

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Inovasi komposit serat alam untuk kebutuhan manusia semakin meningkat di berbagai bidang, diantaranya di bidang otomotif, pesawat terbang, olahraga, industri dan biomedis. Akan tetapi serat alam memiliki beberapa kekurangan, antara lain daya serap air yang tinggi dan sifat antarmuka yang buruk jika dikombinasi dengan matriks polimer yang akan membuat kekuatan mekaniknya menurun, penambahan serat sintetis dapat meningkatkan kekuatan mekanik pada komposit, oleh karena itu dilakukan kombinasi antara serat alam dengan serat sintetis atau sering disebut dengan komposit hibrid sehingga dapat menghasilkan material yang memiliki kualitas baik dengan harga yang terjangkau.

Penelitian komposit LDPE dilakukan oleh Leduc dkk, (2007) dengan *agave tequilana* sebagai *filler* dan penambahan MAPE sebagai *coupling agent*. Metode fabrikasi menggunakan *injection moulding* dan pengujian mekanis yang dilakukan yaitu uji bending dan impak. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat bending tertinggi dengan nilai 25,3 MPa terjadi pada variasi LDPE/agave 60 : 40%.

Penelitian komposit hibrid sisal dan karbon juga dilakukan oleh Tufan dkk, (2016) dengan matriks *recycled polypropylene* (rPP). Metode fabrikasi pada penelitian ini yaitu serat sisal ditumbuk menjadi bubuk kemudian dicampur dengan serat karbon dan rPP pada mesin *co-rotating single-screw extruder*, hasil ekstrusi digranulasi menjadi butiran pelet kemudian dicetak dengan *hot press compression molding* selama 3 menit pada suhu 175°C. Fraksi volume serat dan matriks yaitu 40% : 60% dan variasi perbandingan serat sisal dan serat karbon 40:0, 33:7, 26:14, 19:21, 12:28 dan 3:35. Hasil kuat tarik dan bending tertinggi sebesar 22,40 MPa dan 45,33 MPa pada variasi perbandingan serat sisal dan serat karbon 5% : 35%.

Husseinsyah dkk, (2016) melakukan penelitian tentang sifat fisis *water absorption* pada komposit batang jagung/LDPE dengan penambahan minyak kelapa sebagai *coupling agent*. Metode fabrikasi pada penelitian ini yaitu butiran pelet LDPE dimasukkan di dalam *compounding chamber* selama 2 menit sampai meleleh kemudian bubuk batang jagung dan minyak kelapa ditambahkan ke dalam lelehan LDPE dan dicampur selama 6 menit. Material yang sudah tercampur kemudian dicetak menggunakan *compression molding* pada suhu 180°C dengan tekanan 100 kgf/cm². Pengujian *water absorption* dilakukan selama 31 hari, hasil penelitian menunjukkan penyerapan tertinggi terjadi pada komposit batang jagung/LDPE dengan perbandingan 40:100 tanpa *coupling agent* sebesar 2,7% dan penyerapan terendah sebesar 1,2% terjadi pada komposit batang jagung/LDPE dengan perbandingan 20:80 dan penambahan 3% *coconut oil* sebagai *coupling agent*. Hasil tersebut menunjukkan penambahan *coconut oil* dapat meningkatkan adhesi antara *filler* dan *matriks* sehingga dapat mengurangi daya serap air.

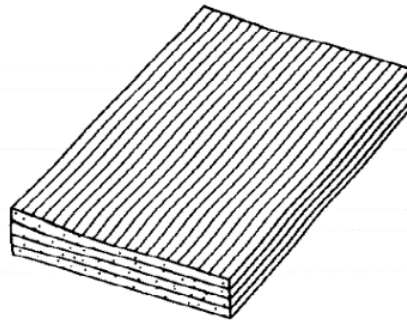
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Komposit

Komposit adalah gabungan dari dua jenis atau lebih material berbeda yang terdiri dari matriks dan penguat sehingga menghasilkan suatu material baru yang mempunyai sifat mekanis dan karakteristik berbeda dari material pembentuknya (Jokosisworo, 2009). Berikut ini adalah beberapa jenis komposit.

1. Komposit serat (*fibre composite*)

Komposit serat adalah jenis komposit yang terdiri dari serat dan matriks, serat berfungsi sebagai penguat dan matriks berfungsi sebagai pengikat. Ada beberapa jenis penataan serat pada komposit ini, yaitu serat ditata secara *continuous*, anyam (*woven*), acak (*discontinuous*), *hybrid*.



Gambar 2.1 Komposit serat (Gibson, 1994)

2. Komposit serpih (*flake composite*)

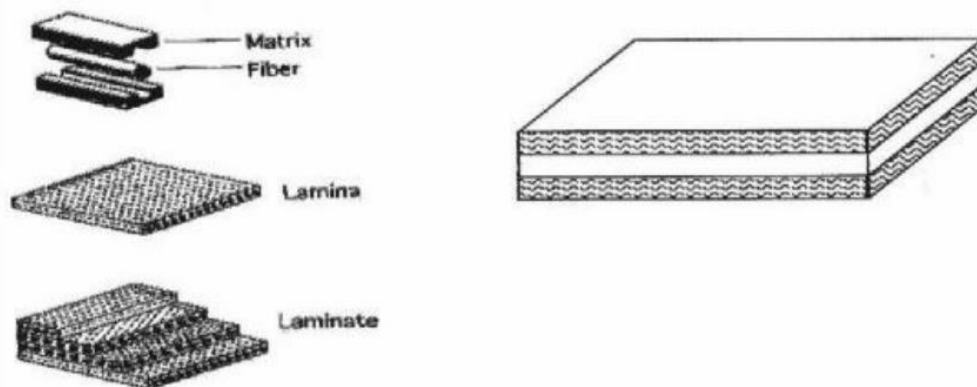
Komposit serpih adalah komposit yang difabrikasi dengan cara penambahan material dengan bentuk serpihan kedalam matriksnya. Serpihan mika, *glass*, maupun serpihan metal baja sering digunakan pada komposit ini.

3. Komposit skeltal (*filled composite*)

Komposit skeltal merupakan komposit yang didalamnya mengandung partikel yang digunakan untuk memperbesar volume material tetapi bukan sebagai bahan penguat. Pada komposit skeltal biasanya diberi tambahan material pengisi atau filler kedalam matriksnya dengan struktur bentuk tiga dimensi.

4. Komposit laminat (*laminated composite*)

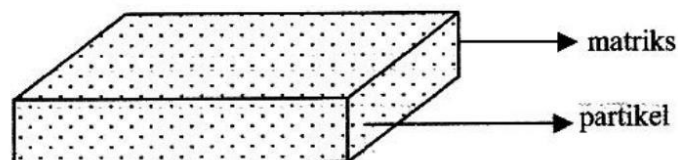
Komposit laminat adalah jenis komposit yang terdiri dari beberapa lapis material penguat yang disatukan dan setiap lapisannya mempunyai sifat yang berbeda. Laminat dibuat agar elemen struktur mampu menahan beban *multiactial*, sesuatu yang tidak dapat dicapai dengan lapisan tunggal.



Gambar 2.2 Komposit lamina (Gibson, 1994)

5. Komposit partikel (*particulate composite*)

Komposit partikel adalah komposit yang terdiri dari partikel-partikel serbuk sebagai penguat, dan terdistribusi secara merata kedalam matriks. Komposit ini mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat, balok, serta bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama.



Gambar 2.3 Komposit partikel (Gibson, 1994)

2.2.2. Matriks

Matriks adalah material yang berfungsi sebagai bahan pengikat pada komposit, meneruskan tegangan antar serat dan melindungi serat dari kerusakan eksternal. Matriks dengan jenis polimer adalah matriks yang sering digunakan pada material komposit, ada dua jenis polimer yang sering digunakan yaitu termoplas dan termoset. Termoplas mempunyai sifat lunak jika dipanaskan, dapat didaur ulang dan mempunyai sifat dapat balik (*reversibel*) pada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Sedangkan termoset bersifat

irreversible, yaitu bila sudah terjadi pengerasan maka tidak dapat dilunakkan kembali dan tidak dapat didaur ulang.

2.2.3. *Polyethylene (PE)*

Polyethylene adalah salah satu jenis matriks polimer dengan jenis termoplas yang dibuat melalui proses polimerisasi monomer *ethylene*. *Polyethylene* memiliki sifat ulet, lentur, tahan terhadap bahan kimia dan mudah diproses. Berikut ini adalah beberapa jenis *polyethylene*.

a. *Low Density Polyethylene (LDPE)*

Low Density Polyethylene (LDPE) dibuat dengan cara melakukan polimerisasi dengan tekanan yang tinggi. LDPE memiliki sifat yang lentur dan ulet sehingga sifat mekanik LDPE lebih rendah dibanding *polyethylene* jenis lainnya. LDPE mempunyai densitas antara $0,910 - 0,925 \text{ gr/cm}^3$ (Paxton dkk, 2019) dan titik leleh pada suhu berkisar $105 - 115^\circ\text{C}$.

b. *Linier Low Density Polyethylene (LLDPE)*

Linier Low Density Polyethylene (LLDPE) adalah jenis *polyethylene* yang tidak jauh berbeda dengan LDPE, karena LLDPE juga dibuat dengan tekanan yang tinggi, namun LLDPE memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi dibanding LDPE dengan densitas antara $0,919 - 0,925 \text{ gr/cm}^3$ (Paxton dkk, 2019).

c. *Medium Density Polyethylene (MDPE)*

Medium Density Polyethylene (MDPE) adalah *polyethylene* berdensitas menengah dengan densitas antara $0,926 - 0,940 \text{ gr/cm}^3$ (Paxton dkk, 2019). MDPE mempunyai sifat ketahanan yang baik terhadap tekanan dan lebih kaku dari LDPE.

d. *High Density Polyethylene (HDPE)*

High Density Polyethylene (HDPE) adalah *polyethylene* berdensitas tinggi yang dibuat dengan cara melakukan polimerisasi dengan menggunakan tekanan dan suhu yang rendah sehingga HDPE mempunyai sifat yang lebih kaku dari LDPE dan

MDPE. HDPE mempunyai densitas antara $0,941 - 0,965 \text{ gr/cm}^3$ (Paxton dkk, 2019) dan titik leleh sekitar $125 - 130 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.2.4. Serat sisal

Serat sisal merupakan salah satu serat alam yang banyak digunakan pada komposit polimer. Serat sisal memiliki beberapa keunggulan yaitu kuat, tahan terhadap kadar garam tinggi, dapat diperbarui dan ramah lingkungan. Serat sisal banyak dimanfaatkan dalam industri rumah tangga, interior mobil dan tali-temali (Santoso, 2009).



Gambar 2.4 Tanaman sisal (Naveen dkk, 2019)

Tanaman sisal dibudidayakan di beberapa daerah di Indonesia antara lain, Jawa Timur, Jawa Barat, Jawa Tengah dan Sumatra Utara (Santoso, 2009). Basuki dan Verona (2017), tanaman sisal merupakan tanaman yang batang dan daunnya menyatu, setiap tanaman sisal memproduksi 200-250 daun dan setiap daun terdiri atas 1000-1200 bundel serat. Serat sisal mempunyai diameter $100 \pm 300 \mu\text{m}$ dengan panjang $1 - 1,5 \text{ m}$ (Naveen dkk, 2019).



Gambar 2.5 Serat sisal (Basuki dan Verona, 2017)

Naveen dkk, (2019) mengkaji komposisi kimia pada serat sisal dan menemukan bahwa serat sisal mengandung 65-68% selulosa, 9,9-14% lignin, 10-22% hemiselulosa dan kadar air 10-22%. Komposisi kimia pada serat sisal dapat bervariasi, ada beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu perbedaan asal tanaman, umur serat dan metode pengukuran (Kusumastuti, 2009).

Tabel 2.1 Sifat serat alam dan sintetis (Shahzad dan Nasir, 2016)

| Fiber | Density (g cm ⁻³) | Diameter (µm) | Tensile strength (MPa) | Young's modulus (GPa) | Elongation at break (%) |
|-------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Flax | 1,5 | 40–600 | 345–1500 | 27,6 | 2,7–3,2 |
| Hemp | 1,47 | 25–500 | 690 | 70 | 1,6 |
| Jute | 1,3–1,49 | 25–200 | 393–800 | 13–26,5 | 1,16–1,5 |
| Kenaf | | | 930 | 53 | 1,6 |
| Ramie | 1,55 | – | 400–938 | 61,4–128 | 1,2–3,8 |
| Nettle | | | 650 | 38 | 1,7 |
| Sisal | 1,45 | 50–200 | 468–700 | 9,4–22 | 3–7 |
| Henequen | | | | | |
| PALF | | 20–80 | 413–1627 | 34,5–82,5 | 1,6 |
| Abaca | | | 430–760 | | |
| Oil palm EFB | 0,7–1,55 | 150–500 | 248 | 3,2 | 25 |
| Oil palm mesocarp | | | 80 | 0,5 | 17 |
| Cotton | 1,5–1,6 | 12–38 | 287–800 | 5,5–12,6 | 7–8 |
| Coir | 1,15–1,46 | 100–460 | 131–220 | 4–6 | 15–40 |
| E-glass | 2,55 | <17 | 3400 | 73 | 2,5 |
| Kevlar | 1,44 | | 3000 | 60 | 2,5–3,7 |
| Carbon | 1,78 | 5–7 | 3400 ^a –4800 ^b | 240 ^b –425 ^a | 1,4–1,8 |

^aUltra-high modulus carbon fibers

^bUltra-high tenacity carbon fibers

2.2.5. Serat Karbon

Serat karbon adalah salah satu jenis serat sintetis yang banyak digunakan sebagai *filler* pada komposit. Serat karbon memiliki diameter 5-10 μm dan sudah banyak digunakan di bidang pesawat terbang, militer, konstruksi dan olahraga. Serat karbon memiliki beberapa keunggulan yaitu kekakuan tinggi, kuat tarik tinggi, ketahanan kimia tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi, namun serat karbon memiliki harga yang relatif mahal dibanding serat sintetis lainnya (Bhatt dan Goel, 2017).

Serat karbon dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu *Ultra High Modulus* (UHM), *High Modulus* (HM), *Intermediate Modulus* (IM), *Low Modulus and High Tensile* (HT) dan *Super High Tensile* (SHT). Pembagian jenis serat karbon tersebut berdasarkan pada modulus, kekuatan dan suhu perlakuan panasnya (Bhatt dan Goel, 2017).

Serat karbon terbuat dari 90% *polyacrylonitrile* dan 10% minyak bumi, ada beberapa tahapan dalam proses pembuatan serat karbon yaitu *spinning*, *stabilizing*, *carbonizing*, *oxidation* dan *sizing*. Proses *spinning* merupakan proses pencampuran bubuk *acrylonitrile* dengan plastik lain seperti *methy acrylate* atau *methyl methacrylate* sehingga menghasilkan plastik *polyacrylonitrile* yang kemudian dibentuk menjadi serat. Serat yang sudah jadi kemudian *distabilizing* dengan memanaskan serat di udara pada suhu 200-300°C untuk mengikat molekul oksigen sehingga ikatan kimia pada serat lebih stabil. Setelah molekul serat stabil, serat *dicarbonizing* untuk menghilangkan atom-atom non karbon dengan cara memanaskan serat didalam ruangan yang berisi campuran gas tanpa kandungan oksigen pada suhu 1000-3000°C. Proses *oxidation* merupakan proses perlakuan pada serat sehingga menghasilkan ikatan yang kuat antara serat dengan matriks, setelah dilakukan *oxidation* serat karbon dilapisi dengan bahan yang sesuai dengan tipe resin yang digunakan kemudian dibentuk menjadi lembaran maupun digulung. (Bhatt dan Goel, 2017).

2.2.6. Alkalisasi

Perbedaan sifat pada serat alam (*hydrophilic*) dan matriks (*hydrophobic*) menyebabkan ikatan antar serat dan matriks menjadi lemah dan dapat menurunkan sifat mekanis komposit, sehingga perlu dilakukan proses alkalisasi (Akil dkk, 2011). Alkalisasi pada serat alam dilakukan dengan tujuan untuk melarutkan kotoran alam dan kandungan lignin yang terdapat pada lapisan luar serat. Larutan yang sering digunakan dalam proses alkalisasi yaitu NaOH (Natrium Hidroksida), KOH (Kalium Hidroksida) dan LiOH (Lithium Hidroksida). Serat yang telah diberi perlakuan alkali akan memiliki tingkat penyerapan yang tinggi jika proses alkalisasi terlalu lama dan konsentrasi yang tinggi, dikarenakan lignin yang masih menempel pada selulosa telah larut. Lignin yang ada memiliki sifat hidrofobik yang kurang bersifat kompatibel dengan matriks, sehingga dengan proses alkalisasi yang tepat dapat memperbaiki kompatibilitas serat dengan matriknya (John & Anandjiwala, 2008).

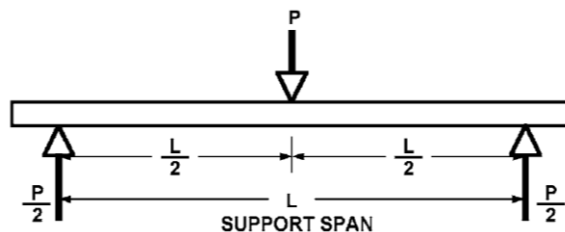
Perlakuan alkali dengan menggunakan larutan kimia tidak hanya dilakukn pada serat alam saja, melainkan juga dilakukan pada serat sintetis. Seperti halnya pada serat karbon, untuk mendapatkan sifat gabungan yang baik dilakukan perlakuan permukaan untuk lebih meningkatkan kemampuan pembentukan ikatan dengan matriks dan ukuran untuk memudahkan penggunaan (Zhang dkk, 2004). Perlakuan permukaan pada serat karbon dapat menggunakan nitrogen cair (N₂) yang direndam dengan lama waktu yang diperlukan. Proses perlakuan serat karbon dengan nitrogen cair dalam waktu yang optimal mampu menghilangkan sifat amorf (*amorphous*) sehingga meningkatkan ikatan antar serat dan ikatan dengan matriks. Sifat amorf pada sisi serat karbon adalah ikatan pada struktur molekulnya, dimana amorf ikatan antar molekulnya tidak teratur sedangkan semi-kristal adalah kombinasi antara rangkaian yang teratur. Pada bagian amorf mempunyai daya serap yang lebih besar dan kekuatan yang rendah jika dibandingkan

dengan sifat kristalin serat. Pada bagian kristalin letak dan jarak antara molekul-molekul tersusun sangat teratur dan sejajar, sedangkan bagian amorf letak dan jarak antara molekul tidak teratur. Pada jarak yang besar inilah yang dapat berpengaruh terhadap ikatan antar serat dan matriks (Zhang dkk, 2004).

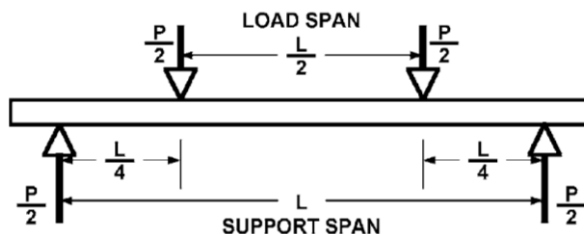
2.2.7. Pengujian bending

Uji bending merupakan salah satu bentuk pengujian untuk mengetahui sifat mekanis tegangan bending, regangan bending, dan modulus elastisitas bending suatu material. Proses pengujian dilakukan dengan cara meletakkan spesimen uji pada span dan dibawah penekan alat uji, kemudian spesimen akan mendapatkan tekanan bending hingga terjadi patahan (Wona dkk, 2015).

Standar untuk pengujian bending dibedakan berdasarkan jenis material, seperti material komposit polimer yang khusus menggunakan standar ASTM D790. Ada dua macam bentuk penekanan bending yang dilakukan, yaitu dengan tiga titik bending (ASTM D790) dan empat titik penekanan (ASTM D6272).



Gambar 2. 6 Tiga titik bending (ASTM D790)



Gambar 2. 7 Empat titik bending (ASTM D6272)

Untuk menentukan tegangan bending yang berdasarkan ASTM D790 dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$\sigma_f = \frac{3 P L}{2 b d^2} \dots\dots\dots [2.1]$$

Keterangan :

σ_f = tegangan bending (Mpa)

P = beban (N)

L = *support span* (mm)

b = lebar (mm)

d = tebal (mm)

Akan tetapi jika rasio *support span* dan tebal spesimen lebih dari 16 maka menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$\sigma_f = \left(\frac{3 P L}{2 b d^2} \right) \left[1 + 6 \left(\frac{D}{L} \right)^2 - 4 \left(\frac{d}{L} \right) \left(\frac{D}{L} \right) \right] \dots\dots\dots [2.2]$$

Keterangan :

D = defleksi (mm)

Sedangkan untuk menentukan modulus elastisitas bending digunakan persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$E_B = \frac{L^3 m}{4 b d^3} \dots\dots\dots [2.3]$$

Keterangan :

E_B = modulus elastisitas (GPa)

m = slope (N/mm)

Kemudian regangan bending maksimal terjadi dimana perubahan nilai perpanjang elemen permukaan luar spesimen uji di bagian tengah. Untuk menentukan besarnya nilai regangan bending dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.4 berikut :

$$\epsilon_f = \frac{6 D d}{L^2} \dots\dots\dots [2.4]$$

Keterangan :

ϵ_f = regangan bending (mm/mm)

2.2.8. Pengujian daya serap air

Pada saat fabrikasi spesimen, kemungkinan terjadinya udara yang terjebak dalam lapisan atau terjadi karena dekomposisi mineral yang membentuk akibat perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil didalam sempel komposit (pori). Pori dalam spesimen bervariasi dan menyebar diseluruh spesimen yang sudah di potong sesuai ukuran. Pori-pori mungkin menjadi tampungan air bebas didalam spesimen.

Presentase berat air yang mampu diserap spesimen dan serat didalam air disebut daya serap air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam spesimen dan serat disebut kadar air. Pengujian daya serap air dilakukan terhadap semua variasi spesimen yang ada, data didapatkan dari hasil penimbangan berat spesimen kering dan basah. Lama perendaman dalam air dilakan secara bertahap 6 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam dalam suhu kamar. Massa awal sebelum direndam diukur dan juga massa sesudah perendaman.

Pengujian daya serap air mengacu pada ASTM D570 tentang prosedur pengujian, dimana bertujuan untuk menentukan besarnya prentase air yang masuk atau terserap oleh spesimen yang direndam dengan variasi perendaman.

Berikut adalah persamaan 2.5 untuk menghitung pertambahan berat dalam uji daya serap air.

$$WA = \frac{B2-B1}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots[2.5]$$

Keterangan :

WA = daya serap air (%)

B1 = berat sebelum perendaman (gram)

B2 = berat setelah perendaman (gram)

Kemudian berikut persamaan 2.6 untuk menghitung *thickness swelling*.

$$Ts = \frac{T2-T1}{T1} \times 100\% \dots\dots\dots[2.6]$$

Keterangan :

Ts = *thickness swelling* (%)

T1 = tebal sebelum perendaman (mm)

T2 = tebal setelah perendaman (mm)

2.2.9. *Microscope Optic Digital*

Mikroskop digital adalah variasi dari mikroskop optik tradisional yang menggunakan optik dan charge coupled device (CCD) kamera ke output gambar digital yang disambungkan ke monitor, atau dengan menggunakan perangkat lunak yang berjalan pada komputer. Sebuah mikroskop digital berbeda dengan mikroskop optik yang ketentuannya untuk mengamati sampel secara langsung melalui sebuah lensa mata. Karena gambar diproyeksikan langsung pada kamera CCD, seluruh sistem ini dirancang untuk gambar monitor. Bagian-bagian Mikroskop Digital USB ditunjukkan pada Gambar 2.8.

- a. LED Switch, untuk mengatur pencahayaan terang atau redup.
- b. LED Light, lampu mikroskop.
- c. Zoom Button, tombol untuk memperbesar pengelihatian mikroskop.
- d. Snap Button, tombol untuk mengambil gambar.
- e. Focus Wheel, untuk mengatur fokus gambar.



Gambar 2.8 Microscope digital USB