	2,25	0,105
20	4,62	0,157
30	7,64	0,254
40	10,15	0,321
50	9,41	0,253



**Gambar 3.33** Grafik Hubungan Energi Impak dengan Fraksi Volume Serat pada Komposit Serat Aren

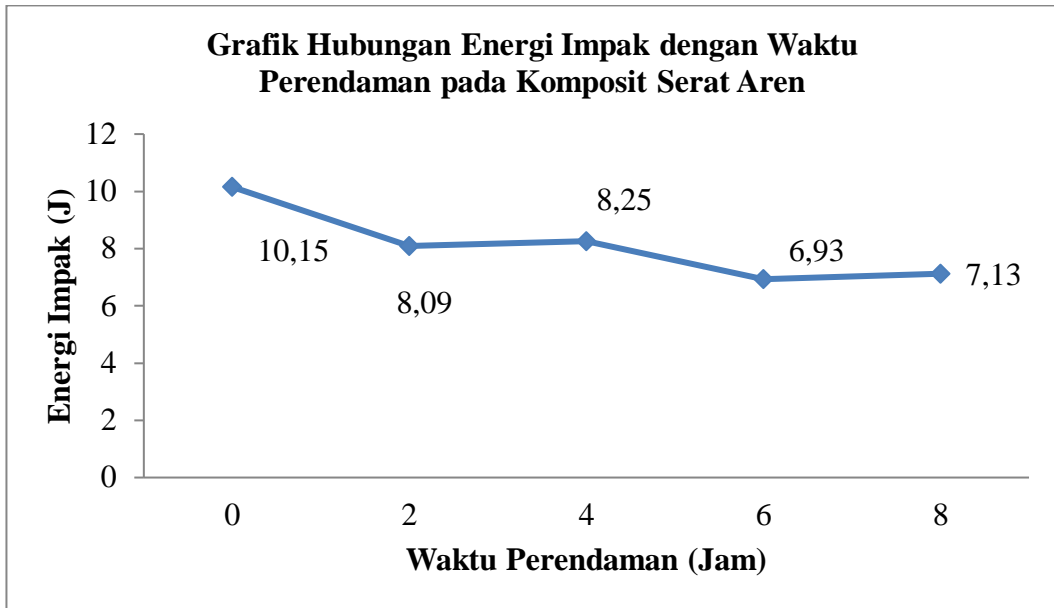


**Gambar 3.34** Grafik Hubungan Kekuatan Impak dengan Fraksi Volume Serat pada Komposit Serat Aren

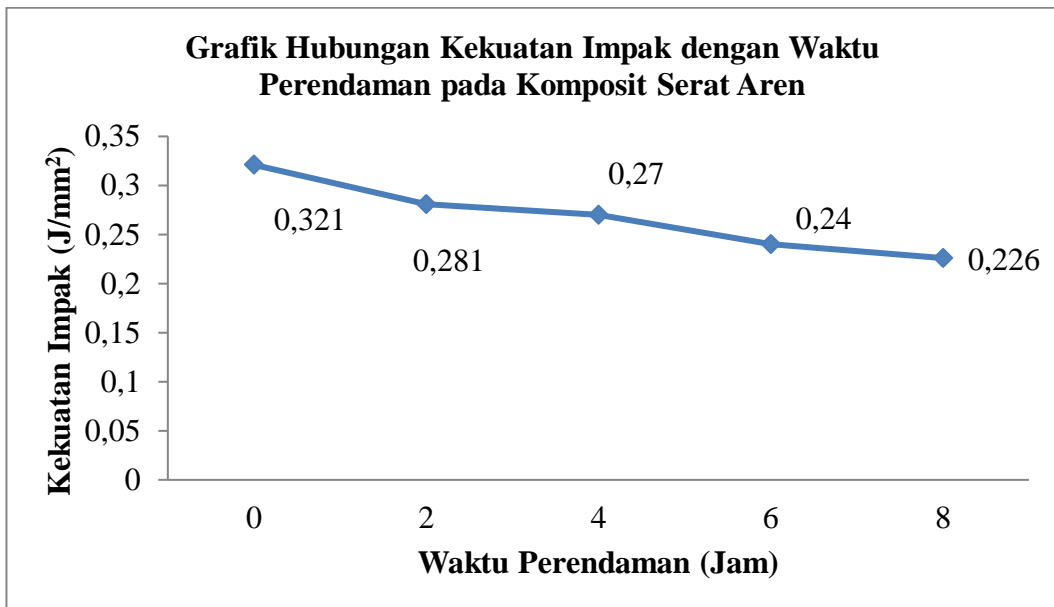
Setelah dilakukan pengujian impact menunjukkan dengan bertambahnya fraksi volume serat menyebabkan energi serap komposit serat aren mengalami kenaikan, sehingga kekuatan impactnya juga meningkat. Resin *polyester* mempunyai kekuatan impact sebesar 10,6 J/m<sup>2</sup>. Energi terserap maksimum pada komposit serat aren dengan fraksi volume serat 40% sebesar 10,15 J dan kekuatan impact sebesar 0,321 J/mm<sup>2</sup>. Penambahan fraksi volume serat menunjukkan serat semakin banyak dalam komposit, sehingga gaya yang diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat. Selama matrik mengikat serat dengan baik, semakin besar kandungan serat semakin besar pula kekuatan kompositnya. Semakin banyak serat, maka gaya yang diterima serat semakin kecil, sehingga kekuatan yang mampu ditahan akan semakin besar. Semakin besar fraksi volume serat menyebabkan matrik semakin sedikit, sehingga ikatan antara serat dengan matrik semakin lemah. Jumlah matrik yang mengikat serat semakin sedikit, sehingga kekuatan untuk menahan gaya yang diterima semakin rendah. Ketika serat terputus karena beban kejut, matrik akan meneruskan beban dari ujung serat yang putus ke serat lain yang belum putus. (Rahman, M. Budi Nur dkk. 2011).

**Tabel 16.** Data Uji Impact Komposit Serat Aren terhadap Waktu Perendaman

Waktu Perendaman (Jam)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Energi Impact (J)	Kekuatan Impact (J/mm <sup>2</sup> )
0	31,6	10,15	0,321
2	28,8	8,09	0,281
4	30,5	8,25	0,270
6	28,8	6,93	0,240
8	31,5	7,13	0,226



**Gambar 3.35** Grafik Hubungan Energi Impak dengan Waktu Perendaman pada Komposit Serat Aren



**Gambar 3.36** Grafik Hubungan Kekuatan Impak dengan Waktu Perendaman pada Komposit Serat Aren

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman serat aren dalam larutan 5% NaOH akan menurunkan kekuatan impaknya. Energi terserap komposit serat aren dengan perlakuan 5% NaOH selama 4 jam lebih besar daripada waktu perendaman 2 jam dan 8 jam lebih besar daripada waktu perendaman 6 jam, tetapi kekuatan impaknya mengalami penurunan, karena perbedaan ketebalan dan luas penampang patahan spesimen. Penurunan kekuatan dampak disebabkan oleh proses pengambilan serat dan proses perlakuan alkali. Serat yang digunakan adalah limbah serat aren dari industri tepung yang telah mengalami perlakuan mekanik berupa pamarutan, perendaman air, dan pemerasan untuk pengambilan pati pohon arennya. Hal ini dapat merusak serat, sehingga kekuatan akan berkurang. Perlakuan alkali bertujuan untuk membersihkan serat dari lapisan lignin yang membungkus serat atau kotoran menempel pada serat, sehingga ikatan antara serat dengan matrik lebih kuat. Jika, waktu perendaman terlalu lama atau konsentrasi larutan terlalu tinggi akan merusak sel-sel serat utamanya, sehingga serat menjadi rapuh, keropos, dan kekuatannya akan berkurang. (Rahman, M. Budi Nur dkk. 2011).

Setelah dilakukan pengamatan patahan menunjukkan patahan komposit serat aren mempunyai karakteristik sama, yaitu patah tunggal akibat pengaruh lama perendaman. Patah tunggal biasanya mempunyai kekuatan rendah, karena serat dan matrik tidak dapat menahan beban secara tiba-tiba hampir sama dengan patah getas pada logam. Komposit dengan perlakuan NaOH terlihat banyak matrik yang menempel pada ujung serat yang tercabut, sedangkan pada komposit tanpa perlakuan NaOH, matrik yang menempel lebih sedikit. Jumlah serat yang

tercabut relatif banyak disebabkan oleh distribusi serat yang tidak merata dan terdapat serat yang terlepas dari matrik. (Rahman, M. Budi Nur dkk. 2011).

### 2.38 Perlakuan Alkali Serat Jute

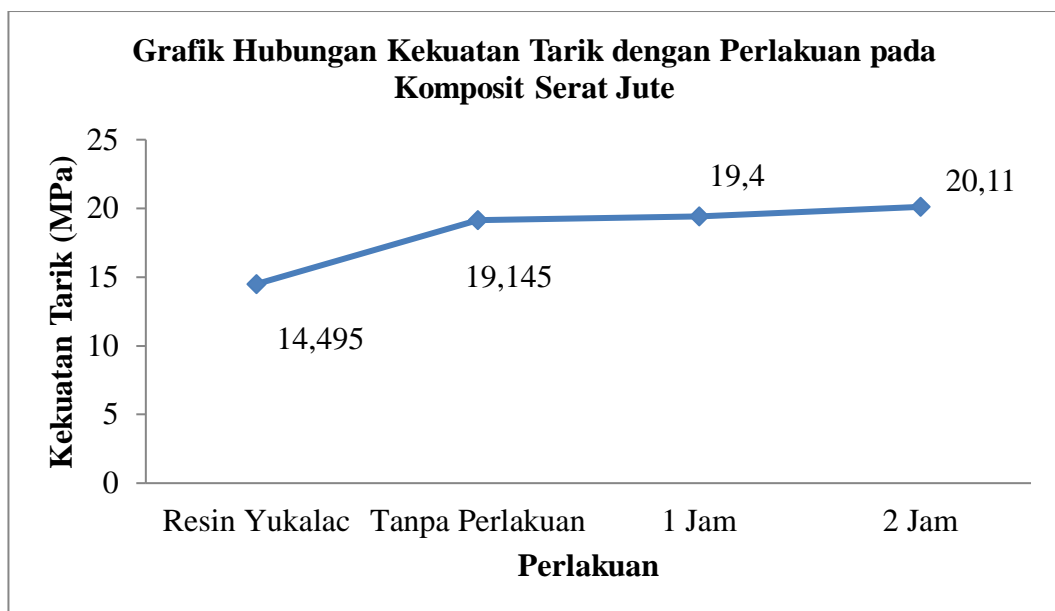
Berdasarkan penelitian Kifli Umar, Ivan Junaidy Abd Karim, yaitu *effect of fiber surface treatment on mechanical properties of jute fiber reinforced composites with yukalac 157-catalys resin*. Perlakuan NaOH 5% NaOH selama 1 dan 2 jam pada suhu 1.000°C, dicuci menggunakan air bersih hingga pH 7, dan diangin-anginkan secara alami. Serat dikeringkan sesuai standar ASTM D-629, yaitu dioven pada temperatur 1.100°C selama 1 jam untuk mengurangi kandungan air. Matrik yang digunakan, yaitu resin *polyester* tipe *Yukalac 157* dengan *hardener* MEKPO 1%. Komposit dibuat menggunakan metode cetak tekan pada  $V_f \approx 60\%$ . Spesimen uji tarik, impak dan bending sesuai standar ASTM D-638, ASTM D-265, dan ASTM D-790. (Umar, Kifli dkk. 2019).

**Tabel 17.** Data Uji Tarik Komposit Serat Jute

Perlakuan Serat	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan (%)	<i>Young's Modulus</i> (GPa)
Resin <i>Yukalac</i>	14,495	0,011%	1,22
Tanpa Perlakuan	19,145	0,012%	1,531
1 Jam	19,4	0,001%	2,455
2 Jam	20,11	0,011%	1,787

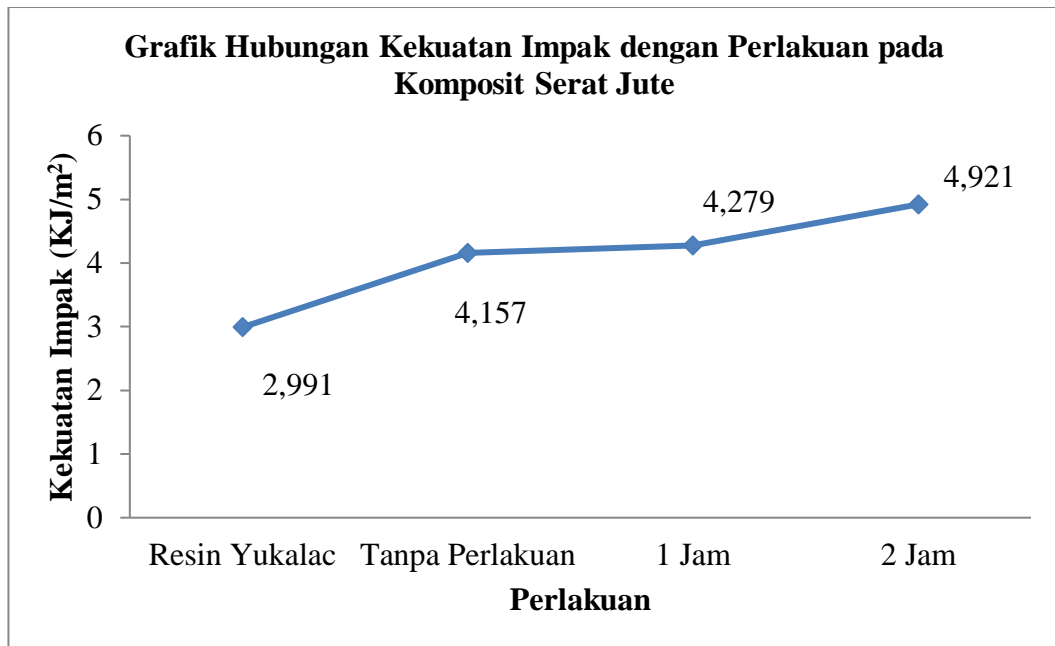
Setelah dilakukan pengujian tarik matrik untuk mengetahui sifat mekanis material sebelum digunakan sebagai pengikat serat pada pembuatan komposit. Matrik harus dapat mentransmisikan beban ke serat dengan merubah bentuk atau

deformasi, Harus dapat membungkus (*encapsulate*) serat tanpa terjadi *shrinkage* yang dapat menyebabkan regangan internal dari *fiber* dengan indikatornya mempunyai *wetability*, kompatibilitas, dan *bonding* yang baik, serta mempunyai *elongation break* lebih tinggi dibandingkan dengan serat. Resin *Yukalac* mempunyai tegangan tarik sebesar 14,495 MPa, regangan tarik sebesar 0,01%, *young's modulus* sebesar 1,22 GPa. (Umar, Kifli dkk. 2019).



**Gambar 3.37** Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Perlakuan pada Komposit Serat Jute

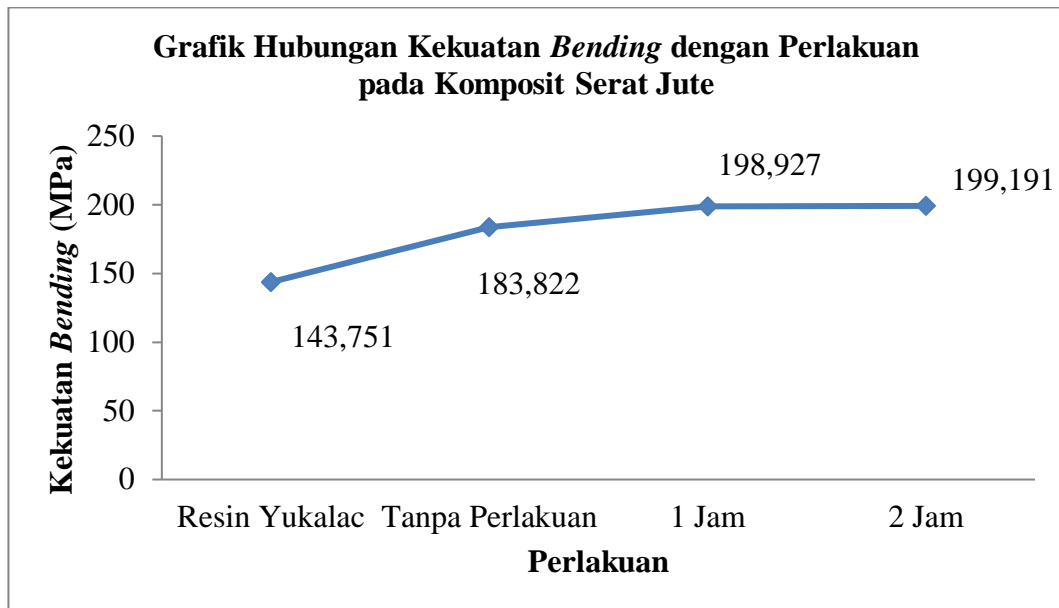
Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan tegangan tarik tertinggi pada komposit serat jute dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam sebesar 20, 11 MPa dan tegangan tarik terendah pada komposit tanpa serat (resin) sebesar 14,495 MPa. Peningkatan tegangan tarik disebabkan oleh perlakuan NaOH pada permukaan serat, karena serat mempunyai morfologi yang lebih halus dan bersih, sehingga ikatan *interface* antara serat dengan matrik menjadi lebih baik. (Umar, Kifli dkk. 2019).



**Gambar 3.38** Grafik Hubungan Kekuatan Impak dengan Perlakuan pada Komposit Serat Jute

Setelah dilakukan pengujian impak menunjukkan kekuatan impak tertinggi pada komposit serat jute dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam sebesar 4,921 KJ/m<sup>2</sup> dan kekuatan impak terendah pada komposit tanpa serat (resin) sebesar 2,991 KJ/m<sup>2</sup>. Komposit serat jute dengan perlakuan 5% NaOH selama 1 jam mempunyai kekuatan tarik sebesar 4,279 KJ/m<sup>2</sup> dan tanpa perlakuan NaOH sebesar 4,157 KJ/m<sup>2</sup>. Peningkatan kekuatan impak menunjukkan fakta bahwa terjadi perbaikan karakteristik perekatan (*adhesion*) permukaan serat oleh cacat alami dan topologi permukaan serat menjadi kasar setelah serat mengalami perlakuan 5% NaOH. (Umar, Kifli dkk. 2019).





**Gambar 3.39** Grafik Hubungan Kekuatan *Bending* dengan Perlakuan pada Komposit Serat Jute

Setelah dilakukan pengujian *bending* menunjukkan kekuatan *bending* meningkat seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Komposit serat jute mempunyai kekuatan *bending* tertinggi pada perlakuan 5% NaOH selama 2 jam sebesar 199,191 MPa dan kekuatan *bending* terendah pada komposit tanpa serat (resin) sebesar 143,751 MPa. Komposit serat jute dengan perlakuan 5% NaOH selama 1 jam mempunyai kekuatan *bending* sebesar 198,927 MPa dan tanpa perlakuan NaOH sebesar 183,822 MPa. Peningkatan kekuatan *bending* disebabkan oleh perlakuan NaOH, karena larutan dapat menghilangkan ketakmurnian permukaan dan meningkatkan karakteristik *adhesi* permukaan serat. Ketakmurnian alami dan buatan pada permukaan serat dapat dihilangkan dengan perlakuan NaOH, sehingga terjadi peningkatan tegangan permukaan, *wettability*, dan meningkatkan ikatan *bonding*. (Umar, Kifli dkk. 2019).

Setelah dilakukan pengamatan patahan komposit serat jute dengan perlakuan NaOH menunjukkan *fiber pull out* lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa perlakuan NaOH dan komposit yang dihasilkan juga memiliki sifat getas. (Umar, Kifli dkk. 2019).

### **2.39 Perlakuan Alkali Komposit rHDPE Serat Pelepah Salak**

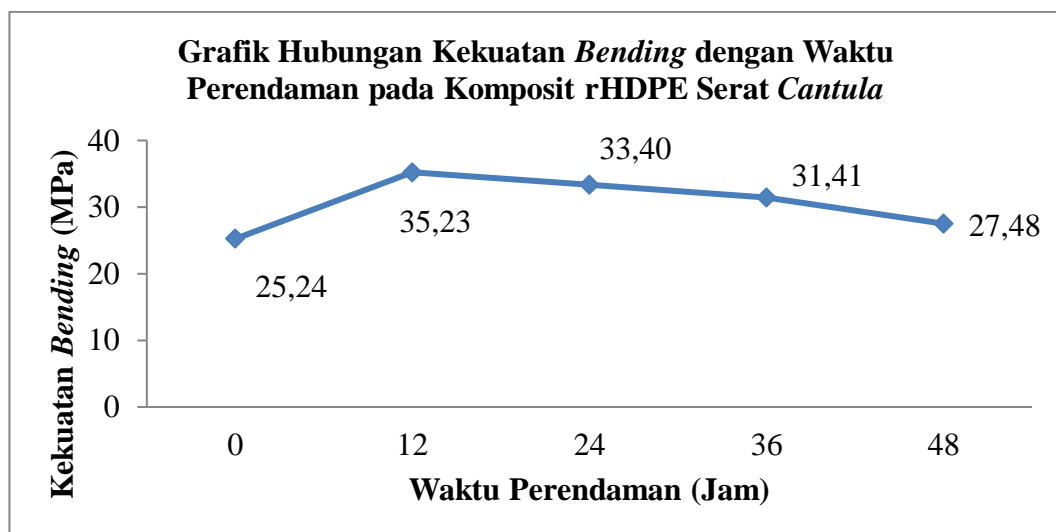
Berdasarkan penelitian Syarif Hidayatulloh, Dody Ariawan, Eko Surojo, dan Joko Triyono, yaitu pengaruh waktu perlakuan alkali terhadap kekuatan mekanik komposit rHDPE serat pelepah salak. Perlakuan 5% NaOH selama 1-5 jam. Komposit dibuat menggunakan metode cetak tekan *hot press* pada tekanan 50 bar, temperatur 150°C, dan waktu penahanan 25 menit. Polimer yang digunakan, yaitu *High density polyethylene* (HDPE). Spesimen uji *bending* sesuai standar ASTM D-790 dan uji impak sesuai standar ASTM D-5941. (Hidayatulloh, Syarif dkk. 2017).

Setelah dilakukan pengujian *bending* menunjukkan peningkatan kekuatan *bending* komposit rHDPE serat pelepah salak pada perlakuan 5% NaOH selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, lalu mengalami penurunan pada perlakuan 5% NaOH selama 4 jam dan 5 jam, mencapai kekuatan *bending* tertinggi pada perlakuan 5% NaOH selama 3 jam sebesar 33,62 MPa. Setelah dilakukan pengujian impak menunjukkan peningkatan kekuatan impak komposit rHDPE serat pelepah salak pada perlakuan 5% NaOH selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, lalu mengalami penurunan pada perlakuan 5% NaOH selama 4 jam dan 5 jam, mencapai kekuatan impak tertinggi pada perlakuan 5% NaOH selama 3 jam sebesar 38,295 KJ/m<sup>2</sup>. Serat alam memiliki karakter yang berbeda-beda. Serat alam yang mengalami

perlakuan NaOH akan meningkatkan kekuatan mekaniknya, karena ikatan *interface* antara serat dengan matrik meningkat, sehingga transfer beban dari matrik ke serat dapat lebih maksimal. Perlakuan NaOH yang terlalu lama akan merusak serat, sehingga menurunkan kekuatan mekanik komposit tersebut. (Hidayatulloh, Syarif dkk. 2017).

#### 2.40 Perlakuan Alkali Serat *Cantula*

Berdasarkan penelitian Dion Widiyanto, Wijang W. Raharjo, dan Heru Sukanto, yaitu pengaruh waktu perendaman serat *Cantula* dalam larutan NaOH terhadap kekuatan *bending* komposit rHDPE-*Cantula*. Perlakuan 2% NaOH selama 0 jam, 12 jam, 24 jam, 36 jam, dan 48 jam. Komposit dibuat menggunakan metode cetak tekan *hot press* pada tekanan 50 bar, temperatur 180°C, dan waktu penahanan 20 menit. Polimer yang digunakan, yaitu *High density polyethylene* (HDPE). Spesimen uji *bending* sesuai standar ASTM D-790. (Widiyanto, Dion dkk. 2015).



**Gambar 3.40** Grafik Hubungan Kekuatan *Bending* dengan Waktu Perendaman pada Komposit rHDPE Serat *Cantula*

Setelah dilakukan pengujian *bending* menunjukkan kekuatan *bending* tertinggi pada komposit rHDPE serat *Cantula* dengan perlakuan 2% NaOH selama 12 jam sebesar 35,23 MPa dan kekuatan terendah pada komposit tanpa perlakuan NaOH sebesar 25,24 MPa. Peningkatan kekuatan *bending* terjadi akibat adanya peningkatan kekuatan pada serat dan peningkatan ikatan antara serat dengan matrik. Perlakuan NaOH akan meningkatkan kekuatan mekanik dari serat dan meningkatkan kekasaran dari permukaan serat yang meningkatkan ikatan antarmuka serat dengan matrik, tetapi semakin lama perlakuan alkali dapat merusak serat. (Widianto, Dion dkk. 2015).

Setelah dilakukan pengujian SEM menunjukkan komposit rHDPE serat *Cantula* tanpa perlakuan NaOH terlihat bersih dan lepas dari matriknya, sehingga memiliki kekuatan *bending* yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit dengan perlakuan NaOH. Komposit tanpa perlakuan NaOH memiliki ikatan yang paling lemah antara serat dengan matrik, hal ini terlihat dari tidak adanya kerusakan pada serat. Komposit rHDPE serat *Cantula* dengan perlakuan 2% NaOH selama 12 jam mengalami perbaikan pada ikatan antara serat dengan matriknya, serat masih menempel dengan baik dengan matriknya, bahkan ada matrik yang terikat sampai melebihi pangkal serat, serat mengalami kerusakan pada ujung seratnya, karena butuh gaya yang lebih besar untuk melepas serat dari matrik, maka kekuatan *bending*-nya tertinggi. Komposit rHDPE serat *Cantula* dengan perlakuan 2% NaOH selama 48 jam, setelah perendaman dalam waktu yang lama serat mengalami kerusakan, permukaan serat terlihat garis-garis patahan yang lebih banyak. Kerusakan serat menyebabkan kekuatan *bending*

komposit menurun. Penurunan kekuatan *bending* komposit terjadi setelah serat direndam lebih dari 24 jam. (Widianto, Dion dkk. 2015).

#### 2.41 Perlakuan Alkali Serat Kulit Batang Kersen

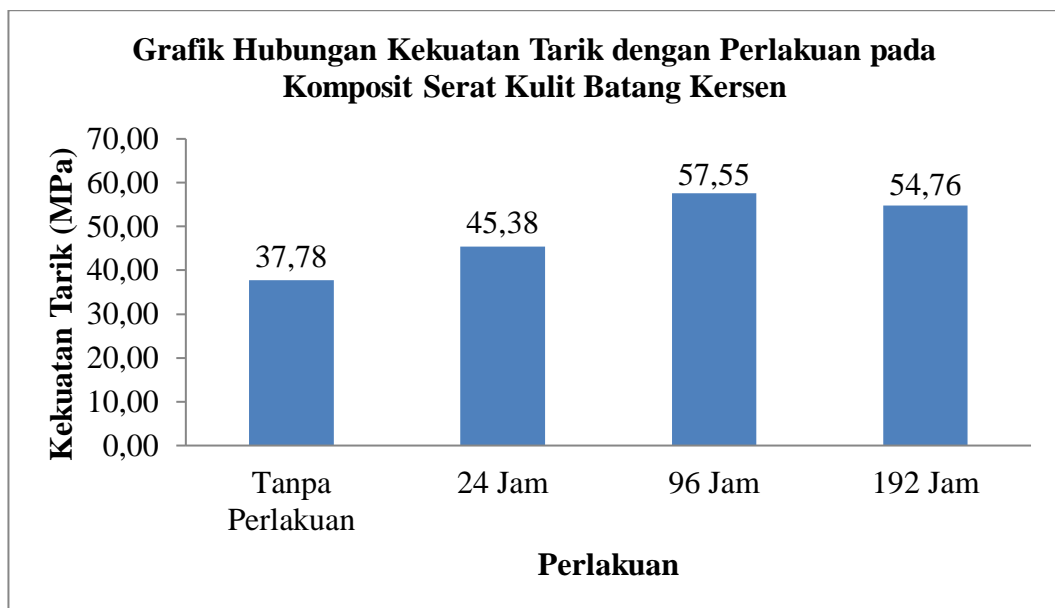
Pohon kersen (*Muntingia Calabura*) tumbuh baik di daerah tropis (neotropik), seperti di Indonesia. Pohon kersen mampu menghasilkan serat pada kulit batang pohon yang mempunyai kekuatan tarik sebesar 416-872 MPa. Serat alam kurang baik membentuk ikatan antara serat dengan matrik, karena terdapat padatan lunak, seperti lilin, lignin, hemiselulosa, dan minyak yang masih menempel pada serat, sehingga menurunkan sifat mekanis komposit. Salah satu cara menghilangkan padatan lunak dan meningkatkan kekasaran permukaan serat, yaitu dengan metode perlakuan kimia. (Lutfinandha, Muhammad Agung. 2020).

Berdasarkan penelitian Muhammad Agung Lutfinandha, yaitu pengaruh waktu perendaman serat pada larutan natrium ikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro komposit serat kulit batang kersen-poliester. Perlakuan 12%  $\text{NaHCO}_3$  selama 24 jam, 96 jam, dan 192 jam. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up* dengan fraksi volume 30%. Spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638. (Lutfinandha, Muhammad Agung. 2020).

**Tabel 18.** Data Uji Tarik Komposit Serat Kulit Batang Kersen

Sampel	Kekuatan Tarik (MPa)			
	Tanpa Perlakuan	24 Jam	96 Jam	192 Jam
1	37,72	45,28	57,54	54,69
2	37,83	45,55	57,45	54,82
3	37,79	45,31	57,67	54,67
Rata-rata	37,78	45,38	57,55	54,76

Setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada komposit serat kulit batang kersen dengan perlakuan 12% NaHCO<sub>3</sub> selama 96 jam sebesar 57,55 MPa dan kekuatan tarik terendah pada komposit tanpa perlakuan NaHCO<sub>3</sub> sebesar 37,78 MPa. Semakin lama waktu perendaman serat mengakibatkan kekuatan tarik komposit akan meningkat. Namun, kekuatan tarik pada waktu perendaman tertentu akan mengalami penurunan, karena perendaman yang terlalu lama akan menyebabkan serat menjadi rapuh. Waktu perendaman yang terlalu lama mengakibatkan putusya ikatan *crosslink* antara molekul serat selulosa dan pada skala mikro terjadi proses *opening* serat yang berlebihan, sehingga menyebabkan terurainya serat tunggal menjadi *microfibril* akibat pelarutan lignin sebagai pengikat. Perlakuan alkali pada konsentrasi yang tinggi dengan waktu perendaman yang lama dapat menyebabkan serat mengalami degradasi, sehingga terjadi penurunan kekuatan serat. (Marsyahyo. 2006).



**Gambar 3.41** Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Perlakuan pada Komposit Serat Kulit Batang Kersen

Perendaman serat membuat sifat mekanik komposit akan meningkat pada rentang waktu perendaman tertentu. Peningkatan kekuatan tarik terjadi akibat *surface roughness* yang baik pada permukaan serat, sehingga meningkatkan *interfacial bonding* antara serat dengan matrik. (Yudhanto, 2016). Komposit serat kulit batang kersen dengan perlakuan 12% NaHCO<sub>3</sub> selama 24 jam mengalami peningkatan sebesar 20,12% dari komposit tanpa perlakuan NaHCO<sub>3</sub>. Namun, terdapat beberapa faktor lain yang membuat kekuatan tarik komposit tidak maksimal. Salah satunya, yaitu adanya penumpukan serat pada beberapa titik menyebabkan kekuatan komposit pada titik satu dan titik lainnya berbeda. Selain itu, keberadaan *void* pada beberapa titik susunan komposit juga mempengaruhi kekuatan komposit, karena mengurangi kompatibilitas material berkurang. (Ardiati. 2016).

Komposit serat kulit batang kersen dengan perlakuan 12% NaHCO<sub>3</sub> selama 96 jam mengalami peningkatan tertinggi sebesar 52,33% dari komposit tanpa perlakuan NaHCO<sub>3</sub>. Peningkatan ini terjadi akibat *surface roughness* yang baik pada permukaan serat, sehingga ikatan antara serat dengan matrik menjadi lebih baik. Faktor lain yang membuat peningkatan kekuatan tarik, yaitu hilangnya senyawa lignin dan hemiselulosa pada permukaan serat yang menyebabkan serat bersifat *hidrophobic*. (Hartanto, 2009). Komposit serat kulit batang kersen dengan perlakuan 12% NaHCO<sub>3</sub> selama 192 jam mengalami peningkatan sebesar 44,94% dari komposit tanpa perlakuan NaHCO<sub>3</sub> dan mengalami penurunan sebesar 4,8% dari komposit dengan waktu perendaman selama 96 jam. (Lutfinandha, Muhammad Agung. 2020).

Setelah dilakukan pengujian mikrografi menunjukkan jenis kegagalan yang dominan, yaitu *fiber pull out*, sedangkan jenis kegagalan yang minimal terjadi, yaitu *void*. (Lutfinandha, Muhammad Agung. 2020).

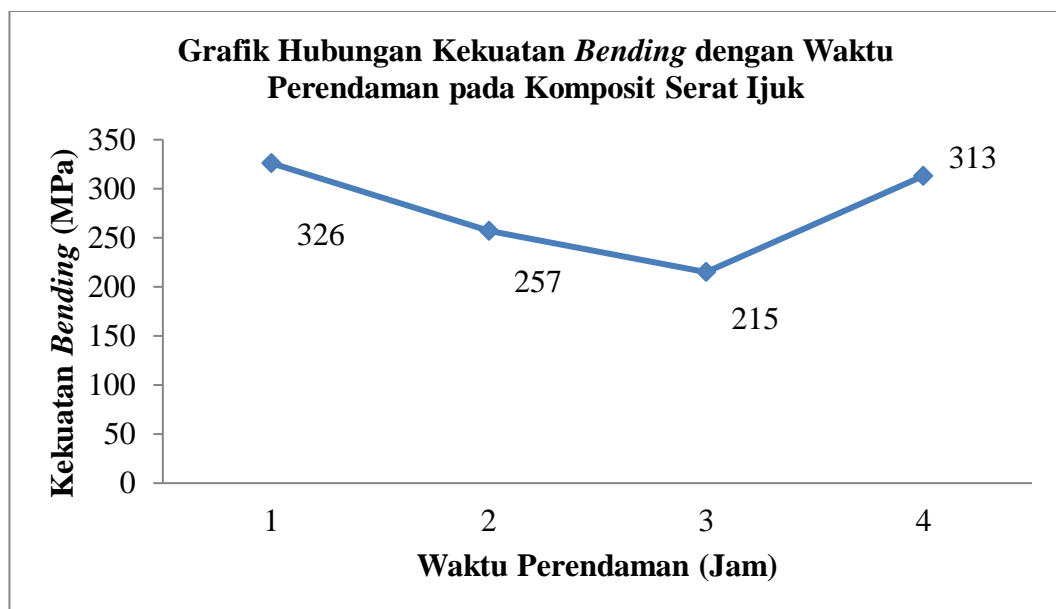
Setelah dilakukan pengamatan patahan uji tarik. Mekanisme kegagalan yang terjadi pada komposit serat kulit batang kersen tanpa perlakuan  $\text{NaHCO}_3$ , yaitu cacat *void*, *debonding*, *crack deflection*, dan *fiber pullout*. Terdapat cacat *debonding* (serat terlepas dari matrik) menandakan ikatan serat dengan matrik masih kurang baik, sehingga sifat mekanis cenderung rendah. Mekanisme kegagalan yang terjadi pada komposit serat kulit batang kersen dengan perlakuan 12%  $\text{NaHCO}_3$  selama 24 jam, yaitu cacat *void*, *debonding*, *crack deflection*, dan *fiber pullout*. Masih terdapat cacat *debonding* (serat terlepas dari matrik) menandakan ikatan serat dengan matrik masih kurang baik, sehingga kekuatan tarik kurang mengalami peningkatan signifikan dibandingkan dengan komposit serat kulit batang kersen tanpa perlakuan  $\text{NaHCO}_3$ . Mekanisme kegagalan yang terjadi pada komposit serat kulit batang kersen dengan perlakuan 12%  $\text{NaHCO}_3$  selama 96 jam, yaitu *splitting in multiple area*, *crack deflection*, dan *fiber pullout*. Pada komposit ini tidak terjadi patah *debonding*, hal tersebut merupakan ciri dari gaya *interlocking* yang baik antara serat dengan matrik. Terjadinya kegagalan patahan banyak (*splitting in multiple area*) menunjukkan bahwa komposit mempunyai kekuatan tarik yang tinggi. (Diharjo, Kuncoro. 2006). Hal tersebut terbukti dari hasil uji tarik komposit serat kulit batang kersen dengan perlakuan 12%  $\text{NaHCO}_3$  selama 96 jam memiliki kekuatan tarik tertinggi dari semua spesimen. Mekanisme kegagalan yang terjadi pada komposit serat kulit batang



kersen dengan perlakuan 12%  $\text{NaHCO}_3$  selama 192 jam, yaitu patahan tunggal, *delaminasi*, dan *fiber pullout*. Pada komposit ini terjadi kegagalan *delaminasi* (serat robek), hal tersebut merupakan ciri dari serat yang rapuh akibat perendaman serat pada larutan alkali yang terlalu lama. (Lutfinandha, Muhammad Agung. 2020).

#### 2.42 Perlakuan Alkali Serat Ijuk

Berdasarkan uji coba sampel, yaitu pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat mekanik pada komposit berpenguat serat alam menggunakan perlakuan 5% NaOH selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up* dengan fraksi volume 30%. Pengujian yang dilakukan adalah uji *flexural strength* sesuai standar ASTM D790.



**Gambar 3.20** Grafik Hubungan Kekuatan *Bending* dengan Waktu Perendaman pada Komposit Serat Ijuk

Setelah dilakukan pengujian *bending* menunjukkan kekuatan *bending* tertinggi pada komposit serat ijuk dengan perlakuan 5% NaOH selama 1 jam

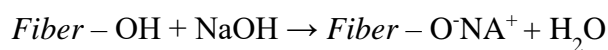
sebesar 326 MPa dan kekuatan *bending* terendah pada perlakuan 5% NaOH selama 3 jam sebesar 215 MPa. Komposit serat ijuk mengalami penurunan kekuatan *bending* pada waktu perendaman 2 jam dan 3 jam, lalu mengalami kenaikan kembali pada waktu perendaman 4 jam. Pada pengujian *bending*, komposit akan mengalami retak pada bagian bawah, karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa gaya tarik yang terjadi akibat pembebanan *bending* sangat besar.

Menurut Widiyanto, Dion dkk. 2015. “Peningkatan kekuatan *bending* terjadi akibat adanya peningkatan kekuatan pada serat dan peningkatan ikatan antara serat dengan matrik. Perlakuan NaOH akan meningkatkan kekuatan mekanik dari serat dan meningkatkan kekasaran dari permukaan serat yang meningkatkan ikatan antarmuka serat dengan matrik, tetapi semakin lama perlakuan alkali dapat merusak serat.”

Waktu perendaman 1 jam sudah cukup untuk meningkatkan kekuatan *bending* komposit serat ijuk. Waktu perendaman yang lebih lama akan menurunkan kekuatan *bending*, karena ikatan antara serat dengan matrik yang tidak optimal, sehingga transfer beban dari matrik ke serat tidak maksimal. Waktu perendaman yang lebih lama akan merusak serat. Namun, kekuatan *bending* pada waktu perendaman 4 jam terjadi peningkatan. Jika, dilihat dari ekonomisnya waktu, maka lebih ekonomis waktu perendaman 1 jam dan kekuatan *bending* lebih tinggi dibandingkan dengan waktu perendaman 4 jam.

Serat alam yang mempunyai sifat hidrofili sangat tidak *kompatible* dengan pengikat matrik *termoset* dengan sifat *hidrofob*, supaya mendapatkan sifat serat

yang *hidrofob*, maka harus menghilangkan beberapa komponen *hidrofil* yang didalamnya terdapat pektin, lignin, dan hemiselulosa. (Purkuncoro, Aladin Eko. 2017). Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi, sehingga sifat alami *hydrophobic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal. Reaksi dari perlakuan alkali terhadap serat adalah : (Munandar, Imam dkk. 2013).



NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori *Arrhenius* basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa. (Munandar, Imam dkk. 2013).

Material komposit mempunyai sifat tekan lebih baik dibanding tarik, pada pengujian *bending* spesimen, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah terjadi proses tarik sehingga kegagalan yang terjadi akibat uji *bending*, yaitu mengalami patah bagian bawah, karena tidak mampu menahan tegangan tarik. (Qamar, La Ode Muhammad Sjamsul. 2017).

Perendaman NaOH dengan waktu yang lebih lama mengakibatkan penurunan kekuatan *bending*. Hal ini disebabkan oleh kegagalan serat yang akan secara langsung membuat tegangan yang seharusnya ditanggung serat menjadi terabaikan. (Sabuin, Adoniram dkk. 2015).

Perlakuan alkali bertujuan untuk membersihkan serat dari lapisan lignin yang membungkus serat atau kotoran menempel pada serat, sehingga ikatan antara serat dengan matrik lebih kuat. Jika, waktu perendaman terlalu lama atau konsentrasi larutan terlalu tinggi akan merusak sel-sel serat utamanya, sehingga serat menjadi rapuh, keropos dan kekuatannya akan berkurang. (Rahman, M. Budi Nur dkk. 2011).