

PENGARUH SIFAT MEKANIS BAHAN AISI 1045 YANG MENGALAMI PROSES DOUBLE HARDENING DAN CARBURIZING

Jefri Suhatta¹⁾ Priyagung Hartono²⁾ Ena Marlina³⁾
Program Strata Satu Teknik Mesin Universitas Islam Malang¹⁾
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang^{2,3)},
Jl. MT Haryono 193 Malang 65145
E-mail: Ringin_hmm@yahoo.com

ABSTRAK

The role of steel in the world of today's automotive industry is very important, especially in the manufacture of automotive components such as gears. Surely it is necessary to materials engineering to improve the mechanical properties of the steel in order to obtain good quality. In engineering steel material commonly used is the heat treatment process, one of them with a carburizing process where in this process aims to add carbon to the outer skin steel. In research aimed at finding a material that resists wear and has the tenacity and hardness levels are good, then from that in this study in addition to carburizing process is also followed by a double hardening process. In this study carburizing process was conducted using the pack carburizing with charcoal were added barium carbonate as a catalyst, the temperature used is 950° C and a holding time of 60 minutes, and followed with a double hardening process with temperature 900° C and 750° C with a holding time 20 minutes. After that, in the test with Vickers hardness test and impact Charpy test. The results of this study showed more upgrade hardness after carburizing process but toughness decreased. And after the double hardening hardness decreases but i toughness ncreased. Before treatment the average hardness value of steel and toughness 209.03 HVN and 0.8425 joules / mm². The results of carburizing process average hardness value and toughness 417.13 HVN and 0.3975 joules / mm². Results of a double process of hardening value the average hardness and toughness 308.5 HVN and 1.0974 joules / mm². The results of the process of hardening II double the average value of hardness and toughness 243.63 HVN and 0.5728 joules / mm².

Kata Kunci : Baja AISI 1045, carburizing, double hardening

PENDAHULUAN

Peranananbajadalamduniaindustriotomotif saatini sangatlah penting, terutama dalam pembuatan komponen otomotif seperti rodagigi. Tentunya diperlukan adanya rekayasa material untuk memperbaiki sifat mekanis baja agar diperoleh kualitas yang baik. Baja adalah logam paduan yang mempunyai unsur dasar besi karbon dan lainnya. Sifat baja sangat lah tergantung pada kadar karbon yang dimiliki. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan bajaitu sendiri. Baja juga dapat dikelompokkan dari jumlah kadar karbonnya diantaranya bajakarbon rendah, bajakarbon sedang dan bajakarbon tinggi. Selain itu baja juga sangat penting kaitannya dalam bidang industry khususnya dalam bidang pemesinan. Untuk itu dibutuhkan suatu metode rekayasa sifat-sifat fisik dan mekanik dari material bahan dengan menggunakan proses *Heat Treatment*. *Heat Treatment* adalah suatu perlakuan material yang

bertujuan untuk mengubah sifat fisik suatu material sesuai dengan kebutuhan tanpa

mengubah susunan kimia logam itu sendiri. diantaranya proses *carburizing* dan *hardening*. *carburizing* adalah suatu proses perlakuan panas penambahan unsur karbon pada bagian kulit logam yang bertujuan memberikan sifat keras pada bagian kulit luar logam. sedangkan proses *hardening* adalah suatu proses perlakuan panas yang bertujuan memberikan kekerasan pada logam, pada penelitian ini proses *hardening* bertujuan untuk memperbaiki kekerasan logam paduan bagian luarnya setelah mengalami proses *carburizing*^[1].

Baja adalah logam yang memiliki campuran besi (Fe) dan unsur karbon (C) tetapi masih memiliki unsur-unsur lain yang tidak bisa dihindari. Unsur-unsur tersebut terbawa oleh raw material ataupun pada proses

pembuatanya, unsur tersebut meliputi : Cu, Ni, P, Cr dan lain-lain. Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi, karbon, dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanain atau penempaan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan baja. Baja AISI 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,45% – 0,50% dan termasuk golongan baja karbon menengah. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai komponen automotif misalnya untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Komposisi kimia dari baja AISI 1045 dapat dilihat pada tabel 2.1

Unsur	Jumlah kandungan
Carbon (C)	0,420-0,50 %
Iron (Fe)	98,51-98,98 %
Mangan (Mn)	0,60-0,90 %
Phosphor (P)	≤ 0.040 %
Sulfur (S)	≤ 0,050 %

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1045 (AZO Materials, 2014)

Baja AISI 1045 disebut sebagai baja karbon karena sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur yang dikeluarkan oleh AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engginers*). Pada angka 10 pertama menunjukkan plain karbon kemudian kode xxx setelah angka 10 menunjukkan komposisi karbon. Jadi baja AISI 1045 berarti baja karbon atau *plain carbon steel* yang mempunyai komposisi karbon sebesar 0,4 %. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai komponen roda gigi, poros dan bantalan.

Sifat mekanis (kekerasan) merupakan ketahanan dari suatu material terhadap deformasi plastis atau perubahan bentuk yang tetap. Kekerasan selalu berhubungan langsung dengan kekuatan, oleh karena itu dalam pembahasan mengenai kekerasan suatu material dengan angka maka akan tergambar bagaimana kekuatan dari material tersebut. Dengan cara penekanan yaitu cara terkenal dan umum dilakukan untuk mengetahui kekerasan material logam, yaitu uji kekerasan Brinell, Vickers dan Rockwell.

Uji kekerasan Vickers (VHN) pengujian ini tidak jauh berbeda dengan metode brinell, hanya saja penetrator atau indetektor yang digunakan terbuat dari intan yang berbentuk piramida dengan alas bujur sangkar dan besar

sudut intan adalah $136^{0[2]}$. Dasar dari perhitungan yang digunakan untuk menghitung kekerasan spesimen menurut Vickers dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$VHN = \frac{2.P.\sin\frac{\varphi}{2}}{d^2} \rightarrow \frac{1,854 \times P}{d^2} \dots\dots\dots [2]$$

Dimana :

- VHN = Vickers Hardness Number (HVN)
- P = beban (kg)
- D = Diagonal identitas (mm)
- φ = sudut sisi intan (136^{0})

Sifat mekanis Ketangguhan adalah ketahanan suatu material terhadap beban kejut. Pengujian untuk mengetahui ketangguhan suatu material yang biasa digunakan yaitu uji *impact*. Dasar pengujian *impact* ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum bebanyang berayundari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi. Metode *Charpy* itu sendiri adalah pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tempat uangnya dengan posisi horizontal atau mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan^[6].

Pada uji *impact*, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji harus diukur. Ketika pendulum dilepaskan maka benda uji akan patah, setelah itu bandul akan berayun kembali. Makin besar energi yang terserap, makin rendah ayunan kembali dari bandul. Energi terserap biasanya dapat di baca langsung pada skala penunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin penguji^[6].

Energi terserap juga dapat dituliskan dalam bentuk rumus :

$$E = m \times g(h_1 - h_2) \dots\dots\dots [6]$$

Dimana :

- E = energi terserap (joule)
- M = massa palugodam (kg)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- h1 = tinggi jatuh palugodam (m)
- h2 = tinggi ayunan palugodam (m)
- R = jarak titik putar ke titik berat palugodam (m)

α = sudut jatuh ($^{\circ}$)
 β = sudut ayun ($^{\circ}$)

Sehingga :

$$\text{Harga Ketangguhan} = \frac{E}{A} \dots \dots [6]$$

Dimana :

E = energy terserap (joule)

A = Luaspenampangpatahanbendauji (mm^2)

Heat treatment adalah proses pemanasan dan pendinginan logam yang terkontrol dengan maksud mengubah sifat-sifat fisik dari logam. Dengan melakukan proses perlakuan panas dengan tepat akan menghasilkan tegangan dalam yang dapat dihilangkan, besar butir dapat diperbesar dan diperkecil, ketangguhan dapat ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet^[2].

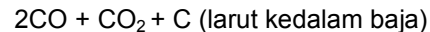
Carburizing atau proses pengarbonan adalah suatu proses penambahan unsur karbon pada permukaan logam dengan cara difusi guna meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya. Pada proses pengarbonan terbagi beberapa macam, salah satunya dengan pengarbonan padat dalam kotak dengan memakai arang yang dicampur 10% NaCO_3 BaCO_3 . Pada pengarbonan ini digunakan wadah yang ditutup rapat dan dipanaskan pada suhu 900–950 $^{\circ}\text{C}$ ^[5].

Pengarbonan padat (*pack carburizing*) Pengarbonan ini bertujuan memberikan pengarbonan permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari arang dan dibungkus dengan wadah yang tertutup rapat, setelah itu dipanaskan dengan suhu antara 900-950 $^{\circ}\text{C}$ selama 3-6 jam. Selama proses pemanasan akan terjadi proses reaksi antara arang karbon dengan oksigen dan membentuk karbon dioksida (CO_2).

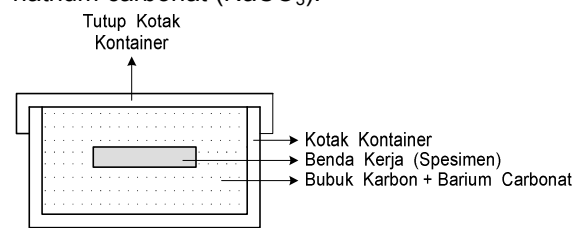
Reaksi pengarbonan padat dapat dijelaskan sebagai berikut :



Pada suhu yang semakin tinggi maka akan terjadi pergeseran reaksi kesebelah kanan kadar gas CO bertambah banyak dan mengurai pada permukaan baja menjadi :

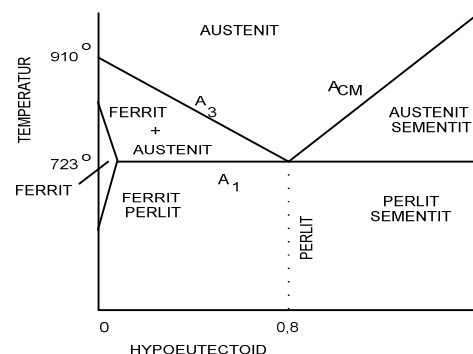


Dimana C yang terbentuk berupa atom karbon yang dapat masuk berdifusi kedalam fase austenit dari baja. Reaksi dari CO_2 akan bereaksi kembali dengan karbon yang lain di ikuti dengan penguraian CO pada permukaan logam. Penguraian CO_2 menjadi CO sangatlah lambat, dan hasil dari pengerasan lapisan baja tersebut dapat mencapai 1 mm. Salah satu cara agar dapat mempercepat reaksi tersebut adalah dengan menambahkan katalis, katalis tersebut antara lain barium karbonat (BaCO_3) dan natrium karbonat (NaCO_3).



Gambar 1.2 Kotak sementasi.

Maksudnya bila baja yang dikeraskan permukaannya mengalami pemanasan hingga temperatur tinggi atau temperatur austenit maka difusi karbon dapat mencapai batas jenuhnya yang berdifusi melebihi batas A_{cm} maka akan terjadi atau tumbuh fasa baru yaitu sementit.



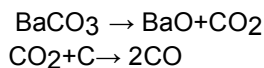
Gambar 1.3 Diagram Fe-Fe₃C.

Tebal lapisan permukaan yang mengalami penambahan karbon (*Case Depth*) tergantung pada temperatur pemanasan dan lamanya waktu penahanan pada temperatur pemanasan tersebut. Semakin tinggi karbon dan semakin lama *holding time* maka semakin banyak penyerapan karbon yang masuk ke dalam spesimen.

Keuntungan dari proses ini adalah dapat digunakan pada proses pengerasan

permukaan yang relatif tebal. Sedangkan kerugiannya adalah jika lapisan terlalu tebal, pada saat pendinginan (*quenching*) akan retak atau terkelupas, benda uji tersebut mengalami shock karena pendinginan yang tiba-tiba.

Penggunaan katalis sangat berpengaruh pada proses karbonasi. Pada suhu yang tinggi katalis berfungsi membentuk atau mempercepat pembentukan gas CO. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai katalisator pada proses *carburizing* sehingga dapat mempercepat pembentukan gas CO, yaitu BaCO₃ yang berfungsi sebagai pengubah bentuk karbon sehingga menjadi gas CO₂ secara keseluruhan. Adapun proses reaksi katalis-katalisnya dapat ditunjukkan sebagai berikut:



Double Hardening adalah proses pemanasan baja sampai suhu di atas daerah kritis disertai dengan pendinginan yang cepat (*quenching*) dari bahan yang telah mengalami proses *carburizing*. Karena pada permukaan *carburizing* masih terjadi perbedaan kandungan karbon^[5].

Pendinginan tunggal (*single Quenching*) yaitu pemanasan dan pendinginan dari benda kerja setelah benda kerja tersebut dikarbonasi dan telah didinginkan dalam suhu kamar^[4]. Tujuan dari metode ini adalah untuk memperbaiki difusibilitas dari atom karbon dan agar gradient komposisi lebih halus.

Air mempunyai efek pendinginan yang lebih efektif bila dibandingkan dengan zat yang lain sehingga dalam proses pengerasan logam banyak dipakai sebagai media pendingin. Pada baja karbon sedang sangat cocok menggunakan pendingin air. Air merupakan senyawa yang dapat berwujud padat, cair dan gas.

Adapun jenis air yang sering digunakan pada proses *heat treatment* sebagai media pendingin adalah air jenis TDS NOL. TDS (*Total Dissolve Solid*) adalah parameter banyaknya zat padat atau polutan (*mineral organic*) yang terlarut dalam air. Zat padat tersebut adalah dari kandungan mineral seperti zat besi, klorida, nitrat, sodium, tembaga dan flourid). Kadar kandungan cemaran dalam air disebut juga "kekerasan air" dinyatakan dengan TDS (*Total Dissolve Solid*).

Tujuan penelitian ini yaitu untuk memperbaiki sifat mekanis baja AISI 1045 dengan proses *carburizing* dan *double hardening* yang diaplikasikan pada pembuatan rod agigi.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metode *do-gieksperimen nyata (tru experimental method)* yaitu dengan cara yang digunakan untuk mencari hubungan sebab akibat dari beberapa variabel yang saling mempengaruhi. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh proses perlakuan panas *carburizing* dan *double hardening* terhadap perubahan sifat mekanis material bahan AISI 1045 untuk di aplikasikan dalam pembuatan rod agigi.

Bahan penelitian ini adalah baja karbon AISI 1045, dengan jumlah spesimen 3 spesimen untuk uji kekerasan dan 9 spesimen untuk uji impact. Proses penelitian dilakukan di laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Peralatan yang digunakan adalah mistar geser, sentrifugal sand paper machine, digital microhardness tester, dapur pemanas, penjepit, dan clock timer.

Proses perlakuan panas (*heat Treatment*) yang dilakukan adalah *carburizing* dan *double hardening*. Permukaan spesimen dihaluskan terlebih dahulu dan mendapatkan uji kekerasan vickers dan uji impact charpy untuk mengetahui tingkat kekerasan dan ketangguhan bahan sebelum mendapatkan perlakuan panas^[5].

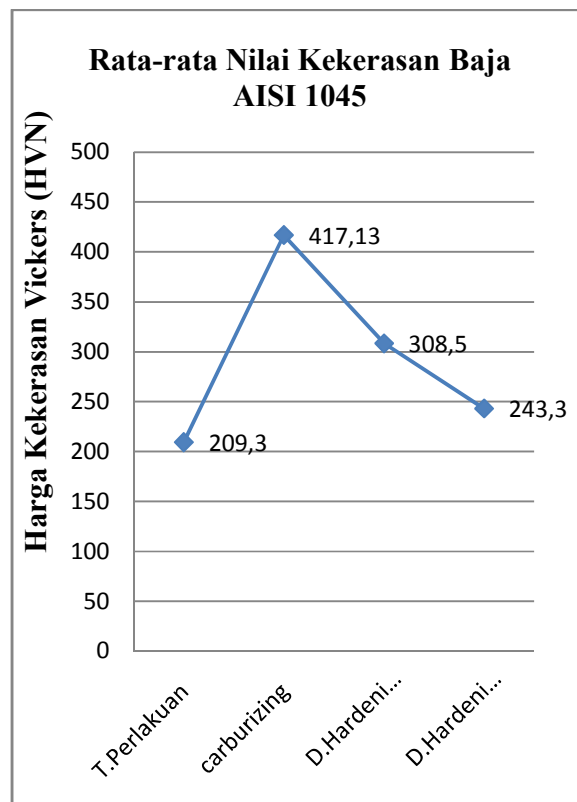
Setelah itu dilanjutkan dengan memasukkan spesimen ke dalam box yang telah diberi arang batok kelapa dan barium karbonat (BaCO₃), box spesimen ditutup rapat dan dimasukkan ke dalam dapur pemanas (*furnance*). Dilanjutkan dengan proses *holding time* 1 jam pada suhu 950°C. Setelah selesai kemudian spesimen dikeluarkan dari box dan didinginkan dengan air TDS NOL.

Setelah proses *carburizing* dilanjutkan dengan proses *double hardening* dengan suhu 900°C dan 750°C dengan *holding time* 20 menit. Setelah di itu spesimen didinginkan dengan pendinginan langsung menggunakan media pendingin air TDS NOL. Setelah proses *heat treatment* selesai kemudian dilanjutkan dengan proses pengujian kekerasan Vickers dan uji impact charpy,

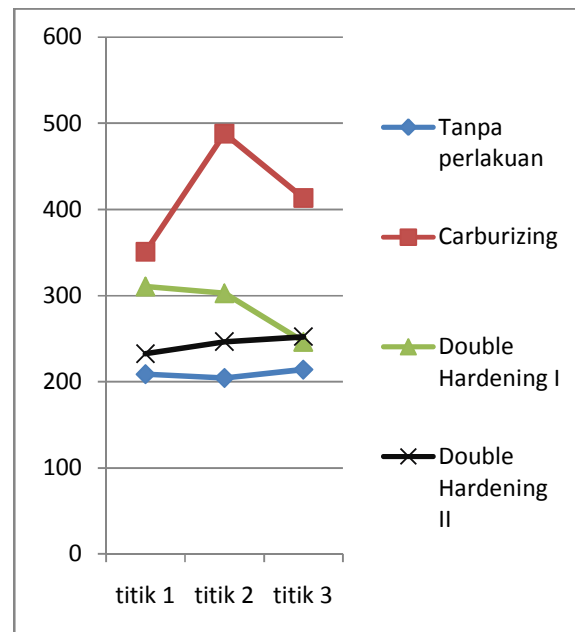
dengan jumlah pengujian masing-masing perlakuan sebanyak tiga titik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3.1 Grafik nilai rata-rata kekerasan (HVN) baja AISI 1045 sebelum dan sesudah perlakuan *carburizing* dan *double hardening*.



Gambar 3.2 grafik nilai uji kekerasan Vickers baja AISI 1045 yang mengalami proses *carburizing* dan *double hardening*.

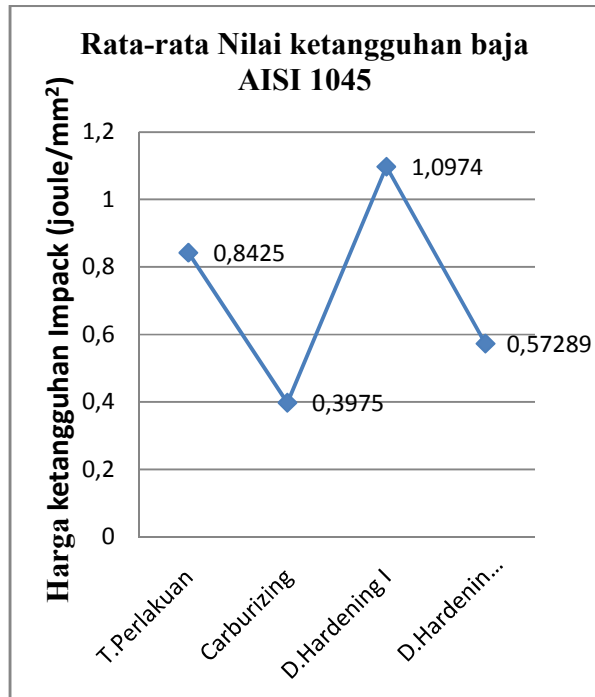


Dari penelitian yang sudah dilakukan pada baja AISI 1045 yang mengalami proses *carburizing* dan *double hardening*, diperoleh hasil seperti pada grafik di atas dimana pada proses *carburizing* memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi. Hal ini dikarenakan pada proses *carburizing* bertujuan untuk memberikan kekerasan yang lebih pada bagian kulit luar material sehingga diperoleh nilai kekerasan yang paling tinggi.

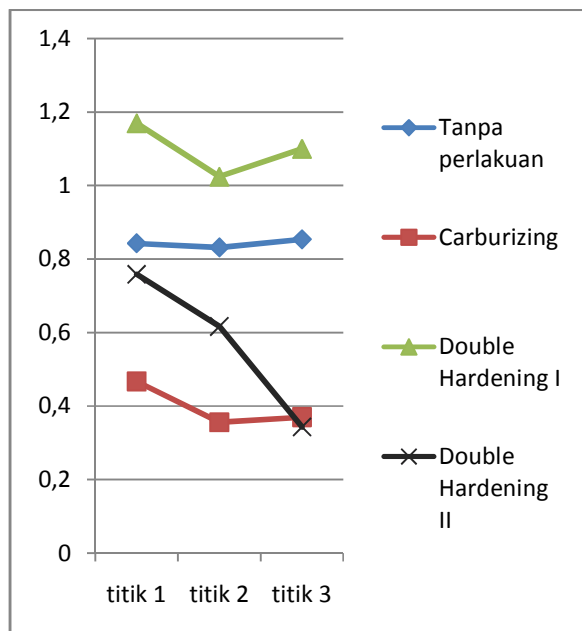
Kemudian dilanjutkan dengan proses *double hardening I* dan *II* dimana hasil dari proses ini kekerasan pada material menurun, hal ini dikarenakan pada proses *double hardening* suhu pemanasan pada proses *heat treatment* berpengaruh pada hasil kekerasan, hal ini dapat dilihat pada perlakuan *double hardening I* dengan suhu pemanasan 900°C dan *holding time* 20 menit dengan pendinginan menggunakan air TDS NOL memiliki nilai kekerasan rata-rata 308,5 HVN. Dan pada proses *double hardening II* dengan suhu pemanasan 750°C dan *holding time* 20 menit dan pendinginan menggunakan air TDS NOL memiliki nilai kekerasan rata-rata 243,3 HVN. Hal ini membuktikan bahwa suhu pemanasan pada proses *double hardening* berpengaruh pada nilai kekerasan yang dihasilkan.

Gambar 3.3 Grafik nilai rata-rata ketangguhan (joule/mm^2) baja AISI 1045

sebelum dan sesudah perlakuan *carburizing* dan *double hardening*.



Gambar 3.4 Grafik nilai uji impact baja AISI 1045 yang mengalami proses *carburizing* dan *double hardening*



Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan pada baja AISI 1045 yang

mengalami proses *Carburizing* dan *double hardening*, diperoleh grafik di atas dimana nilai ketangguhan yang paling baik terjadi pada proses *double hardening I*. Hal ini dikarenakan pada proses *double hardening I* bertujuan memberikan sifat mekanis ketangguhan yang baik.

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa proses *double hardening I* menunjukkan tingkat ketangguhan yang baik hal ini dikarenakan pada proses ini bertujuan meningkatkan ketangguhan material, karena hasil dari pada proses *carburizing* sifat material menjadi kerast tetapi ketangguhannya menurun, tetapi pada proses *double hardening II* ketangguhan material menjadi lebih lemah, hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor antara lain kandungan unsur tiap spesimen berbeda, proses pembentukan spesimen mulai dari ukuran dan bentuk takik 45° yang kurang sempurna, kondisi dapur pemanasan yang belum tentu stabil saat proses perlakuan panas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian pengaruh sifat mekanis baja AISI 1045 yang mengalami proses *carburizing* dan *double hardening*, membuktikan bahwa terjadi perubahan sifat mekanis material sebelum mengalami proses perlakuan panas dan setelah perlakuan panas, hal ini dibuktikan pada hasil pengujian kekerasan dan ketangguhan baja AISI 1045 sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan *carburizing* dan *double hardening*. Dimana pada sebelum perlakuan kekerasan material 209,3 HVN dan ketangguhannya 0,8425 joule/mm², setelah proses *carburizing* kekerasan menjadi 417,13 HVN dan ketangguhannya 0,3975 joule/mm², dilanjutkan dengan proses *double hardening I* kekerasan material menjadi 308,5 HVN dan ketangguhannya 1,0974 joule/mm², dilanjutkan proses *double hardening II* kekerasan material menjadi 243,3 HVN dan ketangguhannya 0,57289 joule/mm². Dengan demikian disimpulkan bahwa semakin keras suatu material akan menurun sifat ketangguhannya. Begitu juga semakin tangguh suatu material maka akan menurun sifat kekerasannya.

Adapun saran untuk mengembangkan penulis tugas akhir ini, dimensi material

sebelum dan sesudah perlakuan perlu di analisis, lakukan pembentukanspesimen uji impact dengan akurat mulai dari ukuran spesimen dan pembentukannya 45⁰. pada proses *carburizing* perhatikan *pack carburizing* apabila terjadi kebocoran pada saat proses pemanasan. Perhatikan campuran arang batok dan barium karbonat usahakan campuran merata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiadji., 2007: Perubahanketangguhan baja ST40 yang telah mengalami proses *double hardening* dengan *carburizing*, Tugas akhir mesin, UNNES
- [2] Djaprie., 1999, Teknologi Mekanika 1, 7nd, PT. Erlangga Jakarta.
- [3] Surdia & Shinroku, 1999, Pengetahuan Bahan Teknik, 4nd, Pradnya Paramita Jakarta.
- [4] Suherman., 1998. Ilmu Logam Mulia dan Besi Tua Tahan Karat, Diklat kuliah jurusan teknik mesin fakultas teknologi industri, ITS Surabaya.
- [5] Amanto., 1999, Ilmu Bahan, Bumi Aksara Jakarta.
- [6] Farid., 1995, Pengaruh *Holding Time Annealing* Pada Sambungan Las SMAW Terhadap Ketangguhan Las Baja K945 EMS45, Tugas akhir teknik mesin, Universitas Negeri Semarang.