

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Pembuatan alat uji dan pengujian defleksi terhadap batang plastik masih belum banyak dilakukan. Pengujian alat uji coba banyak melakukan pengujian terhadap batang logam maupun balok beton sebagai spesimen. Oleh karena itu pembahasan tentang pengkajian pustaka ini difokuskan pada analisa beberapa jenis spesimen dan jenis variasi tumpuan tanpa penggunaan panas sebagai mempercepat proses defleksi pada spesimen uji coba.

Hariyanto (2014), menyelidiki pengaruh siklus termal terhadap kekuatan bending panel komposit sandwich, yaitu tebal core 10 mm dan tebal skin 2 mm dengan Vf komposit skin dan core sebesar 40%. Manufaktur core SP-UF dilakukan dengan cetak tekan, sedangkan komposit skin serat rami- UPRs dan komposit sandwich dilakukan juga dengan cetak tekan. Pengujian fisis-mekanis komposit sandwich (bending dan foto makro) dilakukan sebagai tahap optimasi. Komposit sandwich diteliti dengan ketebalan skin 2 mm dan core 10 mm. Perlakuan panel komposit sandwich dengan siklus thermal pada variasi temperatur 75 °C, 125°C, 175 °C dan jumlah siklus 25x, 75x, dan 125x, serta tanpa perlakuan digunakan sebagai kontrol pengujian untuk mengetahui fenomena sebelum dan sesudah perlakuan. Optimasi komposit sandwich dilakukan dengan pengujian Bending (ASTM C-393) dan foto makro. Tegangan bending komposit sandwich mengalami penurunan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan siklus. Pengujian menggunakan variasi temperatur 75°C, 125°C, 175°C dengan 25 kali pengujian. Pada temperatur ruang 75 °C nilai defleksi maksimum sebesar 9,3 mm dan tegangan bending maksimum 20,9 MPa. Pada temperatur ruang 125°C memiliki nilai defleksi maksimum 10,1 mm dengan tegangan bending sebesar 34,7 Mpa . Pada temperatur ruang 175°C nilai defleksi menurun sebesar 9,6 mm dan nilai tegangan bending sebesar 14,6 Mpa. Defleksi

maksimal komposit sandwich mengalami peningkatan pada suhu 75°C sampai suhu 125°C. Lalu pada suhu 175°C nilai defleksi menurun secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan peningkatan siklus. Hal ini disebabkan karena pengaruh siklus panas menyebabkan sifat penguat serat rami semakin rapuh. Penyebabnya karena terjadi penguapan air terikat di dalam sel selulosa serat melalui bidang kontak antar serat hingga ke permukaan komposit. Aplikasi dari penelitian ini berupa produk panel sandwich interior/exterior kereta api komersial, mobil/otomotif, kapal, dan panel rumah/gedung.

Hylton (2004) menjelaskan pengujian suhu defleksi digunakan untuk mengetahui ketahanan material terhadap panas dalam jangka pendek dan sebagai pedoman pengaturan suhu cetakan. Pada saat pengujian, ukuran spesimen yang digunakan adalah 50,8 mm x 12,7 mm x 6,35 mm. Beban yang dipakai menggunakan 0,455 MPa dan 1,82 MPa dengan cara membandingkan hasil dari penggunaan kedua beban. Terjadinya defleksi diketahui ketika nilai defleksi menunjukkan angka 0,25 mm lalu mencatat pada suhu berapa mengalami defleksi. Fluida dipanaskan saat pengujian dengan kecepatan 2° C/menit sampai suhu maksimal spesimen mengalami defleksi.

Suraatmadja dkk (1998) pernah melakukan pengujian lentur pada balok yang disambung dengan polimer. Pada penelitiannya melihat perilaku lentur pada balok yang mempunyai sambungan. Balok yang mempunyai ukuran 100 mm X 150 mm X 1550 mm diberi beban statis di tengah bentang dalam kondisi balok diletakkan di atas dua tumpuan dengan jarak bersih 1350 mm. Balok yang disambung diperoleh dengan cara memotong balok utuh menjadi sepuluh elemen, masing-masing sepanjang 135 mm, yang kemudian disambung-sambung dengan bahan polimer yaitu *unsaturated polyester* berbasis *recycled polyethylene terephthalate* setebal 3 mm. Balok yang terdiri dari beberapa elemen balok ini kemudian diuji lentur dan dibandingkan dengan balok yang tidak disambung. Dari hasil eksperimen didapat bahwa balok yang menerus mempunyai kekakuan yang lebih besar dibanding balok yang disambung, namun beban yang dapat dipikul sarna besarnya yaitu 25 kN. Aspek yang ditinjau dari pengujian ini adalah defleksi,

deformasi pada beton tekan dan tulangan tarik. Putaran sudut pada tumpuan, defleksi relatif, pola retak dan pengaruh luas bidang kontak ('interface') pada sambungan.

Lain lagi dengan Sutresman (2012) menganalisis defleksi pada balok segiempat secara teoritis dan eksperimental dengan memvariasikan letak pembebanan. Tumpuan yang digunakan dalam penelitian adalah tumpuan sederhana, menggunakan material baja karbon St.37 berbentuk balok segiempat dengan dimensi panjang 800 mm dengan tebal 10 mm dan lebar 10 mm. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat uji defleksi yang terdiri dari : *Dial indicator* dan *Loading Hanger*. Pada metode integrasi ganda, rumus defleksi diperoleh dengan cara menurunkan persamaan defleksi sesuai dengan jenis tumpuan yang digunakan, sedangkan untuk pengujian defleksi baja karbon St.37 secara langsung dilakukan dengan memberikan pembebanan pada jarak 200 mm, 400 mm dan 600 mm. Pelaksanaan pengujian defleksi secara langsung dilakukan sebagai berikut : baja karbon St.37 dibebani mulai dari pembebanan awal 500 gram, kemudian ditahan selama 1 menit dan diamati penurunannya. Pembebanan terus diberikan secara bertahap dan penurunannya selalu dicatat sesuai untuk beban 1000 gram, 1500 gram, 2000 gram, 2500 gram.

Dari tinjauan pustaka yang dikaji dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian di atas menunjukkan pengujian pada batang plastik maupun batang logam yang disambung dengan polimer tidak hanya bertujuan mengetahui suhu terjadinya defleksi. Namun, pengujian bertujuan untuk mengetahui hasil nilai tegangan yang didapatkan jika spesimen diberikan suhu yang sudah diatur sebelumnya dan pengujian defleksi hanya pemberian beban tanpa adanya pemberian suhu pada spesimen.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengertian Plastik

Plastik merupakan material polimer. Istilah polimer di masyarakat umumnya dikenal dengan istilah plastik. Plastik adalah polimer rantai panjang

atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang. Pada dasarnya tidak semua polimer adalah bahan plastik, akan tetapi plastik merupakan material polimer. Berdasarkan sumbernya polimer terbagi menjadi 3, yaitu polimer alam, polimer semi sintetik dan polimer sintetik. (Simbolon dalam Wulansari, 2013).

Pembentukan struktur polimer dari plastik melalui proses polimerisasi, yaitu penggabungan rantai monomer sehingga terbentuk pengulangan rantai rantai monomer yang panjang dan terbentuk menjadi polimer. Sifat-sifat umum plastik, yaitu:

- a) Memiliki kemampuan cetak yang baik.
- b) Ringan.
- c) Beberapa material plastik memiliki ketahanan air dan zat kimia yang baik.
- d) Umumnya lebih murah daripada material lain.
- e) Dapat dijadikan isolator yang baik.
- f) Memiliki ketahanan panas yang lebih rendah daripada material-material lain.
- g) Kurang tahan terhadap pelarut.
- h) Beberapa jenis memiliki koefisien gesek yang kecil.

2.2.2. Sifat Termal Plastik

Sifat khas bahan polimer sangat berubah oleh perubahan temperatur. Hal ini disebabkan apabila temperatur berubah, pergerakan molekul karena termal akan mengubah struktur (terutama struktur yang berdimensi besar). Selanjutnya, karena panas, oksigen dan air bersama-sama memancing reaksi kimia pada molekul, terjadilah depolimerisasi, oksidasi, dan seterusnya. Keadaan tersebut jelas akan mempengaruhi sifat-sifat mekanik, listrik, dan kimia. Koefisien pemuaian sebagai akibat dari pergerakan molekul oleh panas dan temperatur gelas (T_g) yang berupa indeks penting bahan, titik cair (T_m), nilai defleksi thermal akibat pengaruh beban tekuk dan temperatur tinggi (HDT), titik lunak dan ketahanan panas. (Arifianto, 2008)

2.2.2.1 HDT (*Heat Deflection Temperature*)

(HDT) merupakan temperatur dimana material mulai mengalami perubahan bentuk, akibat pengaruh beban terpusat dan temperatur tinggi. (HDT) digunakan sebagai batasan temperatur aplikasi dari suatu produk plastik. Karena itu, perlu dipilih material polimer yang memiliki HDT yang sesuai dengan aplikasi. Pada dasarnya semakin tinggi nilai HDT maka material akan semakin tahan terhadap temperatur tinggi. (HDT) berdasarkan tipe plastik/polimer :

Tabel 2.1 Nilai HDT (*Heat Deflection Temperature*) berbagai macam jenis polimer (MatWeb Material Property Data)

Polymer Type	Deflection Temperature at 0.46 MPa (°C)	Deflection Temperature at 1.8 MPa (°C)	Melting Point (°C)
ABS	98	88	-
ABS + 30% Glass Fiber	150	145	-
Acetal Copolymer	160	110	200
Acetal Copolymer + 30% Glass Fiber	200	190	200
Acrylic	95	85	130
Nylon 6	160	60	220
Nylon 6 + 30% Glass Fiber	220	200	220
Polycarbonate	140	130	-
Polyethylene, HDPE	85	60	130
Polyethylene Terephthalate (PET)	70	65	250
PET + 30% Glass Fiber	250	230	250
Polypropylene	100	70	160
Polypropylene + 30% Glass Fiber	170	160	170
Polystyrene	95	85	-

2.2.2.2 Titik Muai Plastik (*Thermal Expansion*)

Thermal expansion adalah pemuaian yang dialami bahan ketika mengalami perlakuan panas. Besarnya pemuaian bahan atau material ditentukan oleh jenis benda, ukuran benda mula-mula, dan besarnya kalor yang diberikan. Pemuaian ini dapat mengakibatkan pertambahan panjang (Δl) dan juga pertambahan volume. Ketika sebuah benda dipanaskan atau didinginkan, ukuran panjang batang berubah dari panjang asli jika perubahan suhu tersebut meningkat.

Tabel 2.2 Nilai *Thermal Expansion* Tiap Jenis Material
(EngineeringToolBox)

Product	Linear Temperature Expansion Coefficient - α -	
	(10 ⁻⁶ m/(m K)) ¹⁾	(10 ⁻⁶ in/(in R)) ¹⁾
ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) thermoplastic	73.8	41
ABS -glass fiber-reinforced	30.4	17
Acetals	106.5	59.2
Acetal - glass fiber-reinforced	39.4	22
Acrylic	75	42
Alumina (aluminium oxide, Al ₂ O ₃)	8.1	4.5
Aluminum	22.2	12.3
Aluminum nitride	5.3	
Amber	50 - 60	
Antimony	10.4	5.8
Arsenic	4.7	2.6
Bakelite, bleached	22	
Barium	20.6	11.4
Barium ferrite	10	5.6
Benzocyclobutene	42	23.3
Beryllium	11.5	6.4
Bismuth	13	7.3
Brass	18.7	10.4
Brick masonry	5.5	3.1
Bronze	18.0	10.0
Cadmium	30	16.8
Calcium	22.3	12.4
Cast Iron Gray	10.8	6.0
Caoutchouc	66 - 69	
Celluloid	100	
Cellulose acetate (CA)	130	72.2
Cellulose acetate butynate (CAB)	96 - 171	80 - 95
Cellulose nitrate (CN)	80 - 120	44 - 67

Niobium (Columbium)	7	3.9
Nylon, general purpose	72	40
Nylon, Type 11, molding and extruding compound	100	55.6
Nylon, Type 12, molding and extruding compound	80.5	44.7
Nylon, Type 6, cast	85	47.2
Nylon, Type 6/6, molding compound	80	44.4
Oak, perpendicular to the grain	54	30
Osmium	5	2.8
Palladium	11.8	6.6
Paraffin	106 - 480	
Phenolic resin without fillers	60 - 80	33 - 44.4
Phosphor bronze	16.7	9.3
Plaster	16.4	9.2
Plastics	40 - 120	22 - 67
Platinum	9.0	5.0
Plutonium	54	30.2
Polyacrylonitrile	70	38.5
Polyallomer	91.5	50.8
Polyamide (PA)	110	61.1
Polybutylene (PB)	130	72
Polycarbonate (PC)	70.2	39
Polycarbonate - glass fiber-reinforced	21.5	12
Polyester	123.5	69
Polyester - glass fiber-reinforced	25	14
Polyethylene (PE)	200	111
Polyethylene (PE) - High Molecular Weight	108	60
Polyethylene terephthalate (PET)	59.4	33
Polyphenylene - glass fiber-reinforced	35.8	20
Polypropylene (PP), unfilled	100 - 200	56 - 112
Polypropylene - glass fiber-reinforced	32	18
Polystyrene (PS)	70	38.9
Polysulfone (PSO)	55.8	31

Tabel 2.3 *Modulus Young Material*
(EngineeringToolBox)

Material	Tensile Modulus (Young's Modulus, Modulus of Elasticity) - E -		Ultimate Tensile Strength - S _u - (10 ⁶ N/m ² , MPa)	Yield Strength - S _y - (10 ⁶ N/m ² , MPa)
	(10 ⁶ psi)	(10 ⁹ N/m ² , GPa)		
ABS plastics		1.4 - 3.1	40	
A618 Hot-Formed High-Strength Low-Alloy Structural Tubing - Grade II			414	345
A618 Hot-Formed High-Strength Low-Alloy Structural Tubing - Grade III			448	345
API 5L Line Pipe			310 - 1145	175 - 1048
Acetals		2.8	65	
Acrylic		3.2	70	
Aluminum Bronze		120		
Aluminum	10.0	69	110	95
Aluminum Alloys	10.2			
Antimony	11.3			
Aramid		70 - 112		
Beryllium (Be)	42	287		
Nylon-66			60 - 80	
Oak Wood (along grain)		11		
Osmium (Os)	80	550		
Phenolic cast resins			33 - 59	
Phenol-formaldehyde molding compounds			45 - 52	
Phosphor Bronze		116		
Pine Wood (along grain)		9	40	
Platinum	21.3			
Plutonium	14	97		
Polyacrylonitrile, fibers			200	
Polybenzoxazole		3.5		
Polycarbonates		2.6	52 - 62	
Polyethylene HDPE (high density)		0.8	15	
Polyethylene Terephthalate, PET		2 - 2.7	55	
Polyamide		2.5	85	
Polyisoprene, hard rubber			39	
Polymethylmethacrylate (PMMA)		2.4 - 3.4		
Polyimide aromatics		3.1	68	
Polypropylene, PP		1.5 - 2	28 - 36	
Polystyrene, PS		3 - 3.5	30 - 100	
Polytehylene, LDPE (low density)		0.11 - 0.45		

2.2.3 Alat Uji Suhu Defleksi

Alat uji defleksi digunakan untuk menentukan suhu panas polimer, plastik, karet sebagai indeks kualitas kontrol dan uji termal. ISO 75-2 menetapkan tiga metode nilai lentur konstan yang digunakan untuk penentuan suhu defleksi dibawah beban. Ketika suhu yang diinginkan dicapai, alat pemanas otomatis

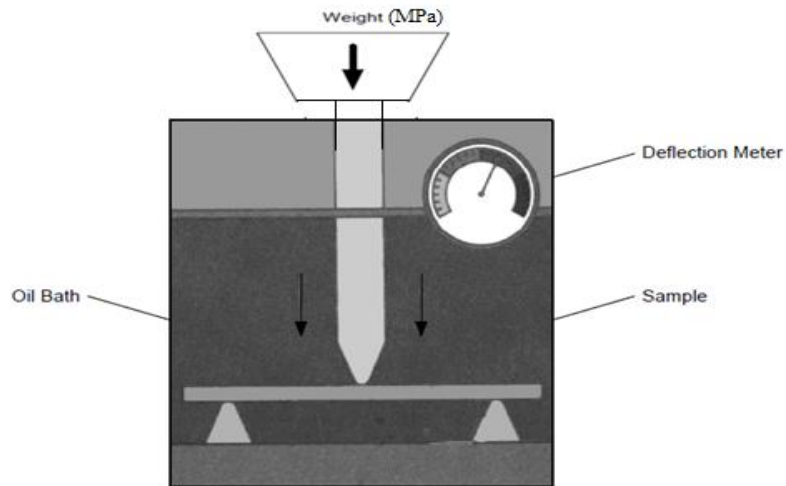
berhenti memanaskan media pemanas yaitu minyak silikon atau minyak transformator. Pada pengoperasian alat ini, suhu dan hasil bacaan suhu dapat langsung diatur pada komputer yang saling terhubung.



Gambar 2.1 Alat Uji Suhu Defleksi
(Sumber : alibaba.com)

2.2.4 Prinsip Kerja Pengujian Suhu Defleksi

Prinsip kerja pengujian suhu defleksi batang plastik adalah pengujian defleksi terhadap batang plastik dengan memberikan panas yang dihantarkan oleh fluida cair. Pengujian suhu defleksi panas juga disebut sebagai pengujian suhu distorsi panas yang umumnya digunakan untuk pengendalian kualitas dan mengetahui kualitas bahan untuk ketahanan panas dalam jangka pendek. Data yang diperoleh dengan metode ini tidak dapat digunakan untuk memprediksi suatu perilaku bahan plastik pada suhu yang tinggi dan tidak dapat digunakan dalam memilih atau menentukan material untuk perancangan. Nilai suhu yang diberikan di bawah nilai suhu leleh plastik (*Melting point*). Pemberian panas bertujuan untuk mengetahui pada suhu berapa batang plastik mengalami lendutan atau defleksi dan mengetahui nilai defleksi yang dihasilkan. Hylton (2004)

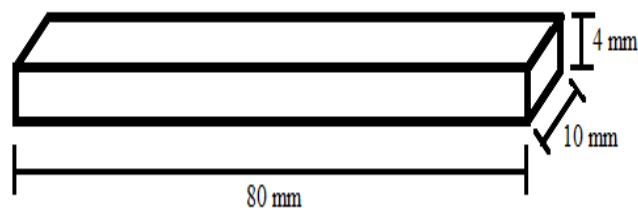


Gambar 2.2 Pengujian Suhu Defleksi Batang Plastik
(Hylton, 2004)

2.2.5 Standar Pengujian

2.2.5.1. Spesimen

Menurut ISO 75-1, semua spesimen yang akan di uji coba, bentuk spesimen tersebut tidak boleh mengalami lendutan atau “melengkung” yang disebabkan oleh pemanasan dan penekanan yang terjadi sebelum pengujian dilakukan. Spesimen di produksi dengan tiga metode, yaitu pemotongan lembaran plastik menggunakan alat potong (*Machining*), mencetak plastik yang telah dilelehkan ke dalam cetakan (*molding*), dan pemotongan lembaran plastik menjadi spesimen dengan metode cetak tekan (*pressing*). Namun spesimen yang diproduksi oleh ketiga metode tersebut memiliki kekuatan struktur yang bervariasi dikarenakan masing-masing metode memiliki pengaruh yang berbeda terhadap susunan struktur dari spesimen yang dihasilkan.



Gambar 2.3 Ukuran dan Bentuk Standar Spesimen Pengujian

2.2.5.2. Jenis dan Ukuran Spesimen

Semua spesimen yang akan di uji coba berbentuk balok dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2.4 Data Spesimen Sesuai Standar

Jenis Plastik	Ukuran Spesimen(p x l x t), mm
<i>ABS</i>	80 x 10 x 4
<i>Acrylic</i>	80 x 10 x 4
<i>Polypropelene</i>	80 x 10 x 4

2.2.5.3. Inspeksi Spesimen

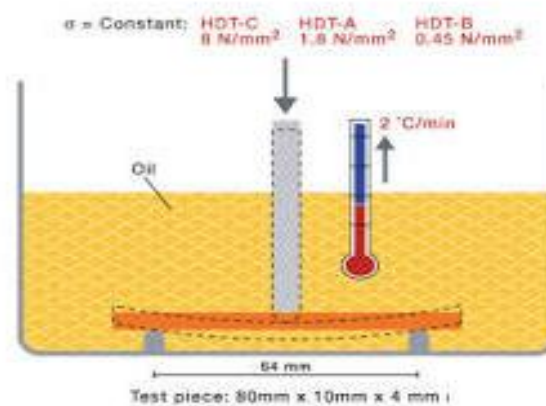
Permukaan dan sisi spesimen harus terbebas goresan maupun memiliki lubang berongga atau cacat fisik. Dimensi spesimen yang diuji akan diukur kembali dengan menggunakan mikrometer sekrup dan dipastikan tiap sisi spesimen memiliki ukuran yang sama.

2.2.5.4. Pemberian Beban Tekanan pada Spesimen

Menurut (ISO 75-1) posisi spesimen pada pengujian menggunakan dua posisi, yaitu posisi *flatwise* (posisi spesimen datar) dan *edgewise* (posisi spesimen tegak). Kemudian membandingkan hasil pengujian dari penggunaan dua jenis bending yang diberikan. Menurut (Hylton, 2004), batas maksimum nilai gaya yang diizinkan untuk pengujian menggunakan tiga metode, yaitu metode A dengan ketentuan pembebanan 1,82 MPa (3,3 N), metode B ketentuan pembebanan 0,45 MPa (0,75 N) dan metode C dengan ketentuan pembebanan 8,00 MPa (13,3 N). Penggunaan pembebanan sebesar 8,00 MPa (Metode C) dikarenakan terbatasnya alat beban standar yang memiliki nilai di bawah 8,00 MPa. Maka dari itu pengujian alat menggunakan metode C. Bentuk dari bending dipilih menggunakan logam berbentuk silinder dan ukuran diameter silinder sama dengan ukuran lebar spesimen dan ukuran tebal ujung bending 3 mm.

2.2.5.5. Pemberian Panas Pada Spesimen

Peralatan pemanas digunakan untuk memanaskan wadah berisikan fluida cair yang di dalamnya terdapat dudukan spesimen yang direndam dengan jarak 50 mm dari permukaan fluida. Panas fluida yang digunakan untuk pengujian dapat dikontrol oleh pengontrol suhu (*Thermostat*) lalu suhu dibaca oleh pembaca suhu (*Thermocouple*). Kemudian, laju perubahan suhu $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ dan suhu pengujian berkisar $80^{\circ}\text{C} - 130^{\circ}\text{C}$ (sesuai dengan nilai HDT tiap jenis plastik). Jenis fluida cair yang dipakai adalah jenis minyak yang tidak menguap dan tahan terhadap suhu tinggi. Contoh: *Silicon Oil*. (ISO 75-1: *Determination of Temperature Deflection Under Load*)



Gambar 2.4 Proses Pemanasan Spesimen
(Sumber : MatWebPropertyData)

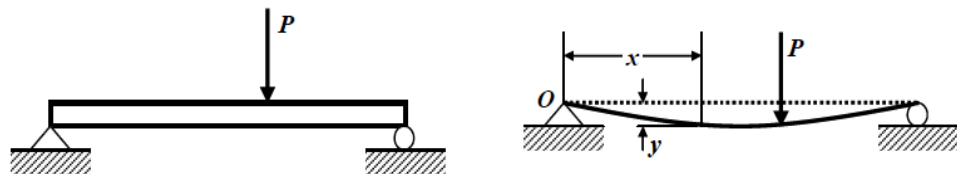
2.2.5.6 Pengukuran Pengujian

Pada saat pengujian, sistem pengukuran yang digunakan adalah pengukuran bacaan suhu menggunakan *thermostat* dan *thermocouple*, pengukuran nilai lendutan menggunakan *dial gauge*, pengukuran waktu defleksi dengan menggunakan *stopwacth* dan pengukuran beban standar menggunakan timbangan analog maupun digital. Alat pengatur suhu serta alat baca suhu memiliki skala bacaan $0,5^{\circ}\text{C}$ atau lebih dan alat ukur *dial gauge* yang dipakai, *dial gauge* yang memiliki akurasi mencapai 0,01 mm. Ketika

nilai defleksi mencapai 0,25 mm, maka suhu dicatat dan dianggap sebagai suhu defleksi panas material. (Hylton, 2004)

2.2.6 Pengertian Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang.



Gambar 2.5 Defleksi pada batang

(Arfandi, 2011)

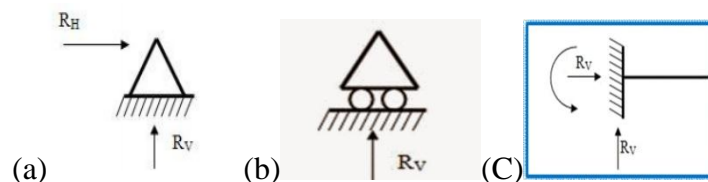
Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Dengan kata lain suatu batang akan mengalami pembebanan transversal baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami defleksi atau lendutan. (Hariandja dalam Arfandi, 2011).

Untuk setiap batang yang ditumpu akan melendut apabila diberikan beban yang cukup besar. Lendutan batang untuk setiap titik dapat dihitung dengan menggunakan metode diagram atau cara integral ganda dan untuk mengukur gaya yang digunakan load cell. Lendutan batang sangat penting dalam konstruksi terutama konstruksi mesin dimana pada bagian-bagian tertentu, seperti poros, lendutan sangat tidak diinginkan karena adanya lendutan maka kerja poros atau operasi mesin akan tidak normal sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada bagian mesin atau pada bagian lainnya. Pada semua konstruksi teknik, bagian-bagian pelengkap suatu bangunan haruslah diberi ukuran-ukuran

fisik tertentu. Bagian-bagian tersebut haruslah diukur dengan tepat untuk menahan gaya –gaya yang sesungguhnya atau yang mungkin akan dibebankan kepadanya. Jadi poros sebuah mesin haruslah diperlukan dan menahan gaya-gaya luar dan dalam. Demikian pula, bagian-bagian suatu struktur komposit harus cukup tegar sehingga tidak akan melengkung melebihi batas yang diizinkan bila bekerja dibawah beban yang diizinkan (Soemono dalam Arfandi, 2011).

Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu :

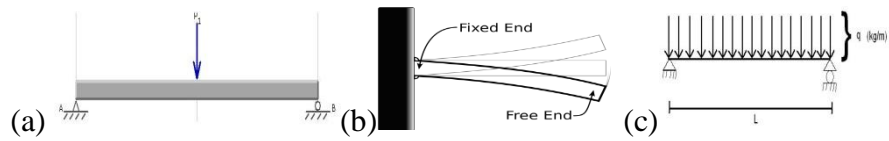
1. Kekakuan batang. Semakin kaku suatu batang maka lendutan batang yang akan terjadi akan semakin kecil
2. Besar-kecilnya gaya yang diberikan pada batang berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi. Dengan kata lain semakin besar beban yang dialami batang maka defleksi yang terjadi pun semakin besar.
3. Jenis tumpuan yang diberikan



Gambar 2.6 Jenis-jenis Tumpuan, (a) Tumpuan Sendi, (b) Tumpuan Roll, (c) Tumpuan Jepit (Arfandi, 2011)

Jumlah reaksi dan arah pada tiap jenis tumpuan berbeda-beda. Oleh karena itu besarnya defleksi pada penggunaan tumpuan yang berbeda-beda tidaklah sama. Semakin banyak reaksi dari tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol lebih besar dari tumpuan pin (pasak), dan defleksi yang terjadi pada tumpuan pin lebih besar dari tumpuan jepit.

4. Jenis beban yang terjadi pada batang



Gambar 2.7 Jenis-jenis Pembebanan, (a) Beban Terpusat, (b) Beban Lentur, (c) Beban Merata (Arfandi, 2011)

Beban terdistribusi merata dengan beban titik, keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda-beda. Pada gambar 2.8(C), beban terdistribusi merata, *slope* yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari *slope* titik. Ini karena sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada gambar 2.8(a), beban terjadi hanya pada beban titik tertentu saja (Arfandi, 2011).

5. Temperatur

Peristiwa yang mengikuti bertambahnya temperatur pada batang adalah perubahan ukuran dan bentuknya. Gaya antar atom dipandang sebagai kumpulan pegas yang menjadi penghubung antar atom bahan. Pada setiap temperatur atom padatan tersebut akan bergetar. Kenaikan temperatur akan mengakibatkan penambahan jarak rata-rata antar atom bahan. Hal ini mengakibatkan terjadinya pemuaian (ekspansi) pada seluruh komponen padatan tersebut. (EngineeringToolBox, 2016)

2.2.7 Perhitungan dan Rumus

2.2.7.1 Perhitungan Nilai Standar Defleksi

A. Menghitung beban yang dipakai berdasarkan posisi spesimen.

$$\text{Posisi Flatwise : } F = \frac{2 \cdot \sigma_f \cdot b \cdot h^2}{3 \cdot L} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Posisi Edgewise : } F = \frac{2 \cdot \sigma_f \cdot h \cdot b^2}{3 \cdot L} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- F : Beban (N)
- σ_f : Nilai tegangan flexural (MPa) (Sesuai dengan metode)
- b : Lebar spesimen (mm)
- h : Tebal spesimen (mm)
- L : Jarak antar kedua tumpuan (mm)

B. Menghitung nilai total beban pengujian

$$F = 9,81(m_w+m_r)+F_s \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana,

$$m_w = \frac{F-F_s}{9,81} - m_r \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- F : Total beban (N)
- m_r : Massa Rod (Kg)
- m_w : Massa tambahan (Kg)
- F_s : Gaya, diberikan oleh instrumen pegas yang digunakan (N)

C. Menghitung nilai standar defleksi

$$\text{Posisi Flatwise : } \Delta S = \frac{L^2 \cdot \Delta \epsilon_f}{600 \cdot h} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Posisi Edgewise : } \Delta S = \frac{L^2 \cdot \Delta \epsilon_f}{600 \cdot b} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan

- ΔS : Nilai standar defleksi (mm)
- L : Panjang spesimen antara kedua dudukan spesimen (mm)
- $\Delta \epsilon_f$: Nilai kenaikan tegangan flexural material (%)
- h : Tebal spesimen (mm)
- b : Lebar Spesimen (mm)

2.2.7.2 Nilai Thermal Material.

A. Menghitung laju perubahan suhu

$$\Delta t = (T_2 - T_1) / t \text{ (}^\circ\text{C/detik)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

- Δt = laju perubahan suhu terhadap waktu ($^\circ\text{C/detik}$)
- T_2 = Suhu akhir ($^\circ\text{C}$)
- T_1 = Suhu awal ($^\circ\text{C}$)
- t = Waktu (detik)

B. Menghitung nilai muai spesimen

$$dl = L_0 \cdot \alpha \cdot (T_1 - T_0) \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan;

- dl = Perubahan panjang spesimen (m)
- L_0 = Panjang awal spesimen (m)
- α = Nilai koefisien pemuaian ($10^{-6} \text{ m}/(\text{m}^\circ\text{C})$)
- T_1 = Suhu akhir pengujian ($^\circ\text{C}$)
- T_2 = Suhu awal pengujian ($^\circ\text{C}$)

C. Perhitungan tegangan *thermal*

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot dt \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan ;

- σ = Tegangan thermal (N/m^2)
- E = *Modulus Young* material (N/m^2)
- α = Nilai koefisien pemuaian ($10^{-6} \text{ m}/(\text{m}^\circ\text{C})$)
- dt = Perbedaan suhu awal dan akhir ($^\circ\text{C}$)