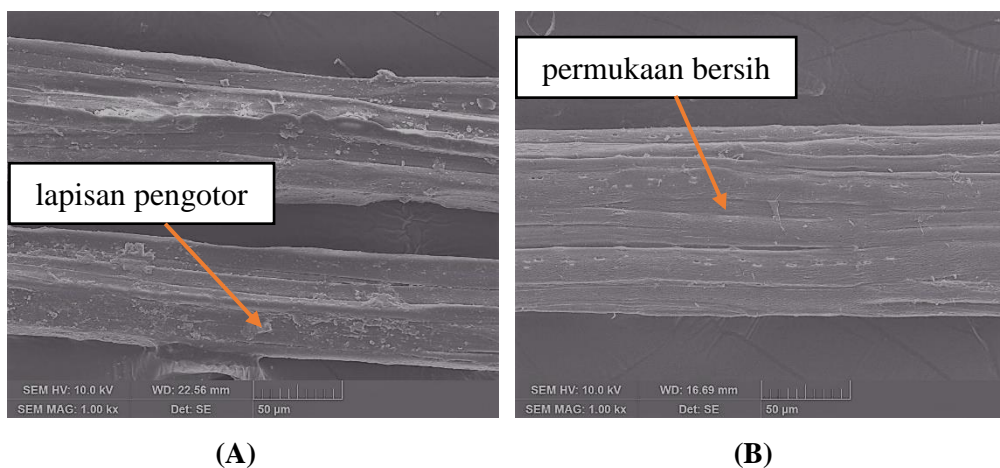


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Morfologi Permukaan Serat Sisal

Morfologi dan struktur permukaan serat dapat diketahui dan dievaluasi dengan dilakukan uji SEM yaitu pada serat tunggal sisal. Serat sisal yang dilakukan uji SEM ada 2 macam, serat sisal mentah tanpa perlakuan dan serat sisal dengan perlakuan alkalisasi.



(A) (B)  
**Gambar 4.1. (A) Hasil uji SEM serat sisal mentah.**  
**(B) Hasil uji SEM serat sisal alkalisasi**

Dari Gambar 4.1.(A) terlihat bahwa permukaan serat sisal tanpa perlakuan ada lapisan kotor yang membungkus lapisan permukaan. Lapisan pembungkus yang menyelubungi serat sisal diperkirakan adalah komponen nonselulosa. Semakin banyak kotoran pada permukaan serat maka akan mengurangi kekuatan ikatan antara matriks dan serat sehingga menurunkan kuat tarik komposit (Muzahir, 2016).

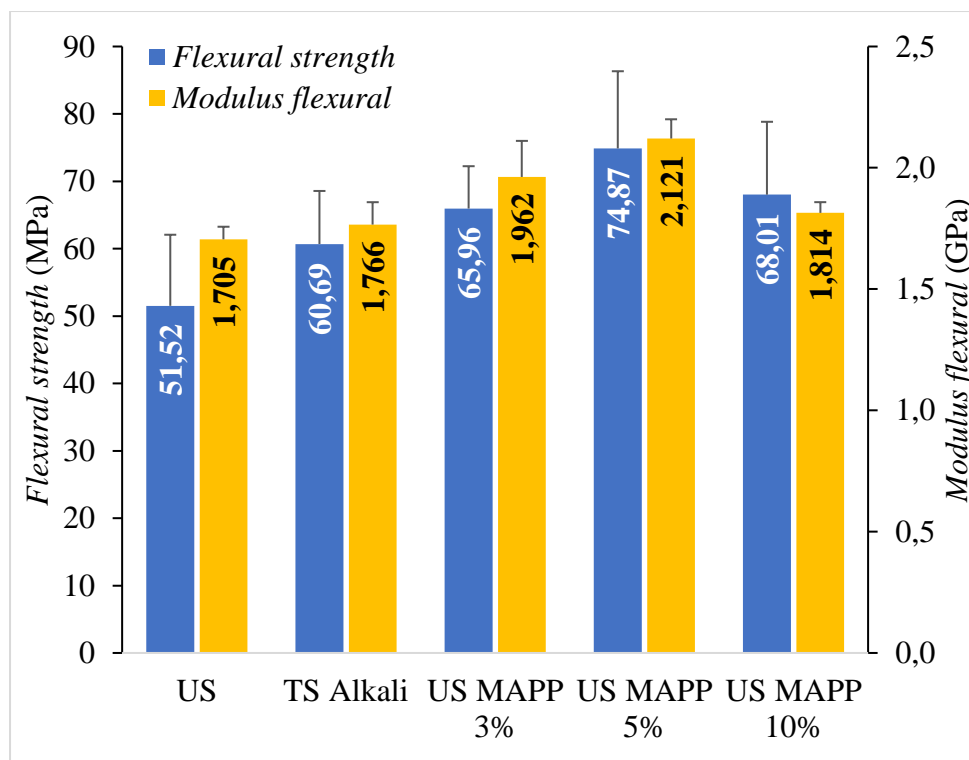
Dari Gambar 4.1.(B) terlihat bahwa permukaan serat sisal dengan perlakuan alkalisasi dengan direndam dalam larutan NaOH konsentrasi 6% selama 4 jam lebih bersih. Permukaan lebih kasar karena tidak adanya lapisan pengotor yang menyelubungi serat. Lapisan nonselulosa dan kotoran lainnya hilang dari permukaan serat. Dengan bersihnya permukaan serat sisal dan permukaannya yang menjadi kasar akan meningkatkan ikatan antara matriks dan serat sehingga kuat tarik komposit akan meningkat.

## 4.2. Karakterisasi Komposit

### a. Hasil pengujian mekanis komposit

Pada pengujian mekanis komposit PMMA dengan variasi serat sisal mentah, serat sisal alkalisasi, serat sisal mentah dengan penambahan 3%, 5% dan 10% MAPP. Didapatkan tiga jenis perhitungan kekuatan mekanis diantaranya kekuatan tarik dan bending komposit, regangan komposit, dan modulus elastisitas komposit. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut :

#### 1. Kekuatan dan modulus bending komposit



**Gambar 4.2. Grafik kekuatan bending dan modulus bending komposit**

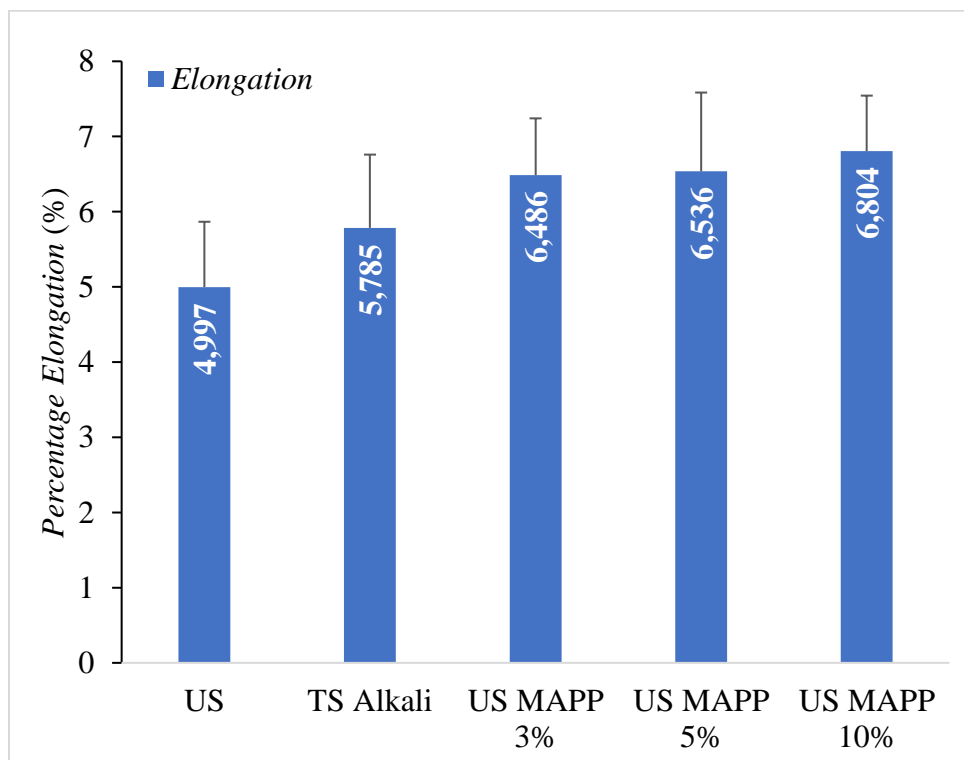
Keterangan :

- US = *untreatment sisal*
- TS alkali = *treatment sisal alkali*
- US MAPP 3% = *untreatment sisal MAPP 3%*
- US MAPP 5% = *untreatment sisal MAPP 5%*
- US MAPP 10% = *untreatment sisal MAPP 10%*

Dari gambar 4.2. Grafik kekuatan bending dan modulus bending komposit dapat terlihat bahwa komposit dengan perlakuan alkalisasi dapat meningkatkan kekuatan bending. Nilai kekuatan bending komposit PMMA/sisal mentah sebesar 51,52 MPa. Sedangkan pada komposit PMMA/sisal/alkalisasi memiliki nilai kekuatan bending sebesar 60,69 MPa. Penambahan *coupling agent* MAPP juga meningkatkan kekuatan bending. Penambahan MAPP yang paling optimal sebanyak 5% karena memiliki kekuatan bending yang paling tinggi daripada 3% dan 10%. Nilai kekuatan bending paling tinggi pada variasi komposit PMMA/sisal mentah dengan penambahan MAPP 5% sebesar 74,87 MPa.

Perlakuan alkalisasi meningkatkan nilai modulus bending komposit. Komposit serat sisal dengan perlakuan alkalisasi memiliki nilai modulus bending sebesar 1,766 GPa, sedangkan tanpa perlakuan sebesar 1,705 GPa. Penambahan MAPP juga berpengaruh terhadap modulus elastisitas komposit. Penambahan MAPP meningkatkan modulus elastisitas komposit PMMA/sisal mentah. Penambahan MAPP 5% pada komposit PMMA/sisal mentah memiliki modulus bending paling tinggi dibandingkan dengan penambahan MAPP 3% dan 10%. Nilai modulus bending komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 5% sebesar 2,121 GPa. Penelitian Zhou (2013) penambahan MAPP meningkatkan nilai modulus elastisitas komposit, namun mengalami penurunan nilai setelah melewati titik optimalnya. Pada penelitian Zhou kenaikan terjadi pada penambahan MAPP 3%, 6% dan 9%. Penurunan terjadi pada penambahan MAPP 12%. Sedangkan dalam penelitian ini kenaikan terjadi pada penambahan MAPP 3% dan 5%. Penurunan terjadi pada penambahan MAPP 10%.

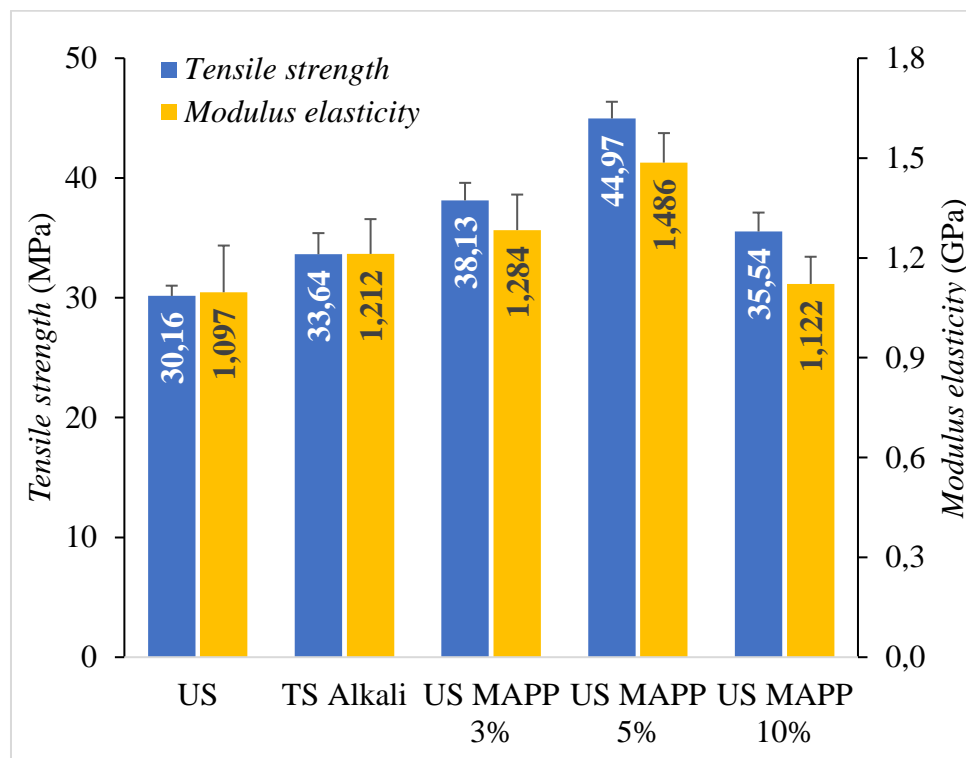
## 2. Regangan bending komposit



**Gambar 4.3. Grafik regangan bending komposit**

Dari data regangan bending komposit tabel 4.3. diperoleh bahwa regangan tarik komposit dengan perbandingan serat dan matrik adalah 30%/70%. Nilai regangan meningkat apabila serat sisal dilakukan perlakuan. Pengaruh alkalisasi yang menghilangkan kotoran pada permukaan serat sisal memberikan pengaruh pada komposit menjadi lebih ulet dengan nilai regangan 5,785%. Komposit dengan pengisi serat sisal tanpa perlakuan memiliki regangan tarik paling rendah dengan nilai regangan 4,997%. Namun penambahan MAPP pada serat tanpa perlakuan ternyata meningkatkan regangan bending, bahkan lebih tinggi daripada komposit dengan menggunakan serat sisal dengan perlakuan alkalisasi. Nilai regangan yang paling tinggi berada pada penambahan MAPP sebanyak 10% dengan regangan 6,804%.

### 3. Kekuatan dan modulus tarik komposit



**Gambar 4.4. Grafik kuat tarik komposit**

Dari data hasil pengujian tarik diperoleh bahwa kuat tarik komposit dengan perbandingan serat dan matrik adalah 30%/70% meningkat apabila serat dilakukan perlakuan. Komposit dengan pengisi serat sisal tanpa perlakuan memiliki nilai kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit serat sisal dengan perlakuan alkalisasi (Sosiati, 2015). Nilai kuat tarik komposit yang menggunakan sisal mentah memiliki kekuatan tarik sebesar 30,16 MPa, sedangkan komposit yang menggunakan sisal dengan perlakuan alkalisasi memiliki kekuatan tarik sebesar 33,64 MPa.

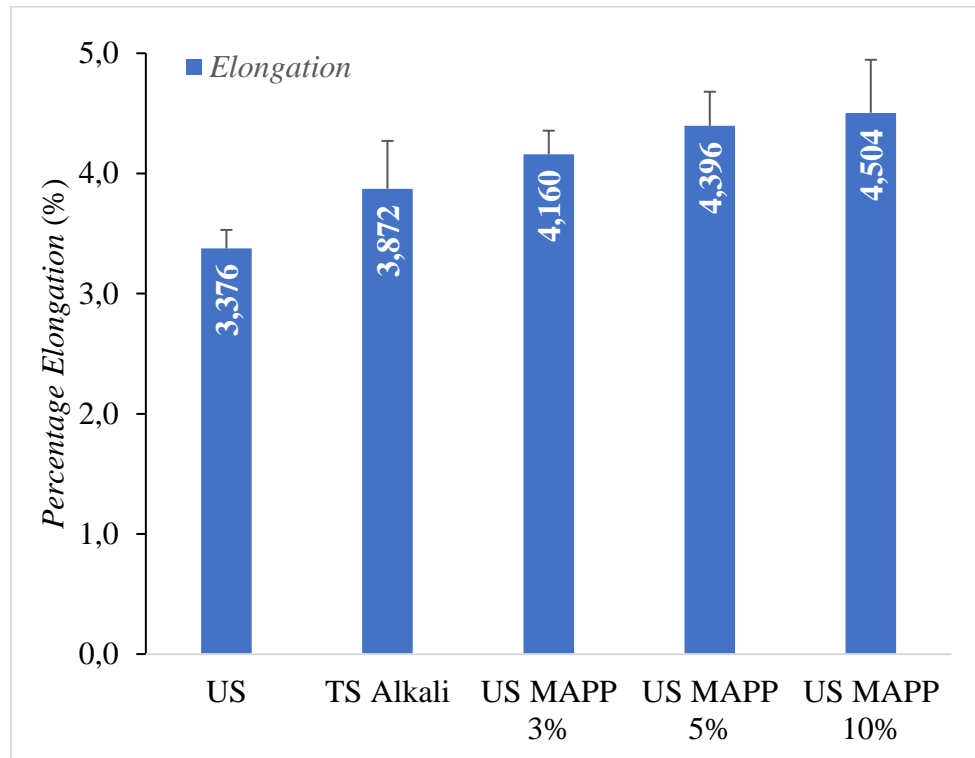
Penambahan *coupling agent* MAPP juga berpengaruh terhadap kuat tarik komposit. Penambahan MAPP meningkatkan kuat tarik komposit PMMA/sisal mentah secara signifikan daripada dengan komposit tanpa penambahan MAPP yang menggunakan serat alkalisasi. Konsentrasi penambahan MAPP yang optimal yakni pada penambahan 5% MAPP dari berat serat. Penambahan MAPP 5% memiliki nilai kuat tarik yang paling tinggi daripada penambahan MAPP 3% dan 10%. Penambahan MAPP pada komposit sisal juga telah

dilakukan oleh Nahyudin (2016) namun matriks yang digunakan menggunakan *polypropilene* dengan penambahan 5% MAPP menghasilkan kuat tarik sebesar 38,58 MPa. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan matriks PMMA memiliki kuat tarik sebesar 44,97 MPa.

Penambahan MAPP yang semakin banyak tidak selalu menaikkan nilai kuat tarik dari komposit. Zhou (2013) meneliti serbuk bambu dan *polypropilene* yang ditambahkan MAPP. Penambahan 3%, 6% dan 9% MAPP meningkatkan kuat tarik komposit. Nilai optimum berada pada penambahan MAPP 9% sebesar 26,7 MPa, sedangkan penambahan 12% MAPP terjadi penurunan kuat tarik menjadi 25,8 MPa.

Perlakuan alkalisasi meningkatkan nilai modulus elastisitas komposit. Komposit serat sisal dengan perlakuan alkalisasi memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 1,212 GPa, sedangkan tanpa perlakuan sebesar 1,097 GPa. Penambahan MAPP juga berpengaruh terhadap modulus elastisitas komposit. Penambahan MAPP meningkatkan modulus elastisitas komposit PMMA/sisal mentah. Penambahan MAPP 5% pada komposit PMMA/sisal mentah memiliki modulus bending paling tinggi dibandingkan dengan penambahan MAPP 3% dan 10%. Nilai modulus elastisitas komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 5% sebesar 1,486 GPa. Penelitian Zhou (2013) penambahan MAPP meningkatkan nilai modulus elastisitas komposit, namun mengalami penurunan nilai setelah melewati titik optimalnya. Pada penelitian Zhou kenaikan terjadi pada penambahan MAPP 3%, 6% dan 9%. Penurunan terjadi pada penambahan MAPP 12%. Sedangkan dalam penelitian ini kenaikan terjadi pada penambahan MAPP 3% dan 5%. Penurunan terjadi pada penambahan MAPP 10%.

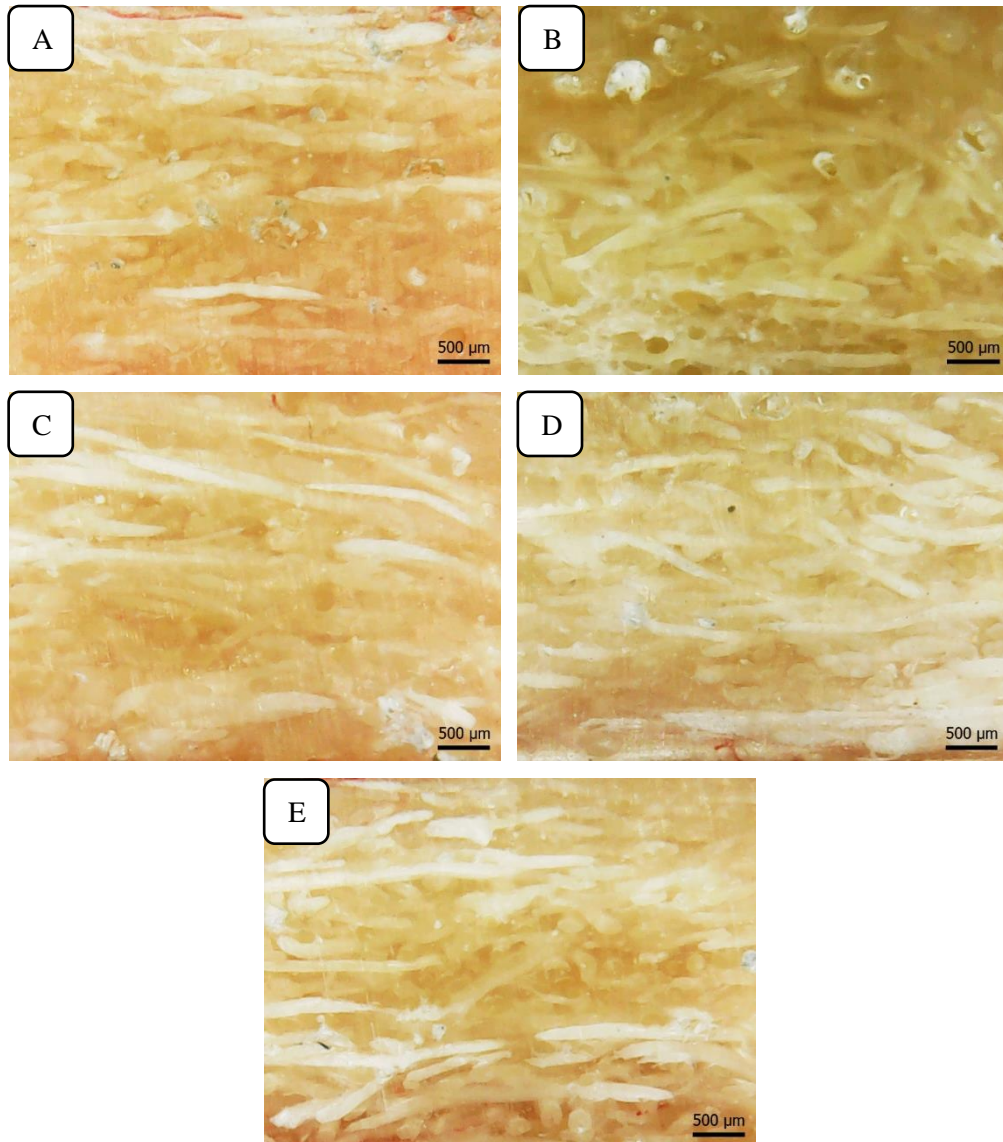
#### 4. Kekuatan dan modulus tarik komposit



**Gambar 4.5. Grafik regangan tarik komposit**

Dari data regangan tarik komposit tabel 4.5. diperoleh bahwa regangan tarik komposit dengan perbandingan serat dan matrik adalah 30%/70%. Nilai regangan meningkat apabila serat sisal dilakukan perlakuan. Pengaruh alkalisasi yang menghilangkan kotoran pada permukaan serat sisal memberikan pengaruh pada komposit menjadi lebih ulet dengan nilai regangan 3,872%. Komposit dengan pengisi serat sisal tanpa perlakuan memiliki regangan tarik paling rendah dengan nilai regangan 3,376%. Namun penambahan MAPP pada serat tanpa perlakuan ternyata meningkatkan regangan bending, bahkan lebih tinggi daripada komposit dengan menggunakan serat sisal dengan perlakuan alkalisasi. Nilai regangan yang paling tinggi berada pada penambahan MAPP sebanyak 10% dengan regangan 4,504%.

b. Struktur Potongan Spesimen Uji Bending dengan Optik

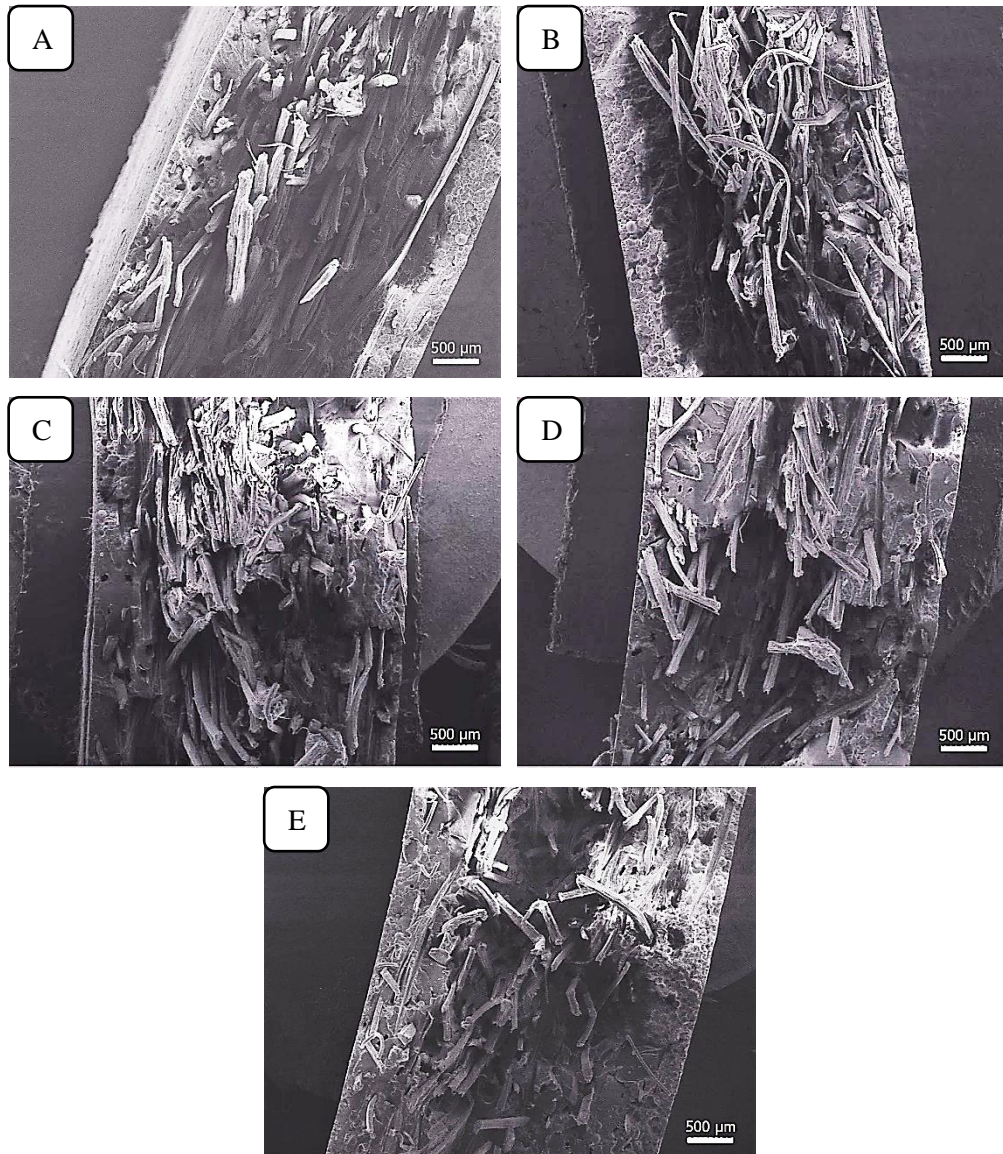


**Gambar 4.6. Struktur potongan komposit uji optik (A) PMMA/US. (B) PMMA/TS. (C) PMMA/US/MAPP 3%. (D) PMMA/US/MAPP 5%. (E) PMMA/US/MAPP 10%.**

Komposit hasil pengujian bending dipotong bagian tengah. Persebaran serat sisal dan matriks pada komposit diamati. Hasil menunjukkan bahwa semua variasi komposit terisi penuh oleh serat sisal dan matriks. Pembuatan spesimen komposit dengan cara serat acak. Serat sisal yang terpotong karena posisinya searah dengan bentuk cetakan. Serat sisal yang melintang, atau tidak searah dengan cetakan tidak terpotong. Komposit yang terisi penuh dan persebaran serat yang merata menghasilkan kekuatan bending yang tinggi.

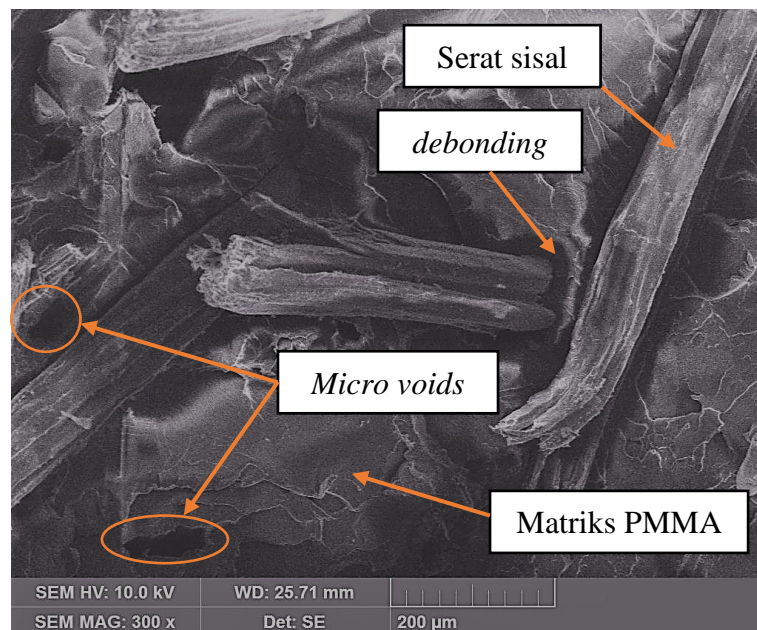


### c. Struktur Patahan Spesimen Uji Tarik



**Gambar 4.7. Struktur patahan komposit uji SEM (A) PMMA/US. (B) PMMA/TS. (C) PMMA/US/MAPP 3%. (D) PMMA/US/MAPP 5%. (E) PMMA/US/MAPP 10%.**

Dari persebaran serat dan matriknya serat sisal cenderung mengumpul pada bagian tengah komposit. Hal ini dikarenakan fabrikasi komposit menggunakan metode 1 lapis matriks-sisal-matriks. Terdapat *micro void* dari seluruh foto patahan komposit mengakibatkan kuat tarik dari komposit kurang optimal. Walaupun jumlahnya sedikit dari hasil pengamatan patahan permukaan, namun tidak menutup kemungkinan masih ada void yang berada didalam komposit.

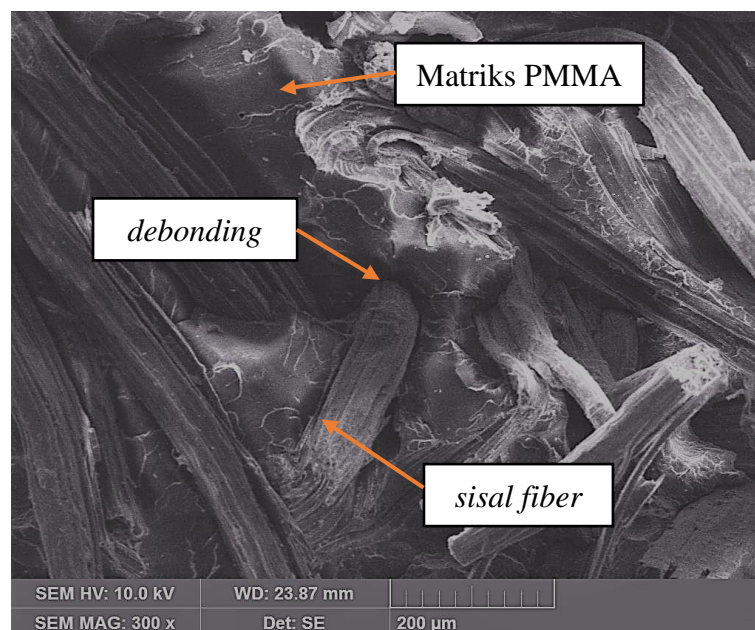


**Gambar 4.8. Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah Perbesaran 300x**

Dari citra SEM gambar 4.8. struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah tidak ada ikatan yang bagus (*debonding*) antara matriks PMMA dengan serat sisal mengakibatkan kuat tarik dari komposit rendah. Sifat dari serat alam yang *hidrofilik* bertolak belakang dengan sifat dari matriks PMMA yang *hidrofobik*. Hal inilah yang menyebabkan tidak ada ikatan yang bagus antara serat sisal mentah dengan matriks PMMA.

Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit PMMA/sisal mentah mengakibatkan kuat tarik dari komposit menurun. Adanya *micro void* karena ketika proses fabrikasi ada udara yang terjebak.

Menurut Raharjo (2015) ciri dari ikatan yang kuat antara matriks dengan seratnya adalah kegagalan komposit ketika diberikan pembebanan yakni tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar. Ikatan yang kuat antara matriks dan serat terjadi jika kegagalan komposit ketika diberikan pembebanan yaitu adanya serat yang putus atau patah. Terjadi karena adanya ikatan antara yang bagus antara serat dengan matriks.

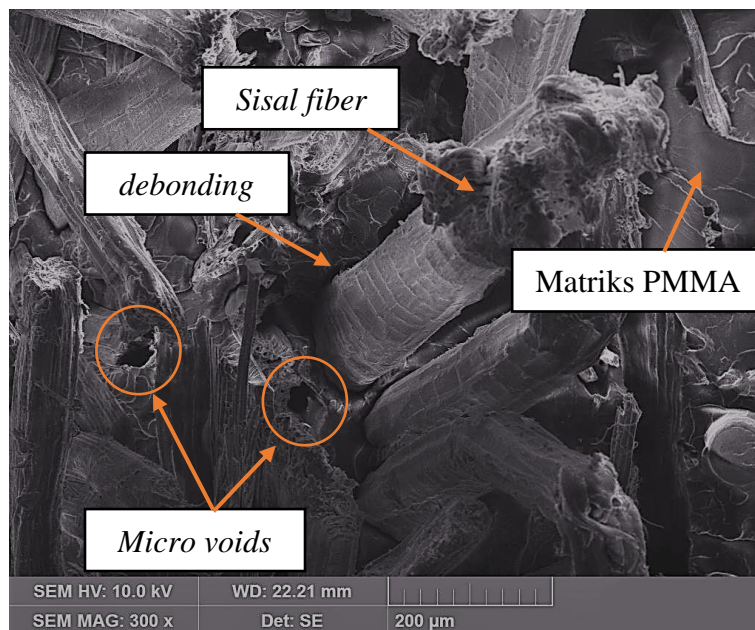


**Gambar 4.9. Struktur patahan komposit PMMA/sisal alkalisasi Perbesaran 300x**

Dari citra SEM diatas pada gambar 4.9. struktur patahan komposit PMMA/sisal alkalisasi tidak ada ikatan antara matriks PMMA dengan serat sisal, namun jarak *debonding* antara serat dan matriks menjadi lebih pendek dari pada komposit PMMA/sisal mentah. Perbedaan antara sifat serat sisal yang *hidrofilik* dan matriks PMMA yang *hidrofobik*, mengakibatkan *debonding* antara serat sisal dengan matriks PMMA. Proses alkalisasi menyebabkan serat sisal menjadi lebih bersih karena kadar lignin dan kotoran berkurang mengakibatkan *debonding* antara matriks dan serat menjadi lebih pendek. Sehingga kekuatan tarik dari komposit PMMA/sisal alkalisasi lebih tinggi dibandingkan dengan sisal/PMMA.

Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit PMMA/sisal alkalisasi mengakibatkan kuat tarik dari komposit menurun. *Micro void* berupa ruangan kosong didalam komposit, terbentuk ketika proses fabrikasi terdapat udara yang terjebak. Walaupun jumlahnya sedikit dari hasil pengamatan hasil patahan permukaan, namun tidak menutup kemungkinan masih ada void yang berada didalam komposit. Hasil analisa dari Gambar 4.9. terdapat *fiber pull out* dan ada juga serat yang putus. Ini menyebabkan kuat tarik dari komposit PMMA/sisal alkalisasi menjadi berkurang.

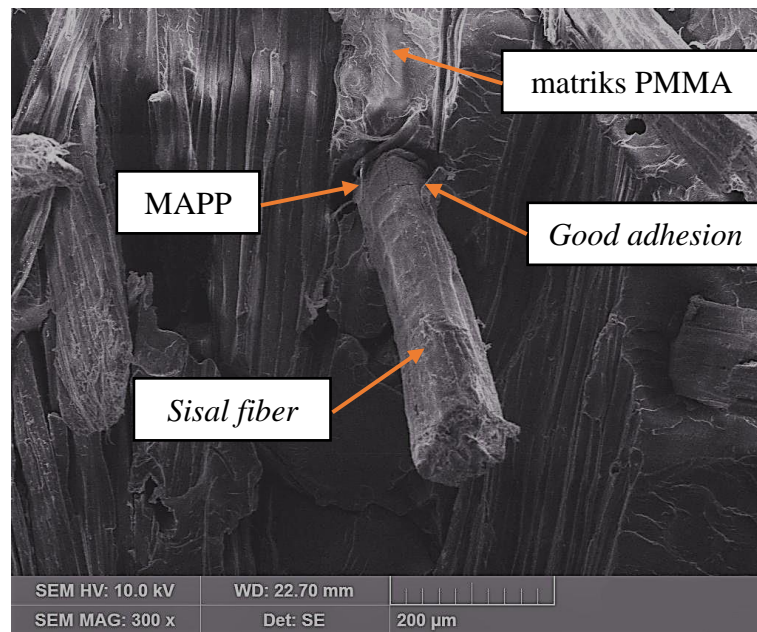




**Gambar 4.10. Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 3% perbesaran 300x**

Dari citra SEM diatas pada gambar 4.10. struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 3% terdapat banyak serat yang putus. Jarak *debonding* antara serat dan matriks cukup besar karena serat sisal yang digunakan tanpa perlakuan. Penambahan MAPP sebanyak 3% ternyata meningkatkan kuat tarik komposit daripada tanpa penambahan MAPP. Kuat tarik komposit PMMA/sisal mentah tanpa penambahan MAPP sebesar 30,16 MPa. Setelah ditambahkan dengan MAPP 3% kuat tarik komposit meningkat menjadi 38,13 MPa.

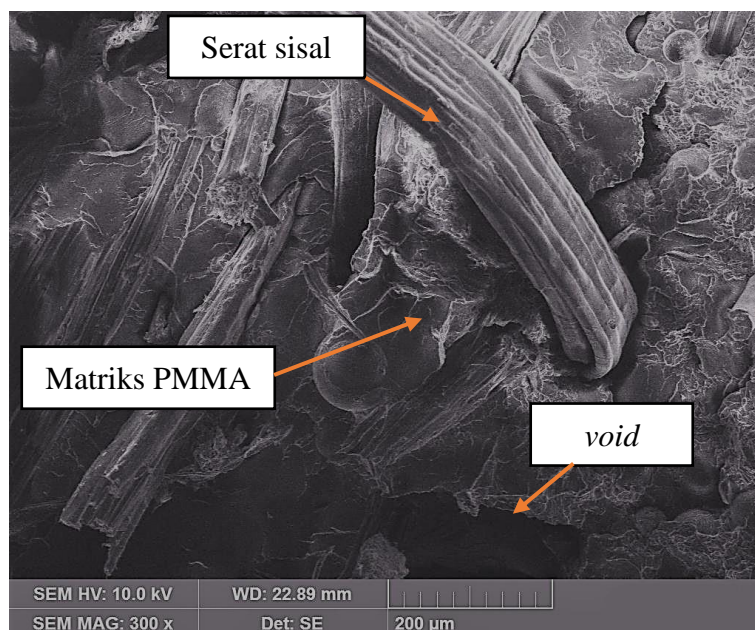
Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 3% mengakibatkan kuat tarik dari komposit kurang optimal. *Micro void* berupa ruangan kosong didalam komposit, terbentuk ketika proses fabrikasi terdapat udara yang terjebak. Walaupun jumlahnya sedikit dari hasil pengamatan hasil patahan permukaan, namun tidak menutup kemungkinan masih ada void yang berada didalam komposit. Hasil analisa Gambar 4.10. terdapat *fiber pull out* namun lebih banyak serat yang putus. Ini menyebabkan kuat tarik dari komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 3% lebih tinggi dibandingkan dengan komposit PMMA/sisal mentah dan sisal alkalisasi.



**Gambar 4.11. Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 5% Perbesaran 300x**

Dari citra SEM diatas pada gambar 4.11. struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 5% ada ikatan yang bagus antara matriks PMMA dengan serat sisal. Jarak antara serat dan matriks masih cukup besar karena serat sisal yang digunakan tanpa perlakuan juga karena perbedaan sifat kedua material. Namun penambahan MAPP sebanyak 5% dapat mengatasi kekurangan dari komposit serat sisal dan matriks PMMA. Terbukti adanya ikatan kimia antara matriks dan serat sisal. Gugus hidroksil yang ada pada permukaan serat sisal diikat oleh MAPP. Ini yang mengakibatkan meningkatkannya kuat tarik komposit. Komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 5% memiliki kuat tarik yang paling tinggi dibandingkan dengan komposit lainnya. Penambahan 5% MAPP merupakan penambahan yang paling optimal untuk meningkatkan kuat tarik.

Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 3% mengakibatkan kuat tarik dari komposit kurang optimal. Hasil analisa dari Gambar 4.11. terdapat beberapa *fiber pull out* namun ikatan antara serat dan matriks bagus karena penambahan MAPP 5%.



**Gambar 4.12. Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 10% Perbesaran 300x**

Dari citra SEM diatas pada gambar 4.12. struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 10% ikatan antara matriks dengan serat tidak terlihat secara jelas. Penambahan MAPP yang terlalu banyak mengakibatkan adanya *barrier* yang menghalangi MAPP terikat ke serat sisal. Ini yang mengakibatkan penambahan 10% MAPP justru membuat kuat tarik komposit menurun.

Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 10% mengakibatkan kuat tarik dari komposit kurang optimal. *Micro void* berupa ruangan kosong didalam komposit, terbentuk ketika proses fabrikasi terdapat udara yang terjebak. Walaupun jumlahnya sedikit dari hasil pengamatan hasil patahan permukaan, namun tidak menutup kemungkinan masih ada void yang berada didalam komposit. Hasil analisa dari Gambar 4.12. terdapat *fiber pull out* dan ada juga serat yang putus. MAPP lebih mengikat ke matriks PMMA, namun hanya sedikit yang terikat dengan serat sisal. Ini menyebabkan kuat tarik dari komposit.