

AUSTEMPERING DENGAN PENDINGIN OLI PADA BAJA STRIP JIS G4801 SUP 9

Asmadi*, Reny Afriany*, Siti Zahara Nuryanti*, Ahmad Nawawi**

*Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

** Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

Email: asmadilby@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini baja yang digunakan yaitu baja pegas, karena baja pegas merupakan baja karbon medium yang mengandung 0,52% C – 0,60% C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya rendah. Baja Pegas kemudian dilakukan proses *Austempering*. Spesimen dibagi dua bagian; yaitu: spesimen tanpa perlakuan dan spesimen di *Austenisasi* pada suhu 850°C, kemudian di *quench* dengan minyak oli pada suhu 320°C dan ditemper dengan variabel waktu 2 menit, 4 menit dan 6 menit selanjutnya dilakukan pendinginan udara. Dari pembacaan grafik temperatur *Ms*, didapat temperatur *Ms* yaitu 320°C karena untuk proses *Austempering* diambil diatas temperatur *Ms*. Variasi waktu tahan ini akan memberikan nilai yang berbeda terhadap hasil uji kekerasan dan uji *Impact*. Dari hasil pengujian diperoleh; uji kekerasan dengan waktu tahan 6 menit memiliki angka kekerasan terkecil yaitu 302,3 HV dan nilai kekerasan terbesar adalah 380,5 HV untuk waktu tahan 2 menit. Kondisi sebaliknya nilai ketangguhan tertinggi 0,296 J/mm² untuk waktu tahan 6 menit dan nilai ketangguhan terendah yaitu 0,185 J/mm² untuk waktu tahan 2 menit. Dapat disimpulkan bahwa dengan variasi waktu tahan, nilai kekerasan berbanding terbalik dengan nilai ketangguhan.

Kata kunci : proses *austempering*, pengujian kekerasan *vickers*, pengujian *impact*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring perkembangan dunia industri yang semakin maju, banyak kalangan industri yang menggunakan logam sebagai bahan utama operasional atau bahan baku produksinya. Logam yang sering digunakan dalam dunia industri yaitu baja. Baja merupakan bahan dasar yang sering digunakan untuk berbagai rekayasa teknik. Baja sering digunakan untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga, dan lain-lain.

Pada penelitian ini baja yang digunakan yaitu baja pegas, karena baja pegas merupakan baja karbon medium yang mengandung 0,52% C – 0,60% C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah. Baja pegas merupakan material dengan bahan dasar besi yang ditambah dengan paduan-paduan lainnya seperti *Mangan* (Mn), *Silikon* (Si), *Crom* (Cr), *Sulfur* (S), dan lain sebagainya. Berdasarkan kandungan elemen paduannya memungkinkan baja untuk dikeraskan dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Perlakuan panas pada baja memegang peranan penting karena dapat meningkatkan sifat kekerasan baja sesuai kebutuhan. Proses perlakuan panas pada dasarnya terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dengan proses pemanasan bahan hingga suhu tertentu dan selanjutnya didinginkan dengan cara tertentu pula.

Perlakuan panas *austempering* merupakan transformasi *isothermal* terhadap suatu material pada temperatur dibawah formasi *perlit* dan diatas formasi martensit. Objek dari proses *austempering* adalah untuk membentuk formasi *bainite*, dimana baja yang diaustempering akan mengalami perbaikan dalam hal keuletan dan ketangguhan pada pemberian nilai kekerasan tertentu, keuntungan lain yang dapat diperoleh dari proses ini adalah penurunan terjadinya

distorsi dan retak dinding (*quech cracking*) yang dihasilkan oleh pendinginan cepat (*rapid cooling*).

Waktu penemperan pada keadaan *isothermal* yang lebih singkat cenderung untuk menghasilkan struktur *mikro bainite* dan *martensit*. Sedangkan waktu penemperan yang lebih panjang akan cenderung untuk menghasilkan struktur *mikro* akhir berupa campuran *bainite* dan *perlit* yang punya sifat lebih ulet dan tangguh. Pengujian bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian sifat mekanik meliputi uji *impact* dan uji kekerasan. Oleh karena itu, penelitian ini akan diberi judul **AUSTEMPERING DENGAN PENDINGIN OLI PADA BAJA STRIP JIS G4801 SUP 9.**

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penulis merumuskan masalah pengujian perlakuan panas austempering dengan menggunakan media pendingin oli yang dilakukan untuk mengetahui variasi transformasi isothermal akan berpengaruh terhadap sifat mekanik.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui transformasi isothermal berpengaruh terhadap sifat mekanik yaitu nilai kekerasan dan ketangguhan.
2. Dapat mengetahui waktu tahan diatas titik Ms akan berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan harga *impact*.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan pengetahuan tentang proses *austempering* pada baja pegas *strip*, sehingga bisa diketahui pengaruhnya terhadap perubahan sifat kekerasan dan kekuatan *impact*.
2. Dapat berguna dalam memperoleh sifat mekanik yang diinginkan dengan mengatur waktu austempering

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan material yang terkontrol dengan maksud merubah struktur mikro agar sifat mekanik berubah sesuai dengan yang kita inginkan. Secara umum proses perlakuan panas adalah sebagai berikut :

- a) Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu pula.
- b) Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperatur nya merata.
- c) Pendinginan dengan media pendingin (air oli atau udara).

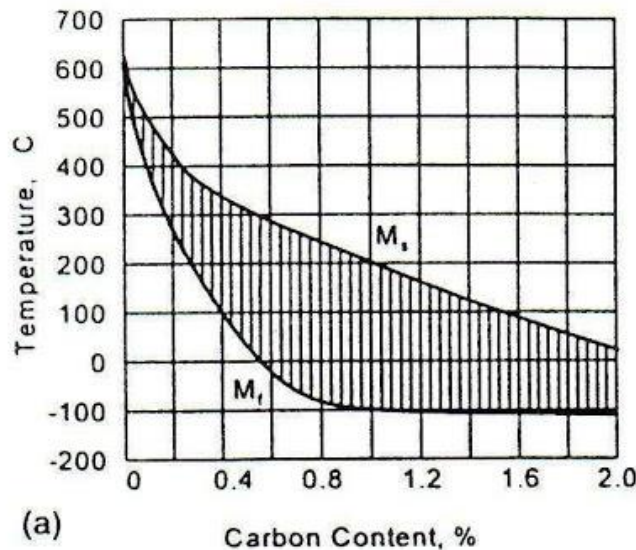
Ketiga hal diatas tergantung dari material yang akan di *heat treatment* dan sifat-sifat akhir yang diinginkan. Melalui perlakuan panas yang tepat tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia logam harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon (C) dapat mengakibatkan perubahan sifat fisis[2].

Proses perlakuan panas itu terdiri dari berbagai proses, yaitu:

- a) Proses Anneling, full anneling dan isothermal anneling
- b) Proses Stress relieving
- c) Proses Normalising
- d) Proses Hardening
- e) Proses Tempering yang dibagi menjadi Martempering dan Austempering

2.2. Pembentukan *Martensit*

Kekerasan martensit tergantung dari kadar karbon. Semakin tinggi kadar karbon maka kekerasan *martensit* akan semakin tinggi. Namun demikian, semakin tinggi kadar karbon menyebabkan M_s dan M_f semakin turun seperti terlihat pada Gambar 2.5 sehingga pada temperatur kamar akan menghasilkan *austenit* sisa (*retained austenite*) yang akan mengurangi kekerasan *martensit*. *Austenit* sisa disebabkan karena pada saat pendinginan selesai pada temperatur kamar, ada *austenit* yang belum selesai bertransformasi menjadi *martensit*^[3].



Gambar 2.1 Pengaruh kadar karbon terhadap suhu pembentukan *martensit* ^[3]

2.3. *Tempering*

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan kurang cocok digunakan melalui temper, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan. Proses temper terdiri dari pemanasan kembali baja yang telah dipanaskan atau dikeraskan pada suhu dibawah suhu kritis disusul dengan pendinginan. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lunak, proses ini berbeda dengan proses lain karena disini sifat-sifat dapat dikendalikan dengan cermat temper dimungkinkan oleh karena sifat struktur *Martensit* yang tidak stabil.

Struktur logam yang tidak stabil tidak berguna untuk tujuan penggunaan, karena dapat mengakibatkan pecah. Dengan penemperan, tegangan dan kegetasan diperlunak dan kekerasan sesuai dengan penggunaan. Ketinggian suhu penemperan dan waktu penghentian benda kerja tergantung pada jenis baja dan kekerasan yang dikehendaki.

Pada dasarnya baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok sampai memenuhi persyaratan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun, sedang keuletan dan ketangguhan akan meningkat.

Pada saat tempering proses difusi dapat terjadi yaitu karbon dapat melepaskan diri dari *martensit* bearti keuletan (*ductility*) dari baja naik, akan tetapi kekuatan tarik, dan kekerasan menurun. Sifat-sifat mekanik baja yang telah dicelup, dan ditemper dapat diubah dengan cara mengubah temperatur *tempering*.

Menurut tujuannya proses *tempering* dibedakan sebagai berikut :

- 1) *Tempering* pada suhu rendah (150° - 300°C) *Tempering* ini hanya untuk mengurangi tegangan-tegangan kerut dan kerapuhan dari baja, biasanya untuk alat-alat potong, mata bor dan sebagainya.

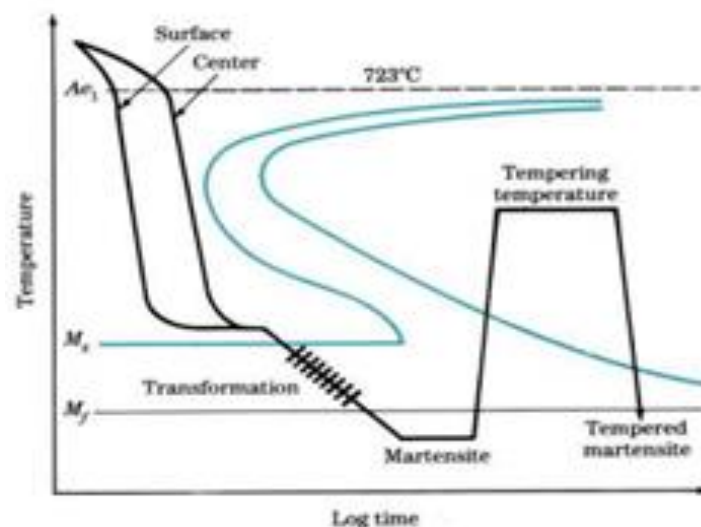
- 2) *Tempering* pada suhu menengah ($300^{\circ} - 550^{\circ}\text{C}$) *Tempering* pada suhu sedang bertujuan untuk menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Proses ini digunakan alat-alat kerja yang mengalami beban berat, misalnya palu, pahat, pegas.
- 3) *Tempering* pada suhu tinggi ($550^{\circ} - 650^{\circ}\text{C}$) *Tempering* suhu tinggi bertujuan memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasannya menjadi agak rendah misalnya pada roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya.

Jika suatu baja didinginkan dari suhu yang lebih tinggi dan kemudian ditahan pada suhu yang lebih rendah selama waktu tertentu, maka akan menghasilkan struktur *mikro* yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada diagram *isothermal*.

Baja yang dikeraskan dicelup kedalam media pendingin dengan suhu yang lebih rendah sebelum didinginkan lebih lanjut, proses yang dikenal dengan nama *austempering* dan *martempering* memungkinkan diperolehnya sifat fisik khusus. Berikut adalah proses *austempering* dan *martempering* yaitu :

a. *Martempering*

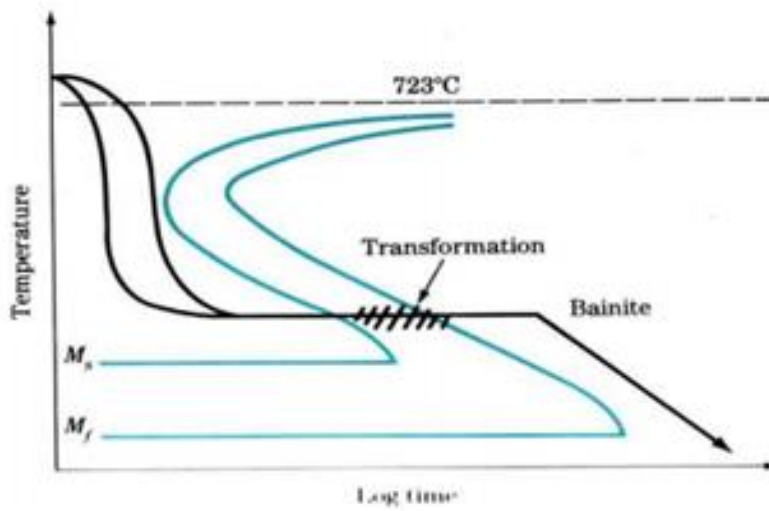
Merupakan perbaikan dari prosedur *quenching* dan digunakan untuk mengurangi distorsi dan *chocking* selama pendinginan. Caranya benda kerja dipanaskan sampai ke temperatur pengerasannya dengan cara yang biasa, medium yang digunakan adalah cairan garam. Temperatur cairan garam tersebut dijaga konstan diatas temperature M_s dari baja yang bersangkutan. Benda kerja yang diproses didiamkan dalam cairan garam tersebut sampai temperature diseluruh bagian benda homogen, tetapi tidak terlalu lama karena bisa mengakibatkan bertransformasi menjadi fasa-fasa yang lebih lunak seperti *pearlite* dan *bainite*.



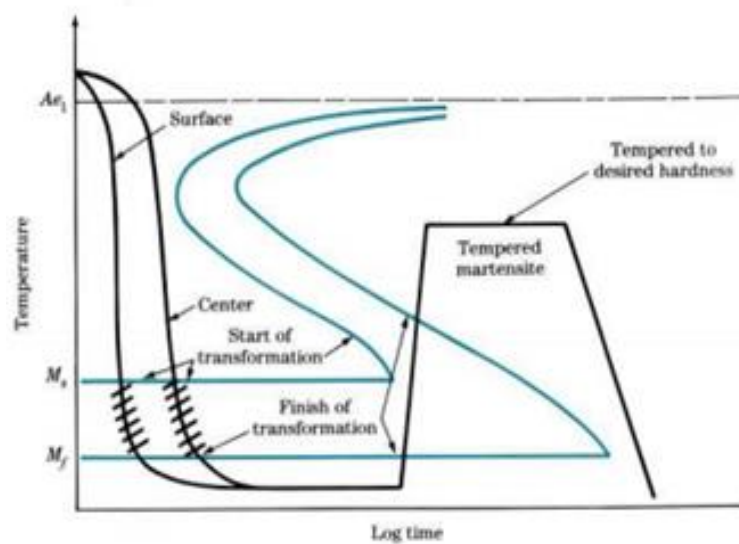
Gambar 2.2 Proses *Martempering*^[4]

b. *Austempering*

Tujuannya adalah meningkatkan *ductility*, ketahanan *impact* dan mengurangi *distorsi*. Struktur yang dihasilkan adalah *bainite*. *Austempering* adalah proses perlakuan panas yang dikembangkan langsung dari diagram transformasi *isothermal* untuk memperoleh struktur yang seluruhnya *bainite*. Pendinginan dilakukan dengan *quenching* sampai temperatur di atas M_s dan dibiarkan sampai transformasi menjadi *bainite* selesai.



Gambar 2.3 Proses Austempering[4]

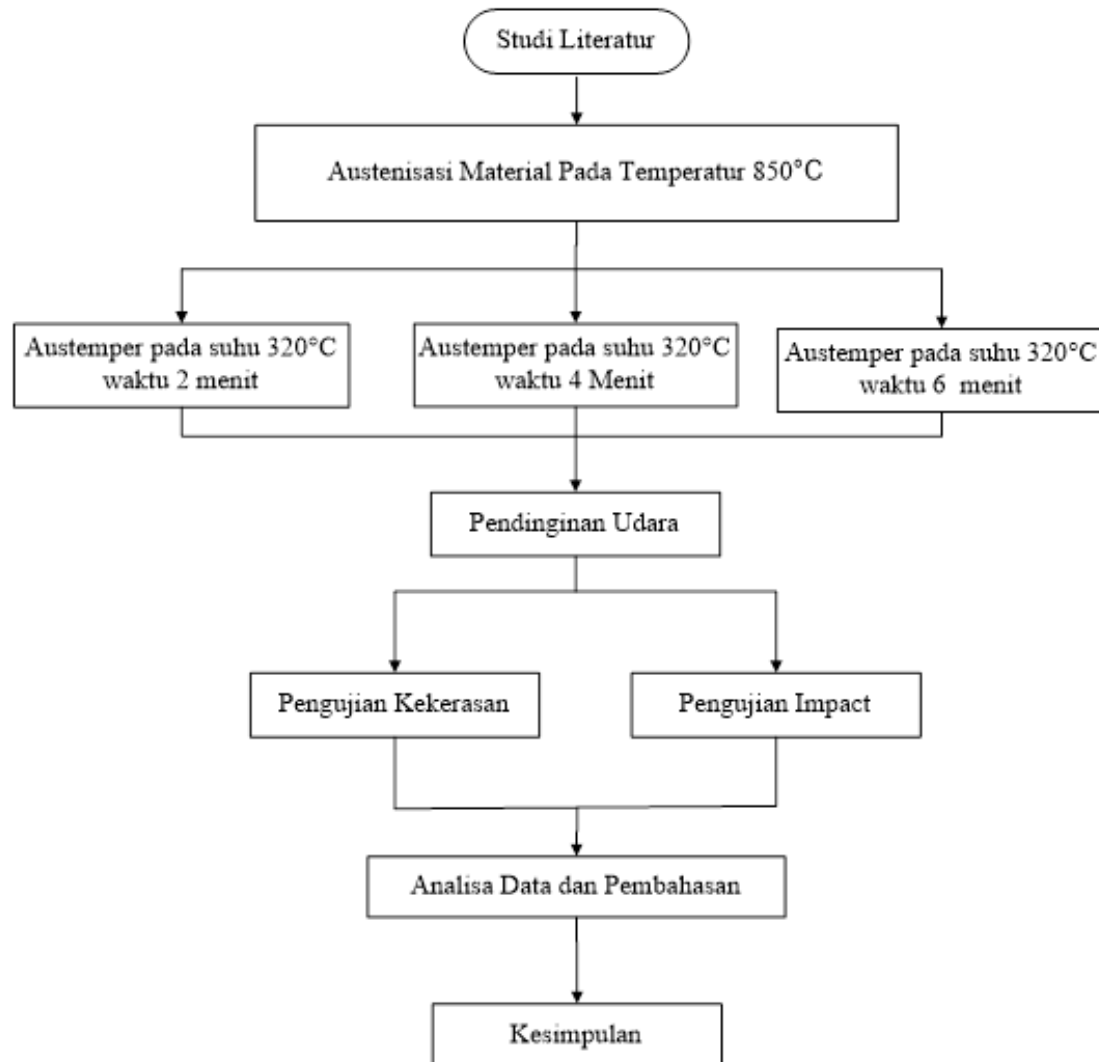


Gambar 2.4 Proses Quenching dan Tempering[4]

3. METODE PENELITIAN

3.1. Proses Penelitian (*Flow Chart*)

Tahapan kerja pelaksanaan penelitian dapat di lihat pada diagram alir berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Bahan Spesimen

Bahan yang dipilih dalam penelitian ini adalah Baja pegas JIS G4801 SUP 9. Baja yang digunakan merupakan potongan-potongan baja *strip* yang panjangnya 500 mm dengan lebar 50 mm dan tebal 10 mm.

Sedangkan komposisi kimia dari baja pegas JIS G4801 SUP 9 adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Komposisi baja pegas SUP 9[7]

Unsur	C	Si	Mn	Cr	P	S
%	0.55	0,27	0,83	0,83	0,023	0,023

Jumlah seluruh spesimen adalah 12 buah untuk spesimen uji *impact*, terdiri dari 3 spesimen tanpa perlakuan, 9 buah spesimen dilakukan pemanasan disuhu *austenisasi* 850°C, dan 9 buah spesimen tadi dibagi kembali menjadi tiga bagian terdiri dari :

- 1) 3 buah spesimen untuk *austemper* 2 menit.
- 2) 3 buah spesimen untuk *austemper* 4 menit.
- 3) 3 buah spesimen untuk *austemper* 6 menit.

Sedangkan untuk uji kekerasan jumlah seluruh spesimen sama seperti pengujian *impact* yaitu 12 spesimen, terdiri dari 3 spesimen tanpa perlakuan, 9 buah spesimen dilakukan pemanasan di suhu *austenisasi* 850°C, dan prosesnya sama seperti spesimen untuk uji *impact*.



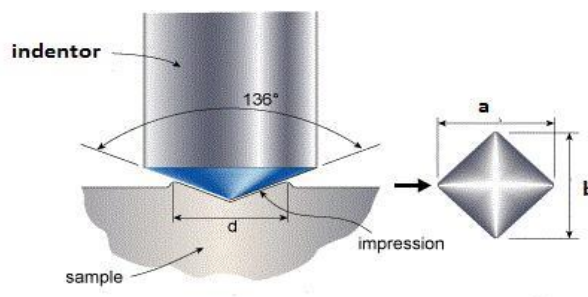
Gambar 3.2 Spesimen yang telah dipotong

3.3. Pengujian Kekerasan

Kekerasan adalah ketahanan suatu benda atau material terhadap penetrasi penekanan atau daya tembus yang lebih keras dan nilai kekerasan tidak mutlak.

Untuk mengetahui nilai kekerasan suatu benda dapat dilakukan dengan menggunakan metode *vickers*. Metode Uji kekerasan *vickers* menggunakan *indenter* piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136°. Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan *brinell* (Dieter, 1987).

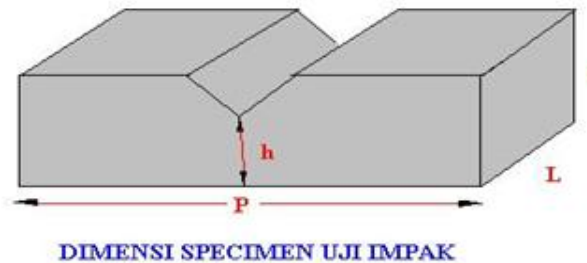
Karena jejak yang dibuat dengan penekan piramida serupa secara *geometris* dan tidak terdapat persoalan mengenai ukurannya, maka VHN tidak tergantung kepada beban. Pada umumnya hal ini dipenuhi, kecuali pada beban yang sangat ringan. Beban yang biasanya digunakan pada uji *vickers* berkisar antara 0,5 hingga 120 kgf tergantung pada kekerasan logam yang akan diuji.



Gambar 3.3 Uji tekan Vickers[6]

3.4. Proses Pengujian Impact

Pengujian *impact* ketangguhan dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan bahan dalam menerima beban kejut. Pengujian ketangguhan dilakukan dengan pengujian *impact* metode *charpy*



Gambar 3.4 Spesimen Uji Impact Standar

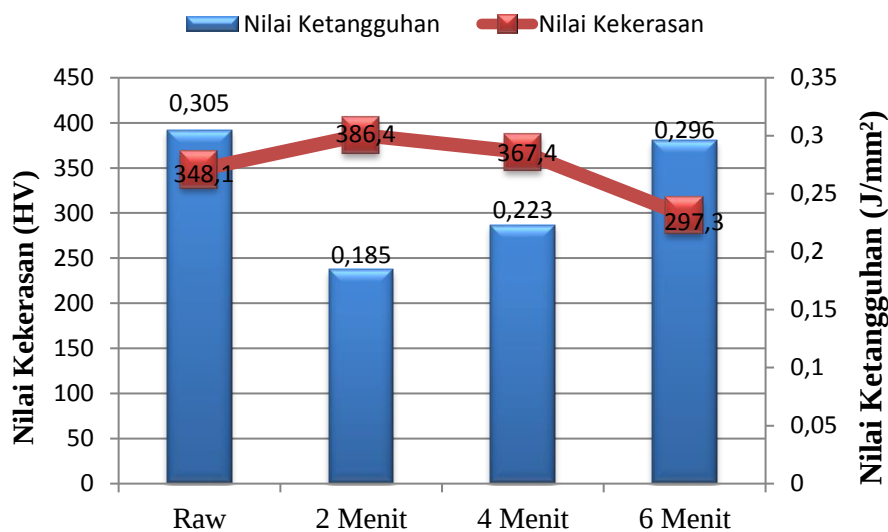
Ukuran Spesiemen yang dipakai adalah menurut Standar ASTM A370 untuk ukuran Spesimen standar *Charpy* sebagai berikut :

Panjang	= 55 mm	Tebal= 10 mm	Sudut takik=45°
Lebar	= 10 mm	Kedalaman takikan = 2 mm	

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

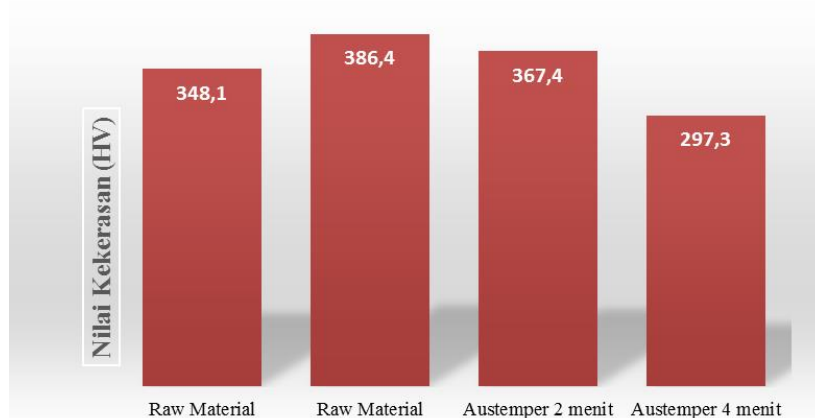
4.1. Pembahasan Data Nilai Kekerasan & Nilai Ketangguhan

Hasil uji kekerasan dan uji impact telah dilakukan dengan alat uji kekerasan *vickers* dan alat uji *impact* metode *charpy* yang mana bahan tersebut telah mengalami proses tanpa perlakuan dan yang mengalami perlakuan panas dengan variasi waktu yang berbeda-beda. Berikut adalah tabel dan grafik hasil pengujian kekerasan dan pengujian *impact* dengan melakukan perbandingan nilai kekerasan dan nilai ketangguhan.



Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan & Ketangguhan

4.2. Analisa Pengujian Kekerasan



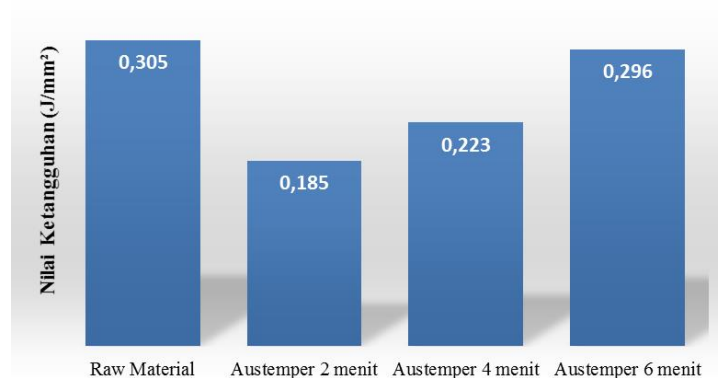
Gambar 4.2 Grafik Nilai Kekerasan

Pengujian kekerasan diperoleh nilai kekerasan rata-rata pada setiap spesimen sebagai berikut :

- Pada spesimen raw material mempunyai nilai kekerasan 346,6 HV berfungsi sebagai pembandingan.
- Data nilai kekerasan spesimen dengan proses *austemper* 2 menit sebesar 380,5 HV mengalami kenaikan sebesar 9,7% dari raw material. Nilai kekerasan dengan proses *austemper* 4 menit sebesar 361,6 HV mengalami kenaikan nilai kekerasan sebesar 4,3% dari spesimen raw material, sedangkan untuk spesimen *austemper* 6 menit yang mempunyai nilai kekerasan sebesar 302,3 HV mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 12% dari spesimen raw material.

Tujuan proses *tempering* adalah untuk memperoleh peningkatan kekerasan tanpa disertai struktur *martensit*. Untuk memperoleh peningkatan kekerasan tersebut adalah dengan menahan temperatur temper di atas M_s , kemudian ditahan beberapa saat. Fenomena ditahan pada temperatur M_s perlu di uji coba sehingga memperoleh kekerasan yang kita inginkan. Ternyata semakin lama ditahan pada temperatur M_s , maka kekerasannya akan menurun. Kekerasan yang tertinggi adalah pada durasi waktu yang pendek yaitu *austemper* 2 menit.

4.3. Analisa Pengujian Impact

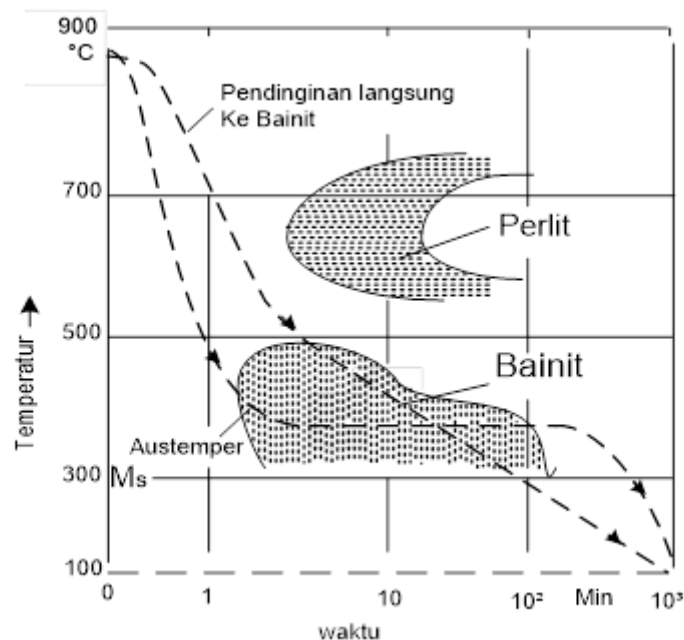


Gambar 4.3 Grafik Nilai Ketangguhan

Hasil data uji pengujian *impact* menunjukkan berbanding terbalik dari harga kekerasan. Ini berarti material yang keras akan mempunyai nilai ketangguhan yang rendah. Dari bentuk permukaan patahan *asutemper* 2 menit dihasilkan bentuk patahan *granular* kristal yang dihasilkan oleh mekanisme butir-butir logam yang getas ditandai dengan bentuk patahan yang datar atau lurus dan memantulkan cahaya lebih terang. Sementara patahan *austemper* 4 dan 6 menit dihasilkan bentuk patahan berserat (*fibrous*) yang melihatkan persamaan bidang kristal logam yang ulet ditandai dengan bentuk *dimple* yang menyerap cahaya dan tampilannya buram, permukaan patahannya yang tidak rata.

4.4. Analisa Perubahan Struktur Baja Pegas Strip Pada Proses Austempering

Austempering dapat diterapkan untuk baja karbon yang memiliki kekuatan yang tinggi, yang membutuhkan perbaikan terhadap kualitas ketangguhan dan keuletannya. Pada *austempering* logam dipanaskan mencapai temperatur *austenit* kemudian didinginkan pada temperatur tungku *austempering* dengan laju cukup cepat agar tidak terjadi transformasi *austenit* selama pendinginan cepat. Kemudian dilanjutkan dengan penahanan pada temperatur konstan dengan waktu transformasi isothermal yang cukup lama untuk menyelesaikan transformasi *austenit* menjadi *bainit*.



Gambar 4.4 Proses *austempering* baja pegas strip

Pada gambar diatas pada saat proses *austempering* baja yang dipanaskan pada suhu *austenisasi* lalu didinginkan langsung dengan suhu 320°C pada suhu konstan dengan memvariasikan waktu tahan pada proses *austempering*, struktur yang dihasilkan pada transformasi ini adalah *bainit*. Proses pembentukan *bainit* dipengaruhi oleh waktu transformasi isothermalnya. Semakin lama waktu transformasi yang dilakukan, maka semakin banyak jumlah *bainit* yang terbentuk. Dekomposisi fasa yang terjadi selama *austempering* adalah sebagai berikut :

***Austenit* ----- → *Bainit*. *Austenit* sisa sekitar 12-16 %**

5. KESIMPULAN

Keseluruhan data hasil penelitian yang saya lakukan dengan judul *Proses Austempering* dengan pendingin oli pada Baja JIS G4801 SUP 9, dapat ditarik suatu kesimpulan antara lain :

- 1) Dari hasil data pengujian bertambahnya waktu temper menunjukkan nilai kekerasan yang menurun dan nilai ketangguhan yang meningkat.
- 2) Dari hasil pengujian nilai kekerasan berbanding terbalik dengan nilai ketangguhan. Hal ini menunjukkan adanya korelasi waktu tahan terhadap nilai ketangguhan dan kekerasan.
- 3) Struktur mikro, dengan bertambahnya waktu transformasi diperoleh struktur bainit yang banyak, tetapi transformasi diatas temperatur 500 °C keatas akan diperoleh struktur perlit.

DAFTAR PUSTAKA

Anrinal, *Metallurgi Fisik*. yogyakarta, 2013.

Arziansyah. Budi, **Pengaruh Proses Carburizing Terhadap Ketangguhan Baja AISI 4340 Dengan Memvariasikan Media Pendingin**, UNIVERSITAS IBA PALEMBANG, 2016.

Ferdiansyah, **Analisa Pengaruh Proses Tempering Terhadap Kekerasan Pada Baja AISI 4337 Dengan Variasi Holding Time**, UNIVERSITAS IBA PALEMBANG, 2016.

Harjono, **Pengaruh Proses Perlakuan Panas Normalizing Dan Quenching Dengan Media Air Dan Minyak Silikon Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Medium**, Universitas Sriwijaya, 2014.

Ir. Asmadi Lubay.MT, **PELENGKUNGAN BAJA STRIP PADA PEMBUATAN PEGAS DAUN**, UNIVERSITAS IBA PALEMBANG, 1999.

M. Kozin, **Pengaruh Proses Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Roda Kereta Api Buatan Lokal**, Universitas Indonesia, Salemba, 2012.

Prof. Ir. T. Surdia, *PENGETAHUAN BAHAN TEKNIK*, 2nd ed. Jakarta: PT Pertja, 1992.