

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Harsojo dkk, (2013) melakukan penelitian tentang pembuatan *polyvinyl alcohol* (PVA) nanofiber dengan teknik *electrospinning*. Pembuatan dilakukan dengan mencampurkan PVA dengan aquadest pada kadar sampai dengan 10% berat. Tegangan listrik yang digunakan adalah tegangan listrik DC yang dapat divariasikan dari 5 kV sampai 20 kV dengan jarak yang dapat divariasikan. Hasil perolehan fiber diuji dengan mikroskop optik dan SEM. Hasil menunjukkan bahwa fiber yang dibuat dapat digunakan di dalam pembuatan polimer fiber untuk berbagai aplikasi.

Triyana dkk, (2013) membahas tentang pembuatan serat PVA dari campuran prosentase PVA 10% berat di dalam aquadest yang diumpungkan pada alat *electrospinning* menghasilkan serat PVA acak (*non woven*) dalam orde ratusan nanometer sampai submikrometer telah dapat dihasilkan bila pemasangan alat dilakukan pada tegangan listrik DC di atas 5 kV. Pada tegangan lebih tinggi dan jarak yang lebih jauh dapat dihasilkan serat nano yang tidak mengandung *beads*.

Saehana dkk, (2009) membahas tentang pengaruh jarak nozzle-kolektor terhadap ketidakstabilan pembengkokan lintasan jet dan rata-rata jejari serat telah diselidiki. Diketahui bahwa pada jarak 7cm-10cm ketidakstabilan pembengkokan jet berkurang, sedangkan pada jarak 12,5cm - 20cm ketidakstabilan pembengkokan jet bertambah. Selama proses pemintalan elektrik, rata-rata jejari serat mengalami fluktuasi disebabkan adanya persaingan antara gaya Coulomb, gaya tegangan permukaan, gaya viscoelastic danganya oleh medan listrik. Rata-rata jejari serat minimum diperoleh pada jarak nozzle-kolektor 20 cm sedangkan rata-rata jejari maksimum diperoleh pada jarak nozzle-kolektor 7 cm.

Robaitullah, (2017) melakukan penelitian dengan metode yang dilakukan adalah dengan mencampur PVA dengan aquades pada kadar 10% (w/w), kemudian

larutan tersebut dipadukan dengan berbagai variasi konsentrasi emulsi nanokitosan yaitu (0%, 2%, 5%, 10% dan 15%)(w/w). Selanjutnya larutan PVA/Nanokitosan dengan berbagai variasi konsentrasi dimasukkan kedalam pipa pengumpan (*syringe*) yang diberi tegangan tinggi *direct curent (DC high voltage)* dan diarahkan pada plat *collector* yang berfungsi sebagai pengumpul serat. Diameter jarum *syringe (spinnerate)*, tegangan dan jarak antara ujung jarum ke *collector (tip to collector distance=TCD)* dibuat konstan yaitu (diameter *spinnerate* 0,7 atau G22; TCD =15 cm; tegangan= 15kV). Karakterisasi sifat fisis membran serat nano dilakukan menggunakan *optical microscope (OM)* sedangkan sifat mekanis (uji tarik) diuji menggunakan mesin uji tarik *universal testing machine (Zwick 0,5 jerman, ASTM D 638 type V)*.

Muhaimin dkk, (2014) membahas tentang fabrikasi serat nano komposit nanoselulosa dan PVA telah dilakukan dengan metode *electrospinning*. Pada penelitian ini, nanoselulosa berbentuk nanowishkers yang diperoleh dari ekstraksi serat sisal melalui proses hidrolisa. Selulosa nanowishkers yang dihasilkan selanjutnya didispersikan melalui proses ultrasonic pada suhu 30°C dengan variasi waktu 10 menit (UC-10) dan 30 menit (UC-30). Nanofiber komposit pertama dibuat dengan konsentrasi 3% nanoselulosa UC-10/PVA (menghasilkan serat nano komposit “A”) dan serat nano komposit kedua dibuat dengan 5% nanoselulosa UC-30/PVA (menghasilkan serat nano komposit “B”). Proses *electrospinning* dilakukan pada tegangan 15 kV, jarak antara ujung jarum dan pelat kolektor (TCD) 13 cm dan diameter jarum syringe 0,5 mm. Morfologi nanoselulosa dan serat nano komposit nanoselulosa/PVA diamati menggunakan SEM, sedangkan kandungan selulosa dianalisis puncak serapannya menggunakan *fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy*. Hasilnya menunjukkan bahwa komposit serat nano “A” memiliki morfologi serat yang tidak seragam dengan diameter antara 100 nm – 500 nm dan terjadi aglomerasi di sepanjang nanofiber, sedangkan 7 komposit serat nano “B” memiliki morfologi serat yang relatif seragam dengan diameter antara 100 nm – 200 nm dan terbentuk serat yang halus.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh (Mutia dkk, 2012) membahas tentang pembuatan *webs* (lembaran tipis) atau membran dari serat alginat/ PVA melalui teknologi *electrospinning*. Percobaan dilakukan dengan menggunakan variasi komposisi larutan pental Alginat 3%/PVA 10% (7/3, 6/4, 5/5, 4/6, 3/7), jarak (10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm) dan tegangan (12 KVA, 15 KVA, 18 KVA, 23 KVA). Pengujian terhadap produk akhir meliputi analisa gugus fungsi, analisa struktur mikro, uji resistensi terhadap mikroba dan uji pre klinis. Hasil penelitian menunjukkan proses *elektrospining* menggunakan larutan Alginat 3%/PVA 10% 4/6, pada tegangan 15 KVA dengan jarak 15 cm, menghasilkan webs serat dengan ukuran diameter mayoritas antara 100 nm - 300 nm. Selain itu, produk tersebut bersifat anti bakteri dan lolos uji pre klinis, karena tidak menyebabkan iritasi serta dapat berfungsi sebagai pembalut luka dengan kualitas yang lebih baik dibanding pembalut luka alginat konvensional, yaitu mampu mempercepat penyembuhan luka dari 24 jam menjadi 1 jam.

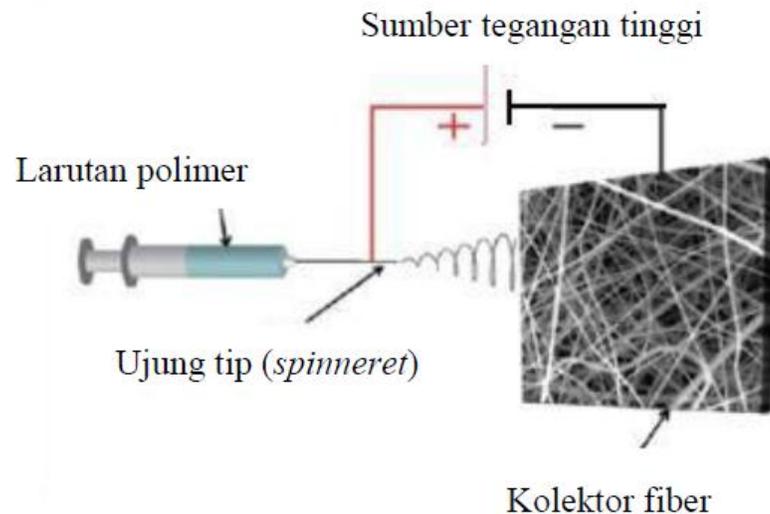
Theresia dkk, (2011) mengembangkan pembalut luka yang terbuat dari biomaterial ramah lingkungan seperti penggunaan serat PVA - alginat. Alginat dipakai sebagai bahan baku pembalut luka karena bersifat nontoksik, biodegradabel, biokompatibel dan dapat mempercepat pertumbuhan jaringan baru. Akan tetapi, alginat tidak dapat membentuk serat nano sehingga harus ditambah polimer lain yaitu PVA. Serat PVA - alginat tersebut mampu mempertahankan kelembaban disekitar daerah luka namun tidak bersifat antibakteri.

Landasan Teori

2.2.1 Electrospinning

Electrospinning merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk membuat nanofiber. Dengan memanfaatkan gaya elektrostatis yang muncul dari partikel bermuatan akibat adanya tegangan tinggi antara ujung tip (jarum tabung *syringe /spinneret*) dengan plat kolektor. Bagian utama alat *electrospinning* tersusun atas sumber tegangan tinggi DC, tabung *syringe (spinneret)*, jarum berdiameter kecil

dan plat kolektor dari bahan logam. Elektroda positif dihubungkan pada ujung jarum sehingga larutan bermuatan positif dan elektroda negatif dihubungkan pada plat kolektor sebagai tempat terkumpulnya fiber (Muhaimin dkk, 2014).



Gambar 2.1. Skema Alat Electrospinning (Muhaimin dkk, 2014)

Secara garis besar metode *electrospinning* dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu tegangan tinggi (*high voltage*) *direct current* (DC), pengumpan (*syringe*) termasuk jarum/ tip (*spinneret*), dan pengumpul serat nano (*collector*). Untuk prinsip kerja metode *electrospinning* yaitu, elektroda positif diberikan pada bagian jarum atau tip dan elektroda negatif diberikan pada bagian *collector* selanjutnya terjadi beda potensial sehingga menghasilkan gaya elektrostatis yang ditandai dengan tertariknya serat nano dari ujung tip ke *collector*.

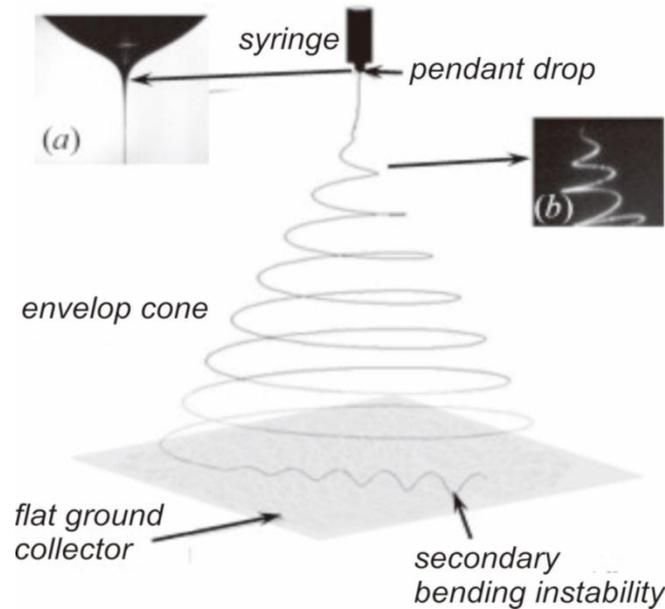
2.2.1.1. Tahap inisiasi

Tahap inisiasi adalah tahap terbentuknya tetesan larutan pada ujung jarum, dimulai dengan terbentuk dan berkumpulnya muatan positif di permukaan ujung jarum. Tegangan permukaan akan dilawan oleh tekanan listrik normal, sedangkan gaya viskos dilawan oleh tekanan listrik tangensial. Tegangan permukaan pada

lapisan terluar droplet berperan membentuk permukaan spheris dan menahan droplet agar tidak menetes. Medan listrik yang muncul akibat adanya beda potensial antara ujung jarum dan kolektor mengakibatkan partikel-partikel larutan yang berada di ujung jarum menjadi bermuatan listrik sejenis sehingga muncul gaya elektrostatis (tolak-menolak) antar partikel. Ketika medan listrik atau tegangan cukup tinggi, gaya listrik yang dihasilkan akan melampaui gaya tegang permukaan, sehingga pada larutan dengan konsentrasi yang cukup akan terjadi aliran jet fiber. Aliran jet diawali dengan terbentuknya permukaan kerucut *taylor cone*. Selama terjadi aliran jet permukaan *taylor cone* seiring dengan waktu akan mengalami relaksasi akibat pengaruh masih adanya tegangan permukaan. Peristiwa terpancarnya larutan bermuatan disebut dengan aliran jet (*jet stream*) (Deniz, 2011).

2.2.1.2. Tahap *thinning fiber*

Tahap pengecilan *thinning* fiber terjadi saat diameter fiber mengecil akibat terjadinya peristiwa *bending instability* pada aliran jet. Aliran jet mulanya bergerak dalam lintasan lurus, setelah itu akan terjadi gerakan seperti *bending*, *looping* dan semakin jauh jarak yang ditempuh semakin kompleks gerakan yang terjadi. *Bending instability* diilustrasikan dalam bentuk spiral loop pada Gambar 2.2. Semakin jauh jarak ujung tip dengan *collector*, spiral loopnya semakin kompleks dan akan mengakibatkan penurunan ukuran diameter serat.



Gambar 2.2. Skematik proses terjadinya *thinning fiber* (a) *taylor cone*, (b) *bending instability* (Yarin dkk, 2001)

2.2.1.3. Tahap jet solidification

Jet *solidification* adalah tahap akhir dari *jet modeling*. Tahap ini terkait dengan titik penguapan pelarut. Setiap pelarut membutuhkan waktu penguapan yang berbeda. Lamanya waktu penguapan dikorelasikan dengan pengaturan jarak ujung tip ke kolektor. Semakin singkat waktu penguapan pelarut maka diperlukan jarak antara ujung jarum dengan kolektor yang semakin pendek, begitu pula sebaliknya. Akibatnya lamanya waktu penguapan memberikan berpengaruh yang signifikan pada ukuran diameter serat nano (Deniz, 2011).

2.2.2. Parameter yang mempengaruhi proses *electrospinning*

Terdapat beberapa faktor atau parameter yang mempengaruhi morfologi dan keseragaman serat nano yang terbentuk pada proses *electrospinning*. Parameter diklasifikasikan dalam dua kategori yaitu sebagai berikut (Thompson dkk, 2007).

2.2.2.1. Sifat larutan polimer

Beberapa sifat larutan yang mempengaruhi pembentukan serat nano antara lain; berat molekul polimer, konsentrasi larutan, viskositas larutan, konduktivitas larutan, konstanta dielektrik dan tegangan permukaan larutan. Besaran-besaran tersebut memberikan pengaruh yang signifikan pada proses *electrospinning*. Sebagai contoh berat molekul dan konsentrasi larutan berpengaruh pada terbentuknya tetesan (*droplet*) dan butiran (*beads*) dalam serat nano. Semakin tingginya konsentrasi larutan, akan mengurangi peluang terjadinya *jet stream*, karena interaksi antara pelarut dengan polimer semakin kuat sehingga larutan menjadi sulit di-*electrospinning* (Thompson dkk, 2007).

2.2.2.2. Parameter *electrospinning*

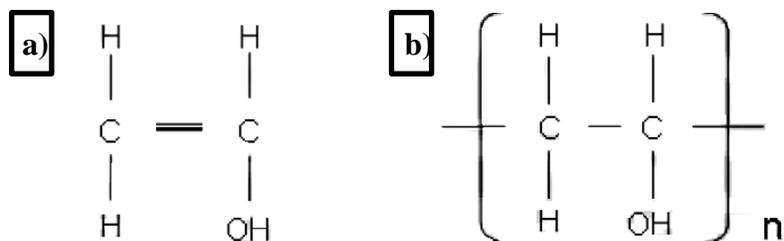
Parameter alat *electrospinning* merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses *electrospinning*. Parameter tersebut meliputi besar medan listrik besar beda potensial, laju aliran larutan dan jarak ujung jarum/ tip ke *collector* (TCD= *Tip to Collector Distance*). Semakin jauh TCD, ukuran serat yang terbentuk akan semakin kecil, karena diperlukan waktu lebih lama bagi serat untuk mencapai *collector* sehingga larutan menguap pada saat diperjalanan menuju *collector*. Sedangkan jarak yang lebih pendek akan menyebabkan ukuran diameter serat yang besar, karena tidak cukup waktu bagi larutan untuk menguap sebelum sampai ke *collector*. Besarnya beda potensial juga mempengaruhi ukuran serat. Semakin tinggi beda potensial maka ukuran serat akan semakin kecil karena medan listrik yang besar membuat serat mengalami regangan lebih besar (Thompson dkk, 2007).

Beberapa parameter yang mempengaruhi morfologi dan keseragaman ukuran fiber yang dihasilkan pada proses *electrospinning* diklasifikasikan kedalam dua kategori yaitu: (1) sifat larutan polimer yang digunakan (berat molekul, konsentrasi larutan, viskositas, konduktivitas, konstanta dielektrik, dan tegangan permukaan), dan (2) parameter *electrospinning*, meliputi besar medan listrik, besar beda potensial, laju aliran larutan, dan jarak ujung tip ke kolektor (TCD = *tip to collector distance*)

2.2.3 Polyvinyl Alkohol (PVA)

Polyvinyl alcohol (PVA) pertama kali difabrikasi oleh herman dan haehnel pada tahun 1924. merupakan salah satu dari beberapa polimer sintetik yang memiliki sifat “biodegradable” (Kroschwitz, 1998). PVA memiliki densitas 1,3 gram/cm³ pada temperature 20°C pada kisaran pH antara 3,5 sampai 7,0 jika dilarutkan dengan konsentrasi 40 gram/liter pada temperature 20°C (Simanjuntak, 2008). PVA memiliki sifat hayati yang baik dan pola tekstur yang elastis, memiliki kemampuan tinggi untuk larut dan mengembang dalam air, tidak korosif, lembut serta adesif.

Selain diaplikasikan sebagai bahan biomedis, PVA juga banyak dipakai sebagai pelapis kertas (*paper coating*), pengkilap permukaan (*warpsizing*), bahan adesif dan sensor kelembaban. PVA difabrikasi dari monomer vinil asetat (Simanjuntak, 2008). Struktur PVA diperlihatkan pada gambar 2.3.



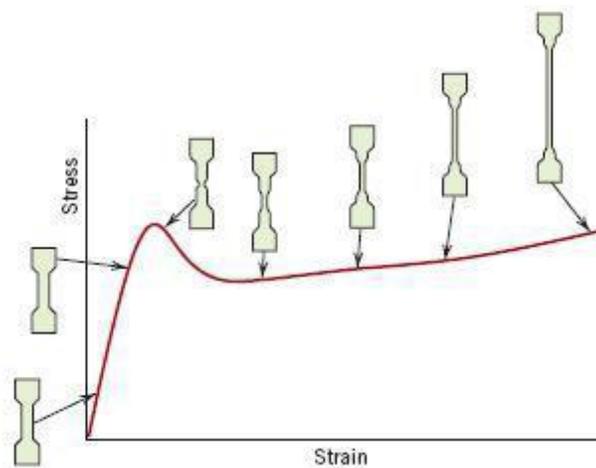
Gambar 2.3. Struktur (a) Vinil asetat (b) PVA (Simanjuntak, 2008)

Ikatan silang yang baik dengan monomer/polimer lain maupun pemberian penguat pada *solvent* menjadikan PVA dapat digunakan sebagai polimer alternative penyusun membran.

2.2.4. Sifat Tarik

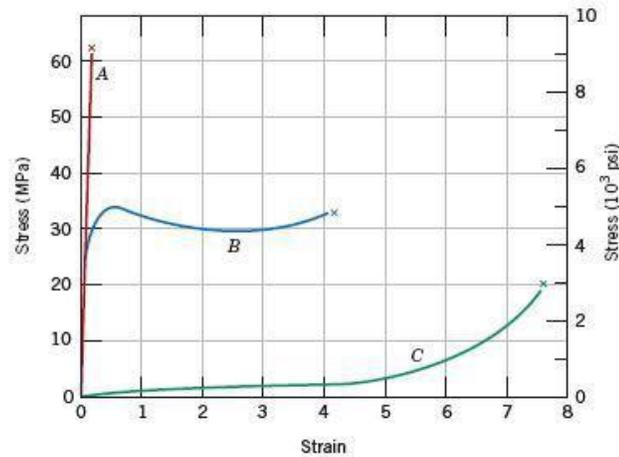
Sifat tarik berhubungan dengan sifat elastis, plastis, kekuatan dan kekakuan suatu material terhadap pembebanan yang diberikan. Dimana elastisitas adalah kemampuan suatu material untuk berdeformasi tanpa terjadinya perubahan deformasi

yang permanen setelah tegangan dilepaskan. Energi yang diserap material dalam daerah elastis disebut dengan *resilience*. Sedangkan plastisitas adalah kemampuan material untuk berdeformasi permanen tanpa terjadinya perpatahan. Ukuran plastisitas biasanya ditunjukkan dengan besarnya keuletan (*ductility*). Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan material disebut juga dengan ketangguhan (*taughness*). Kekuatan adalah kemampuan dari struktur atau material untuk tahan terhadap pembebanan tanpa kerusakan (*failure*) yang disebabkan oleh tegangan atau deformasi berlebihan yang diukur melalui tegangan yang terjadi pada material dalam kondisi tertentu. Kekakuan adalah besarnya deformasi elastis yang terjadi dibawah pembebanan dan diukur melalui modulus elastisitas.



Gambar 2.4. Grafik deformasi tegangan-regangan (Sumaryono, 2012)

Suatu material akan mengalami pertambahan panjang jika dikenakan beban tarik. Sebaliknya jika material diberi beban tekan, material tersebut akan mengalami deformasi menjadi lebih pendek. Deformasi plastis selalu dihindari pada pembuatan suatu produk. Pada umumnya perhitungan desain dilandaskan pada tegangan pada daerah elastis (proporsional) (Sumaryono, 2012). Kurva tegangan dan regangan polimer ditampilkan pada gambar 2.5.



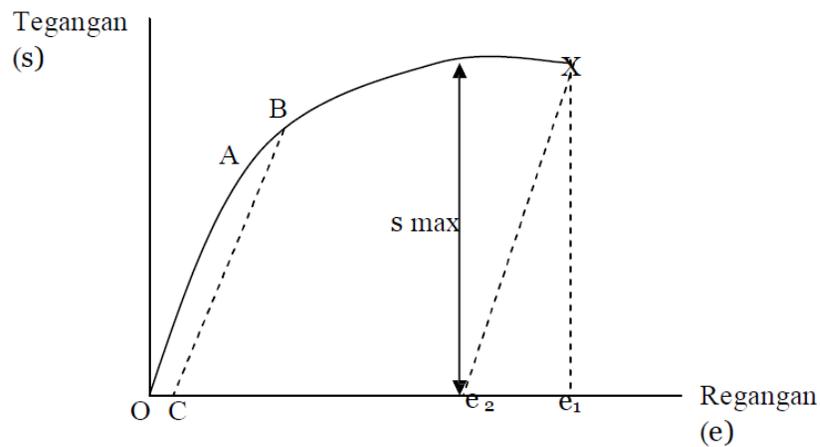
Gambar 2.5. Kurva tegangan-regangan untuk polimer umum; (a) getas (*brittle*); (b) plastis; (c) *elastomer (highly elastic)* (Sumaryono, 2012)

Sifat mampu bentuk suatu benda dapat diketahui dengan menganalisa nilai regangan dan tegangan dari benda tersebut. Perpanjangan dirumuskan dengan simbol e (dalam satuan panjang) seperti berikut:

$$e = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana L_1 adalah panjang spesimen sebelum terjadi perubahan panjang dan L_2 adalah panjang specimen setelah terjadi perubahan panjang akibat pembebanan. Semakin besar nilai regangan dari suatu benda berarti bahan tersebut memiliki sifat mampu bentuk yang baik pula.

Pengujian tarik ditampilkan dengan diagram hubungan antara tegangan dan regangan. Setiap bahan memiliki pola garis diagram yang berbeda-beda. Kekuatan tarik ditunjukkan dengan harga tegangan maksimum (S_{max}). Diagram tegangan-regangan uji tarik untuk bahan ulet ditampilkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Kurva tegangan-regangan untuk polimer umum; (a) getas (*brittle*); (b) plastis; (c) *elastomer (highly elastic)* (Sumaryono, 2012)

Daerah elastis berawal dari titik O menuju titik A. titik A ialah batas elastis dimana bahan mengalami tegangan terbesar yang dapat ditahan oleh bahan tanpa mengalami regangan plastis. Penentuan titik batas elastis sangat dipengaruhi oleh tingkat kepekaan instrument pengukur regangan. Oleh sebab itu, penentuannya sering diganti dengan batas proporsional. Batas proporsional terletak tepat pada penyimpangan garis batas elastis terhadap kelinierannya.

2.2.6 Instrumen Analitik

Proses karakterisasi nanofiber menggunakan alat bantu tambahan dikarenakan objek yang diamati berukuran nano (nm) yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang.

a. *Mikroskop optic*

Gambar 2.7. merupakan mikroskop optik OLYMPUS-SZ61TR yang berada di Lab. Teknik Mesin UMY.



Gambar 2.7. Mikroskop optik OLYMPUS-SZ61TR

Mikroskop merupakan salah satu alat bantu yang biasa digunakan untuk mengamati objek berukuran sangat kecil dengan cara memperbesar bayangan objek hingga berkali – kali lipat, bayangan objek yang diamati dapat diperbesar 40 kali, 100 kali, 400 kali, bahkan 1000 kali. Perbesaran yang mampu dijangkau semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Bagian - bagian dari mikroskop optik secara lebih lengkap terdapat pada Gambar 2.8.



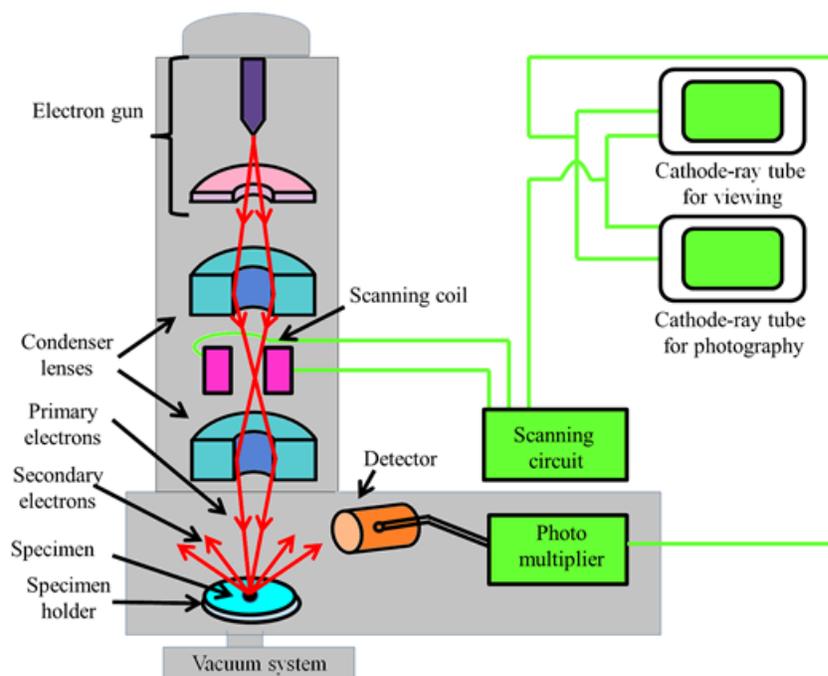
Gambar 2.8. Bagian – bagian mikroskop optik

(<http://www.microscope.com/education-center//stereo-microscope-parts/>)

Bagian yang paling penting dalam sebuah mikroskop terdapat pada lensa okuler (*eyepiece*) dan lensa objektif serta terdapat tiga bagian utama bagian *head*, *arm*, dan *base* seperti yang terlihat pada Gambar 2.8.

b. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

SEM merupakan mikroskop electron yang digunakan untuk mengamati morfologi permukaan atau mengukur ukuran partikel. Memiliki kemampuan untuk melakukan perbesaran $10 - 3 \times 10^6$ kali, *depth of field* 4 - 0.4 mm, dan resolusi sebesar 1 - 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik membuat SEM banyak digunakan untuk penelitian dan industri (Prasetyo, 2011).



Gambar 2.10. Prinsip kerja SEM
(<http://nptel.ac.in/courses/102103044/18>)

Prinsip kerja dari SEM (Gambar 2.10) ditunjukkan dalam langkah – langkah berikut (Prasetyo, 2011).

1. *Electron gun* menghasilkan electron beam dari filamen. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.
2. Lensa magnetic atau lensa kondensor memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika electron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan electron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).