

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan pustaka

Penelitian yang telah dilakukan (Meilanny dkk, 2015) adalah membahas tentang pembuatan serat nano berbasis alginate/PVA dengan penambahan lendir bekicot (*achatania fulica*) menggunakan metode *electrospinning*. Pada penelitian ini komposisi Alginate-PVA yang digunakan yaitu 4:6 (v/v), serta komposisi lendir bekicot sebanyak 2%. Jarak yang digunakan antara collector dengan ujung jarum 8 cm dengan variasi tegangan *electrospinning* yang digunakan 17 Kv, 20 Kv, 23 Kv, 25 Kv dan 27 kV. Membran serat nano yang dihasilkan dilakukan beberapa pengujian. Uji Spektroskopi FTIR dilakukan guna mengetahui gugus fungsi dari suatu senyawa. Hasil yang didapatkan dari analisis gugus fungsi komposit alginate-PVA-lendir bekicot menunjukkan bahwa penambahan lendir bekicot pada kelima sampel menunjukkan hasil serapan inframerah yang tidak jauh berbeda atau tidak menghasilkan gugus fungsi yang baru. Uji *scanning electron microscope* (SEM) guna mengetahui dan menganalisa struktur mikro menunjukkan hasil bahwa pada tegangan 17 kV serat sudah mulai terbentuk tetapi masih banyak beads akibat dari polimer yang tidak tertarik pada energi listrik yang digunakan. Pada tegangan 20 Kv beads pada struktur membran sudah mulai berkurang. Pada tegangan 23 kV dihasilkan serat dengan ukuran serat antara 100-300 nm dan sudah mulai kontinyu serta beads yang minimal. Pada tegangan 25 kV justru serat tidak kontinyu karena pengaruh tidak seimbang tegangan listrik dan daya tarik polimer yang tidak seimbang, Pada tegangan 27 kV juga terdapat serat namun belum kontinyu.

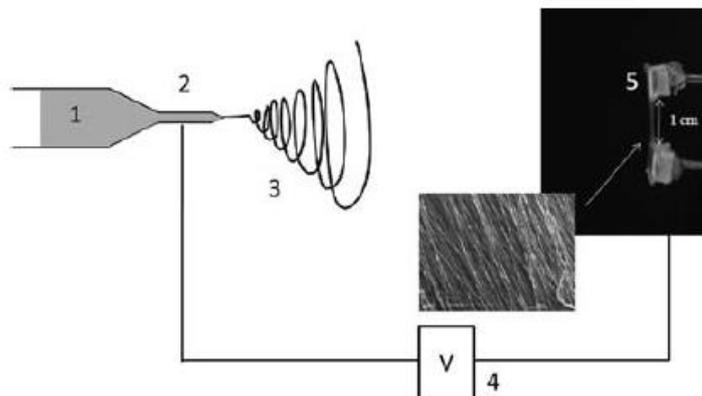
Nugroho dkk (2018) membahas mengenai pengaruh pembuatan dan karakterisasi sifat tarik membran serat nano polivinil alkohol (PVA)/lendir bekicot. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan mesin *electrospinning* dengan konsentrasi lendir bekicot 0%, 2%, 4% dan 6% serta optimasi parameter tegangan yang digunakan yaitu 10kv. Jarak antara plat kolektor dan ujung jarum 16,5cm. Diameter jarum yang digunakan 0,6mm. Hasil penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa struktur membran tidak kontinyu dan masih terdapat beads serta pada variasi lendir bekicot 0% menunjukkan hasil membran yang sangat lembab

dibandingkan variasi pemberian lendir bekicot 2%, 4%, dan 6%. Kondisi optimum serat yang dihasilkan terdapat pada variasi lendir bekicot 2%, Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pada variasi lendir bekicot 2% memiliki sifat kuat tarik yang paling tinggi 5.37 MPa dengan nilai standar deviasi 0.434 MPa dan regangan paling tinggi terdapat pada variasi lendir bekicot 0% dengan nilai 157,13%.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Electrospinning*

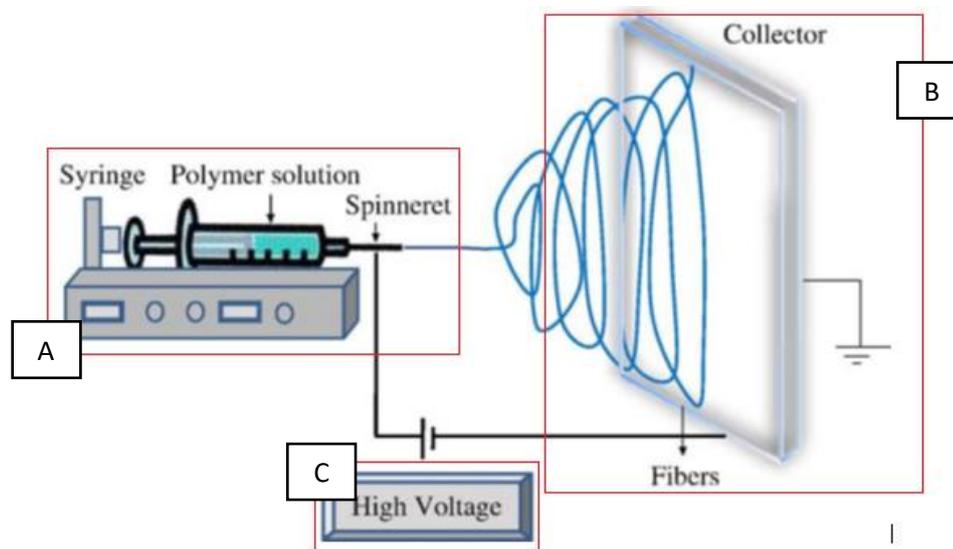
Electrospinning merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk fabrikasi serat nano sampai menghasilkan diameter serat berukuran nano dari suatu polimer yang digunakan (Abdelhady dkk, 2015). Pada prinsipnya metode *electrospinning* memanfaatkan gaya elektrostatis yang muncul akibat adanya tegangan tinggi antara ujung jarum (syringe/spinneret) dengan kolektor (tempat berkumpulnya fiber). Larutan polimer yang ada didalam tabung suntikan akan mengalir keluar melewati jarum dengan memanfaatkan gaya elektrostatis maka polimer yang sudah keluar dari jarum akan tertarik terus menerus dan berkumpul didaerah kolektor (Muhaimin dkk, 2014) seperti pada (Gambar 2.1.)



Gambar 2.1 Skema Alat Electrospinning (1) Syringe (2) Jarum suntik (3) Jet cair (4) Daya tegangan tinggi (5) Kolektor (Terentjev dkk, 2010)

Tegangan tinggi pada electrospinning merupakan bagian utama dan beberapa bagian penting lainnya meliputi: syringe (spinneret), diameter jarum dan kolektor. Syringe merupakan alat yang digunakan untuk menampung suatu polimer

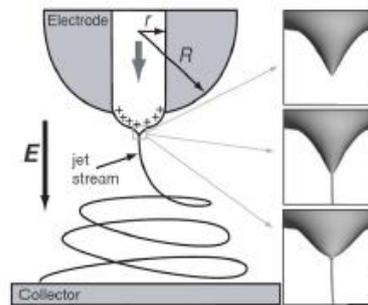
yang akan difabrikasikan menjadi membran nanofiber. Kolektor merupakan bagian tempat berkumpulnya membran nanofiber yang biasanya bahan kolektor terbuat dari bahan logam. Tegangan tinggi yang digunakan adalah tegangan DC yang dihubungkan pada ujung jarum dengan arus bermuatan positif sedangkan arus bermuatan negatif dihubungkan pada kolektor sehingga polimer yang ada didalam suntikan akan tertarik dan berkumpul didaerah kolektor. Polimer yang sudah tertarik dan berkumpul didaerah kolektor inilah yang dapat disebut membran nanofiber seperti yang terlihat pada (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Bagian Utama Alat Electrospinning, (A) Pengumpan Polimer, (B) Pengumpul serat, (C) Catu daya tegangan tinggi. (Kundu dkk, 2010)

Secara umum proses electrospinning mempunyai beberapa tahap dalam pembuatan membran nanofiber yang diperkenalkan sebagai jet modelling (Deniz, 2011).

Tahap pertama merupakan tahap yang dapat dikatakan tahap proses inisiasi, yaitu proses terbentuknya tetesan polimer pertama kali yang keluar pada ujung jarum yang diikuti gejala terbentuknya *taylor cone* hingga larutan akan terpancar menuju kolektor (Muhaimin dkk, 2014). Proses inisiasi ini dapat dilihat pada ilustrasi (Gambar 2.3).



Gambar 2.3. Gejala terbentuknya *taylor cones* (Deniz, 2011)

Tahap kedua merupakan tahap proses penipisan (*thining*) diameter fiber. Penipisan fiber dipengaruhi oleh jarak antara ujung jarum dengan kolektor, semakin jauh jarak antara ujung jarum dengan kolektor maka polimer yang tertarik ke daerah kolektor akan mengalami penurunan atau perkecilan diameter fiber (Muhaimin dkk, 2014). Ilustrasi proses penipisan diameter fiber dapat dilihat pada (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Proses penipisan (*Thining*) (Deniz, 2011)

Tahap ketiga merupakan tahap proses penguapan pelarut dan pembekuan fiber (*jet solidification*). Polimer yang tertarik oleh gaya statistik maka akan berbentuk fiber, fiber sebelum berkumpul di daerah plat kolektor membutuhkan waktu penguapan. Masing-masing polimer mempunyai tingkat waktu penguapan yang berbeda, untuk itu suatu polimer yang proses penguapannya membutuhkan waktu yang lama maka jarak antara ujung jarum dan kolektor diperpanjang agar proses penguapan dapat sempurna, begitu sebaliknya ketika suatu polimer dalam proses penguapannya membutuhkan waktu yang singkat maka jarak ujung jarum dan kolektor diperdekat. Tahap penguapan inilah yang akan mempengaruhi diameter fiber yang dihasilkan (Muhaimin, 2014).

2.2.2 Parameter yang Mempengaruhi Proses *Electrospinning*

Pembuatan membran nanofiber menggunakan metode *electrospinning* harus memperhatikan beberapa parameter yang dapat mempengaruhi hasil membran seperti morfologi serat nano, dan struktur permukaannya. Parameter utama dalam proses *electrospinning* dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu *variable control* (jarak antar spinneret dan kolektor, tegangan laju alir, kolektor, diameter jarum), karakterisasi larutan (viskositas larutan atau konsentrasi larutan, tegangan permukaan, konstanta dielektrik dan berat molekul polimer) dan *factor lingkungan* (suhu ruangan, kecepatan udara dan kelembaban udara). Beberapa parameter tersebut harus benar-benar tepat dan sama dalam pembuatan sampel satu dan lainnya, karena perbedaan parameter sedikit saja besar kemungkinan membran yang dihasilkan sampel satu dan yang lainnya akan berbeda (Herdiawan *et al.* (2013)

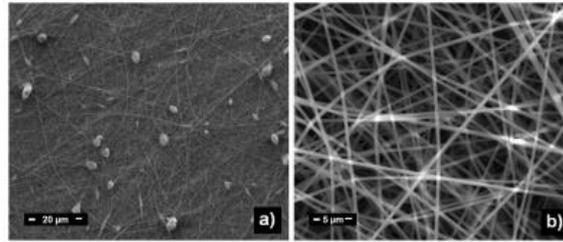
2.2.2.1 Variable Control

Variable control merupakan parameter utama yang harus diperhatikan karena parameter ini dapat mengakibatkan diameter fiber yang tidak seragam dan struktur fiber yang tidak kontinyu. *Variable control* dapat mempengaruhi diameter fiber dan struktur fiber yang tidak seragam karena *variable control* pada proses *electrospinning* meliputi tegangan listrik, jarak antara spinneret-kolektor dan laju aliran larutan. Semakin tinggi tegangan listrik pada proses *electrospinning* yang digunakan maka polimer pada syringe besar kemungkinan akan mudah tertarik dan berkumpul pada kolektor dengan hasil fiber yang kecil, sedangkan tegangan yang rendah fiber yang dihasilkan akan mempunyai diameter yang besar bahkan polimer akan menetes dan tidak terjadi penarikan ke kolektor. Tidak hanya tegangan, akan tetapi jarak antara spinneret-kolektor (TCD) yang semakin jauh maka fiber yang terkumpul pada kolektor akan mempunyai diameter fiber yang kecil karena proses penguapan yang terjadi antara spinneret-kolektor dapat berlangsung secara sempurna, dan sebaliknya dengan jarak yang terlalu dekat maka proses penguapan tidak akan selesai sehingga fiber mempunyai diameter yang besar (Rieger dkk, 2015).

2.2.2.2 Karakterisasi Larutan

Karakterisasi larutan pada proses electrospinning harus berbanding lurus terhadap viskositas larutan karena akan mempengaruhi morfologi membran nanofiber yang dihasilkan. Viskositas larutan yang terlalu rendah tidak akan menghasilkan fiber dengan diameter yang kecil akan tetapi akan terjadi pembentukan butiran kecil pada kolektor (*beads*). Sedangkan viskositas polimer yang terlalu tinggi tidak dapat ditarik ke kolektor karena ujung spinneret akan mengalami penyumbatan akibat dari proses penguapan pelarut yang terlalu cepat. Konduktivitas larutan juga mempengaruhi diameter fiber yang dihasilkan, polimer dengan konduktivitas yang rendah dapat ditambahkan dengan *volatile garam* (Thompson dkk, 2007).

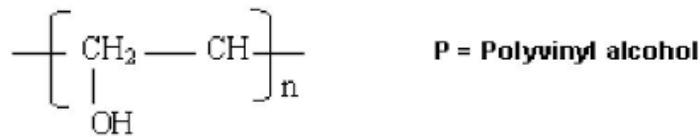
Beads merupakan tetesan yang ada pada membran nanofiber, adanya *beads* pada nanofiber dapat terbentuk akibat dari konsentrasi tidak berbanding lurus dengan kekentalan (viskositas). Pengaruh tegangan permukaan larutan juga hal yang dapat mengakibatkan terjadinya *beads*, ketika tegangan permukaan mendominasi gaya coulomb medan listrik pada suatu polimer yang memancar dari ujung jarum maka polimer yang ada pada ujung jarum tidak akan mampu diregangkan oleh medan listrik dan pelarut pada ujung jarum tidak mampu teruapkan karena jumlahnya yang terlalu banyak sehingga akan tertarik ke kolektor dalam bentuk butiran polimer bukan dalam bentuk serat. *Beads* yang ada pada fiber juga memiliki bentuk yang berbeda-beda, hal ini terjadi karena pengaruh tingkat kekentalan suatu polimer. Ketika suatu polimer kekentalannya ditingkatkan maka *beads* yang ada pada serat berubah dari bentuk bola (*spherical*) menjadi bentuk yang lebih lonjong (*spindle*) dan nantinya akan seragam dengan permukaan fiber. Perubahan bentuk *beads* ini diakibatkan tegangan permukaannya menurun sehingga polimer yang berada pada ujung jarum mampu diregangkan oleh tegangan listrik serta dengan adanya peningkatan viskositas suatu polimer, daya tahan terhadap putusannya jet juga akan semakin meningkat sehingga fiber yang dihasilkan dapat seragam (Herdiawan dkk, 2013).



Gambar 2.5 Fiber terdapat beads dan tanpa beads (a) serat nano terdapat *beads*, (b) serat nano tanpa *beads* (Deniz, 2011)

2.3 Polyvinyl Alkohol (PVA)

Polivinil alkohol (PVA) merupakan suatu polimer yang memiliki sifat tidak berwarna, tidak berbau, tidak memiliki rasa, tidak beracun, mudah larut dalam air, sedikit larut didalam etanol akan tetapi dalam pelarut organik lainnya tidak dapat larut dan yang paling utama polimer polivinil alkohol mampu terdegradasi *biodegradable* sehingga polimer polivinil alkohol banyak digunakan diberbagai bidang salah satunya bidang medis (Tang dan Alavi, 2011). Polivinil alkohol mempunyai kekuatan tarik dan fleksibilitas yang tinggi, akan tetapi hal yang mempengaruhi kekuatan tarik dan fleksibilitas merupakan tingkat kelembabannya. Semakin tinggi kelembabannya maka kandungan air semakin tinggi akibatnya kekuatan tarik semakin menurun dan meningkatkan elongasi pada membrane polivinil alkohol (Tang dan Alavi, 2011). PVA banyak digunakan untuk bidang biomedis karena PVA merupakan polimer sintetik hidrofilik, bidegradable dan biokompatibel. Secara fungsinya PVA berpotensi dalam proses kultur sel pembuluh darah serta PVA sifatnya kompatibel secara hayati dan sesuai untuk pengembalian sel jaringan tubuh secara alami. Penggunaan PVA untuk bidang medis kusunya untuk pembalut luka merupakan biomaterial yang unggul karena mempunyai permeabilitas oksigen yang baik, tidak bersifat imunogenik dan sifatnya yang mudah dijadikan film serta dengan mudah dapat dilembabkan (Gessner dan Hawley, 1981). Sifat kimia PVA juga memiliki pencairan dengan titik suhu 180 – 190°C serta memiliki berat molekul antara 26.300 dan 30.000 dengan tingkat hidrolisi 86,5 hingga 89% (Saxena, 2004).

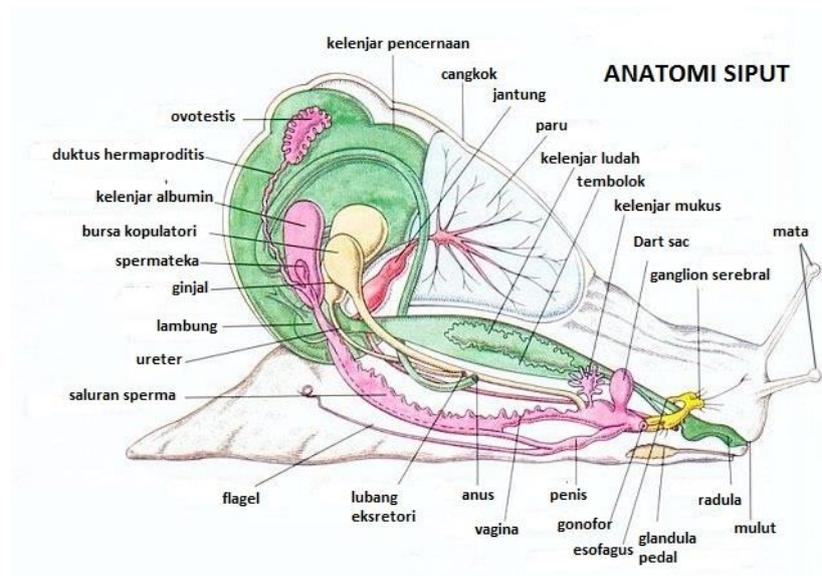


Gambar 2.6 Struktur kimia polivinil alkohol (Sugiyono dkk, 2012).

PVA merupakan polimer yang bergantung pada kelembaban, dengan kelembaban yang tinggi maka besar kemungkinan air yang diserap akan banyak, yang bertindak sebagai plasticizer, maka kekuatan tarik membran PVA akan berkurang, akan tetapi elongasi dan kekuatan sobek justru akan semakin meningkat sehingga PVA sangat cocok digunakan sebagai composite untuk pembalut luka (Subakti, 2015). Hasil penelitian (Subakti, 2015) membuktikan bahwa pembuatan membran PVA semakin tinggi konsentrasi PVA maka membran yang dihasilkan akan semakin kaku dan memiliki sifat warna yang semakin pekat. Hal ini terjadi akibat PVA yang terkandung dapat meningkatkan ikatan hydrogel antara PVA dan fillernya sehingga mengakibatkan membran yang dihasilkan semakin kaku.

2.4 Lendir bekicot (*Achatina fulica*)

Bekicot (*Achatina fulica*) merupakan hewan yang memiliki sebuah cangkang yang berbentuk kerucut dan terdiri dari beberapa ruas lingkaran bahkan dapat mencapai sembilan ruas lingkaran ketika bekicot mencapai umur yang dewasa. Cangkang bekicot pada umumnya memiliki warna coklat serta memiliki corak bergaris dengan warna kuning bahkan ada bekicot dengan cangkang berwarna putih polos (Dewi, 2010). Morfologi bekicot dapat dilihat pada (gambar 2.7).



Gambar 2.7 Morfologi bekicot (Ulysitompul.blogspot.com/2011/07/achatina-fulica-bekicot.html)

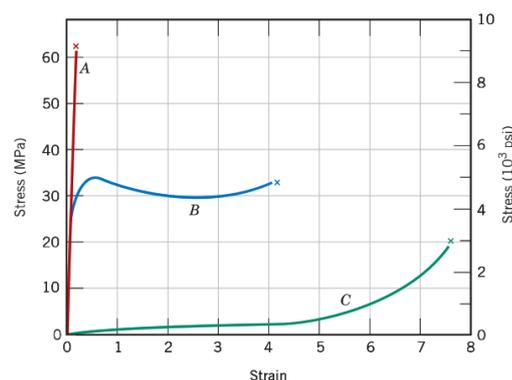
Bekicot merupakan hewan pemakan tumbuhan busuk, hewan dan alga. Akan tetapi bekicot banyak mengandung kasiat yang dapat dimanfaatkan, mulai dari dagingnya bahkan lendir bekicot juga mempunyai kasiat karena mengandung protein yang tinggi (Dewi, 2010). Protein yang terdapat pada lendir bekicot merupakan protein yang mengandung fungsi biologik yang sangat penting guna mencegah penguapan pada luka dan dapat digunakan untuk melindungi tubuh dari luka mekanis (Sulisetyowati dan Oktariani, 2015) serta protein dapat berperan dalam fungsi sel tubuh, dan sebagai pengganti jaringan dan sel yang mengalami kerusakan. Dalam penelitian (Harti dkk, 2015) mengenai lendir bekicot untuk pembalut luka hasilnya menunjukkan bahwa biopreparasi lendir bekicot dapat diaplikasikan pada membran sebagai pembalut luka untuk penyembuhan luka dengan waktu efektifitas 5 hari. Selain bekicot mengandung lendir dengan protein yang tinggi, lendir bekicot juga mengandung achatin isolate, heparin sulfat dan calcium. Achatin isolate bermanfaat untuk antibakteri dan anti nyeri pada luka. Heparin sulfat bermanfaat untuk mempercepat penyembuhan luka dengan mempercepat proses pembekuan darah dan sel fibroblast. Calcium bermanfaat dalam hemostatis (Harti dkk, 2015).

2.5 Sifat Mekanik Secara Alami

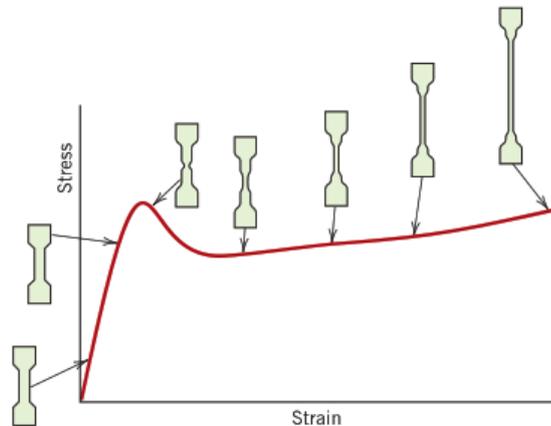
Polimer memiliki struktur berbeda sehingga perilaku mekanisnya tidak selalu sama dengan perilaku keramik nonsilikat atau logam. (Gambar 2.8) menunjukkan pola perilaku dari uji tarik dengan bahan polimer yang memiliki karakter dan sifat berbeda. Pada semua padatan, tegangan akan menimbulkan regangan elastis (deformasi elastis). Ketika ada tegangan, regangan elastis akan timbul, tetap konstan apabila tegangannya juga konstan dan hilang jika tegangan juga hilang.

Deformasi elastis merupakan regangan yang dapat balik (*reversibel*) seperti pada (Gambar 2.8) Jika tegangan diberikan dalam bentuk tarik, material akan bertambah panjang, bila beban dihilangkan material tersebut akan kembali ke dimensi semula. Sebaliknya, jika material menerima penekanan, material akan menjadi lebih pendek.

Untuk tegangan yang lebih tinggi terjadi pergeseran tetap dari atom-atom dalam suatu bahan selain regangan elastis. Regangan ini tidak mampu kembali saat beban atau tegangan dihilangkan, regangan ini disebut dengan regangan plastis. Pada pemakaian produk, deformasi plastis selalu dihindari sehingga desain dilandaskan pada tegangan-tegangan di daerah elastis (proporsional) (Sumaryono, 2012)



Gambar 2.8 Pola perilaku sifat tarik untuk A) getas, B) plastik, dan C) elastomerik polimer (Callister, 2007)



Gambar 2.9 Ilustrasi deformasi spesimen saat pengujian tarik (Jerold, 1974)

Dalam pengujian tarik, ketika spesimen diberi beban, maka spesimen akan mengalami perpanjangan, sampai kemudian mengalami deformasi dan putus. Jika L_1 adalah panjang awal atau mula-mula spesimen dan L_2 merupakan panjang akhir spesimen setelah pembebanan, maka perpanjangan per satuan panjang (ϵ) adalah:

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

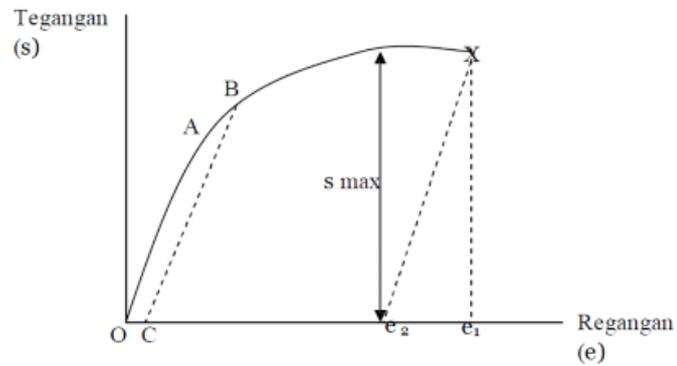
Perpanjangan per satuan panjang ini juga disebut regangan (*strain*). Dari *strain* bisa diketahui sifat mampu bentuk dari spesimen. Semakin besar regangan berarti kemampuan mampu bentuk dari spesimen semakin baik. Disamping itu spesimen juga menerima pembebanan (F) per satuan luas (A) atau yang disebut sebagai kuat tarik (tegangan) yang besarnya adalah:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Modulus elastisitas merupakan nilai dalam mengukur ketahanan material saat mengalami deformasi elastis ketika diberikan pembebanan pada spesimen. Modulus elastisitas dapat dicapai ketika nilai dari regangan (ϵ) dan kuat tarik bahan (σ) telah didapat, berikut merupakan persamaan dari modulus elastisitas:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (2.3)$$

Pada pengujian tarik akan didapat diagram hubungan antara tegangan dan regangan. Dimana bentuk diagram yang didapat akan berbeda untuk setiap material. Kekuatan tarik ditunjukkan dengan nilai tegangan maksimum (S_{max}). Diagram tegangan-regangan uji tarik untuk bahan ulet bisa disaksikan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Kurva tegangan-regangan bahan ulet (Sumaryono, 2012)

Daerah elastis dimulai titik O sampai dengan titik A. Titik A merupakan batas elastis dimana bahan mengalami pembebanan terbesar yang dapat ditahan oleh spesimen 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 kesejajarannya.