

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Plastik

Polimer merupakan senyawa dengan struktur molekul besar yang berbentuk rantai atau jaringan, terdiri dari ribuan hingga jutaan unit pembangun yang berulang [1]. Contoh polimer alami yakni selulosa, protein, serta karet alam. Awalnya, polimer alami digunakan untuk membuat alat dan senjata, namun saat ini polimer telah dimodifikasi menjadi plastik [1].

United Nations Environmental Programme (2009) menyebutkan bahwa plastik adalah polimer, yaitu molekul besar yang terdiri dari unit-unit kecil yang disebut monomer, yang terhubung dalam sebuah rantai melalui proses yang dikenal sebagai polimerisasi. Pada umumnya, sebuah polimer mengandung karbon dan hidrogen, namun terkadang juga mengandung unsur lainnya seperti oksigen, nitrogen, klorin, dan juga *fluor*. Selain polimer, plastik juga memerlukan bahan tambahan lainnya dalam proses produksinya [1]. Keuntungan penggunaan material ini meliputi ketahanannya terhadap air dan karat, serta sifatnya yang kuat dan ringan.

Pada umumnya plastik digolongkan kedalam 3 (tiga) macam dilihat dari temperaturnya yakni:

1. Bahan Thermoplastik (*Thermoplastic*)

Thermoplastics adalah jenis plastik yang dapat didaur ulang dan memiliki sifat plastis. Ketika dipanaskan pada suhu tertentu, bahan ini akan meleleh tanpa mengalami perubahan dalam susunan kimianya, sehingga dapat dicetak menjadi bentuk lain dan kemudian kembali ke bentuk semula. [1] Proses tersebut dapat dilakukan berulang kali, memungkinkan plastik untuk dibentuk ulang ke dalam berbagai cetakan, sehingga menghasilkan produk polimer baru. Polimer *thermoplastics* tidak memiliki sambungan antar rantai polimernya dan memiliki struktur yang linear atau bercabang. Contoh

bahan *thermoplastics* meliputi *polistirena*, *polietilena*, dan *polipropilena*, antara lain. Polimer *thermoplastics* memiliki beberapa sifat khusus, yaitu sebagai berikut:

- Memiliki berat molekul yang kecil
- Tidak tahan terhadap suhu tinggi
- Akan melunak saat dipanaskan
- Mengeras saat didinginkan
- Fleksibel
- Mudah diregangkan
- Titik leleh yang rendah
- Dapat dibentuk ulang

2. Bahan *Thermosetting*

Thermosetting adalah jenis polimer jaringan yang mengeras secara permanen selama proses pembentukannya dan tidak akan melunak saat dipanaskan. Polimer jaringan ini memiliki *crosslink kovalen* antara rantai polimer yang berdekatan. Saat dipanaskan, ikatan ini mengikat rantai polimer menjadi satu, sehingga menghambat gerakan vibrasi dan rotasi rantai pada suhu tinggi. Inilah yang menyebabkan material tidak melunak ketika dipanaskan. *Crosslink* biasanya dominan, dengan 10 hingga 50% unit rantai mengalami *crosslink*. Hanya pemanasan yang berlebihan yang dapat menyebabkan beberapa ikatan *crosslink* dan polimer itu sendiri mengalami degradasi. Polimer *thermosetting* umumnya lebih keras dan kuat dibandingkan *thermoplastic*, serta memiliki stabilitas dimensional yang lebih baik. Contoh bahan *thermosetting* meliputi bakelit, silikon, dan epoksi.

3. Bahan Elastomer

Polimer elastomer adalah bahan yang sangat elastis. Contoh bahan elastis ini adalah karet sintetis. Polimer memiliki beberapa karakteristik yang menggambarkan sifat fisik dan kimianya. Sifat-sifat ini dapat memengaruhi aplikasi penggunaan polimer tersebut.

2.2 Macam – Macam Plastik

Dalam kehidupan modern, plastik telah menjadi material yang sangat serbaguna. Tiga jenis plastik yang paling umum kita temui adalah PET, PP, dan HDPE. Setiap jenis plastik ini memiliki karakteristik khusus yang membuatnya cocok untuk berbagai produk. Berikut adalah beberapa jenis plastik:

1. PET (*Polyethylene Terephthalate*)

Plastik yang memiliki sifat jernih, kuat, tahan terhadap pelarut, kedap gas dan air, serta dapat melunak pada suhu 80°C adalah PET/PETE. Plastik ini biasanya digunakan untuk botol plastik transparan, seperti botol air mineral, botol sambal, dan lain-lain. Namun, plastik PET atau PETE direkomendasikan hanya untuk penggunaan sekali pakai, karena dapat mengeluarkan zat karsinogenik jika digunakan berulang kali. [2]

2. PP (*PolyPropylene*)

Polypropylene memiliki sifat yang sangat kaku, tahan terhadap bahan kimia, asam, basa, tahan panas, dan tidak mudah retak. Plastik polypropylene dapat digunakan untuk membuat berbagai macam produk seperti komponen mesin cuci, komponen mobil, pembungkus tekstil, botol, bahan pembuat karung dan juga alat-alat rumah sakit.

3. HDPE (*High Density Polyethylene*)

Plastik HDPE merupakan polimer termoplastik yang dapat dihasilkan dari *monomer etilena*. HDPE merupakan singkatan dari *High Density Polyethylene*. Jenis plastik ini sering digunakan untuk berbagai produk, seperti kantung belanja, karton susu, botol jus, botol shampo, dan botol kemasan obat.

2.3 Analisis Elemen Hingga (FEA/FEM)

Metode elemen hingga adalah metode numerik untuk memecahkan masalah teknik matematika dan fisika. Metode ini dapat diterapkan pada masalah dengan geometri, beban, dan sifat material yang kompleks, yang tidak dapat diselesaikan secara analitis. Metode Elemen Hingga (FEM), atau

yang biasa dikenal dengan *Finite Element Analysis* (FEA), merupakan prosedur komputasi numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah teknik seperti analisis tegangan struktur, perpindahan panas, elektromagnetisme, dan aliran fluida (*Moaveni*). Metode ini cocok untuk masalah-masalah teknik yang tidak dapat diselesaikan dengan solusi eksak/analitis. Inti dari metode elemen hingga adalah membagi objek yang akan dianalisis menjadi beberapa bagian yang terbatas. Bagian-bagian ini disebut elemen dan setiap elemen dihubungkan dengan node. Kemudian, persamaan matematis dibuat untuk merepresentasikan objek tersebut. Proses membagi objek menjadi beberapa bagian disebut *meshing*. Sebagai contoh, untuk mencari distribusi temperatur dari sebuah pelat, perlu untuk membagi mesh dari geometri pelat menjadi bagian-bagian segitiga kecil untuk menemukan solusi berupa distribusi temperatur pelat. Dalam praktiknya, situasi ini dapat diselesaikan secara langsung, yaitu dengan menggunakan persamaan keseimbangan panas. Namun, untuk geometri yang kompleks (misalnya blok mesin), elemen hingga diperlukan untuk menemukan distribusi suhu. [3]

Finite element analysis (FEA) merupakan suatu cara atau metode numeris yang digunakan untuk mendapat penyelesaian dari persamaan diferensial ataupun persamaan integral. Penyelesaian persamaan diferensial biasanya didasarkan pada penyederhanaan persamaan yang kompleks menjadi persamaan diferensial biasa, yang kemudian diselesaikan dengan mengintegrasikan secara numeris menggunakan metode seperti *Euler* atau *Runge Kutta*. [3]

Dalam *Finite element analysis* (FEA), objek, baik berupa luasan (2D) maupun volume (3D), dipecah menjadi elemen-elemen kecil. Setelah itu, nilai batasan (biasanya pada permukaan) dan nilai awal (sebagai *trial and error*) dimasukkan ke dalam rumus-rumus yang ada, seperti persamaan diferensial. Perhitungan ini dilakukan secara berulang (iterasi) hingga diperoleh hasil yang tepat sesuai toleransi. [3]

2.4 Tegangan (*Stress*)

Tegangan adalah reaksi yang timbul di seluruh bagian spesimen sebagai respons terhadap beban yang diberikan. Jika penampangnya kecil dijumlahkan hingga mencapai penampang spesimen, maka jumlah gaya per satuan luas yang muncul di dalam bahan tersebut harus sama dengan beban yang ada di luar [4]. Nilai tegangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{F(kN)}{A(mm^2)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan:

σ = Tegangan (kN/cm²)

F = Gaya (kN)

A = Luas Penampang (cm²)

Perubahan relatif dalam ukuran atau bentuk suatu benda akibat penerapan tegangan disebut regangan (*strain*). Regangan merupakan besaran yang tidak memiliki dimensi, karena dinyatakan dalam satuan meter per meter.[4]. Nilai regangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Regangan } (e) = \frac{\Delta L(cm)}{L(cm)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan :

e = Regangan

ΔL = Perubahan panjang (cm)

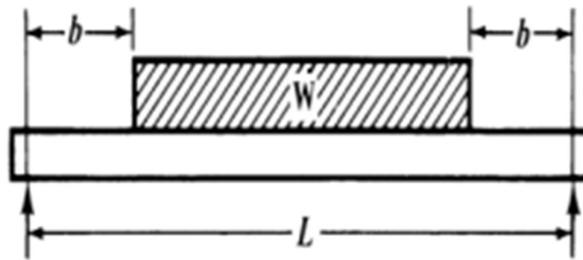
L = Panjang mula-mula (cm)

2.5 Defleksi (*Displacement*)

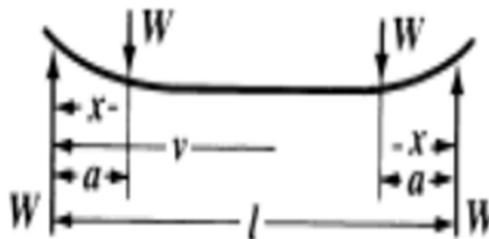
Defleksi atau lendutan adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada batang material. Deformasi pada balok dapat dijelaskan berdasarkan defleksi sesuai dengan sifat bahan material, dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. [5]

Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Kurva ini menggambarkan bagaimana balok berperilaku di bawah beban, menunjukkan perubahan bentuk yang terjadi akibat tegangan dan regangan yang dialami oleh material. [5]

Analisis defleksi sangat penting dalam rekayasa struktur untuk memastikan bahwa balok dapat menahan beban tanpa mengalami deformasi yang berlebihan yang dapat memengaruhi kinerja dan keamanan struktur.. [5]



Gambar 2.1 Balok Sebelum Terjadi Deformasi



Gambar 2.2 Balok Sesudah Terjadi Deformasi

Jarak perpindahan y didefinisikan sebagai defleksi balok. Dalam menerapkan konsep ini, kita sering perlu menentukan defleksi pada setiap nilai x sepanjang material. Hubungan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan yang dikenal sebagai persamaan defleksi kurva (kurva elastis) dari material. [5]

Sistem struktur yang diletakkan secara horizontal terutama dirancang untuk memikul beban lateral, yaitu beban yang bekerja pada posisi tegak lurus terhadap sumbu aksial batang. Beban semacam ini umumnya muncul sebagai

beban gravitasi, seperti beban itu sendiri dan lainnya. Contoh konstruksi yang menggunakan balok termasuk balok lantai gedung, jembatan, dan sebagainya. [5]

Pada sebuah sumbu batang, posisi awalnya dapat terdeteksi saat benda berada di bawah pengaruh gaya. Sebuah batang material akan mengalami beban transversal, baik berupa beban terpusat maupun merata, yang akan menyebabkan defleksi. Setiap pengujian harus dilakukan dengan ketelitian dalam perhitungan untuk meminimalkan risiko kerusakan, sehingga batang material tidak melentur dan untuk mengurangi atau mencegah defleksi yang berlebihan. Struktur batang material juga harus menghasilkan defleksi (lendutan) yang berada dalam batas tertentu. Pada sebuah lendutan tidak boleh melebihi batas defleksi yang diizinkan. [5]

Berikut merupakan hal - hal yang dapat mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu :

- a. Kekakuan batang Batang yang sifatnya semakin kaku maka lendutan yang dihasilkan akan semakin kecil. [5]
- b. Besarnya kecil gaya yang diberikan Besar-kecilnya gaya yang diberikan pada batang berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi. Semakin besar beban yang dialami sebuah batang maka defleksi yang terjadi akan semakin besar. [5]
- c. Jenis tumpuan yang diberikan Jumlah reaksi dan arah pada tiap jenis tumpuan berbeda-beda. Oleh sebab itu besarnya defleksi pada penggunaan tumpuan yang berbeda tidak sama. Karena semakin banyak reaksi dari sebuah tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada sebuah tumpuan rol akan lebih besar dari tumpuan pin (pasak) dan defleksi yang terjadi pada tumpuan pin menjadi lebih besar dari tumpuan jepit. [5]
- d. Beban yang terjadi pada batang dapat berupa beban terdistribusi merata dan beban titik, dimana keduanya menghasilkan kurva defleksi yang berbeda. Pada sebuah beban yang terdistribusi, defleksi yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat dengan tumpuan cenderung lebih besar. Hal ini disebabkan beban terdistribusi tersebar

sepanjang batang, berbeda dengan beban titik yang hanya terjadi pada titik tertentu saja. Pada setiap batang yang ditumpu akan mengalami lendutan jika diberikan beban yang cukup besar. Pada struktur tertentu seperti jembatan, lendutan yang besar sangat tidak diizinkan karena dapat menyebabkan kerusakan struktur hingga keruntuhan jembatan. Dalam konstruksi teknik, seluruh komponen bangunan harus memiliki dimensi fisik yang tepat. Komponen-komponen tersebut harus diukur secara akurat agar mampu menahan gaya-gaya aktual maupun gaya-gaya yang berpotensi akan membebani struktur jembatan. Dengan demikian, struktur jembatan harus dirancang untuk dapat menahan gaya-gaya internal dan eksternal. Selain itu, bagian-bagian struktur material harus memiliki kekuatan yang memadai sehingga tidak akan mengalami lendutan melebihi batas yang diizinkan ketika menerima beban kerja yang telah ditentukan. [5]

2.6 Hukum Hooke

Hukum Hooke adalah hukum dalam fisika yang menjelaskan hubungan antara gaya elastis dan perubahan panjang suatu benda elastis, seperti pegas. Hukum ini dikemukakan oleh ilmuwan Inggris Robert Hooke dan menyatakan bahwa besar gaya yang diberikan pada pegas akan berbanding lurus dengan jarak pergerakan pegas dari posisi normalnya.

Hukum Hooke menyatakan bahwa: Gaya dan Perubahan Panjang: Besar gaya (F) yang diberikan pada pegas akan berbanding lurus dengan jarak pergerakan pegas (Δx) dari posisi normalnya. persamaannya adalah:

$$F = k \cdot \Delta x \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

F = gaya (N)

k = konstanta pegas (N/m)

Δx = Pertambahan Panjang (m)

2.7 Momen Inersia

Momen inersia merupakan konsep fisika yang menggambarkan ukuran kelembaman suatu benda ketika berotasi. Secara matematis, momen inersia (I) didefinisikan sebagai hasil kali massa (m) dari partikel dengan kuadrat jarak (r^2) dari sumbu rotasi. Rumus dasar untuk menghitung momen inersia adalah:

$$I = m \cdot r^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

I = momen inersia ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

m = massa partikel (kg)

r = jarak dari massa ke sumbu rotasi (m)

2.8 Solidworks

Solidworks merupakan salah satu perangkat lunak CAD yang dikembangkan oleh *Dassault Systèmes*. Perangkat lunak ini digunakan untuk merancang komponen mesin atau susunan komponen mesin dalam bentuk rakitan dengan tampilan 3D, yang merepresentasikan bagian sebelum dibuat dalam bentuk fisik, atau tampilan 2D (gambar) untuk proses permesinan. Berikut adalah fitur utama *Solidworks*. Berikut merupakan fitur utama *SolidWorks*:

1. *Parametric Feature-Based Modeling*.
2. Templates Utama.
3. Analisis dan Simulasi.
4. *SolidWorks CAM*.