

# PENGARUH KADAR GARAM DAPUR (NaCl) DALAM MEDIA PENDINGIN TERHADAP TINGKAT KEKERASAN PADA PROSES Pengerasan BAJA ST-60

Yuliana Aziza<sup>1</sup>, Yayi Febdia Pradani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Ilmu Komputer, dan Agroteknologi, Universitas Islam Raden Rahmat

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Ilmu Komputer, dan Agroteknologi, Universitas Islam Raden Rahmat  
Yuliana08@aziza@gmail.com

## ABSTRAK

Pengerasan bahan (*hardening*) merupakan salah satu proses perlakuan panas dengan kondisi *non-equilibrium*. Proses pengerasan baja dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanis baja yakni sifat kekerasan yang dibutuhkan dalam dunia industri sebagai bahan pembuatan komponen otomotif dan konstruksi pemesinan. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kekerasan baja ST-60 setelah mengalami perlakuan *hardening* dengan media pendingin air yang dicampur dengan garam dapur (NaCl) sebanyak 20 %, 25%, dan 30 %. Metode dalam penelitian ini menggunakan deskriptif kuantitatif. Sedangkan desain penelitiannya adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Teknik analisis data menggunakan analisis uji beda t dan *anova* yakni uji *paired sample t test* dan *one way anova*. Objek penelitian ini adalah baja karbon menengah ST-60 yang kemudian diberi perlakuan yakni *hardening* dengan media pendingin yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata nilai kekerasan pada baja ST-60 dengan media pendingin 20 % NaCl sebesar 264.5 HV, untuk kadar garam 25% NaCl menunjukkan angka kekerasan 278 HV, sedangkan baja dengan kadar 30 % NaCl sebesar 311 HV. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai kekerasan pada baja ST-60 antara sebelum dan setelah mengalami proses *hardening* yang kemudian didinginkan dengan media pendingin larutan garam 20 %, 25% dan 30 % sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar garam dapur (NaCl) berpengaruh terhadap tingkat kekerasan baja ST-60. Tingkat kekerasan baja akan meningkat seiring bertambahnya kadar garam yang dimasukkan kedalam media larutan pendingin baja ST-60. Tingkat kekerasan baja tertinggi dicapai pada spesimen yang dikeraskan dan didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar 30 % NaCl.

**Kata kunci:** *hardening*, baja ST-60, garam dapur

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi bahan dan rekayasa mikroteknologi telah mendorong perubahan yang sangat besar terhadap penggunaan material khususnya baja dalam dunia industri. Seiring dengan perkembangan yang ada, maka dibutuhkan baja dengan sifat dan karakteristik yang sesuai terhadap kondisi pada saat diaplikasikan. Salah satu aplikasi baja karbon menengah ST-60 adalah penggunaannya sebagai bahan pembuatan roda gigi, alat-alat pertanian, poros, gandar serta bagian-bagian konstruksi pemesinan dan komponen otomotif lainnya.

Usaha yang dilakukan dalam memperoleh sifat mekanis baja yang baik terutama sifat kekerasan, maka dilakukan proses pengerasan (*hardening*) pada baja. Suherman (1988:33) mengartikan *hardening* atau pengerasan sebagai salah satu laku panas dengan kondisi *non-equilibrium*, laku panas yang pendinginannya berlangsung pada kondisi *non-equilibrium*, pendinginan yang sangat cepat, sehingga struktur mikro yang akan diperoleh adalah struktur mikro yang *non-equilibrium*. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini baja ST-60 karena banyak digunakan dalam pembuatan peralatan perkakas, alat pertanian, komponen otomotif serta kebutuhan rumah tangga. Selain itu, baja ST-60 juga digunakan sebagai pembuatan poros dan gandar dalam komponen otomotif namun terbatas pada pemakaian bagian-bagian yang mendapatkan beban yang tidak terlalu berat dan tidak menerima gesekan yang terlalu tinggi karena kurang keras. Untuk memperbaiki sifat-sifat tekniknya terutama sifat kekerasannya maka baja ST-60 perlu mendapatkan perlakuan panas dengan jalan mengubah struktur melalui pemanasan dan kecepatan laju pendinginan.

Proses pengerasan baja karbon dilakukan dalam dapur pemanas dan menggunakan air sebagai media pendinginnya. Dalam penelitian ini digunakan media pendingin air dan garam dapur

sebagai tambahannya dengan kadar yang berbeda-beda yaitu air yang ditambahkan garam sebanyak 20%, 25% dan 30%. Kamenichny (1972:82) menyatakan bahwa air dipakai sebagai media pendingin karena dapat menurunkan suhu dengan cepat yaitu  $600^{\circ}\text{C/s}$  pada suhu  $18^{\circ}\text{C}$ . Garam dapur mampu meningkatkan laju pendinginan jika dilarutkan dalam air yakni  $1100^{\circ}\text{C/s}$  dalam suhu  $18^{\circ}\text{C}$ . Garam dapur (NaCl) ditambahkan dalam media pendingin sehingga dapat meningkatkan laju pendinginan. Material yang diperlakukan dengan media pendingin larutan garam ini diharapkan nilai kekerasannya akan meningkat. Kondisi logam atau material yang memiliki sifat kekerasan akibat media pendingin akan mengakibatkan keuletan dan ketangguhan logam menurun. Dengan kata lain nilai kekerasan pada logam yang sudah mengalami *heat treatment* dengan media pendingin berbanding terbalik dengan keuletan serta ketangguhan logam tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Elfendri (2009:22), pengaruh media pendingin terhadap kekerasan makro dan mikro baja Ni-Hard IV, menyebutkan bahwa hasil pengujian kekerasan makro yang menggunakan berbagai jenis media pendingin dengan pengujian Rockwell C dapat dilihat dalam Tabel 1:

**Tabel 1. Data Pengujian Kekerasan Makro Berbagai Kondisi Media Pendingin**

No	Jenis perlakuan panas	Media pendingin	HRC rata-rata
1	Quenching	Pecahan es	58,25
		Air	57,5
		Air spray	55,6
		Oli	55,3
2	Normalizing	Lingkungan	52,9
3	Anealing	Tungku	33,4

(Sumber: Elfendri, 2009:20)

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Elfendri (2009:22) disimpulkan bahwa laju pendinginan yang semakin cepat akan menambahkan jumlah karbida kompleks dalam material baja karena ikatan karbida tidak mempunyai waktu yang cukup untuk putus atau karbida terperangkap dalam ikatan kompleks yang terbentuk saat pemanasan pada temperatur eutektoid. Hal ini menyebabkan tingkat kekerasan pada baja atau material akan bertambah. Sehingga semakin lambat proses pendinginan maka akan meningkatkan presentase perlit di dalam bahan hal ini dikarenakan saat proses pendinginan berlangsung ikatan karbida kompleks banyak yang putus dan berubah menjadi unsur tunggal atau bereaksi membentuk perlit.

Penelitian yang dilakukan oleh Rizal (2005:58) menggunakan garam dapur (NaCl) yang ditambahkan dalam media pendingin dengan kadar 9%, 16%, dan 23%. Pengujian kekerasan yang dihasilkan pada penelitiannya dapat dilihat pada Tabel 2:

**Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan**

No	Spesimen	Nilai kekerasan (HRC)			
		1	2	3	Rata-rata
1	Raw material (A0)	34,33	32,33	32	32,89
2	9% NaCl (A1)	50	49,33	49,67	49,67
3	16% NaCl (A2)	51,67	51	50,67	51,11
4	23% NaCl (A3)	53	52,33	54,67	53,33

(Sumber: Rizal, 2007:51)

Pada Tabel 2, tingkat kekerasan yang dihasilkan pada masing-masing spesimen tersebut berbeda-beda. Tingkat kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen dengan kadar NaCl 23%. Dengan kata lain adanya tambahan garam dapur (NaCl) dalam media pendingin sangatlah berpengaruh pada hasil kekerasan yang terjadi. Hal ini disebabkan NaCl tersebut dapat meningkatkan dan mempercepat laju pendinginan. Bertolak dari beberapa penelitian yang telah dilakukan maka peneliti menggunakan kadar garam dapur (NaCl) antara 20%, 25% dan 30%. Hal ini dikarenakan tingkat kekerasan kemungkinan dapat berubah menjadi lebih tinggi pada skala-skala tersebut. Sehingga dari pemaparan gambaran diatas perlu diketahui pengaruh kadar garam dapur (NaCl) dalam media

pendingin terhadap tingkat kekerasan pada proses pengerasan baja ST-60. Sehingga hasil dari penelitian ini dapat dijadikan masukan yang dapat dipakai sebagai pedoman dalam produksi baja.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST-60 produksi dari perusahaan Buderus. Baja ini termasuk baja karbon menengah yang mempunyai sifat mekanis yaitu mempunyai kekuatan tarik 62,5 kgf/mm<sup>2</sup>, dapat dikeraskan dan digunakan dalam konstruksi pemesinan. Objek atau bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah silinder baja karbon menengah ST-60 produksi perusahaan Buderus. Spesimen ini memiliki ukuran pada setiap spesimen dengan tebal 19 mm dan diameter 40 mm. Total semua spesimen adalah 12 dengan ukuran dan bentuk yang sama. Silinder baja karbon tersebut akan dianalisis perbedaan tingkat kekerasannya dengan menggunakan perbedaan media pendingin yang sebelumnya telah diberikan proses perlakuan panas hardening.

**Tabel 3. Spesifikasi Kadar Kandungan Unsur Pembentuk Baja ST-60**

No	Nama Unsur	Jumlah (%) berat
1	Karbon (C)	0.45
2	Silikon (Si)	0.3
3	Mangan (Mn)	0.7

(Sumber: Buderus Edelstahl)

Dalam penelitian ini dilakukan tiga perlakuan pendinginan yaitu media pendingin larutan garam dengan kadar garam 20%, media pendingin larutan garam dengan kadar garam 25%, media pendingin larutan garam 30%. Dengan jumlah masing-masing setiap media pendingin 3 spesimen dan untuk raw spesimen 3 buah, sehingga total spesimen sebanyak 12 spesimen.

### Metode

Pada metode pelaksanaan penelitian diperlukan persiapan terlebih dahulu yakni mempersiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan saat pelaksanaan penelitian. Adapun bahan yang dibutuhkan adalah baja ST-60, air dan garam dapur (NaCl). Sedangkan peralatan yang perlu disiapkan antara lain adalah mesin gergaji, jangka sorong, mesin bubut, dapur pemanas listrik, mesin uji kekerasan Rockwell C, tempat pendingin dan mesin gerinda.

Adapun langkah pengambilan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Pembentukan spesimen

##### a. Pemotongan bahan

Pemotongan bahan yang berupa baja ST-60 dalam bentuk silinder dengan diameter 40 mm dan tebal 19 mm. Pemotongan ini dilakukan dengan gergaji besi.

##### b. Meratakan permukaan benda kerja pada mesin gerinda

Untuk meratakan permukaan benda kerja dengan mesin gerinda dilakukan tahap-tahap sebagai berikut:

- Memasang benda kerja pada meja kerja yang terdapat magnetnya
- Pengaturan tinggi rendahnya batu gerinda pada benda kerja
- Mesin dihidupkan dan lakukan pemakanan pada permukaan benda kerja
- Mematikan mesin dan memeriksa permukaan benda kerja
- Melakukan penggerindaan untuk semua benda kerja

#### 2. Penakaran media pendingin

Pada langkah ini adalah proses penakaran media pendingin yang meliputi menimbang garam dapur (NaCl), menakar air dengan gelas ukur dan mencampurkan dengan garam dapur yang sudah sesuai dengan ketentuan hingga rata dan larut. Media pendingin dalam penelitian ini terdapat tiga macam yakni larutan garam 20%, 25%, dan 30% (NaCl).

a. Larutan garam 20% (NaCl) terdiri dari 4 liter air yang ditambahkan 800 gram garam dapur.

b. Larutan garam 25% (NaCl) terdiri dari 4 liter air yang ditambahkan 1000 gram garam dapur.

c. Larutan garam 30% (NaCl) terdiri dari 4 liter air yang ditambahkan 1200 gram garam dapur.

#### 3. Proses *hardening*

Adapun langkah-langkah dalam proses *hardening* adalah sebagai berikut:

a. Menyiapkan spesimen yang akan diberi perlakuan panas dan menyiapkan peralatan yang dibutuhkan dalam proses *hardening*

- b. Sebelum dilakukan hardening, spesimen harus dinormalising terlebih dahulu
  - c. Menyiapkan dan mengatur suhu dapur listrik untuk melakukan proses normalising pada benda kerja
  - d. Suhu untuk proses normalising adalah 9000 C dan didinginkan dengan udara luar
  - e. Setelah benda uji dinormalising, langkah berikutnya adalah proses *hardening* yaitu dengan memasukkan semua spesimen ke dalam dapur pemanas listrik lalu mengatur suhu sesuai dengan ketentuan yakni 9000 C dengan *holding time* selama 40 menit
  - f. Pengambilan benda uji dalam dapur pemanas listrik dengan penjepit yang dilanjutkan dengan pendinginan benda uji
  - g. Pengambilan benda uji langsung dari dapur pemanas listrik dan mencelupkannya ke dalam media pendingin yang telah disediakan
  - h. Setiap media pendingin yakni larutan garam dengan kadar NaCl 20%, 25%, dan 30%. Tiga buah spesimen dicelupkan dalam tiap media pendingin tersebut
  - i. Tunggu beberapa saat hingga benda uji tersebut mencapai suhu kamar yang dilanjutkan dengan pengujian kekerasan dengan Rockwell C
4. Pengujian kekerasan
- Setelah proses *hardening* dilaksanakan maka langkah selanjutnya adalah pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan pada spesimen dalam penelitian ini menggunakan standar JIS (*Japanese International Standards*) yaitu JIS 2245.
- Adapun langkah-langkah dalam pengujian kekerasan dengan Rockwell yang sesuai standar JIS 2245 adalah sebagai berikut:
- a. Untuk menghindari kesalahan saat pengukuran kekerasan, sebaiknya alat uji khususnya Rockwell diposisikan pada keadaan standar terlebih dahulu sebelum pelaksanaan pengukuran. *Setting* ini dapat dilakukan dua kali agar hasilnya akurat kemudian bisa dilakukan pengukuran pada benda uji.
  - b. Posisi pengukuran sebaiknya pada bagian tengah benda uji. Penekanan indentor pertama dan yang berikutnya tidak boleh terlalu jauh yakni jarak tersebut tidak boleh kurang dari 4 kali diameter bekas indentasi sebelumnya dan posisi penekanan pun tidak boleh terlalu pinggir pada benda uji.
  - c. Permukaan benda uji harus ditempatkan pada posisi yang tepat sehingga berada pada satu garis sumbu vertikal dengan indentornya.
  - d. Beban seharusnya dinaikkan secara perlahan dan berkelanjutan tanpa disertai *impact* hingga mencapai beban standardan kemudian *setting* titik dial agar sesuai dengan petunjuk indikator.
  - e. Setelah langkah 4 selesai, beban dinaikkan secara perlahan tanpa *impact*, sehingga mencapai beban standar
  - f. Waktu yang digunakan saat pembebanan (pengukuran pada benda uji) harus disesuaikan dengan standar yakni 30 detik.
  - g. Pengujian kekerasan dapat dilaksanakan setelah *setting* awal pada mesin penguji dan pengurangan beban pada mesin. Kemudian baca skala atau angka kekerasan yang tertera pada mesin hingga desimal pertama dan skala yang ditunjukkan oleh pointer indikator pada saat kondisi standar.
  - h. Skala kekerasan yang diperoleh harus dibulatkan ke atas sesuai dengan standar JIS 8401. Misalkan pada Rockwell C tidak boleh kurang dari 50, desimal yang diperoleh harus dibulatkan hingga 0,5 satuan dengan ketentuan lebih dari 0,3 serta mengabaikan sisanya.
  - i. Angka kekerasan harus dibedakan sesuai dengan nilai kekerasan yang tertera pada indikator. Hasil pengujian dari masing-masing perlakuan dicatat dengan lengkap, kemudian masing-masing kelompok perlakuan dibandingkan untuk mengetahui perbedaannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data harga kekerasan untuk baja ST-60 diperoleh melalui pengujian kekerasan. Melalui pengujian inilah akan diketahui perbedaan nilai kekerasan pada masing-masing kelompok perlakuan yang berbeda. Kemudian angka kekerasan Rockwell B dan Rockwell C tersebut dikonversi pada angka kekerasan Vickers dengan tujuan mempermudah dalam mengetahui perbedaan nilai kekerasan pada baja ST-60. Adapun hasil dari pengujian kekerasan pada baja ST-60 sebelum dan sesudah perlakuan panas adalah sebagai berikut:

**Deskripsi Data Tingkat Kekerasan Spesimen sebelum Perlakuan Panas****Tabel 4. Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen ST-60 sebelum Perlakuan Panas**

No	Spesimen	Nilai Kekerasan				Rata-rata
		1	2	3	4	
1	HRB	83	83	83.5	83.5	83.25
2	HV	164	164	165	165	164.5

Tabel 4 dapat dilihat hasil pengujian kekerasan Rockwell B pada spesimen ST-60 yang sebelum perlakuan panas menunjukkan angka rata-rata 83,25 HRB. Kemudian untuk skala Vickers, hasil pengujian kekerasan pada spesimen ST-60 sebelum perlakuan panas menunjukkan angka rata-rata 164,5 HV.

**Deskripsi Data Kekerasan Spesimen setelah Mengalami Proses Normalizing****Tabel 5. Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen ST-60 setelah Proses Normalising**

No	Spesimen	Nilai Kekerasan				Rata-rata
		1	2	3	4	
1	HRB	81.5	84	82.5	83.5	83
2	HV	159	167	162	165	163

Pada Tabel 5 dapat dilihat hasil pengujian kekerasan Rockwell B pada spesimen ST-60 setelah proses *normalizing* menunjukkan angka rata-rata 83 HRB. Kemudian untuk skala Vickers, hasil pengujian kekerasan pada spesimen ST-60 yang telah mengalami proses *normalizing* menunjukkan angka kekerasan rata-rata 163 HV.

**Deskripsi Data Tingkat Kekerasan Spesimen yang telah Mengalami Proses Hardening dengan Media Pendingin Larutan Garam 20% (NaCl)****Tabel 6. Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen ST-60 setelah Proses Hardening dengan Media Pendingin Larutan Garam 20 % NaCl**

Skala Kekerasan	Spesimen	Titik Pengujian				Rata-rata
		1	2	3	4	
HR C	A	25.5	25	24	24	24.6
	B	24	25.5	25.5	25	25
	C	25	25	24.5	24	24.6
	Rata-rata					25
HV	A	269	266	260	260	264
	B	260	269	269	266	266
	C	266	266	263	260	264
	Rata-rata					265

Pada Tabel 6 dapat dilihat hasil pengujian kekerasan Rockwell C pada spesimen ST-60 setelah mengalami proses *hardening* yang kemudian didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar garam (NaCl) sebanyak 20 % menunjukkan angka kekerasan terendah 24 HRC dan memiliki angka kekerasan tertinggi yakni 25.5 HRC. Rata-rata tingkat kekerasan untuk spesimen A adalah 24.6 HRC, spesimen B menunjukkan angka rata-rata 25 HRC, dan untuk spesimen C menunjukkan angka rata-rata 24,6 HRC. Angka rata-rata untuk tingkat kekerasan ketiga spesimen pada baja ST-60 setelah mengalami proses *hardening* yang didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar garam NaCl sebanyak 20 % menunjukkan angka 25 HRC.

Kemudian setelah nilai-nilai kekerasan tersebut dikonversi kedalam skala kekerasan Vickers maka hasil pengujian kekerasan memiliki angka kekerasan terendah 260 HV dan angka kekerasan tertinggi sebesar 269 HV. Angka rata-rata kekerasan untuk spesimen A adalah 264 HV, untuk spesimen B menunjukkan nilai 266 HV, dan untuk spesimen C memiliki angka rata-rata 264 HV. Sehingga angka rata-rata untuk tingkat kekerasan ketiga spesimen pada baja ST-60 setelah

mengalami proses *hardening* yang didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar garam NaCl sebanyak 20 % dalam skala Vickers menunjukkan angka rata-rata 265 HV.

**Deskripsi Data Tingkat Kekerasan Spesimen yang telah Mengalami Proses *Hardening* dengan Media Pendingin Larutan Garam 25% (NaCl)**

**Tabel 7. Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen ST-60 setelah Proses *Hardening* dengan Media Pendingin Larutan Garam 25% NaCl**

Skala Kekerasan	Spesimen	Titik Pengujian				Rata-rata
		1	2	3	4	
HR C	A	26	28	27	27	27
	B	29	27	26.5	26	27
	C	27	25	26.5	26.5	26.25
	Rata-rata					26.75
HV	A	272.5	286	279	279	279
	B	293	279	276	272.5	280
	C	279	266	276	276	274.25
	Rata-rata					278

Pada Tabel 7 dapat dilihat hasil pengujian kekerasan Rockwell C pada spesimen ST-60 setelah mengalami proses *hardening* yang kemudian didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar garam (NaCl) sebanyak 25% menunjukkan angka kekerasan terendah 25 HRC dan memiliki angka kekerasan tertinggi yakni 29 HRC. Rata-rata tingkat kekerasan untuk spesimen A adalah 27 HRC, spesimen B menunjukkan angka rata-rata 27 HRC, dan untuk spesimen C menunjukkan angka rata-rata 26.25 HRC. Angka rata-rata untuk tingkat kekerasan ketiga spesimen pada baja ST-60 setelah mengalami proses *hardening* yang didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar garam NaCl sebanyak 25% menunjukkan angka 26.75 HRC.

Kemudian setelah nilai-nilai kekerasan tersebut dikonversi kedalam skala kekerasan Vickers maka hasil pengujian kekerasan memiliki angka kekerasan terendah 266 HV dan angka kekerasan tertinggi sebesar 293 HV. Angka rata-rata kekerasan untuk spesimen A adalah 279 HV, untuk spesimen B menunjukkan nilai 280 HV, dan untuk spesimen C memiliki angka rata-rata 274.25 HV. Sehingga angka rata-rata untuk tingkat kekerasan ketiga spesimen pada baja ST-60 setelah mengalami proses *hardening* yang didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar garam NaCl sebanyak 25% dalam skala Vickers menunjukkan angka rata-rata 278 HV.

**Deskripsi Data Tingkat Kekerasan Spesimen yang telah Mengalami Proses *Hardening* dengan Media Pendingin Larutan Garam 30 % (NaCl)**

**Tabel 8. Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen ST-60 setelah Proses *Hardening* dengan Media Pendingin Larutan Garam 30 % NaCl**

Skala Kekerasan	Spesimen	Titik Pengujian				Rata-rata
		1	2	3	4	
HR C	A	31	32	30	30	30.75
	B	31.5	31.5	32	31.5	31.63
	C	31	31	31	31	31
	Rata-rata					31.13
HV	A	310	318	302	302	308
	B	314	314	318	314	315
	C	310	310	310	310	310
	Rata-rata					311

Hasil pengujian kekerasan Rockwell C pada spesimen ST-60 setelah mengalami proses *hardening* dapat dilihat pada Tabel 8. Spesimen ST-60 setelah mengalami proses *hardening* yang kemudian didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar garam (NaCl) sebanyak 30 % menunjukkan angka kekerasan terendah 30 HRC dan memiliki angka kekerasan tertinggi yakni 32 HRC.

Rata-rata tingkat kekerasan untuk spesimen A adalah 30,75 HRC, spesimen B menunjukkan angka rata-rata 31,63 HRC, dan untuk spesimen C menunjukkan angka rata-rata 31 HRC. Sehingga angka rata-rata untuk tingkat kekerasan ketiga spesimen pada baja ST-60 setelah mengalami proses *hardening* yang didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar garam NaCl sebanyak 30 % menunjukkan angka 31,13 HRC.

Kemudian setelah nilai-nilai kekerasan tersebut dikonversi kedalam skala kekerasan Vickers maka hasil pengujian kekerasan memiliki angka kekerasan terendah 302 HV dan angka kekerasan tertinggi sebesar 318 HV. Angka rata-rata kekerasan untuk spesimen A adalah 308 HV, untuk spesimen B menunjukkan nilai 315 HV, dan untuk spesimen C memiliki angka rata-rata 310 HV. Sehingga angka rata-rata untuk tingkat kekerasan ketiga spesimen pada baja ST-60 setelah mengalami proses *hardening* yang didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan kadar garam NaCl sebanyak 30 % dalam skala Vickers menunjukkan angka rata-rata 311 HV.

### Kekerasan Baja ST-60 Hasil *Quenching*

Nilai kekerasan rata-rata baja ST-60 paling tinggi hasil perlakuan panas yang dicapai sebesar 311 HV dan terendah ditunjukkan dengan angka 265 HV, sedangkan pada baja ST-60 sebelum perlakuan mempunyai nilai kekerasan rata-rata sebesar 164,5 HV. Hal ini membuktikan bahwa media pendingin yang digunakan berpengaruh terhadap nilai kekerasan dalam proses *hardening*. Dari hasil pengujian kekerasan, nilai rata-rata kekerasan baja ST-60 paling tinggi dicapai pada proses *hardening* dengan menggunakan media pendingin larutan garam 30 % NaCl, sedangkan angka rata-rata kekerasan terendah berada pada kelompok baja yang mengalami proses *hardening* dengan menggunakan media pendingin larutan garam 20 % NaCl.

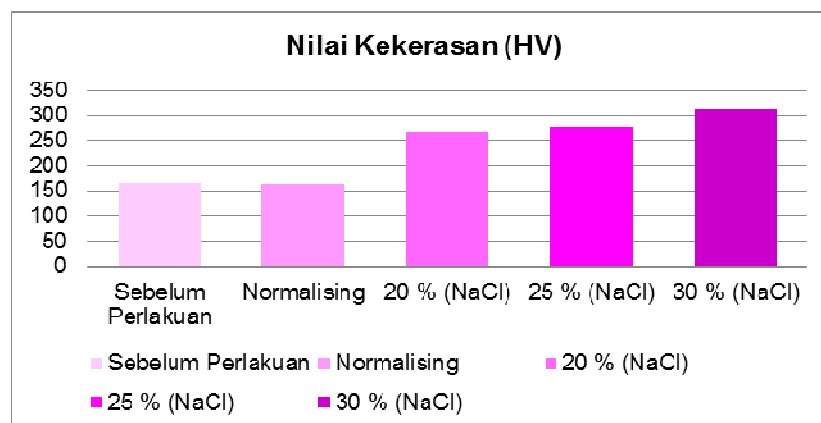
Tingkat kekerasan baja ST-60 yang telah dikeraskan dengan media pendingin larutan garam 20% mempunyai nilai kekerasan rata-rata sebesar 265 HV, pada baja yang didinginkan dengan larutan garam 25% memiliki nilai kekerasan sebesar 278 HV dan yang didinginkan dengan larutan garam 30% mempunyai nilai kekerasan rata-rata sebesar 311 HV. Pada media pendingin dengan kadar garam 30% ini mencapai nilai kekerasan tertinggi, hal ini karena larutan garam yang terbentuk mempunyai laju pendinginan tinggi jika dibandingkan dengan larutan garam 20 % dan 25% NaCl sehingga baja yang dicelupkan pada media ini akan memiliki kekerasan yang tinggi.

Hasil penelitian ini didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Rizal. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Rizal (2005:51), menerangkan bahwa tingkat kekerasan hasil perlakuan panas tertinggi dicapai pada media pendingin larutan garam dibandingkan dengan menggunakan air. Data hasil variasi kadar garam yakni dari yang terkecil hingga paling besar yaitu  $A_1$  dengan 9 % garam = 49,67 HRC,  $A_2$  dengan 16 % garam = 51,11 HRC,  $A_3$  dengan 23 % = 53,33 HRC.

Dengan melihat hasil variasi kadar garam tersebut membuktikan bahwa tingkat kekerasan hasil perlakuan panas tertinggi antara menggunakan media air dan larutan garam tergantung pada banyaknya kadar garam yang terlarut pada suatu larutan. Semakin banyak kadar garam dalam suatu larutan maka tingkat kekerasan yang tercapai semakin tinggi pula.

### Pengaruh Kadar Garam Terhadap Kekerasan Baja ST-60 Hasil *Quenching*

Dibawah ini disajikan hasil penelitian dalam bentuk diagram batang dan grafik sehingga mudah dalam pembacaan nilai kekerasan Rockwell.



Gambar 1. Diagram Nilai Kekerasan Baja ST-60 yang Telah Mengalami Proses *Hardening*

Berdasarkan diagram batang pada Gambar 1 di atas terjadi kecenderungan kenaikan nilai kekerasan pada baja ST-60 seiring dengan adanya penambahan jumlah atau kadar garam yang terlarut dalam media pendingin air. Angka kekerasan ini didapat dengan pengujian Rockwell C dan B yang kemudian dikonversi ke dalam satuan Vickers sehingga semua nilai kekerasan yang diperoleh menjadi satu satuan. Dengan jalan ini pembacaan dan perbandingan pada nilai kekerasan akan semakin mudah.

Melihat kenaikan nilai kekerasan pada Gambar 1 di atas dapat membuktikan bahwa kadar garam dapur yang terdapat pada media pendingin dalam hasil kekerasan pada baja ST-60 yang telah mengalami proses *hardening* yang diuji dapat terpenuhi. Hal ini terlihat dari hasil penelitian dan pengujian pada baja yang telah di-*quenching*. Angka kekerasan baja ST-60 yang di-*quenching* dengan udara luar menunjukkan angka kekerasan 164 HV, sedangkan baja yang di-*quenching* dengan larutan garam 20 % memiliki nilai kekerasan sebesar 265 HV, untuk kadar 25% menunjukkan angka 278 HV dan kadar 30 % memiliki angka kekerasan 311 HV. Semakin tinggi kadar garam dalam media pendingin air maka tingkat kekerasan yang dicapai semakin tinggi. Menurut teori, larutan garam mempunyai laju pendinginan yang tinggi dan dapat menghasilkan nilai kekerasan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan larutan pendingin yang lainnya.

Jika kadar garam dalam larutan cukup tinggi maka larutan akan mengalami sifat jenuh. Artinya garam dalam larutan tersebut tidak dapat larut secara sempurna. Hal ini terlihat masih adanya butiran garam dalam larutan. Dalam penelitian ini, pada kadar 30% larutan sudah mulai jenuh dan titik kekerasan tertinggi terjadi pada larutan ini. Keadaan ini terjadi karena adanya butiran-butiran garam yang tidak larut dalam air sehingga saat baja ST-60 di-*quenching*, butiran tersebut akan menempel pada permukaan baja sehingga gelembung udara yang terbentuk saat pencelupan tidak menghambat pendinginan pada baja ST-60 dan angka kekerasan tercapai maksimal.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah disajikan di depan, kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Ada perbedaan nilai kekerasan pada baja ST-60 antara sebelum dan setelah mengalami proses *hardening* yang kemudian didinginkan dengan media pendingin larutan garam 20%, 25% dan 30%.
- Baja ST-60 yang telah mengalami proses *hardening* dengan media pendingin larutan garam 20% NaCl mempunyai nilai kekerasan rata-rata 265 HV, untuk baja dengan media pendingin larutan garam 25% memiliki angka kekerasan rata-rata sebesar 278 HV, sedangkan untuk baja dengan media pendingin larutan garam 30% mempunyai angka kekerasan rata-rata 311 HV.
- Ada pengaruh kadar garam dapur (NaCl) dalam media pendingin terhadap nilai kekerasan pada proses pengerasan baja ST-60. Semakin tinggi kadar garam dapur (NaCl) dalam media pendingin semakin tinggi pula nilai kekerasannya.

### Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, beberapa hal yang perlu ditindak lanjuti antara lain:

- Untuk mendapatkan kekerasan maksimal pada pengerasan baja ST-60 disarankan menggunakan larutan garam dapur (NaCl) sebagai media pendinginnya dengan konsentrasi larutan jenuh yaitu 30%.
- Perlu penelitian lanjutan mengenai penggunaan garam dalam media pendingin pada proses pengerasan, garam tersebut dapat berasal dari unsur basa lemah dan asam kuat begitu juga sebaliknya. Pada intinya garam yang digunakan adalah selain garam dapur NaCl, untuk peneliti berikutnya dapat menggunakan jenis garam lain seperti  $MgCl_2$ .

## REFERENSI

- Elfendri. 2009. *Pengaruh Media Pendingin terhadap Kekerasan Makro dan Mikro Ni-Hard IV*. Skripsi tidak diterbitkan. Riau: Program Studi Mesin dan Peralatan Pertanian
- Kamenichny. 1965. *Heat Treatment*. Moscow: Pervy Rizhsky Pereulok
- Rizal, Taufan. 2005. Pengaruh Kadar Garam Dapur (NaCl) dalam Media Pendingin terhadap Tingkat Kekerasan pada Proses Pengerasan Baja V-155. Skripsi tidak diterbitkan. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Suherman, Wahid. 1988. *Ilmu Logam*. Surabaya: ITS.