

PENGARUH VARIASI WAKTU PENAHANAN DAN TEBAL BENDA KERJA HASIL *QUENCHING* TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA *STAINLESS STEEL* MARTENSIT

Dian Juanda Philip Sarigih¹, Subagyo²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

email: ¹dian.sarigih@icloud.com

(Artikel diterima: Desember 2020, diterima untuk terbit: Januari 2021)

Abstrak – Baja tahan karat martensitik merupakan salah satu baja paduan yang paling sering dijumpai dalam menjalani kehidupan sehari-hari, seperti turbin blade, instrumen bedah dan lain sebagainya. Baja tahan karat martensitik, terlihat jelas yang berarti memiliki sifat tahan karat atau korosi menjadikan baja ini dapat dijadikan struktur martensitik yang keras sehingga dapat digunakan sebagai bahan utama untuk pembuatan alat-alat keras yang tahan korosi dan aus. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu penahanan dan ketebalan benda kerja terhadap sifat mekanik pada baja tahan karat martensitik pada proses *hardening*. Untuk metode penelitian ini menggunakan metode *experimental* untuk menguji pengaruh waktu penahanan dan ketebalan benda kerja terhadap sifat mekanik baja tahan karat martensitik. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa baja AISI 410 hasil *hardening* dengan variasi *holding time* menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dan nilai *impact* yang paling baik didapatkan pada *holding time* 30 menit dengan nilai kekerasan 448 HV dan nilai *impact* 0,146 J/mm², sedangkan untuk variasi ketebalan benda menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dan nilai *impact* yang paling didapatkan pada ketebalan benda 2,5 mm dengan nilai kekerasan 449 HV dan nilai *impact* 0,17 J/mm².

Kata kunci: *quenching*, sifat mekanik, *stainless steel* martensitik, ketebalan benda, waktu penahanan

Abstract – Martensitic stainless steel is one of the alloy steels most often encountered in daily life, such as turbine blades, surgical instruments and so on. Martensitic stainless steel, which is clearly visible which means it has rust or corrosion resistance, makes this steel a hard martensitic structure so that it can be used as the main material for the manufacture of hard tools that are corrosion and wear resistant. The purpose of this study was to determine the effect of holding time and workpiece thickness on the mechanical properties of martensitic stainless steel in the hardening process. This research method uses an experimental method to test the effect of holding time and workpiece thickness on the mechanical properties of martensitic stainless steel. The results of this study indicate that the hardening AISI 410 steel with holding time variations produces the highest hardness value and the best impact value is obtained at a holding time of 30 minutes with a hardness value of 448 HV and an impact value of 0.146 J/mm², while for variations in thickness the object produces The highest hardness value and the most impact value were obtained at a thickness of 2.5 mm with a hardness value of 449 HV and an impact value of 0.17 J/mm².

Keywords: *quenching*, mechanical properties, martensitic stainless steel, thickness of the object, holding time

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berjalannya waktu perkembangan di kalangan industri semakin maju, maka dari itu menuntut para pelaku industri untuk meningkatkan kualitas setiap produk yang akan dihasilkan [1]. Baja adalah logam yang banyak digunakan dalam bidang teknik, menyumbang 95% dari seluruh produksi logam di dunia.

Baja tahan karat adalah salah satu jenis baja paduan yang paling sering kita temui di dalam kehidupan sehari-hari. Mulai digunakan sebagai peralatan memasak dan peralatan makan hingga komponen-komponen mesin yang lebih kompleks seperti *turbine blade*. Unsur baja tahan karat atau yang lebih dikenal dengan *stainless steel* yang membedakan dengan baja paduan lain adalah kandungan krom (Cr) yang dominan. Baja tahan karat martensitik mengandung krom 11,5%-18% dan kadar karbon antara 0,12%-1,2%. Bila dilakukan penggolongan berdasarkan AISI (American Iron and Steel Institute) baja tahan karat martensitik digolongkan menjadi 403, 410, 414, dll. Perbedaan dengan dua baja tahan karat lainnya adalah baja tahan karat martensitik adalah satu-satunya yang *heat treatable* atau dapat dilakukan perlakuan panas terutama *hardening* dan *tempering* [2]-[8].

Perlakuan panas adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan spesimen pada tungku pada temperatur rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media

pendingin. *Hardening* adalah merubah struktur baja sedemikian rupa sehingga diperoleh struktur martensitik yang keras [4]. Baja dipanaskan sampai batas suhu austenit kemudian ditahan pada suhu tersebut selama beberapa saat kemudian didinginkan secara mendadak dengan cara dicelupkan ke dalam media pendingin.

Waktu penahanan yang ditentukan akan mempengaruhi kerataan material austenit, dan akan menyebabkan kerataan yang maksimum pada waktu yang tepat.

II. METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian dimulai dengan penentuan material untuk penelitian ini menggunakan material AISI 410, dengan komposisi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. komposisi kimia material AISI 410 (%berat)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
AISI	0.15	1.00	1.00	0.04	0.03	Min	-	0.75
I	Ma	Max	Max	Max	Max	11.5		
410	x					Max		
						13.5		

Baja AISI 410 adalah baja tahan karat martensitik yang memiliki ketahanan korosi yang baik ditambah kekuatan dan kekerasan yang tinggi. Baja Ini memiliki sifat *magnetik* meskipun dalam kondisi *annealing* maupun *hardening*. Berbagai macam sifat dari baja AISI 410 dapat

dikembangkan dengan perlakuan panas yang berbeda. Baja ini sangat cocok untuk benda-benda yang mengedepankan sifat anti korosi dan memerlukan sifat mekanik yang tinggi. [5]-[6] Kegunaan umum termasuk pegas, pisau, peralatan dapur dan perkakas tangan.

A. Proses Pemesinan

Spesimen dibuat melalui proses pemesinan pada *raw material*, yaitu proses mesin skrap menggunakan mesin skrap lalu dihaluskan dan difinishing dengan menggunakan mesin grinding untuk mendapatkan ukuran yang akurat.

B. Proses Perlakuan Panas

Pada tahap selanjutnya dilakukan proses perlakuan panas yaitu proses hardening material dengan cara memanaskan pada temperatur 950°C, kemudian di *quench* dalam media air.

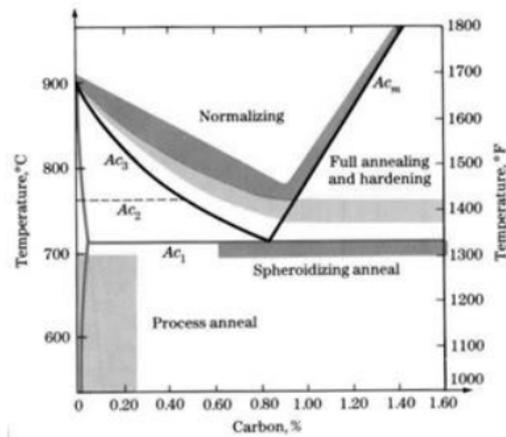
Proses perlakuan panas adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan (Suratman, 1998). Tujuan dari proses perlakuan panas adalah untuk menghasilkan sifat logam yang dibutuhkan. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup seluruh bagian logam atau sebagian logam.

Prinsip perlakuan panas ini pada dasarnya sangat sederhana, yaitu logam dipanaskan dengan laju pemanasan tertentu hingga mencapai temperatur tertentu dan kemudian ditahan pada temperatur tersebut dengan waktu tertentu serta akhirnya didinginkan dengan laju pendinginan tertentu pula. Adapun prinsip proses perlakuan panas yaitu,

1. Laju pemanasan Dimana material dipanaskan sampai temperatur austenit. Adapun syarat-syarat pemanasan yaitu,
 - a. Pemanasan yang dilakukan tidak merubah bentuk komponen (tetap dalam keadaan solid).
 - b. Pemanasan tidak sampai pada temperatur tinggi, karena butir akan menjadi kasar.
2. Penahanan waktu (*holding time*), Dimana setelah material mencapai temperatur austenit kemudian dilakukan penahan waktu pada temperatur tertentu untuk menyeragamkan struktur mikro.
3. Laju pendinginan, Dimana media pendingin yang digunakan yaitu oli, air, tungku dan udara terbuka.

Secara umum Proses perlakuan panas ada dua kategori, yaitu,

1. Softening (Pelunakan): merupakan usaha untuk menurunkan sifat mekanik agar menjadi lunak dengan cara mendinginkan material yang sudah dipanaskan didalam tungku (*annealing*) atau mendinginkan dalam udara terbuka (*normalizing*).
2. Hardening (Pengerasan): merupakan usaha untuk meningkatkan sifat material terutama kekerasan dengan cara celup cepat (*quenching*) material yang sudah dipanaskan ke dalam suatu media *quenching* berupa air, air garam, maupun oli.



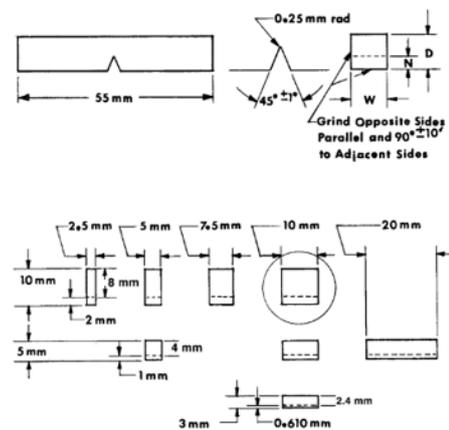
Gambar 1. Grafik perlakuan panas [7]

C. Proses Perlakuan Kekerasan

Uji kekerasan menggunakan metoda vickers sesuai dengan standard ASTM E92 (Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials) dilakukan pada tiga lokasi (titik) setiap benda uji yang mendapatkan perlakuan. Tujuan pengujian dengan metode vickers adalah menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid yang ditekan pada permukaan material uji tersebut.

D. Proses Perlakuan Impact

Uji *impact* dilakukan sesuai dengan standar ASTM E23, Tujuannya adalah untuk mengetahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Dengan catatan bahwa apabila nilai atau harga *impact* semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi [8]-[11]. Dalam penelitian ini menggunakan mesin yang ada di bengkel mesin Politeknik Negeri Malang.



Gambar 2. Standar spesimen uji impact ASTM E23 [8]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Nilai Kekerasan Bahan Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening

Untuk mengetahui perubahan sifat mekanik dari benda perlu dilakukannya uji, uji yang pertama dilakukan adalah uji kekerasan.

1) *Data Nilai Kekerasan Benda Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening Variasi Holding Time*

Setelah proses perlakuan panas *hardening* dilakukan uji kekerasan terhadap benda dengan menggunakan metode Vickers, dan didapatkan data seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Vickers

No	Holding Time (menit)	Kekerasan (HV)	Rata-Rata (HV)
1	10	438,3 ; 421,6 ; 424,6	428,2
2	20	446,6 ; 432,6 ; 423,6	434,3
3	30	463 ; 439,6 ; 440,6	447,8

2) *Data Nilai Kekerasan Benda Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening Variasi Ketebalan Benda*

Setelah proses *hardening* pada benda dan diuji kekerasan didapatkan nilai kekerasan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan

No	Ketebalan Benda (mm)	Kekerasan (HV)	Rata-Rata (HV)
1	2.5	438,3 ; 446,6 ; 463	449,3
2	5	421,6 ; 432,6 ; 439,6	431,3
3	7.5	424,6 ; 423,6 ; 440,6	429,6

B. *Data Nilai Impact Bahan Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening*

Untuk mengetahui perubahan sifat mekanik dari benda perlu dilakukannya uji, uji yang kedua dilakukan adalah uji *impact*.

1) *Data Nilai Impact Bahan Setelah Proses Perlakuan Proses Panas Hardening*

Setelah proses *hardening* pada benda dan diuji *impact* didapatkan nilai *impact* seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Impact

No	Holding Time (menit)	Nilai Impact (J/mm ²)	Rata-Rata (J/mm ²)
1	10	0.18 ; 0.19 ; 0.17	0.18
2	20	0.19 ; 0.21 ; 0.20	0.20
3	30	0.14 ; 0.14 ; 0.16	0.146

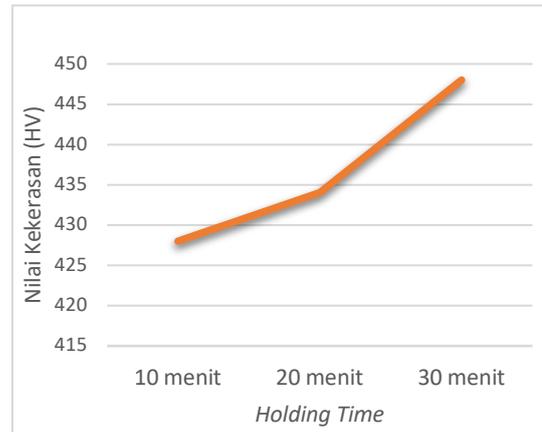
2) *Data Nilai Impact Bahan Setelah Proses Perlakuan Proses Panas Hardening Variasi Ketebalan Benda*

Setelah proses *hardening* pada benda dan diuji *impact* didapatkan nilai *impact* sebagai berikut:

C. *Pembahasan*

Pada penelitian ini menggunakan analisis metode ANOVA dengan menggunakan bantuan aplikasi minitab. Hasil pada pengujian tersebut berupa nilai kekerasan dengan menggunakan metode Vickers dan nilai *impact*. Dapat ditampilkan dalam bentuk grafik-grafik sebagai berikut.

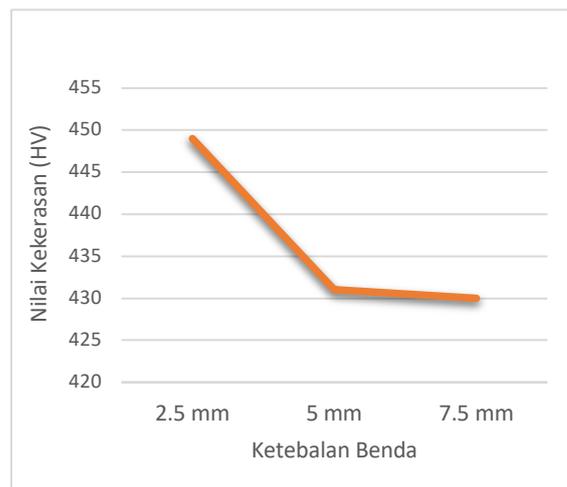
1) *Pengaruh Variasi Holding Time Terhadap Kekerasan*



Gambar 3. Nilai kekerasan dengan uji Vickers dan impact

Gambar 3 menunjukkan pengaruh variasi waktu penahanan atau *holding time* terhadap kekerasan hasil pengerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi pada saat waktu penahanan 30 menit, terlihat dari grafik ini bahwa semakin lama *holding time* nilai kekerasannya semakin naik nilai kekerasannya, hal ini terjadi karena kenaikan kekerasan dipengaruhi oleh austenisasi yang lebih sempurna dan merata, sehingga struktur martensit yang terbentuk semakin banyak persentasenya. *Holding time* 30 menit merupakan waktu yang tepat untuk mendapatkan kekerasan yang paling maksimal tidak menutup kemungkinan waktu lebih dari 30 menit bisa lebih keras atau menurunkan nilai kekerasannya.

2) *Pengaruh Ketebalan Benda Terhadap Kekerasan*



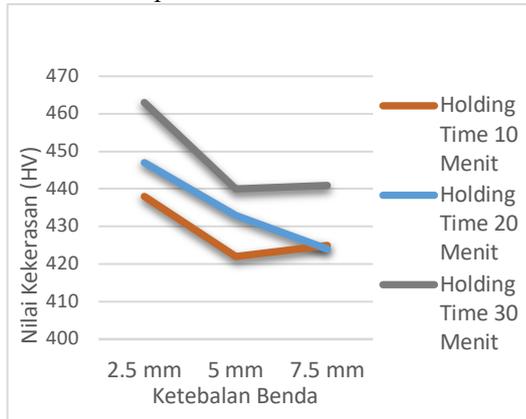
Gambar 4. Pengaruh variasi ketebalan benda terhadap kekerasan hasil *hardening*

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa ketebalan benda mempengaruhi nilai kekerasan benda pada hasil *hardening* didapatkan untuk nilai kekerasan tertinggi terdapat di ketebalan benda 2,5 mm, terlihat pula tren pada grafik ini menurun, maka semakin tipis ketebalan benda maka semakin tinggi pula nilai kekerasannya hal ini terjadi karena proses austenisasi lebih cepat merata dan sempurna pada benda dengan ketebalan yang lebih tipis.

3) *Pengaruh Interaksi Holding Time dan Ketebalan Benda Terhadap Kekerasan*

Gambar 5 menunjukkan hasil pengaruh interaksi dari variasi *holding time* dan ketebalan benda terhadap nilai

kekerasan dan nilai kekerasan yang didapat relative seragam pada ketiga *treatment*. Dapat dilihat pada *holding time* 10 menit nilai kekerasan tertinggi pada ketebalan benda 2,5 mm dan nilai kekerasan terendah pada ketebalan benda 5 mm, lalu pada *holding time* 20 menit nilai kekerasan tertinggi pada ketebalan benda 2,5 mm dan nilai kekerasan terendah pada ketebalan benda 7,5 mm, dan pada *holding time* 30 menit nilai kekerasan tertinggi pada ketebalan benda 2,5 mm dan nilai kekerasan terendah pada ketebalan benda 5 mm.

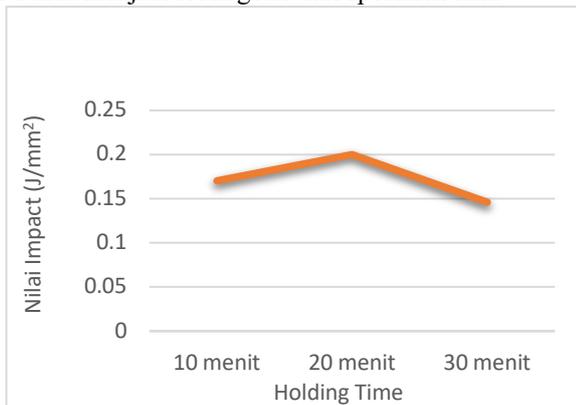


Gambar 5. Interaksi *holding time* dan ketebalan benda terhadap kekerasan

Hasil nilai kekerasan yang dihasilkan pada setiap *holding time* dan ketebalan benda akan mempengaruhi adanya kenaikan ataupun penurunan pada nilai kekerasan, dimana nilai kekerasan tertinggi ditunjukkan pada ketebalan benda 2,5 mm dengan *holding time* 30 menit, hal ini dikarenakan ketebalan dan *holding time* tersebut adalah yang paling optimal sehingga proses austenisasi terjadi merata dengan lebih sempurna dibanding benda yang lain sehingga benda ini memiliki nilai kekerasan tertinggi.

4) Pengaruh Variasi Holding Time Terhadap Nilai Impact

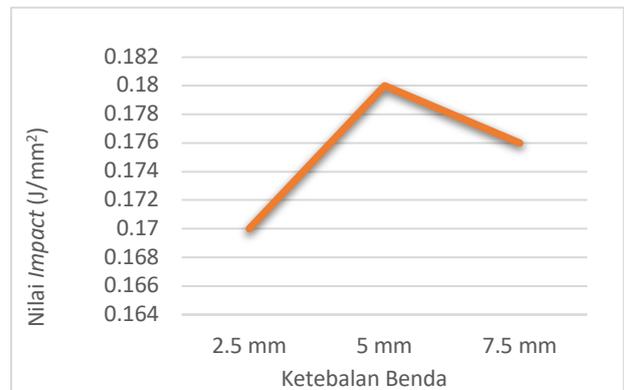
Gambar 6 menunjukkan pengaruh variasi waktu penahanan atau *holding time* terhadap nilai *impact*. Untuk nilai *impact* terendah didapatkan pada saat waktu penahanan 30 menit, terlihat dari grafik ini bahwa semakin lama *holding time* akan semakin rendah pula nilai *impact* nya, hal ini terjadi karena *holding time* pada saat proses *hardening* mempengaruhi kegetasan spesimen, sehingga bagian-bagian dari benda menjadi lebih getas dari spesimen lain.



Gambar 6. Pengaruh variasi *holding time* terhadap nilai *impact* hasil *hardening*

5) Pengaruh Variasi Ketebalan Benda Terhadap Nilai Impact

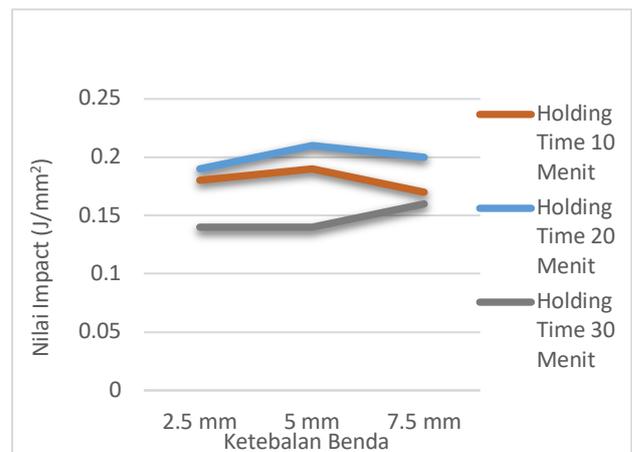
Pada Gambar 7 dapat terlihat bahwa terdapat kenaikan dan penurunan meskipun tidak signifikan pada nilai *impact* terhadap variasi ketebalan benda hasil *hardening*. didapatkan untuk nilai *impact* tertinggi terdapat di ketebalan benda 5 mm, terlihat pula terdapat fluktuasi pada tren di grafik ini, maka ketebalan benda mempengaruhi nilai *impact* pada benda, hal ini terjadi karena proses austenisasi pada spesimen 5 mm lebih cepat merata dan sempurna sehingga spesimen menjadi lebih getas pada benda dengan ketebalan benda yang lain.



Gambar 7. Pengaruh variasi ketebalan benda terhadap nilai *impact* hasil *hardening*

6) Pengaruh Interaksi Holding Time dan Ketebalan Benda Terhadap Nilai Impact

Berdasarkan Gambar 8, hasil dimana pengaruh interaksi dari variasi *holding time* dan ketebalan benda terhadap nilai *impact*. Dapat dilihat bahwa pada *holding time* 10 menit nilai *impact* tertinggi pada ketebalan benda 5 mm dan nilai *impact* terendah pada ketebalan 2,5 mm, lalu pada *holding time* 20 menit nilai *impact* tertinggi didapatkan pada ketebalan benda 5 mm dan nilai *impact* terendah pada ketebalan 2,5 mm. Dan *holding time* 20 menit nilai *impact* tertinggi didapatkan pada ketebalan benda 7,5 mm dan nilai *impact* terendah pada ketebalan 2,5 mm.



Gambar 8. Interaksi *holding time* dan ketebalan benda terhadap nilai *impact*

Hasil nilai *impact* yang dihasilkan pada setiap *holding time* dan ketebalan benda akan mempengaruhi kenaikan ataupun penurunan pada nilai *impact*, dimana nilai *impact* terendah ditunjukkan pada ketebalan benda 2,5 mm dengan *holding time* 30 menit hal ini dikarenakan ketebalan dan

holding time tersebut adalah yang paling getas karena saat proses *hardening* spesimen tersebut mengalami proses austenisasi spesimen lebih merata dengan sempurna sehingga nilai *impact* spesimen tersebut yang paling rendah

IV. KESIMPULAN

Variasi *holding time* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan dan nilai *impact* pada baja aisi 410 hasil *hardening* dimana kekerasan tertinggi dimiliki oleh *holding time* 30 menit dengan nilai 447,8 HV, sedangkan untuk nilai *impact* juga dimiliki oleh *holding time* 20 menit dengan nilai *impact* 0.20 J/mm²

Variasi ketebalan benda tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai *impact* tetapi memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada nilai kekerasan pada baja AISI 410 hasil *hardening*. Dimana untuk nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh ketebalan benda 2,5 mm dengan nilai kekerasan 449 HV, sedangkan untuk *impact* dimiliki oleh ketebalan benda 5 mm dengan nilai *impact* 0.18 J/mm².

V. REFERENSI

- [1] V. L. H. V., Ilmu dan Teknologi Bahan, Jakarta: Erlangga, 1992.
- [2] T. Surdia and S. S., Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1995.
- [3] G. E. Dieter, Metalurgi Mekanik, Jakarta: Erlangga, 1990.
- [4] B. Beumer, Ilmu Bahan Logam, Jakarta: PT. Bhratara, 1994.
- [5] L. H. V. Vlack, Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material, Jakarta: Erlangga, 2001.
- [6] [Online]. Available: <https://www.dynatech-int.com/id/artikel/solusi-alat-pengujian-kekerasan-pada-logam-dari-future-tech-corp>. [Accessed 9 Juni 2021].
- [7] J. A. Venables (1962) The martensite transformation in stainless steel, The Philosophical Magazine: A Journal of Theoretical Experimental and Applied Physics, 7:73, 35-44
- [8] Cheng Li, Feng Li, Juhua Liang, Ronghua Cao, Zhengzhi Zhao. (2019) Microstructural evolution and strain hardening mechanism of a boron-containing metastable austenitic steel. Materials Science and Technology 35:16, pages 2013-2023.
- [9] Jalal Azadmanjiri, Christopher C. Berndt, Ajay Kapoor, Cuie Wen. (2015) Development of Surface Nano-Crystallization in Alloys by Surface Mechanical Attrition Treatment (SMAT). Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences 40:3, pages 164-181.
- [10] K. Datta, J. Post, A. Dinsdale. (2010) Finite element calculation of local variation in driving force for austenite to martensite transformation. Materials Science and Technology 26:5, pages 559-566.
- [11] Zhi Gang Shi, Hong Ma, Jian Min Jia, Xiong Hua Cui, Xiao Dong He, Zhe Yi Yang. (2018) Martensite structure in TP304H austenitic stainless steel after long-term service and aging. Materials at High Temperatures 35:6, pages 546-551.