

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu “Kajian Uji Bending Pegas Daun Pada Truk Angkutan Barang” Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kekuatan lentur pegas daun sebelum dan sesudah perlakuan panas selama 75 menit menggunakan udara, oli, dan larutan garam pada suhu 930°C . Sasaran utama dari tinjauan ini adalah untuk mengukur keuntungan uji puntir pegas daun saat sistem pemadaman dan untuk memahami dampak media pemadam yang digunakan pada kekuatan lengkung pegas daun. Pembuatan spesimen merupakan langkah pertama dalam proses penelitian. Perlakuan panas dengan berbagai media pendingin dilakukan kemudian, dan uji lentur merupakan langkah terakhir. Penelitian menunjukkan bahwa saat media pendingin udara digunakan, material memiliki nilai lengkung tertinggi sebesar $1182,3 \text{ N/mm}^2$, sedangkan media pendingin oli memiliki nilai lengkung terendah sebesar $1085,8 \text{ N/mm}^2$. Pengurangan utama dalam nilai lengkung, yaitu sebesar $471,8 \text{ N/mm}^2$, terjadi pada media pendingin pengaturan garam. Oleh karena itu, saat dibandingkan dengan larutan garam dan media pendingin oli SAE 40, perlakuan panas dengan media pendingin udara menghasilkan nilai lengkung tertinggi[5].

Penelitian selanjutnya “Analisa Fatik Pegas Daun Kendaraan Truck Mitsubishi Canter 125 Ps Pengangkut Sawit Dengan Metode Elemen Hingga” Karena kondisi jalan yang tidak rata, pegas daun bagian belakang truk mengalami beban tertinggi, yang menyebabkan patahnya pegas daun. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan siklus hidup, stres alternatif, sensitivitas terhadap kelelahan, dan faktor keamanan untuk variasi beban 8000 kg, 10.000 kg, dan 12.000 kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pegas daun yang dimodifikasi dengan 10 lapisan memiliki siklus hidup paling rendah, yaitu $5,45 \times 10^5 \text{ kg}$, dengan beban 12.000 kg. Meskipun tegangan luluh pegas SUP 9A masih lebih rendah, kondisi ini dianggap tidak aman karena faktor keamanannya hanya 2,96, yang lebih rendah dari standar faktor keamanan pegas daun, yaitu antara 3,0 dan 4,5. Perhatian pada daerah penahan sangat penting. Karena lapisan tambahan

diberikan pada bagian kedua dari lapisan pertama, bukan pada bagian bawah, dapat disimpulkan bahwa perubahan yang dilakukan tidak meningkatkan umur pakai pegas[6].

Dalam penelitian “Studi Eksperimen Kekuatan Impact Dan Bending Baja Karbon Pegas Daun AISI 1095 Pada Mobil Kijang Kapsul 7K-EFI Tahun 2000 Dengan Perlakuan Panas Tempering”, menggunakan baja pegas mobil Kijang Kapsul AISI 1095 baru dengan suhu tempering 420, 540, dan 660 derajat Celsius. Kekuatan impact dan tekanan benda kerja akan dievaluasi setelah selesainya proses pemanasan. Kekuatan impact maksimum, beban maksimum, dan sudut semua spesimen yang diuji dengan baja pegas daun baru mengalami penurunan panas tempering. Untuk kekuatan impact terbesar, variasi suhu perlakuan 420 °C, atau 0,00359 Mpa, berkurang hingga 55,71%. Dari kekuatan impact maksimum bahan baku sebesar 0,00691 Mpa, variasi suhu menurun hingga 20,12 persen pada suhu 540 °C, menjadi 0,00127 Mpa pada suhu 660 °C, dan hingga 81,62 persen pada suhu 660 °C. Nilai lentur baja pegas hasil perlakuan mengalami penurunan pada hasil uji lentur, yakni sebesar 4,79 persen pada suhu tempering 420°C menjadi 1.057,50 Mpa, sebesar 13,4 persen pada suhu tempering 540°C menjadi 1.006,88 Mpa, dan sebesar 28,24 persen pada suhu tempering 660°C menjadi 871,88 Mpa dari kekerasan bahan baku sebesar 1.215,00 Mpa[7].

Pada penelitian “Peningkatan Kekakuan Pegas Daun Dengan Cara Quencing” Serangkaian pengujian dilakukan untuk memastikan persentase komposisi kimia, fase mikrostruktur, kekerasan, nilai impact, dan perlakuan panas dengan variasi pendinginan pada komponen pegas daun. Dengan berbagai media pendingin, termasuk air garam, pendinginan oli, dan anil, komposisi kimia, tekanan, mikrostruktur, dan kekerasan dievaluasi menggunakan uji pegas daun L300. Efek samping dari uji struktur sintetis pegas daun menunjukkan bahwa material tersebut adalah baja karbon sedang ($C = 0,300\%$). Mikrostruktur spesimen bahan baku menunjukkan fase bainit, ferit, dan perlit halus. Pendinginan dengan air garam menghasilkan pembentukan fase martensit halus dan halus. Pada batas butir, terdapat endapan karbida dan karbida kasar. Pada batas butir, fase martensit kecil, banyak endapan karbida, dan austenit tetap ada setelah pendinginan oli. Fase perlit dan ferit diproduksi selama proses anil. Spesimen

yang dipadatkan dengan air garam memiliki nilai kekerasan tertinggi, yaitu 598,75 VHN, berdasarkan hasil uji kekerasan. Spesimen yang dianil memiliki sifat ketangguhan tertinggi, dengan nilai impact sebesar 0,278 J/mm²[8].

Pada penelitian “Kajian Eksperimental Kekuatan Bending Pegas Daun Colt Diesel Dengan Carburizing Menggunakan Media Bioarang” Kekuatan lentur pegas daun Colt Diesel akan diukur dalam penelitian ini setelah dikarburisasi. Dalam teknik ini, pengujian pegas daun Yearling Diesel PS 135 dilakukan dengan ketebalan 10 mm, panjang 150 mm, dan lebar 15 mm sesuai ukuran standar ASTM D790. Selain itu, dilakukan uji tekuk dan karburisasi selama 90 menit dengan karet dan arang tempurung kelapa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan lenturnya adalah 323,2 N/mm² tanpa perlakuan. Perlakuan dengan karburisasi arang tempurung kelapa memiliki N/mm² masing-masing sebesar 154,37 dan N/mm² sebesar 154,57. Pengujian menegaskan kesimpulan bahwa kekuatan lentur maksimum yang dicapai tanpa karburisasi adalah 323,2 N/mm². [9].

2.1 Pegas Daun

Pegas daun (leaf spring) adalah komponen fleksibel dalam mesin yang menyimpan dan mengembalikan energi dari beban atau gaya yang diberikan, dengan jumlah yang sama saat beban tersebut dihilangkan. Gaya yang dihasilkan dapat berupa dorongan atau tarikan linear, atau gaya radial. Pegas daun berperan sebagai komponen utama dalam sistem suspensi, yang berfungsi untuk menopang berat kendaraan, menjaga ketinggian berkendara, dan menyerap guncangan dari jalan. Ada dua jenis pegas daun berdasarkan jumlah lapisannya: pegas daun tunggal dan pegas daun berlapis. Pegas daun berlapis terdiri dari beberapa lapisan



Gambar 2.1 Leaf Spring Belakang Truk

yang disusun dan diikat dengan klem atau mur-baut, dan sering digunakan pada bagian belakang kendaraan roda empat, khususnya pada truk dan jip[4].

Suspensi pegas kendaraan adalah mekanisme yang biasanya dipasang pada roda belakang kendaraan. Meskipun sebagian besar sistem suspensi depan dapat diterapkan pada suspensi belakang, sistem tersebut tidak dapat terhubung dengan mekanisme kemudi. Jenis suspensi yang sering digunakan meliputi solid axle, beam axle, dan 4 bar[4].

2.2 Bahan Pegas Daun JIS 4801 SUP 9A

Bahan dasar dari baja yaitu besi dan karbon. Tidak hanya itu baja terdapat beberapa unsur lain nya. Baja terbagi menjadi baja karbon sedang, rendah dan tinggi. Pegas daun pada umumnya terbuat dari material SUP9A. Material ini tergolong baja karbon tinggi. Kadar karbon yang terdapat pada baja kurang dari 2%. Karbon dapat di tambah pada baja dalam rangka mendapat sifat tertentu yang kemudian dikelompokkan menjadi baja paduan dan baja karbon.

Baja karbon dapat di artikan bahwasanya unsur yang terdapat pada baja berjumlah unsur kecil selain karbon. Sedangkan baja paduan memiliki tambahan unsur lain seperti C, Mg, Si, Ni, Cr, Mo dan V sehingga dapat mencapai sifat material yang di inginkan. Beberapa jenis baja paduan, seperti stainless steel austenitik, tidak secara sengaja ditambahkan karbon. Silikon ditambahkan sebagai deoksidator pada baja cair. Nikel dalam baja meningkatkan kekuatan dan mempercepat pengerasan pada baja yang menggunakan metode pengerasan seperti quenching tempering dan perlakuan panas[10].

Tabel 2.1 Komposisi Baja Pegas JIS 4801 (Mass %)

Grade	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	B	Composition System
SUP 3	0.82	0.25	0.45	-	-	-	-	High carbon steel
SUP 6	0.60	1.65	0.85	-	-	-	-	Si-Mn steel
SUP 7	0.60	2.00	0.85	-	-	-	-	
SUP 9	0.56	0.25	0.80	0.80	-	-	-	Mn-Cr steel
SUP 9A	0.60	0.25	0.85	0.85	-	-	-	
SUP 10	0.51	0.25	0.80	0.95	-	0.20	-	Mn-Cr-B steel
SUP 11A	0.60	0.25	0.85	0.85	-	-	0.0005	Si-Cr steel
SUP 12	0.55	1.40	0.75	0.75	-	-	-	Si-Cr steel
SUP 13	0.60	0.25	0.85	0.80	0.30	-	-	Cr-Mo steel

Besi dan karbon membentuk baja, dengan karbon (C) sebagai komponen utamanya. Baja juga mengandung sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) dalam jumlah kecil, selain karbon. Pegas terbuat dari baja dengan kandungan karbon tinggi-antara 0,5 dan 1 persen-dicampur dengan Si, Mn, dan Cr hingga maksimum 1 persen, Mo, V hingga maksimum 0,25 persen, dan B dalam jumlah yang sangat kecil 0,0005 persen. Kemampuan pegas sebagai komponen penahan beban yang berhasil, terutama pada kendaraan bermotor. Sebagai salah satu komponen penting pada kendaraan, pegas memerlukan baja dengan sifat mekanis yang luar biasa untuk memenuhi detail yang diharapkan[11].

2.3 Spesifikasi Mitsubishi Canter 125 PS

Mitsubishi Fuso Colt Diesel semakin mengesankan dengan desain eksterior kabin dan fitur-fitur terbaru. Truk ini dikenal dengan mesin yang kuat dan chassis yang kokoh, dilengkapi dengan mesin 4D34-2AT5 Turbo Intercooler yang efisien dalam penggunaan bahan bakar, bertenaga, dan tahan lama, serta telah teruji selama puluhan tahun. Truk ini juga dilengkapi dengan fitur keamanan aktif yang lebih canggih dan modern, serta kabin yang menawarkan ukuran terbesar di kelasnya, memberikan rasa aman saat mengemudikan truk dengan

berbagai jenis muatan atau karoseri, serta cocok untuk berbagai kondisi medan di Indonesia. Gambar dari kendaraan Mitsubishi Canter 125 PS dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Mitsubishi Canter 125 PS FE 74 6 Ban

Berikut ini adalah spesifikasi dari kendaraan Mitsubishi Canter 125 PS yang dapat ditunjukkan pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi Mitsubishi Canter 125 PS

	DIMENSI	
Jarak Sumbu Roda	mm	3.350
Panjang Keseluruhan	mm	5.960
Lebar Keseluruhan	mm	1.970
Tinggi Keseluruhan	mm	2.120
Tinggi Minimal Dari Tanah	mm	210
Jarak Roda Depan Kiri – Kanan	mm	1400
Jarak Roda Depan Kiri - Kanan	mm	1.495
	BERAT	
Berat Chassis	Kg	2.370
Max G.V.W	Kg	7.500
	KEMAMPUAN	
Kecepatan Maksimum	Km/Jam	110
Daya Tanjak Dengan Max G.V.W	tan	38.5
Radius Putar Minimum	m	7.0

2.4 Analisis Kegagalan

Penelitian tentang kegagalan (fracture) dapat memiliki berbagai tujuan. Dalam setiap studi, mungkin saja terjadi kesalahan terkait dengan kegagalan, namun inti dari kegagalan produk pertama sebenarnya dapat dicegah. Menganalisis kegagalan bisa diibaratkan seperti menyelidiki kasus sebagai detektif pada objek yang tidak hidup. Kompleksitas dalam penelitian sering kali menyulitkan penemuan solusi cepat atau alternatif. Oleh karena itu, mengikuti panduan tertentu sangat membantu para peneliti dalam upaya mereka untuk mengidentifikasi penyebab utama kegagalan. Adapun panduan sebagai berikut :

1. Data dasar yang memberikan makna pada kejadian-kejadian yang terjadi selama kekecewaan, latar belakang historis dari sistem perakitan, dan hasil diskusi dengan beberapa spesialis terkait dengan kekecewaan tersebut.
2. Pemeriksaan langsung, yang mencakup kunjungan untuk mengamati berbagai jenis kegagalan, menyusun deskripsi singkat, dan menetapkan acuan atau standar, sangat penting. Catatan dan foto yang diambil sangat membantu dalam proses seleksi.
3. Pengujian non-destruktif dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang kerusakan atau cacat pada permukaan benda kerja.
4. Pengujian fraktografi adalah metode untuk menentukan jenis kerusakan atau patahan secara alami.
5. Pengujian destruktif dapat memastikan bahwa karakteristik bunyi yang dihasilkan dari suatu material sesuai dengan spesifikasi kimia, sifat mikrostrukturnya, dan atribut lainnya.
6. Analisis terhadap semua data menghasilkan kesimpulan mengenai penyebab kegagalan dan menyarankan langkah-langkah pencegahan yang tepat.

Analisis kegagalan adalah metode yang mengumpulkan dan menganalisis fakta atau data untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan. Secara umum, kegagalan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kesalahan dalam

pemilihan bahan, desain, proses pembuatan, operasional, perbaikan, dan pemeliharaan [6].

2.5 Mekanisme Patah Lelah

Kelelahan (fatigue) merupakan sebuah proses dimana material mengalami suatu dinamika penurunan sifat dari sifat awal material tersebut. Proses kelelahan material diawali dengan adanya pembentukan awal retakan yang kemudian disusui munculnya perambatan yang kemudian terjadi patah akhir yang di akibatkan oleh tidak kuatnya penampang yang tersisa dalam menopang beban.

Lokasi titik awal terjadi kelelahan merupakan lokasi dimana titik tersebut mengalami pembebanan yang paling dinamis dan pada titik kekuatan paling minimum dan atau lokasi dimana yang terjadi tegangan yang paling maksimal. Mekanisme terjadi patah lelah melalui 3 (tiga) tahap yaitu terjadi awal patah (initial crack) kemudian terjadi penjaralan (crack propagation) kemudian terjadi patah akhir (final failure). 50% - 90% kegagalan mekanis material disebabkan oleh kelelahan material[4]. Terdapat dua jenis karakteristik kelelahan logam: karakteristik mikro dan makro. Sementara karakteristik makro dapat diamati secara visual, karakteristik mikro hanya dapat diamati melalui mikroskop.

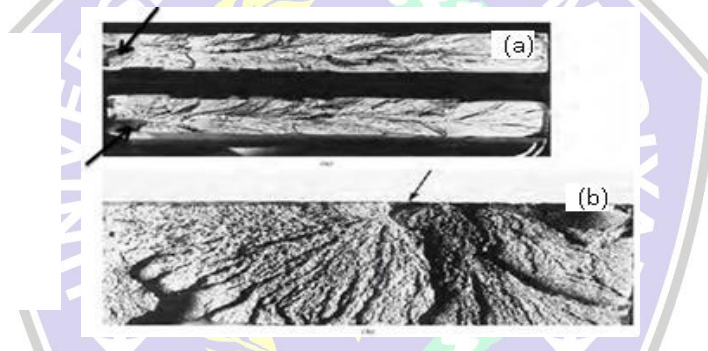
2.6 Patah Getas

Berbeda dengan fraktur daktail, yang dimulai dengan deformasi plastis dan berlangsung lebih lama, fraktur getas adalah fenomena di mana material mengalami fraktur dengan cepat. Karena sering terjadi tanpa peringatan, fraktur getas sering dianggap lebih berbahaya daripada fraktur daktail dalam praktiknya. Fraktur getas biasanya dialami oleh material yang memiliki struktur martensit atau yang mengandung banyak karbon, sehingga membuatnya sangat kuat tetapi getas. Adolf Martens, seorang ahli metalurgi Jerman, terkenal karena menciptakan Martensit, struktur kristal baja yang sangat keras. Istilah ini juga dapat digunakan untuk menggambarkan struktur kristal lain yang berkembang melalui transformasi tanpa difusi[13].

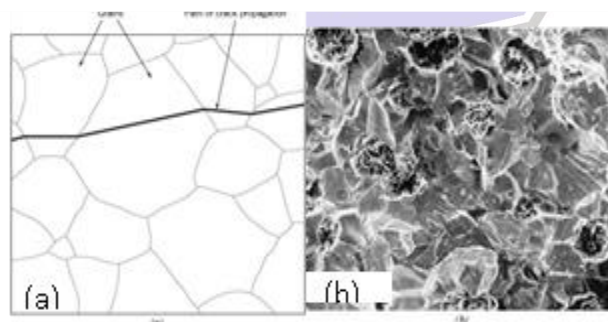
- 1) Permukaannya berbentuk granular, mengkilap, dan memantulkan cahaya.

- 2) Patah terjadi secara mendadak tanpa adanya deformasi plastis terlebih dahulu, sehingga tidak ada indikasi sebelumnya bahwa material akan patah.
- 3) Proses patahan terjadi lebih cepat.
- 4) Bidang patahan umumnya tegak lurus terhadap arah tegangan tarik.
- 5) Tidak terdapat pengurangan luas penampang patahan akibat adanya tegangan multiaksial.

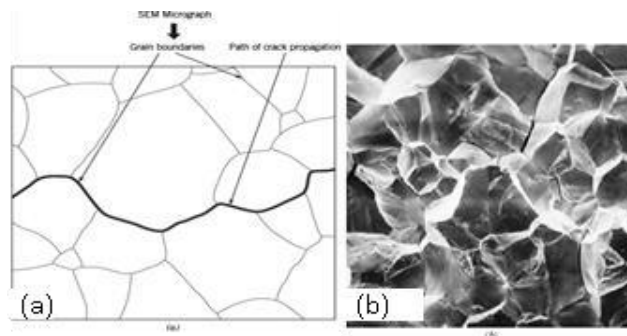
Pada material yang bersifat lunak dengan butiran kasar, pola yang disebut chevron dapat terlihat, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 (a). Sebaliknya, pada patahan getas, permukaan menunjukkan garis atau area awal retakan, seperti yang terlihat pada gambar 2.3 (b). Hasil dari penjalaran dan SEM memperlihatkan dengan jelas retakan yang terjadi sepanjang batas butir (intergranular) dan yang melewati batas butir. Informasi ini dapat dilihat pada gambar 2.3, 2.4, dan 2.5.



Gambar 2.3 (a) menunjukkan bentuk V “chevron” wujud karakter patah getas dan (b) permukaan patah getas lokasi awal retakan lokasi awal retakan



Gambar 2.3 (a) skema penjaluran intergranular (b) hasil SEM patah intergranular [14]



Gambar 2.4 (a) penjalaran retak transgranular (b) hasil SEM patah transgranular

2.6 Patah Ulet

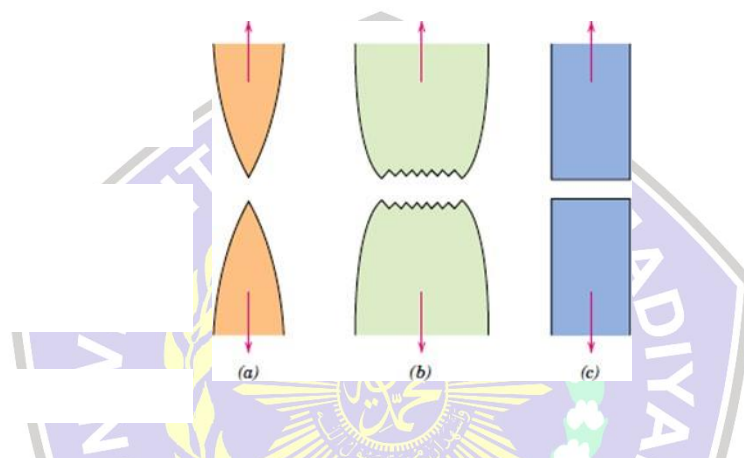
Patah Ulet adalah jenis patah yang terjadi karena penumpukan statis pada material; saat tumpukan dikeluarkan, patahan akan berhenti berkembang. Permukaan patahan daktail tampak kasar, berserat, dan berwarna abu-abu karena penyerapan energi yang signifikan dan deformasi plastis di sekitar area patahan. Komposisi material berdampak pada jenis patahan yang terjadi selain beban. Patah Ulet sebagian besar terjadi pada material dengan struktur bainit, khususnya baja dengan kandungan karbon rendah.

Bergantung pada kandungan paduan, bainit adalah struktur mikro seperti pelat yang terbentuk dalam baja antara 125 dan 550 °C. E adalah orang pertama yang mendeskripsikan bainit. S. Davenport dan Edgar Bain, dan merupakan salah satu hasil pendinginan austenit (struktur kristal kubik berpusat muka besi) di bawah suhu di mana ia tidak lagi stabil secara termodinamika dibandingkan dengan ferit dan sementit. Struktur mikro ini awalnya dibandingkan dengan martensit yang ditempa oleh Davenport dan Bain[13].

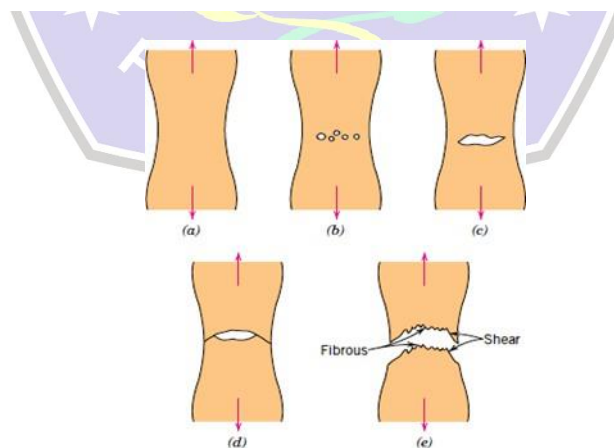
Berikut ini adalah karakteristik patah ulet :

- 1) Tekanan uniaxial menyebabkan penurunan pada luas penampang fraktur.
- 2) Butuh waktu lebih lama untuk mematahkan tulang.
- 3) Bergantung pada beban, pertumbuhan retakan lambat.
- 4) Permukaan patahan memiliki garis-garis berserabut, berurat, menyerap cahaya, dan tampak keruh.

Patah ulet akan mempunyai karakter berbeda ketika dilakukan pengamatan secara visual makro menunjukkan skema representasi dari dua jenis karakteristik patahan secara makro. Bentuk yang didapati pada material yang memiliki sifat lunak contohnya adalah emas dengan temperatur ruang, polimer, metal dan inorganik gelas dengan temperatur cukup tinggi. Pada umumnya wujud dari patah ulet yang diakibatkan tegangan tarik adanya necking pada awal patahan. Mekanisme patah ulet melalui beberapa tahap yang diawali dengan necking (pengecilan luasan setempat) kemudian microvoid terbentuk pada struktur material. Bisa diamati digambar dibawah ini[14].



Gambar 2.4 patah cup dan cone (a) awal necking, (b) cavity kecil, (c) bentuk patah getas tanpa adanya deformasi plastis



Gambar 2.5 (a) patah ulet (b) patah ulet setelah terjadi necking, (c) bentuk patah getas tanpa adanya deformasi plastis pengumpulan cavity menjadi retakan, (d) penjalaran retak, (e) patah geser sudut 45° pada arah tegangan[14]

2.7 Karakterisasi Material

Pengujian terhadap material merupakan sesuatu metode untuk mencari tahu sifat dan kualitas pada material. Uji mekanik sangat bervariasi karena sifat dan material yang di uji juga bervariasi, Jenis ikatan dan struktur atom atau molekul suatu bahan padat menentukan karakteristik suatu bahan.

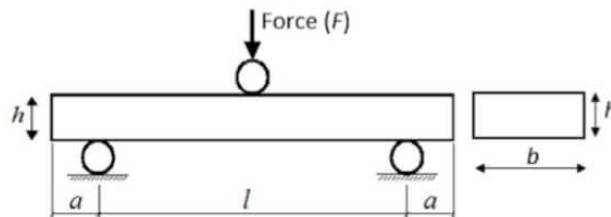
2.8 Pengujian Struktur Mikro

Uji struktur mikro merupakan alat yang digunakan untuk melihat gambar yang mana beda uji atau spesimen telah selesai dilakukan pengujian bending maupun kuat tekan guna untuk dianalisis selanjutnya terkait perubahan struktur mikro, alat yang digunakan yaitu metallurgical microscope 4XC. Pengujian dilakukan pada area yang terkena pada saat pengujian baik uji bending maupun uji kuat tarik, spesimen diletakan pada tempat pengujian dan diamati menggunakan mikroskop diperbesar 100 kali dan di foto menggunakan optilab yang dihubungkan dengan komputer.

Adapun cara mengamati gambar area spesimen yang mengalami suatu perubahan dilakukan pada area yang terdampak, dengan cara spesimen diletakan pada tempat pengujian dan diamati menggunakan mikroskop diperbesar 100 kali dan difoto dengan optilab yang terhubung komputer.

2.9 Uji Bending

Pengujian bending adalah pengujian untuk menilai kualitas bahan secara visual. Proses pemuatan melibatkan pembengkokan bagian tengah bahan uji atau sampel antara dua penyangga dengan jarak yang telah ditentukan menggunakan mandrel atau penggeser berdimensi. Materi tersebut kemudian berubah bentuk karena aksi simultan dari dua gaya yang berlawanan. Berikut ini merupakan skema pengujian bending ada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.6 Skema Pengujian Tekuk pada Bahan Uji

Pada gambar 2.9, menurut skema uji tekuk bahan uji, spesimen harus diperiksa apakah ada retakan dan cacat permukaan lainnya setelah dibengkokkan menjadi bentuk cembung. Spesimen dianggap gagal uji jika patah saat dibengkokkan. Namun, kriteria penerimaan harus memenuhi standar yang ditetapkan jika tidak patah, seperti jumlah dan ukuran cacat permukaan atau retakan. Kecuali jika dimensinya melebihi batas yang ditetapkan oleh standar, retakan pada sisi ketebalan spesimen atau di sudutnya tidak dianggap sebagai kegagalan uji[15].

Pengujian bending secara umum mempunyai 2 metode pengujian, yaitu : Three Point Bending dan Four Point Bending. Setiap metode pengujian mempunyai metode perhitungan yang berbeda, sehingga kedua metode pengujian ini masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan[16].

a. *Three Point Bending*

Three point bending merupakan metode pengujian yang melibatkan dua tumpuan dan satu penekan.

b. *Four Point Bending*

Four point bending merupakan cara pengujian yang menggunakan dua tumpuan dan dua penekan

Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui perubahan kekuatan bending spesimen dengan menggunakan standar uji bending ASTM E290 dengan metode yang digunakan yaitu Three Point Bending yang sebagaimana rumus persamaan sebagai berikut[7].

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots 1$$

Keterangan rumus:

- σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm²)
- P = beban atau Gaya yang terjadi (kgf)
- L = Jarak *point* (mm)
- b = lebar benda uji (mm)
- d = Ketebalan benda uji (mm)