

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penyusunan tugas akhir ini peneliti menggali informasi dari *article*, jurnal, skripsi dan buku-buku dalam rangka mendapatkan suatu informasi yang berkaitan dengan judul Tugas Akhir yang penulis lakukan untuk memperoleh hasil dari penjelasan buat landasan teori ilmiah. Sebagai bahan perbandingan peneliti tugas akhir ini menggali informasi dari penelitian sebelumnya, untuk mencari kelebihan dan kekurangan yang sudah pernah dilakukan penelitian.

Iqbal Farid, 2012, dengan judul "... Pengaruh *Temperature Tempering* terhadap Kekuatan *Impact* Baja JIS G3101 SS400 ...". Dari hasil penelitian yang dilakukan semakin tinggi *temperature tempering*, maka kekuatan *impact* semakintinggi pada *temperature* pengujian -25°C sampai 100°C yaitu $150,463 \text{ kg.mm/mm}^2$ sampai $166,098 \text{ kg.mm/mm}^2$ yang didapatkan dengan proses *tempering temperature* pemanasan 400°C . Karena dengan peningkatan *temperature* pemanasan pada proses *tempering* akan meningkatkan energi termal sehingga menghasilkan banyaknya butiran yang semakin besar dan akhirnya akan meningkatkan kekuatan *impact* nya. Selain itu juga terjadi peningkatan kekuatan *impact* seiring dengan meningkatnya *temperature* pengujian, urutan kekuatan *impact* nya mulai yang terendah yaitu saat *temperature* -25°C , 0°C , 27°C , 63°C , dan 100°C . Hal ini terjadi karena energi *thermal* berpengaruh terhadap ketangguhan spesimen. Jika energi *thermal* semakin besar maka energi yang dimilikinya semakin besar juga. Yang menyebabkan pergerakan dislokasi menjadi relatif lebih mudah sehingga dibutuhkan energi yang lebih besar untuk mematahkan spesimen.

Fahmi Aziz Husain dan Yuli Setiyorini, 2013, "...Pengaruh Variasi Temperatur *Austenisasi* Pada Proses *Heat Treatment Quenching* Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro *Friction wedge* AISI 1340..." Dari jurnal penelitian yang telah dilakukan bahwa spesimen yang dirawat memenuhi standar gesekan kekerasan irisan. Nilai kekerasan meningkat dengan meningkatnya suhu *austenisasi*. Hasil terbaik didapatkan dari spesimen *heat treatment quenching* pada media pendinginan oli pada temperatur *austenit* 8300C dengan nilai kekerasan 458 BHN, tidak terjadi retak dan memiliki nilai elongasi terendah sebesar 0,43%, sehingga dapat bertahan pada temperatur kerja. Struktur mikro yang dihasilkan berupa residu *martensit* dan *austenit*.

Shahin Shohibul Awliya, 2017, "... Pengaruh Waktu *Tempering* Pada Suhu 160°C Dengan Proses *Quench Temper* Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan *Impact* Baja Pegas Daun Bekas Sebagai Bahan Pisau..." Berdasarkan hasil data tersebut dapat di analisis bahwa dengan adanya proses perlakuan panas (*tempering*) atau proses pengerasan berpengaruh terhadap penurunan nilai kekerasan dan peningkatan nilai kekuatan *impact*. Hal ini terlihat pada pembahasan data yang didapatkan, di mana waktu *tempering* 50 menit, 70 menit, dan 90 menit menghasilkan nilai kekerasan berturut-turut sebesar 49,2 HRC, 47,4 HRC, dan 46,42 HRC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan impak meningkat dengan bertambahnya waktu tempering. pada waktu *tempering* 50 menit, 70 menit, dan 90 menit menghasilkan nilai *impact* berurutan di antaranya $0,00406 \text{ kgm/mm}^2$, $0,00544 \text{ kgm/mm}^2$, dan $0,00638 \text{ kgm/mm}^2$.

Kharisma Yuko Rasyidy dan Suwarno, 2017, "... Pengaruh Suhu *Austenitisasi* dan Proses Pendinginan terhadap *Mikrostruktur* dan Sifat Mekanis Baja Paduan..." *Mikrostruktur martensit* pada proses pendinginan udara sudah membentuk *martensit*. Struktur mikro yang di peroleh pada proses pendingin dapur adalah perlit dan ferit. Sedangkan pendinginan dalam air di peroleh struktur mikro sisa *martensit* dan *austenit*. Penambahan temperatur *austenit* mengurangi jumlah sisa *austenit* yang terbentuk setelah proses pendinginan dalam air. *Austenit* yang tersisa adalah 15% pada suhu *austenisasi* 8000C, 12% pada suhu *austenisasi* 8500C, dan 9% pada suhu *austenisasi* 9000C. Kekerasan tertinggi terdapat pada proses pendinginan dalam air yaitu 60,11 HRC (8000C), 60,78 HRC (8500C), dan 61,44 HRC (9000C). Kekerasan pada proses pendinginan di udara di peroleh 56,56 HRC (8000C), 57 HRC (8500C), dan 57,67 HRC (9000C). Kekerasan terendah pada proses pendinginan di dapur yaitu 37,00 HRC (8000C), 37,67 HRC (8500C), dan 38,67 HRC (9000C). Nilai kekuatan *impact* di peroleh pada benda uji dengan pendinginan dalam air yaitu 0,35 Kgm/cm² (9000C), 0,53 Kgm/cm² (8500C), dan 0,4 Kgm/cm² (8000C). Kekuatan *impact* spesimen dengan pendinginan di udara adalah 1,07 Kgm/cm² (9000C), 1,04 Kgm/cm² (8500C), dan 0,99 Kgm/cm² (8000C). Kekuatan *impact* pada benda uji dengan proses pendinginan di dapur di peroleh 0,7 Kgm/cm² (9000C), 0,81 Kgm/cm² (8500C), dan 0,61 Kgm/cm² (8000C).

Muhammar Ghaddafi, 2021, "... Pengaruh Media Air Garam Terhadap Kekerasan Dari Proses Perlakuan Panas Menggunakan Api Oksi Asetilen ..." Pada proses *hardening* terlihat bahwa baja yang telah di panaskan dengan tungku pembakar terbuka bagian yang di keraskan dapat mempengaruhi setiap bagian lainnya, sedangkan pada metode *flame hardening* kekerasan material hanya terjadi pada bagian permukaan yang di keraskan saja sedangkan bagian inti material tidak terjadi peningkatan kekerasan yang signifikan. Terjadinya peningkatan kekerasan pada metode *flame hardening* di karenakan adanya proses pendinginan yang cepat, air garam yang langsung di semprotkan setelah pemanasan dapat memberikan penurunan suhu pendinginan yang merata setelah permukaan di keraskan ini menyebabkan *martensit* dapat terbentuk. Pengaruh larutan air garam pada proses pengerasan *flame hardening* ini dapat mengurangi bahaya oksidasi, karburisasi atau dekarburisasi sehingga kerusakan yang di akibatkan oksigen, karbon dioksida dan gas metana, uap air pada proses pembakaran dapat di minimalisir sehingga pembentukan struktur *martensit* di peroleh.

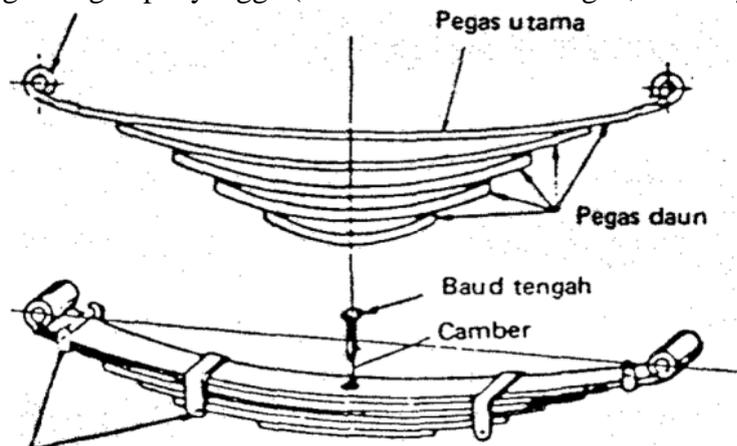
Kekerasan tertinggi di peroleh pada proses *flame hardening* dengan pendinginan 15% air garam yaitu 58,5 HRC, dan terjadi penurunan kekerasan pada persentase air garam 10% yaitu menjadi 48 HRC, namun kekerasannya lebih tinggi pada pendingin oli sebesar 52,5 HRC dari pada pendinginan air garam 5% yaitu 48 HRC. Pada proses perlakuan panas permukaan dapat di simpulkan bahwa nilai kekuatan tarik berbanding terbalik dengan nilai keuletan di mana kekuatan tarik tertinggi di peroleh pada perlakuan *hardening* dengan menggunakan oli sebesar 1215,54 Mpa, sedangkan nilai keuletan tertinggi di peroleh pada perlakuan panas permukaan *flame hardening* dengan persentase air garam 5% yaitu sebesar 13,58%. Proses pendinginan cepat pada metode *flame hardening* dengan menyemprotkan air garam menyebabkan terjadinya oksida besi (Fe₂O₃ dan FeO) yang berwarna (*tarnish*) hitam kebiruan, yang mana pembentukan oksida besi pada permukaan akan menambah kekerasan (*hardness*) tapi juga membuat besi mudah patah maka perlu di lakukan proses *tempering*.

2.2 Kajian Teori

2.2.1 Pengertian Pegas Daun

Pegas daun merupakan komponen yang berfungsi untuk meredam beban kejut yang di timbulkan pada permukaan jalan dan menstabilkan kendaraan bermotor saat menerima beban statis dan dinamis untuk memberikan kenyamanan pada pengendara. Pegas daun jenis ini mampu menerima beban yang lebih besar jika di dibandingkan dengan pegas lainnya seperti pegas koil dan pegas torsi. Oleh karena itu, pegas daun banyak di gunakan pada sistem suspensi belakang pada kendaraan bermuatan berat. Penurunan kualitas sifat mekanik menyebabkan pegas tidak layak pakai karena menimbulkan kondisi yang tidak nyaman bagi pengendara. Melalui penelitian ini akan di lakukan pengujian terhadap material pegas daun, hal ini di harapkan dapat menjadi solusi untuk meningkatkan kekuatan dan ketangguhan pegas daun bekas. Untuk meningkatkan sifat mekanik pegas akan di lakukan perlakuan panas yang meliputi pemanasan (*heat treatment*) dan pendinginan (*quenching*). Sifat-sifat pegas daun antara lain :

- a. Konstruksi sederhana
- b. Dapat meredam getaran sendiri (gesekan antara daun pegas)
- c. Berfungsi sebagai lengan penyangga (tidak memerlukan lengan, memanjang – melintang)



Gambar 2.1 Konstruksi pegas daun

(Sumber : <https://www.lksotomotif.com/2019/09/fungsi-pegas-daun-leaf-spring-pada.html>)

Beberapa penjelasan tentang material baja pegas:

1. Baja karbon tinggi berupa minyak/kawat Contoh: JIS SUP 10 dan JIS SUP 12.
2. Baja karbon tinggi dalam bentuk pelat/strip Contoh: JIS G 4801 (SUP 3, SUP 6, SUP 7, SUP 9A, SUP 9, SUP 11A, SUP 13).
3. Paduan baja pegas Contoh: Chromium Vanadium, ASTM A231.
4. Baja tahan karat berpegas Contoh: Stainless Type304, ASTM A313 (18% kromium, 8% nikel).
5. Baja pegas paduan dasar tembaga Contoh: Spring Brass, ASTM B 134 (tembaga 70%, seng 30%).
6. Baja pegas paduan berbasis nikel Contoh: Monel* (67% nikel, 30% tembaga).
7. Baja pegas paduan berbasis nikel dengan modulus elastisitas konstan Contoh: Elinvar* (nikel, besi, kromium).

2.2.2 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas merupakan proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dalam jangka waktu tertentu yang di maksudkan untuk memperoleh sifat-sifat tertentu pada logam. "...Pembentukan sifat-sifat inilah yang sangat di perlukan untuk memperoleh material bahan industri yang betul-betul sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya..." (Purbo, 2009:1).

Prinsip perlakuan panas ini pada dasarnya sangat sederhana, yaitu logam di panaskan dengan laju pemanasan tertentu hingga mencapai *temperature* tertentu dan kemudian di tahan pada *temperature* tersebut dengan waktu tertentu serta akhirnya di dinginkan dengan laju pendinginan tertentu pula. Adapun prinsip proses perlakuan panas yaitu:

1. Laju pemanasan, di mana material di panaskan sampai *temperature austenit*. Adapun syarat-syarat pemanasan yaitu pemanasan yang di lakukan tidak merubah bentuk komponen (tetap dalam keadaan solid).
2. Penahanan waktu, di mana setelah material di panaskan sampai mencapai *temperature austenit* kemudian di lakukan penahan waktu pada *temperature* tertentu.
3. Laju pendinginan, di mana media pendingin yang di gunakan yaitu: air, air garam, air susu dan oli. Sedangkan untuk *annealing* nya yaitu dengan udara bebas.

Secara umum, perlakuan panas di klasifikasikan menjadi 2 jenis:

1. *Near Equilibrium* (mendekati kesetimbangan) Tujuan dari perlakuan panas mendekati kesetimbangan adalah untuk melunakkan struktur kristal, menghaluskan butiran, menghilangkan tegangan untuk meningkatkan *machinability*. Jenis perlakuan panas di dekat kesetimbangan seperti anil penuh, anil penghilang stres, anil proses, spheroidisasi, normalisasi, dan homogenisasi.
2. *Non Equilibrium* (tidak setimbang) Tujuan perlakuan panas *non-equilibrium* adalah untuk mendapatkan kekerasan dan kekuatan yang lebih tinggi. Jenis perlakuan panas *non-equilibrium*, misalnya: *hardening*, *martempering*, *austempering*, *surface hardening* (*Carburizing*, *Nitriding*, *Cyaniding*, *Flame hardening*, *Induction hardening*). Proses perlakuan panas dalam keadaan unbalance di lakukan dengan cara memberikan pendinginan yang cepat pada logam yang telah di panaskan sehingga tidak ada peluang bagi material yang telah dipanaskan untuk mencapai kondisi kesetimbangan karena waktu yang di butuhkan untuk transformasi/dekomposisi tidak mencukupi.

2.2.3 Quenching

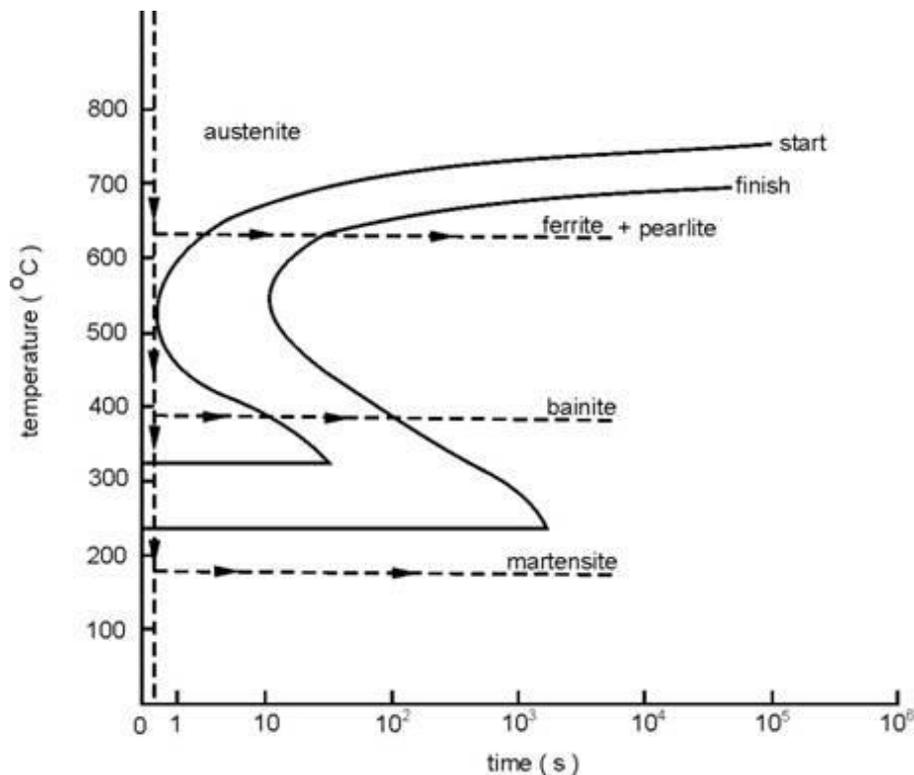
Proses *quenching* atau *hardening* baja merupakan proses pemanasan logam yang memerlukan waktu yang cukup lama untuk mencapai batas *austenit* dan baja segera di rendam dalam media pendingin, tergantung kecepatan pendinginan yang di inginkan untuk mencapai kekerasan baja. "...Perlakuan panas pengerasan adalah proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk memperoleh sifat-sifat tertentu..." (Trihutomo 2015: 29). Perlakuan panas benda kerja hingga setting temperatur dengan waktu henti yang cukup pada setting temperatur dan pendinginan (*shocking*) hingga laju pendinginan kritis. Akibat kejut dingin dari daerah suhu pengerasan ini, suatu keadaan gaya di capai untuk struktur baja yang menginduksi kekerasan, oleh karena itu proses pengerasan ini di sebut pengerasan kejut.

Kekerasan maksimum dapat terjadi dengan tiba-tiba mendinginkan sampel yang di panaskan yang mengakibatkan perubahan struktur mikro. Laju pendinginan tergantung pada beberapa faktor, yaitu suhu medium, panas spesifik, panas penguapan, konduktivitas termal sedang, viskositas, dan agregasi (aliran media pendingin). "... Kecepatan pendinginan dengan air lebih besar dibandingkan dengan pendinginan dengan oli, sedangkan pendinginan dengan udara kecepatannya paling kecil..." (Syaeudin, 2001).

Proses *quenching* melibatkan beberapa faktor yang saling terkait. Yang pertama adalah jenis media pendingin dan kondisi proses yang di gunakan, yang kedua adalah komposisi kimia dan kemampuan pengerasan logam. *Hardenability* adalah fungsi dari komposisi kimia dan ukuran butir pada suhu tertentu. Selain itu, dimensi logam juga mempengaruhi hasil proses *quenching*. Ada dua jenis proses pendinginan yaitu sebagai berikut:

1. Pendinginan tidak terus menerus

Jika suatu baja di dinginkan dari suhu yang lebih tinggi kemudian di tahan pada suhu yang lebih rendah selama waktu tertentu, maka akan menghasilkan struktur mikro yang berbeda. Hal ini dapat di lihat pada diagram *Transformasi Isothermal* di bawah ini.



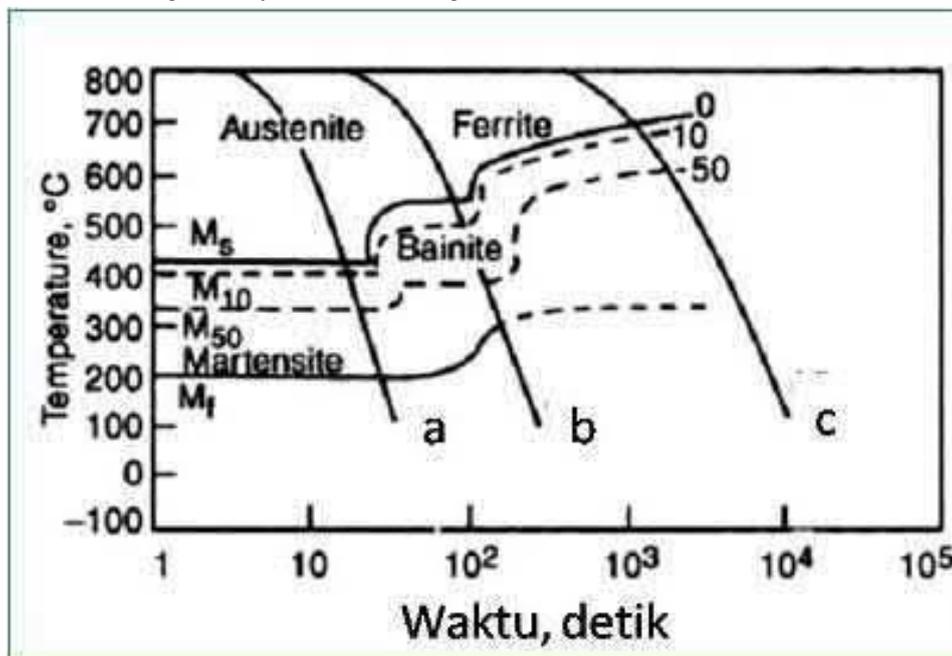
Gambar 2.2. Diagram *Transformasi Isothermal*
(Sumber: <http://wartawarga.gunadarma.ac.id/cgi-sys/suspendedpage.cgi>)

Berikut adalah beberapa penjelasan tentang diagram di atas:

1. Bentuk diagram tergantung pada komposisi kimia, terutama kandungan karbon dalam baja.
2. Untuk baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,83% yang ditahan pada temperatur tertentu dan terletak di puncak kurva C akan menghasilkan struktur perlit dan ferit.

3. Jika suhu dipertahankan pada titik tertentu di bawah kurva C tetapi masih di sisi atas garis horizontal, Anda akan mendapatkan struktur mikro Bainit (lebih keras dari perlit).
 4. Jika temperatur ditahan pada titik tertentu di bawah garis mendatar, maka akan didapatkan struktur martensitik (sangat keras dan rapuh).
 5. Semakin tinggi kandungan karbon, kedua kurva C akan bergeser ke kanan.
 6. Ukuran butiran sangat dipengaruhi oleh suhu pemanasan yang tinggi, lama pemanasan dan semakin lama pemanasan maka akan muncul butiran yang lebih besar. Semakin cepat pendinginan akan menghasilkan ukuran butir yang semakin kecil.
2. Pendinginan Berkelanjutan

Dalam prakteknya, proses pendinginan pada pembuatan material baja di lakukan secara terus menerus dari suhu yang lebih tinggi ke suhu yang lebih rendah. Pengaruh kecepatan pendinginan kontinyu terhadap struktur mikro yang terbentuk dapat di lihat dari *Continuous Cooling Transformation Diagram*:



Gambar 2.3 *Continuous Cooling Transformation Diagram*
 (Sumber: <http://prematureengineer.blogspot.com/2018/12/diagram-cct.html>)

Berikut penjelasan tentang diagram di atas:

1. Kurva pendinginan (a) menunjukkan pendinginan kontinyu yang sangat cepat dari temperatur *austenit* sekitar 920°C hingga temperatur 200°C. Laju pendinginan yang cepat ini mengakibatkan dekomposisi fasa *austenit* menjadi *martensit*. Fase *Austenit* akan mulai terurai menjadi *martensit* pada Temperatur MS (*Martensite Start*). Sedangkan akhir pembentukan *martensit* akan berakhir pada saat pendinginan mencapai suhu MF (*martensite finish*).
2. Kurva pendinginan (b) menunjukkan pendinginan terus-menerus dengan kecepatan sedang dari suhu 920°C hingga 250°C. Dengan laju pendinginan yang terus menerus ini *fase austenit* terurai menjadi struktur *bainit*.

3. Kurva pendinginan (c) menunjukkan pendinginan terus menerus dengan laju pendinginan lambat dari 920°C hingga 250°C. Pendinginan yang lambat ini menyebabkan *fase austenit* terurai menjadi *fase ferit* dan *perlit*

2.2.4 Annealing

Annealing ialah proses menurunkan kekerasan suatu baja dengan jalan memanaskan baja tersebut pada *temperature* di atas *temperature* krisis maksimum 980°C, dan kemudian didinginkan secara perlahan-lahan di udara (sampai dingin). Tujuan dari *annealing* ialah untuk:

1. Mendapatkan baja yang mempunyai kadar karbon tinggi, tetapi dapat di kerjakan mesin atau pengerjaan dingin.
2. Memperbaiki keuletan.
3. Menurunkan atau menghilangkan ketidak homogenan stuktur.
4. Memperhalus ukuran butir.
5. Menghilangkan tegangan dalam.
6. Menyiapkan struktur baja untuk proses perlakuan panas.

2.2.5 Tempering

Tempering adalah proses pemanasan ulang sampai temperatur di bawah temperatur kritis bawah, hal ini di maksudkan untuk mengurangi *internal stress*, daktilitas dan ketangguhan meningkat kembali (Supriyanto dan Bowo 2012:47). *Tempering* di definisikan sebagai proses memanaskan logam setelah mengeras pada suhu *tempering* (di bawah suhu kritis), yang di lanjutkan dengan proses pendinginan. Baja yang telah di keraskan bersifat getas/rapuh dan tidak layak pakai, melalui proses *tempering* kekerasan dan kegetasannya dapat di kurangi untuk memenuhi syarat pemakaian. Kekerasan menurun, kekuatan tarik juga akan menurun sedangkan keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih ringan, proses ini berbeda dengan anil karena sifat fisiknya dapat di kontrol dengan hati-hati.

Pada suhu 200°C hingga 300°C laju difusi lambat hanya sejumlah kecil karbon yang terlepas, akibatnya sebagian struktur tetap keras tetapi mulai kehilangan kerapuhannya. Antara 500°C dan 600°C fusi lebih cepat, dan atom karbon yang berdifusi di antara atom besi dapat membentuk *sementit*. Menurut tujuan dari proses *tempering* di bedakan sebagai berikut :

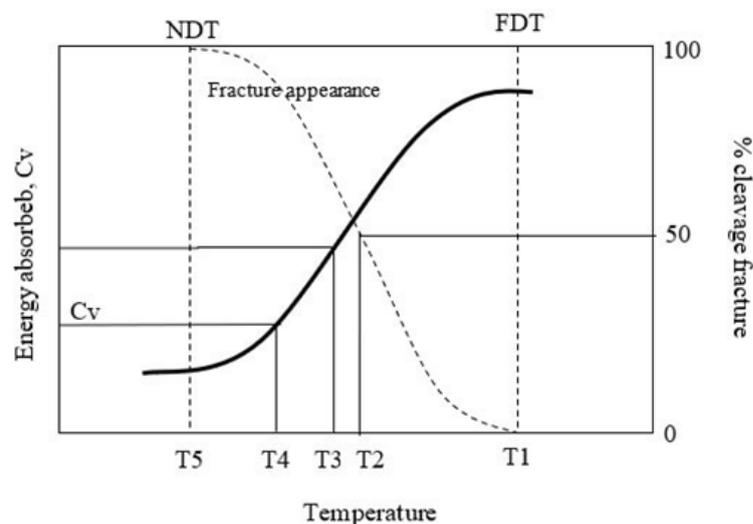
1. *Tempering* pada suhu rendah (150°-300°C). *Tempering* ini hanya untuk mengurangi tekanan kerutan dan kerapuhan baja, biasanya untuk alat pemotong, mata bor dan sebagainya.
2. *Tempering* pada suhu sedang (300°-550°C). *Tempering* pada suhu sedang bertujuan untuk meningkatkan keuletan dan sedikit mengurangi kekerasan. Proses ini di gunakan pada alat kerja yang mengalami beban berat, seperti palu, pahat, pegas. Suhu yang di gunakan pada penelitian ini adalah 500°C pada proses *tempering*.
3. *Tempering* pada suhu tinggi (550°C-650°C). Temperatur suhu tinggi bertujuan untuk memberikan keuletan yang tinggi dan sekaligus menurunkan kekerasan, misalnya pada roda gigi, poros penggerak dan sebagainya.

2.2.6 Normalizing

Normalisasi adalah proses yang dilakukan dengan cara memanaskan baja hingga mencapai suhu *austenit*, kemudian pada suhu tersebut di tahan beberapa saat, kemudian di dinginkan secara perlahan menggunakan media pendingin udara. Tujuan dari perlakuan normalisasi ini adalah untuk meningkatkan keseragaman dan menghilangkan tegangan sisa. Suhu pemanasan normalisasi sekitar 50° C di atas suhu kritis atas Ac3 untuk baja *hipoeutektoid* untuk mendapatkan *austenit* yang homogen (Kohar, R. 2014: 60). Pada proses pendinginan ini suhu logam di pertahankan selama kurang lebih 2 menit/mm dari ketebalannya hingga suhu spesimen sama dengan suhu ruang, dan struktur yang di peroleh pada proses ini antara lain perlit, perlit coklat ferit atau sementit coklat perlit. Normalisasi di gunakan untuk menghaluskan struktur butir dan menciptakan *austenit* yang lebih homogen saat baja di panaskan kembali.

2.2.7 Temperature Transisi

Selain kekuatan *impact*, hal yang dapat di dihasilkan dari pengujian *impact* adalah *temperature* transisi bahan. *Temperature* transisi adalah *temperature* yang menunjukkan transisi perubahan jenis perpatahan suatu bahan bila di uji pada *temperature* yang berbeda-beda. Pada pengujian dengan *temperature* yang berbeda- beda maka akan terlihat bahwa pada *temperature* tinggi material akan bersifat ulet (*ductile*) sedangkan pada *temperature* rendah material akan bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Suatu pengujian *impact* akan lebih bermakna bila di lakukan pada suatu daerah *temperature* pengujian, sehingga dapat di pelajari bagaimana pengaruh *temperature* terhadap pola perpatahan suatu bahan dan juga dapat di tentukan *temperature* transisi. Ada 5 kriteria dalam penentuan *temperature* transisi seperti yang di tunjukkan oleh gambar di bawah ini :



Gambar 2.4. Grafik temperatur transisi
(sumber : <https://www.detech.co.id/impact-test/>)

1. Kriteria 1, yaitu T1 pada temperatur ini pola patahan adalah 100% *fibrous*. FTP (*Fracture Transition Plastic*), kriteria ini sangat konservatif karena pada suhu ini spesimen patah ulet telah di anggap mengalami transisi.
2. Kriteria 2, yaitu T2 FATT (*fracture Apperance Transition Temperature*) Temperatur pada saat menghasilkan pola patahan 50% *cleavage fracture* & 50% *ductile fracture*.

3. Kriteria 3, yaitu T3 rata-rata energi tertinggi dengan energi terendah yang di serap, besarnya seringkali mirip dengan T2.
4. Kriteria 4, yaitu T4 temperatur yang dapat menghasilkan energi sebesar 20 joule (15 ft lb).
5. Kriteria 5, yaitu T5 temperatur yang menghasilkan pola patahan 100% *cleavage fracture* disebut NDT (*Nil Ductility Temperature*).

Temperture transisi pengujian *impact* juga dapat di gunakan untuk menentukan *ductile to brittle transition temperature* yaitu *temperature* tertentu yang lebih rendah di mana logam berubah menjadi getas. *Temperature* transisi ini hanya dapat di peroleh jika pengujian *impact* di lakukan pada *temperature* yang bervariasi.

2.2.8 Holding Time

Holding time adalah proses mempertahankan temperatur pada waktu tertentu agar temperatur terdistribusi secara merata dan perubahan struktur terjadi secara merata pula. Untuk mendapatkan kekerasan maksimum suatu material pada proses *hardening* dengan menahannya pada suhu *hardening* agar di peroleh pemanasan yang homogen sehingga struktur *austenit* menjadi homogen atau terjadi pelarutan karbida ke dalam *austenit*, dalam peleburan karbon dan unsur paduannya. Baja perlu di tahan pada suhu *austenit* agar karbida larut dan *austenit* menjadi lebih homogen. "...Waktu penahanan sangat berpengaruh pada saat transformasi karena jika waktu penahanan yang di berikan tidak tepat atau terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak sempurna dan tidak homogen selain itu waktu penahanan yang terlalu singkat akan mengakibatkan rendahnya kesadahan, hal ini di sebabkan tidak cukupnya jumlah karbida terlarut dalam larutan..." (Pramono, A. 2011: 32-38).

2.2.9 Media Pendingin

Media pendingin adalah bahan yang di gunakan untuk mendinginkan spesimen yang telah di panaskan dalam proses perlakuan panas. Media pendingin ini di perlukan untuk mengubah sifat mekanik baja agar mendapatkan sifat yang lebih keras dari sebelumnya. Ada banyak media yang di gunakan untuk proses perlakuan panas ini antara lain air, air garam, susu, minyak, dan udara. Namun seiring dengan perkembangan dunia pendidikan, banyak di temukan media pendingin yang di gunakan dalam proses *heat treatment*. Berbagai bahan media pendingin yang di gunakan dalam proses perlakuan panas antara lain:

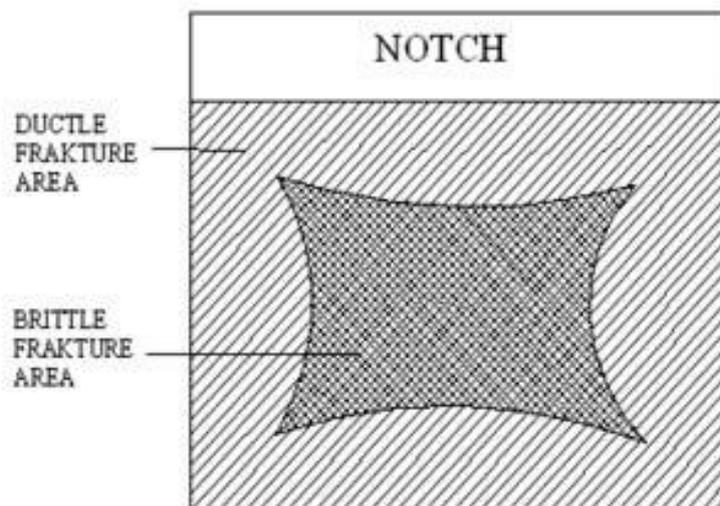
1. Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H₂O. Air tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air memiliki titik beku 0°C dan titik didih 100°C. Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang lebih cepat dibandingkan dengan oli (oli) karena air dapat dengan mudah menyerap panas yang dilaluinya dan panas yang diserap tersebut mendingin dengan cepat. Kapasitas panas air adalah 10 kali lipat dari minyak. Sehingga akan menghasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air menyebabkan internal stress, distorsi dan retak (Gary, 2011).
2. Air garam di gunakan sebagai zat pendingin karena memiliki sifat pendinginan yang teratur dan cepat. Bahan yang di dinginkan dalam cairan garam akan menyebabkan ikatan menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja akan mengikat zat karbon. Air garam cair adalah larutan garam dan air, titik didih larutan akan lebih tinggi dari pelarut

murni. Keuntungan menggunakan air garam sebagai media pendingin adalah selama proses pendinginan suhu merata di semua bagian permukaan, tidak ada bahaya oksidasi, karburisasi atau dekarburisasi.

3. Air Susu adalah bahan baku dari semua produk sumsum yang sebagian di gunakan sebagai produk pangan. Contoh susu kental manis di singkat SKM, di kenal juga sebagai susu kental manis adalah tambahan gula, sehingga menghasilkan susu yang sangat manis rasanya dan dapat bertahan selama satu tahun bila tidak dibuka.
4. Minyak/oil yang digunakan sebagai fluida pendingin pada *heat treatment* adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang sedang di proses. Selain oli yang khusus di gunakan sebagai bahan pendingin pada proses *heat treatment*, bahan bakar minyak atau oli juga bisa di gunakan. Viskositas oli dan base oil sangat berpengaruh pada proses pendinginan sampel. Oli yang memiliki kekentalan lebih rendah memiliki kemampuan menyerap panas yang lebih baik dibandingkan dengan oli yang memiliki kekentalan lebih tinggi karena penyerapan panas akan lebih lambat.
5. Pendinginan udara di lakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Udara yang di sirkulasi ke ruang pendingin di buat dengan kecepatan rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan bagi logam untuk membentuk kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara.

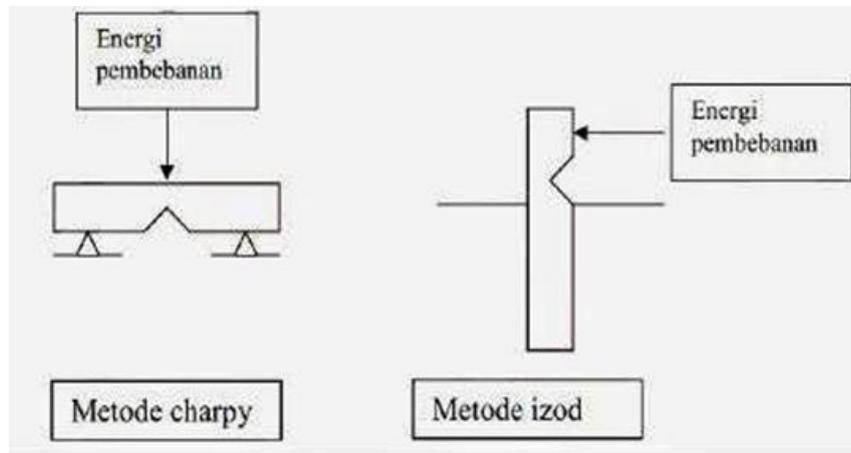
2.2.10 Pengujian Pukul-Takik (*Impact Test*)

Kekuatan *impact* adalah ketahanan material terhadap benturan mendadak. “... Kekuatan ini dinyatakan dengan jumlah energi yang di butuhkan untuk mematahkan batang uji. Jadi, kekuatan *impact* sebenarnya juga ketangguhan...” (Suherman, 1987:37). Uji *impact* juga di gunakan untuk mempelajari pola patahan pada material yang di uji, apakah patah getas atau patah ulet dengan melakukan pengamatan secara visual pada permukaan patahan untuk mengetahui kualitas material tersebut. *Granular fracture* atau *cleavage fracture* adalah permukaan rekahan getas yang mengkilat dan berbutir, sedangkan rekahan ulet tampak lebih buram dan berserabut, juga dikenal sebagai *fibrous fracture* atau *shear fracture*. Perbedaan permukaan antara kedua jenis patahan di tunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.5. Pola patahan pada penampang specimen uji *impact*
(sumber : <https://www.detech.co.id/impact-test/>)

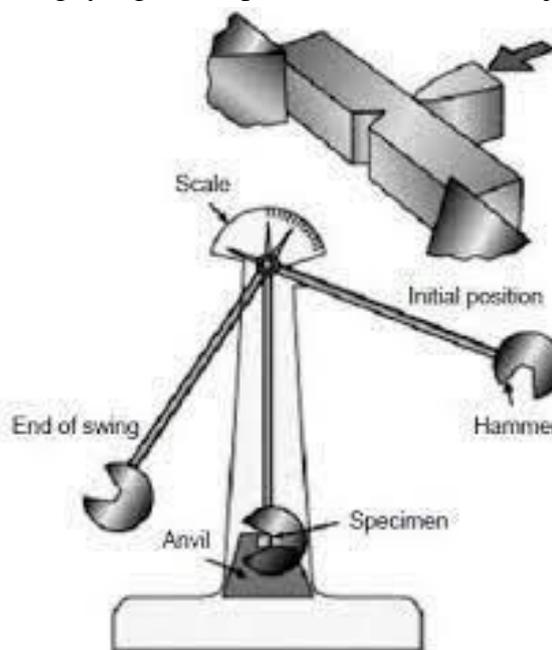
“...Perlu di ketahui kekuatan *impact* cenderung menurun dengan turunnya *temperature*, dengan demikian suatu bahan yang pada *temperature* yang relatif tinggi masih bersifat ulet, pada suatu *temperature* tertentu yang lebih rendah mula-mula berubah menjadi getas...” (Suherman, 1987:38).



Gambar 2.6. Perbedaan mekanisme pengujian *impact* metode *charpy* dan *izod*
(Sumber : Handoyo, 2013)

1. Pengujian *impact* metode *charpy*

Pengujian impak *Charpy* (juga di kenal sebagai tes *Charpy v-notch*) yang banyak di gunakan di Amerika Serikat merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang di serap oleh bahan selama terjadi patahan.



Gambar 2.7. Alat pengujian impak metode *charpy*
(Sumber : Wiryosumarto, 2000)

Prinsip dasar dari uji *charpy* adalah besarnya gaya kejut yang di perlukan untuk mematahkan benda uji di bagi luas penampang patahan. Mula-mula bandul *Charpy* di pasang di bagian atas, kemudian di lepas sehingga mengenai benda uji dan bandul

berayun turun ke posisi yang lebih rendah. Sehingga dengan demikian energi yang di serap untuk mematahkan benda uji di tunjukkan dengan selisih tinggi bandul pada posisi atas dengan tinggi bandul pada posisi bawah (*swing height*) bandul harus tepat berada di tengah-tengah benda uji. spesimen uji.

Untuk menghitung energi *impact* menggunakan metode *charpy* dan besar energi yang di serap sampel dapat di nyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$E_0 = W \cdot h_0$$

$$E_0 = W(L - L \cdot \cos\alpha) \dots\dots\dots(2.1a)$$

$$E_1 = W \cdot h_1$$

$$E_1 = W(L - L \cdot \cos\beta) \dots\dots\dots(2.1b)$$

Substitusi persamaan (2.1a) dan (2.1b) ke dalam persamaan *E*.

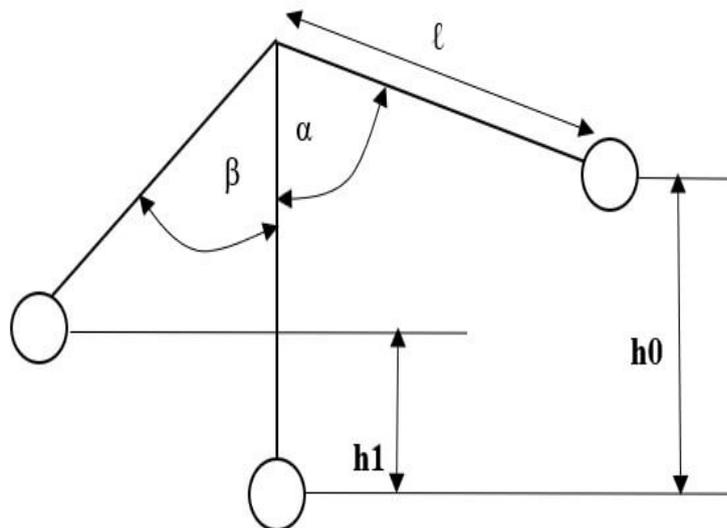
$$E = E_0 - E_1$$

$$E = (W(L - L \cdot \cos\alpha)) - (W(L - L \cdot \cos\beta))$$

$$E = W \cdot L(\cos\beta - \cos\alpha) \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tumbukan *E* (kgm) dibagi luas penampang benda kerja pada bagian yang patah (mm²).

$$IS = \frac{W \cdot L(\cos\beta - \cos\alpha)}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$



Gambar 2.8. Skema perhitungan energi *impact*
(Sumber : <https://www.detech.co.id/impact-test/>)

Keterangan:

α : Sudut awal ($^{\circ}$)

A : Luas penampang yang rusak (mm²)

E₁ : Energi akhir saat pendulum menghantam benda uji (Kgm)

β : Sudut akhir ($^{\circ}$)

E₀ : Energi awal saat pendulum di lepas (Kgm)

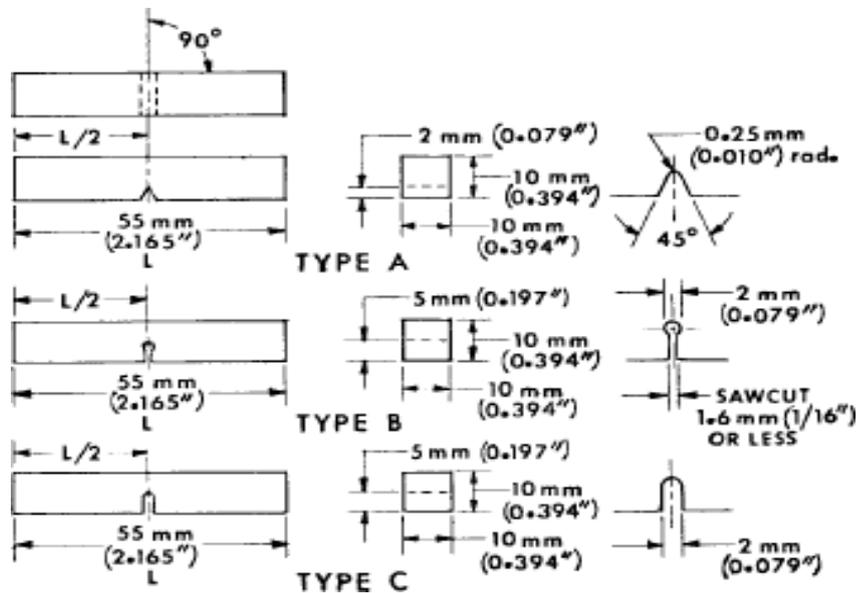
E : Energi yang di gunakan mematahkan benda kerja (Kgm)

W : Berat pendulum (kgm)

L : Jarak titik tumpu ke titik berat pendulum (m)

IS : Kekuatan *Impact* (Kgm/mm^2)

Berikut adalah macam-macam takikan dan dimensi benda uji pada uji *impact* metode *charpy*.

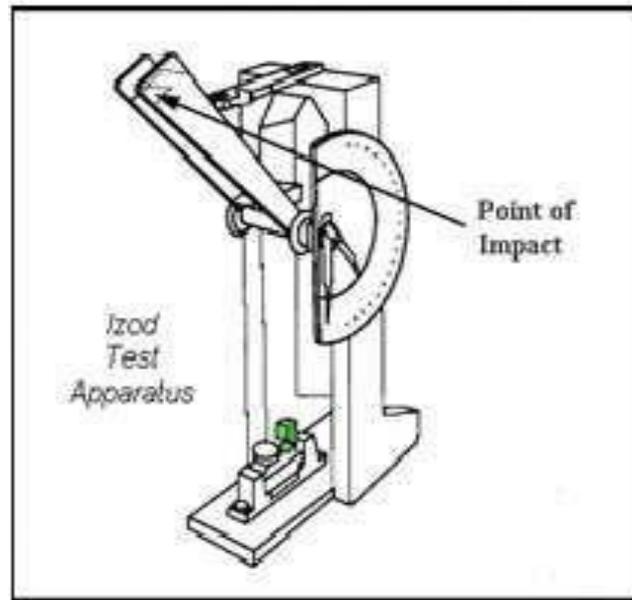


Gambar 2.9. Jenis - jenis takikan pada uji *impact* metode *charpy*
(Sumber : ASTM E23, 2004)

2. Pengujian *impact* metode *izod*

Pengujian *impact* metode *izod* lebih sering di gunakan di negara-negara Eropa. Batang uji *izod* memiliki lekukan berbentuk v yang lebih dekat ke ujung batang. Mekanisme uji *impact* metode *izod* hampir sama dengan metode *charpy*, hanya penempatan benda uji yang berbeda.

Pada metode *izod*, spesimen di letakkan secara vertikal sehingga bidang takik pada metode *izod* dan *charpy* juga jelas berbeda. Pengujian dengan menggunakan *charpy* dapat di katakan lebih akurat karena dalam pengujian *impact* dengan metode *izod* pemegang spesimen juga menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang dapat di serap material secara sempurna.



Gambar 2.10. Alat pengujian *impact* metode *izod*
(Sumber : Wiryosumarto, 2000)

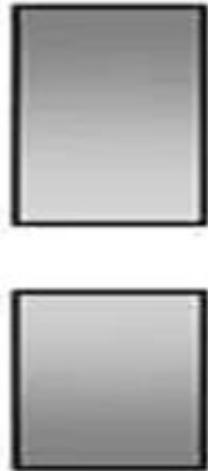
Hasil percobaan pukul takik biasanya tidak dapat di gunakan secara langsung sebagai solusi masalah desain, tetapi hanya dapat di gunakan untuk membandingkan sifat ketangguhan suatu material dengan material lainnya. Ini karena banyak faktor yang mempengaruhi kekuatan *impact* dan tidak mungkin menemukan hubungan antara kondisi pengujian dan kondisi penggunaan. Demikian pula, hanya keadaan tegangan tiga sumbu yang di pengaruhi oleh bentuk dan ukuran takikan. Bentuk dan ukuran benda uji akan menyebabkan kekuatan *impact* yang berbeda ketika faktor-faktor tersebut berbeda. “...Oleh karena itu untuk uji pukul takik ini bentuk dan ukuran benda uji serta bentuk dan ukuran takikan harus sama persis, kemudian hasil pengujian dapat di bandingkan satu sama lain...” (Suherman, 1987 :37).

Setelah benda uji di letakkan, kemudian pendulum di lepas sehingga pendulum akan jatuh akibat gaya gravitasi. Pendulum yang jatuh akibat gaya gravitasi akan menumbuk benda uji yang di letakkan dengan energi yang sama. Energi pendulum akan di serap oleh benda uji yang dapat menyebabkan benda uji patah tanpa deformasi (getas) atau benda uji tidak patah yang berarti benda uji memiliki keuletan yang tinggi.

Permukaan patah spesimen membantu menentukan kekuatan *impact* sehubungan dengan suhu transisi material. Daerah transisi adalah daerah di mana patahan ulet berubah menjadi patahan getas. Bentuk patahan dapat di lihat langsung dengan mata telanjang atau dengan bantuan mikroskop logam. Ada beberapa jenis patah tulang dalam pengujian *impact*:

1. Patah getas

Patah yang terjadi pada bahan rapuh seperti besi tuang. Permukaannya rata dan mengkilap, potongan dapat di pasang kembali, retakan tidak berubah bentuk, nilai pukulan takik rendah. Bentuk patahan getas dapat di lihat pada gambar 2.11 di bawah ini.



Gambar 2.11. Patahan getas
(Sumber : Wiryosumarto, 2000)

2. Patahan liat

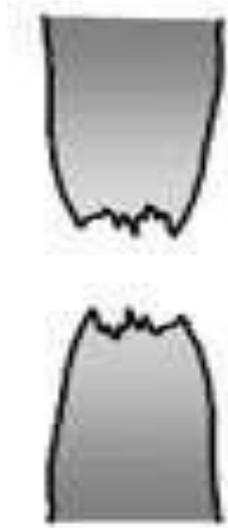
Patah yang terjadi pada benda lunak seperti baja ringan, tembaga. Permukaan yang tidak rata buram dan berserat, pasangan potongan tidak dapat di pasang kembali, terjadi deformasi pada retakan, nilai takik pukulan tinggi, retakan lempung dapat di lihat pada gambar 2.12 di bawah ini.



Gambar 2.12. Patahan liat
(Sumber : Wiryosumarto, 2000)

3. Patahan campuran

Patahan yang terjadi pada bahan yang cukup kuat namun ulet, misalnya pada baja temper. Patahan campuran merupakan gabungan patahan getas dan patahan liat, permukaan kusam dan sedikit berserat, potongan masih dapat di pasang, ada deformasi pada retakan, patahan campuran dapat di lihat pada gambar 2.13 berikut ini.



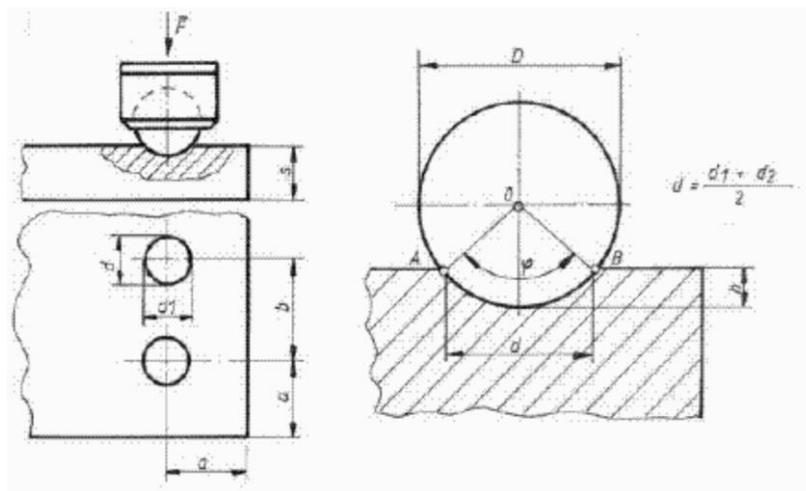
Gambar 2.13. Patahan campuran
(Sumber : Wiryosumarto, 2000)

2.2.11 Pengujian Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik dari suatu material. Kekerasan suatu material adalah ketahanan material terhadap tekanan atau deformasi dari material yang lebih keras. Prinsip dalam uji kekerasan terletak pada permukaan material pada saat permukaan material di beri perlakuan tekanan sesuai dengan parameter (diameter, beban, dan waktu). Berdasarkan mekanisme tekanan yang dilakukan pada saat proses pengujian, maka uji kekerasan di bedakan menjadi tiga jenis metode pengujian dalam menentukan kekerasan suatu material, yaitu:

1. Uji Kekerasan Metode Brinell (HB/BHN)

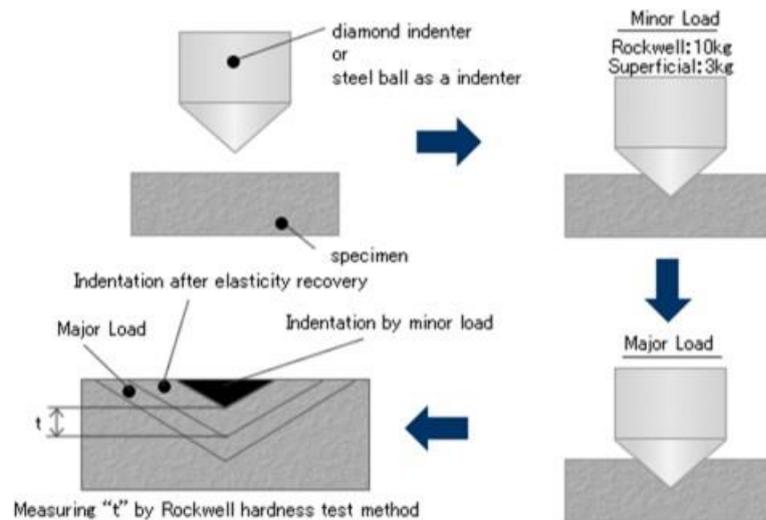
Metode tersebut pertama kali dilakukan oleh Brinell pada tahun 1900. Pengujian kekerasan dengan metode Brinell bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu material berupa ketahanan material terhadap indenter yang ditekan pada permukaan material uji.



Gambar 2.14. Metode pengujian kekerasan Brinell
(Sumber : <http://pengujiankekerasan.blogspot.com/2014/03/uji-kekerasan-material.html>)

2. Uji Kekerasan Metode Rockwell (HR/HRN)

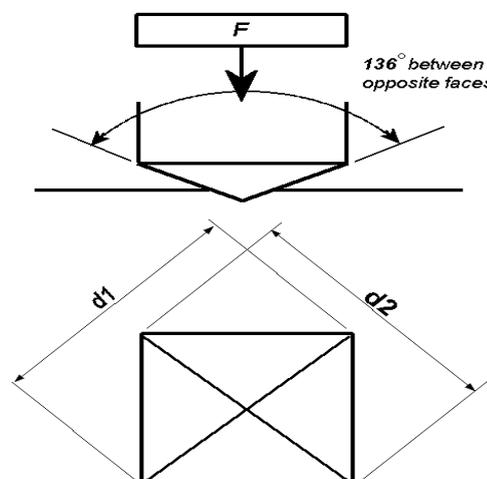
Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* bertujuan untuk mengetahui kekerasan suatu bahan berupa ketahanan terhadap tekanan atau indentor berupa bola baja atau kerucut intan yang di tekankan pada permukaan bahan uji. Nilai kekerasan di peroleh berdasarkan perbedaan kedalaman dari beban mayor dan minor. Beban mayor adalah beban yang di berikan pada bahan uji sampai mencapai kedalaman tertentu setelah di beri penekanan pada bahan uji. Sedangkan beban minor adalah beban pertama yang di berikan oleh penekan pada bahan uji ketika mencapai permukaan yang berfungsi sebagai dasar beban mayor.



Gambar 2.15. Prinsip kerja metode kekerasan Rockwell
(Sumber : <https://www.detech.co.id/hardness-test/>)

3. Uji Kekerasan Metode Vickers (HV/VHN)

Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* merupakan pengujian kekerasan dengan beban yang relatif kecil. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan suatu material berupa ketahanan material terhadap penekanan intan berbentuk piramid sebagai indentor dengan sudut puncak 136° yang ditekan pada permukaan material uji. Beban yang di gunakan dalam uji kekerasan *Vickers* berkisar antara 1 kg hingga 120 kg.



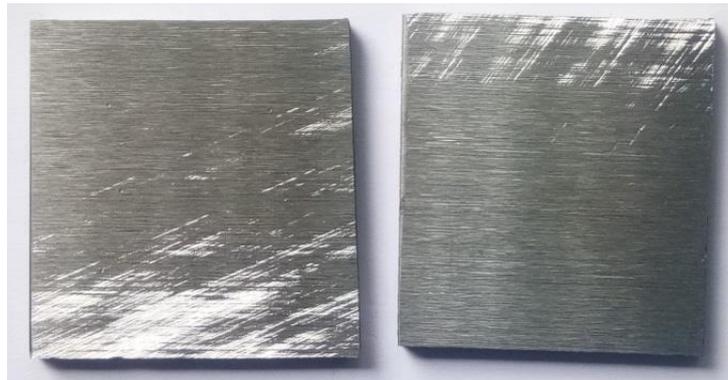
Gambar 2.16. Pengujian Vickers

(Sumber : <http://pengujiankekerasan.blogspot.com/2014/03/uji-kekerasan-material.html>)

2.2.12 Komposisi Material

Pengujian komposisi bertujuan untuk mendapatkan komposisi kimia bahan yang terkandung dalam baja karbon pegas daun *JIS G 4801 SUP 9*. Proses dari pengujian komposisi bahan yaitu untuk mendapatkan hasil seberapa besar nilai unsur penyusun bahan misalnya dari unsur utama C, Si, Mn, P, S, dan Cr. Proses pengujian komposisi material yaitu antara lain:

1. Memotong material yang di gunakan sebagai spesimen pengujian komposisi menggunakan gerinda potong.
2. Bersihkan salah satu permukaannya dengan menggunakan amplas atau gerinda tangan setelah itu di haluskan menggunakan mesin *surface grinding* hingga sampai halus.
3. Material yang telah di bersihkan kemudian di uji komposisinya di Politeknik Negeri Samarinda Jurusan Kimia.



Gambar 2.17. Spesimen uji komposisi

Analisa : Uji Komposisi Kimia
Jenis Sampel : Pegas Daun JIS G 4801 SUP 9
Ukuran : 40mm x 40mm x 10mm

Tabel 2. 1. Komposisi kimia benda uji dalam %

No	Unsur	Kandungan unsur (%)	No	Unsur	Kandungan unsur (%)
1	Fe	98.25	11	Cu	0.189
2	C	0.570	12	Nb	0.048
3	Si	0.275	13	Ti	0.0116
4	Mn	0.784	14	V	0.0240
5	P	0.018	15	Zr	0.0134
6	S	0.0189	16	W	0.0270
7	Cr	0.781	17	Co	0.0507
8	Mo	0.031	18	Pb	0.0110
9	Ni	0.187	19	Ca	0.0001
10	AL	0.029			