

BAB IV
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data Pengujian Kekerasan

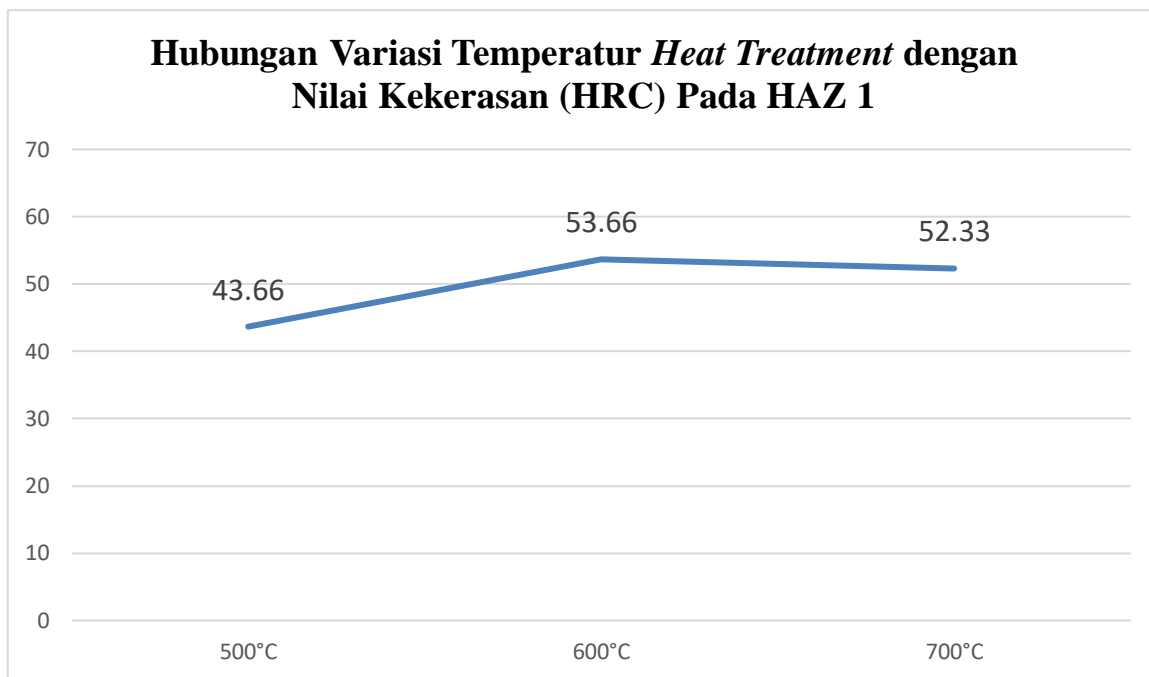
4.1.1. Data Hasil Pengujian Kekerasan

Dari hasil pengujian sampel uji dibuat dengan tiga variasi temperatur *heat treatment* (500°C, 600°C, 700°C) serta masing-masing sampel dibuat rangkap tiga sebagai pembanding. Pada pengujian kekerasan dilakukan pada 12 titik pengujian tiap spesimen bahan diantaranya: 4 titik pada daerah HAZ 1 baja AISI 4140, 4 titik pada daerah HAZ 2 logam baja AISI 4140, 4 titik pada daerah las logam baja AISI 4140, dan 4 titik pada logam induk. Sampel uji yang telah diuji dicantumkan pada tabel hasil uji kekerasan.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan

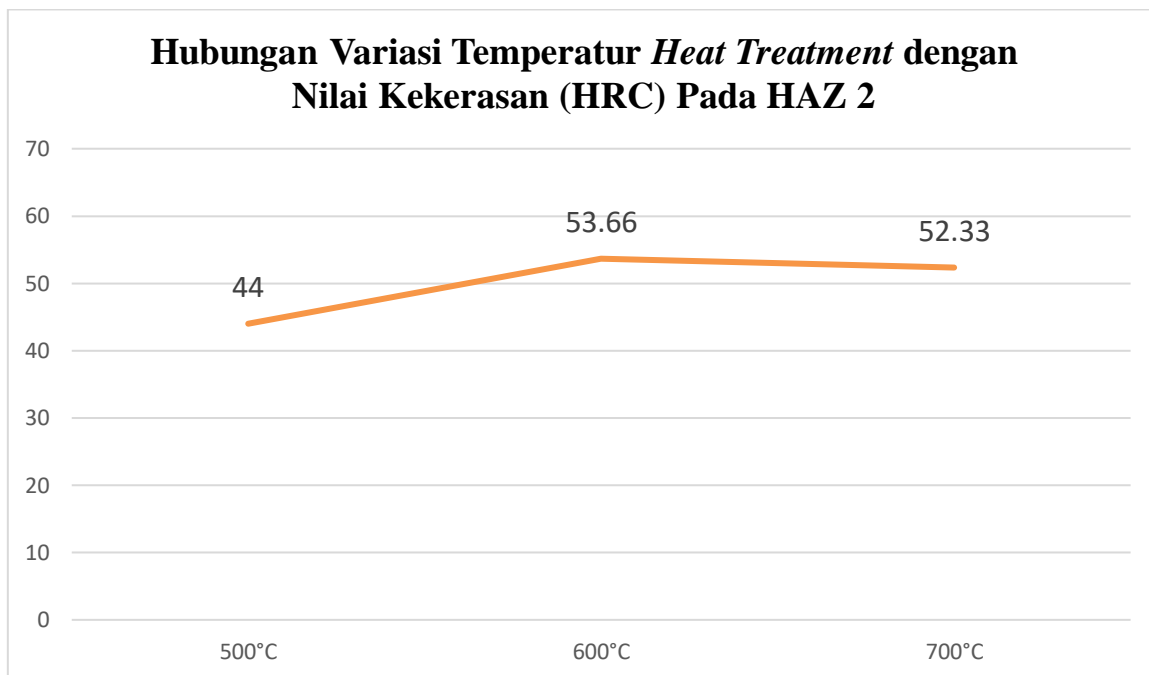
No	Variasi Temperatur	Jumlah Spesimen	Daerah HAZ 1	Daerah HAZ 2	Daerah Las	Logam Induk
1	Temperatur 500°C	1	42	45	50	44
		2	44	43	55	41
		3	45	44	54	38
		Rata-rata	43,66	44	53	41
2	Temperatur 600°C	1	54	54	60	43
		2	54	55	62	48
		3	53	56	65	46
		Rata-rata	53,66	55	62,33	45,66
3	Temperatur 700°C	1	51	58	61	44
		2	52	55	58	45
		3	54	57	56	41
		Rata-rata	52,33	56,66	58,33	43,33

Sumber: Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin ITN Malang



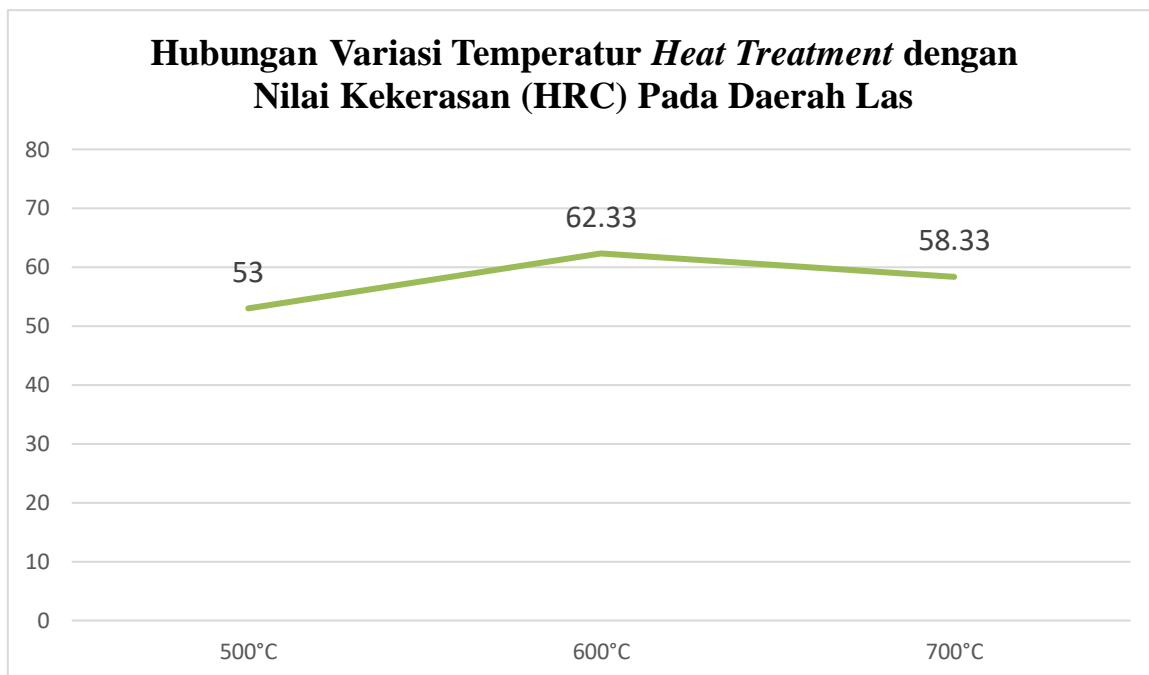
Gambar 4.1. Hubungan Variasi Temperatur *Heat Treatment* dengan Nilai Kekerasan (HRC) Pada HAZ 1

Sumber: Data Pribadi



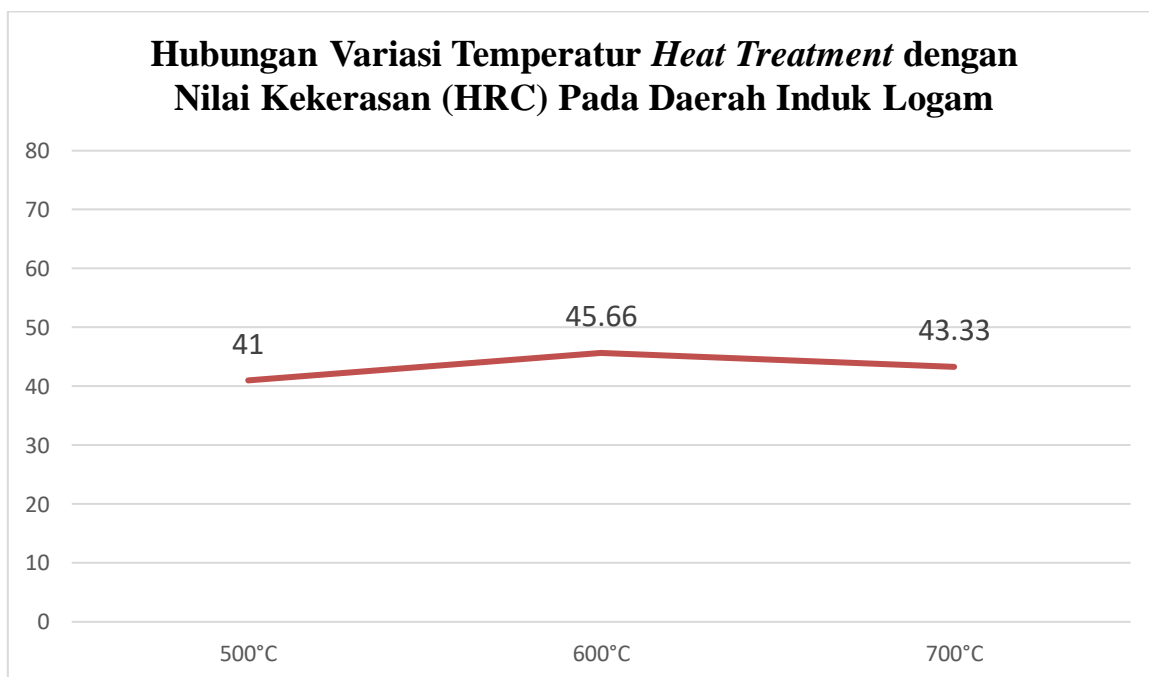
Gambar 4.2. Hubungan Variasi Temperatur *Heat Treatment* dengan Nilai Kekerasan (HRC) Pada HAZ 2

Sumber: Data Pribadi



Gambar 4.3. Hubungan Variasi Temperatur *Heat Treatment* dengan Nilai Kekerasan (HRC) Pada Daerah Las

Sumber: Data Pribadi



Gambar 4.4. Hubungan Variasi Temperatur *Heat Treatment* dengan Nilai Kekerasan (HRC) Pada Daerah Induk Logam

Sumber: Data Pribadi

4.1.2. Analisa Dan Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan

Gambar di atas merupakan hubungan variasi temperatur *heat treatment* pengelasan dan daerah titik terhadap nilai kekerasan (HRC). Hasil menunjukkan bahwa nilai rata-rata pada daerah HAZ 1 pada variasi temperatur *heat treatment* 500°C adalah 43,66 HRC. Kemudian nilai rata-rata pada daerah HAZ 1 pada variasi temperatur *heat treatment* 600°C sebesar 53,66 HRC dan nilai rata-rata pada daerah HAZ 1 pada variasi temperatur *heat treatment* 700°C diperoleh sebesar 52,33 HRC. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi daerah HAZ 1 terdapat pada variasi temperatur *heat treatment* 600°C (53,66 HRC) dan nilai rata-rata terkecil pada variasi temperatur *heat treatment* 500°C (43,66 HRC).

Pada daerah HAZ 2 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata pada daerah HAZ 2 pada variasi temperatur *heat treatment* 500°C adalah 44 HRC. Selanjutnya, nilai rata-rata pada daerah HAZ 2 pada variasi temperatur *heat treatment* 600°C sebesar 55 HRC dan pada variasi temperatur *heat treatment* 700°C diperoleh nilai rata-rata sebesar 56,66 HRC. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi daerah HAZ 2 terdapat pada variasi temperatur *heat treatment* 700°C (56,66 HRC) dan nilai rata-rata terkecil terdapat pada variasi temperatur *heat treatment* 500°C (44 HRC).

Hasil menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekerasan pada daerah LAS pada variasi temperatur *heat treatment* 500°C adalah 53 HRC. Kemudian nilai rata-rata kekerasan pada daerah LAS variasi temperatur *heat treatment* 600°C sebesar 62,33 HRC dan pada variasi temperatur *heat treatment* 700°C diperoleh nilai rata-rata sebesar 58,33 HRC. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi daerah LAS terdapat pada variasi temperatur *heat treatment* 600°C (62,33 HRC) sedangkan nilai rata-rata terkecil terdapat pada variasi temperatur *heat treatment* 500°C (53 HRC).

Hasil menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekerasan pada daerah logam induk dengan variasi *temperature heat treatment* 500°C adalah 41 HRC. Selanjutnya, nilai rata-rata kekerasan pada daerah logam induk variasi temperatur *heat treatment* 600°C sebesar 45,66 HRC dan pada variasi temperatur *heat treatment* 700°C diperoleh nilai rata-rata sebesar 43,33 HRC. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi daerah logam induk terdapat pada variasi temperatur *heat treatment* 600°C (45,66 HRC) sedangkan nilai rata-rata terkecil terdapat pada variasi temperatur *heat treatment* 500°C (41 HRC).

Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa peningkatan nilai kekerasan terlihat signifikan setelah dilakukan proses annealing temperatur 600°C hal ini disebabkan oleh nilai perlit (0,01283%) lebih besar dibandingkan dengan nilai perlit variasi temperature lainnya. Kenaikan nilai kekerasan ini disebabkan oleh pengaruh distribusi dan besaran masukan

panas yang dihasilkan dari arus pengelasan pada setiap spesimen uji baik pada daerah logam HAZ 1, HAZ 2, daerah las, maupun daerah induk logam. Penurunan nilai kekerasan pada daerah HAZ 1, HAZ 2, daerah las, dan daerah induk logam dapat disebabkan oleh distribusi panas yang tidak merata atau masukan panas yang terlalu besar dan laju pendinginan yang lambat.

4.2. Pengolahan Data Uji Tarik

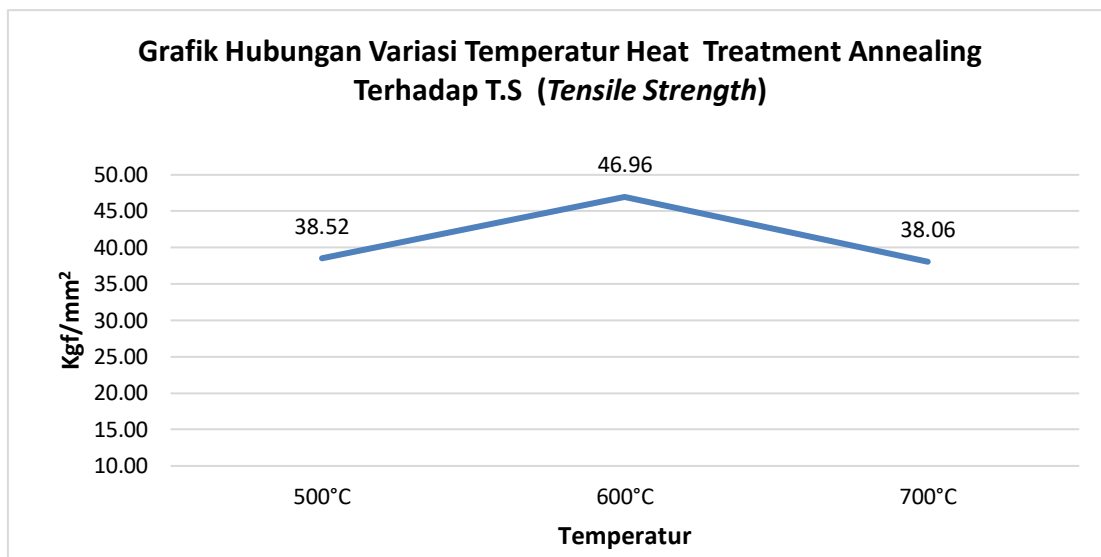
4.2.1. Data Hasil Pengujian Tarik

Dari hasil pengujian sampel uji dibuat dengan tiga variasi temperatur *heat treatment annealing* (500°C, 600°C, dan 700°), serta masing-masing sampel dibuat rangkap tiga sebagai pembanding. Sampel uji yang telah diuji dicantumkan pada tabel hasil uji tarik.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Tarik

No	Variasi Temperatur	Jumlah Spesimen	Area mm ²	Max Force Kgf	0,2% Y. S Kgf/mm ²	Tensile Strain Kgf/mm ²	Elongition %
1	Temperatur 500°C	A	96,00	2445	25.28	25.47	20
		B	96,00	3522	37.76	48.91	24
		C	96,00	2966	35.27	41.20	14
		Rata-rata		2977,6	32,77	38,52	19,33
2	Temperatur 600°C	A	96,00	3358	35.40	46.63	24
		B	96,00	3467	34.21	48.15	18
		C	96,00	3320	37.22	46.11	20
		Rata-rata		3381,6	35,61	46,96	20,66
3	Temperatur 700°C	A	96,00	3261	35.16	45.29	25
		B	96,00	3131	34.08	43.49	22
		C	96,00	3241	35.75	45.01	17
		Rata-rata		7472,3	81,15	38,06	21,33

Sumber: Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin ITN Malang



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Variasi Elektroda Terhadap Nilai T.S (Tensile Strength)

Sumber: Dokumen Pribadi

4.2.2. Analisa dan Pembahasan Pengujian Tarik

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa pada spesimen uji dengan variasi temperatur *heat treatment* didapatkan nilai rata-rata terbesar adalah sebesar 46,96 kgf/mm² yang merupakan nilai dari variasi temperatur dengan suhu 600°C.

Selanjutnya pada spesimen uji dengan variasi temperatur *heat treatment annealing* 500°C didapatkan nilai rata-rata tegangan maksimum sebesar 38,52 kgf/mm² yang merupakan nilai terbesar kedua dari ketiga variasi *temperatur heat treatment*.

Kemudian pada spesimen uji dengan variasi temperatur *heat treatment annealing* 700°C didapatkan nilai rata-rata tegangan maksimum sebesar 38,06 kgf/mm² yang merupakan nilai terkecil dari ketiga variasi *temperatur heat treatment*.

Berdasarkan gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan kekuatan tarik sebesar 8,44 Kgf/mm² dari variasi temperatur *heat treatment* 500°C ke temperatur 600°C. Namun, dari variasi temperatur *heat treatment* 600°C terjadi penurunan kekuatan tarik yang signifikan sebesar 8,9 Kgf/mm² dibandingkan dengan hasil dari variasi temperatur *heat treatment* 700°C.

Dari hasil uji tarik dihasilkan perpatahan spesimen pada logam induk baja, dikarenakan Baja AISI 4140 merupakan baja paduan menengah dengan komposisi kimia C (0.38- 0.43 %), Mn (0.75-1.00 %), Si (0.20-0.35 %), Cr (0.80-1.10 %), Mo (0.15-0.25 %), P (≤ 0.035 %) dan S (≤ 0.04 %). Pada baja dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tariknya, kandungan manganese (Mn) meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan

ditempa dan tahan terhadap aus, sedangkan unsur sulfur (S) meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan diperkeras tahan aus, ketahanan terhadap panas.

Dengan bertambahnya jarak temperatur berarti bertambah banyaknya perlakuan panas yang masuk pada spesimen tersebut dan terjadi peningkatan jumlah panas. Peningkatan panas ini juga mengakibatkan peningkatan yang membuat distorsi semakin kecil atau semakin besar. Sehingga pada temperatur 600°C memiliki distorsi yang baik jika dibandingkan dengan temperatur 500°C maupun temperatur 700°C. Sebab inilah yang membuat temperatur 600°C memiliki kekuatan tarik terbesar diantara kedua temperatur lainnya.

Maka dapat dilihat bahwa adanya peningkatan nilai tarik mulai pada spesimen baja AISI 4140 mengalami peningkatan nilai tariknya secara signifikan terlihat setelah dilakukannya proses annealing dengan temperatur 600°C hal ini disebabkan nilai ferit (0,0063%) dibandingkan variasi temperature lainnya.

4.3. Pengolahan Data Pengujian Impak

4.3.1. Data Hasil Pengujian Impak

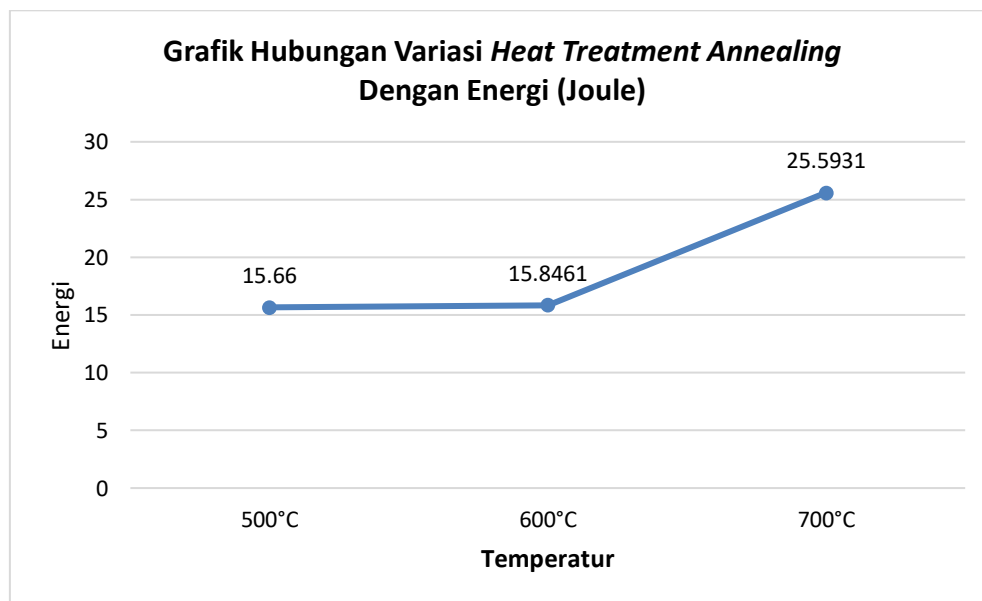
Pengujian sampel uji impak dibuat dengan tiga variasi temperatur *heat treatment* yaitu 500°C, 600°C, dan 700°C. Masing-masing sampel dibuat rangkap tiga sebagai pembanding. Sampel uji yang telah diuji dicantumkan pada tabel hasil uji impak sebagai berikut:

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Impak

Variasi Temperatur	Jumlah Sampel	l (mm)	b (mm)	t (mm)	h (mm)	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm)
Temperatur 500°C	1	55	10	10	100	90	20	16,0021	0,1600
	2	55	10	10	100	90	24	15,5568	0,1556
	3	55	10	10	100	90	25	15,4336	0,1543
	Rata-rata							23	15,66
Temperatur 600°C	1	55	10	10	100	90	29	14,8939	0,1489
	2	55	10	10	100	90	18	16,1956	0,1620

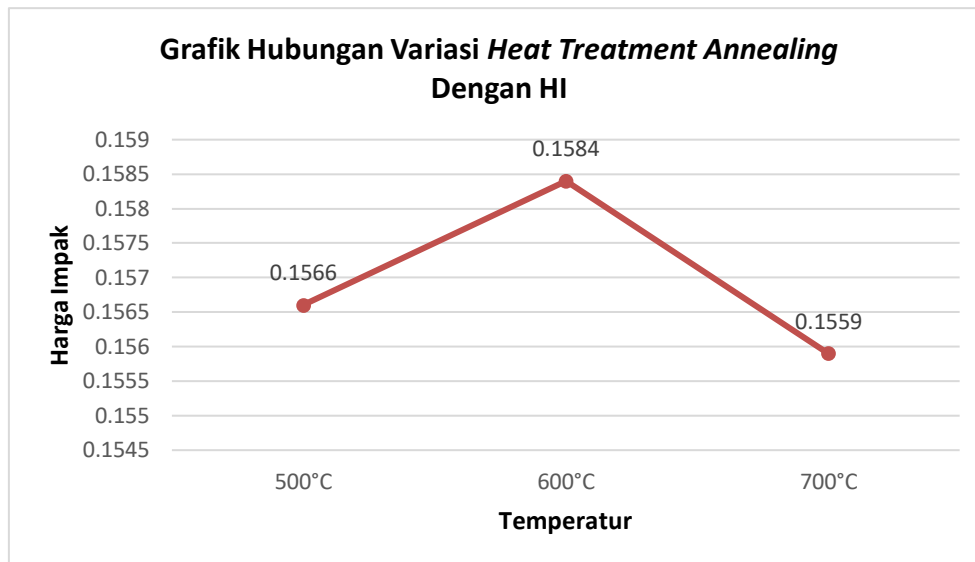
	3	55	10	10	100	90	15	16,4488	0,1645
	Rata-rata						20,66	15,8461	0,1584
Temperatur 700°C	1	55	10	10	100	90	25	15,4336	0,1543
	2	55	10	10	100	90	22	15,7891	0,1579
	3	55	10	10	100	90	24	15,5568	0,1556
	Rata-rata						23,66	25,5931	0,1559

Sumber: Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin ITN Malang



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Variasi Heat Treatment Annealing Dengan Energi (Joule)

Sumber: Data Pribadi



Gambar 4.7. Grafik Hubungan Variasi *Heat Treatment Annealing* Dengan HI

Sumber: Data Pribadi

4.3.2. Analisa Dan Pembahasan Hasil Pengujian Impak

Berdasarkan gambar 4.6 hubungan variasi *heat treatment annealing* dengan energi (joule) menunjukkan bahwa pengujian impak pada variasi temperatur *heat treatment* 500°C memiliki energi yang diserap sebesar 15,66 Joule. Selanjutnya, pada variasi temperatur *heat treatment* 600°C memiliki energi yang diserap sebesar 15,8461 Joule dan pada variasi temperatur *heat treatment* 700°C memiliki energi yang diserap sebesar 25,5931 Joule dan merupakan energi terbesar yang diserap diantara ketiga variasi. Dari nilai energi diatas dapat disimpulkan bahwa pengelasan logam baja AISI 4140 memiliki nilai energi yang diserap tertinggi pada variasi temperatur *heat treatment* 700°C (25,5931 Joule).

Berdasarkan gambar 4.7 hubungan variasi *heat treatment annealing* dengan harga impak menunjukkan bahwa pengujian impak dengan variasi temperatur *heat treatment* 500°C memiliki Harga Impak (HI) sebesar 0,1566 Joule/mm². Pada pengelasan dengan variasi temperatur *heat treatment* 600°C memiliki Harga Impak (HI) terbesar di antara ketiga variasi yakni sebesar 0,1584 Joule/mm². Selanjutnya, pada variasi temperatur *heat treatment* 700°C memiliki Harga Impak (HI) sebesar 0,1559 Joule/mm². Maka, dari nilai Energi grafik di atas pengelasan logam baja AISI 4140 memiliki nilai HI tertinggi pada pengelasan dengan variasi temperatur *heat treatment* 600°C (0,1584 Joule/mm²).

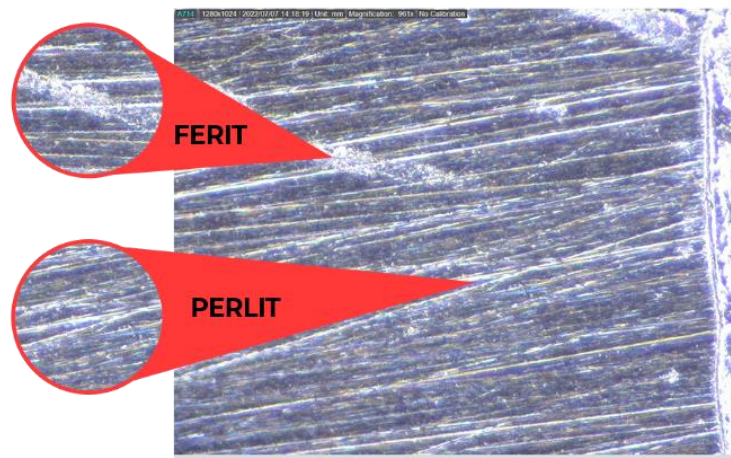
Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa besar energi yang diserap oleh Baja AISI 4140 sejalan dengan meningkatnya variasi temperatur *heat treatment*. Semakin tinggi variasi temperatur *heat treatment*, maka semakin tinggi pula energi yang diserap oleh Baja AISI 4140. Sedangkan, Harga Impak terlihat mengalami peningkatan secara signifikan pada

temperatur 600°C hal ini disebabkan oleh nilai perlit (0,01283%) dibandingkan dengan variasi temperature 500°C dan 700°C, dan cenderung mengalami penurunan saat mengalami proses annealing pada temperatur 700°C.

4.4. Pengolahan Data Pengamatan Struktur Mikro

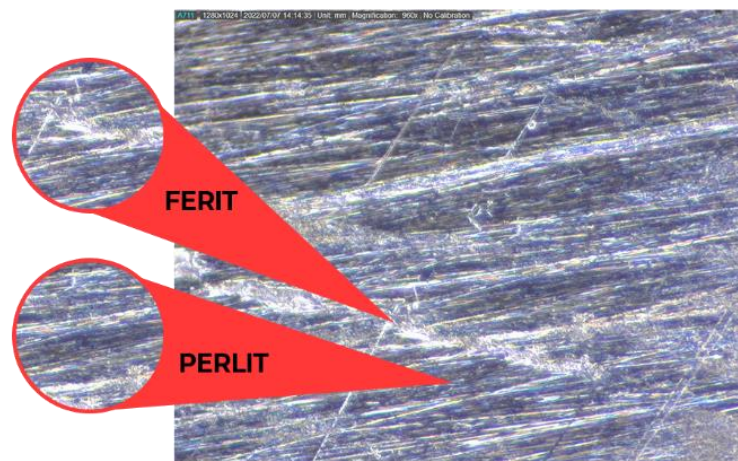
4.4.1. Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian sampel pengamatan struktur mikro dilakukan dengan tiga variasi temperatur *heat treatment annealing* yakni 500°C, 600°C, dan 700°C. Pengamatan dilakukan pada tiap variasi di daerah lasan. Sampel uji yang telah diuji dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



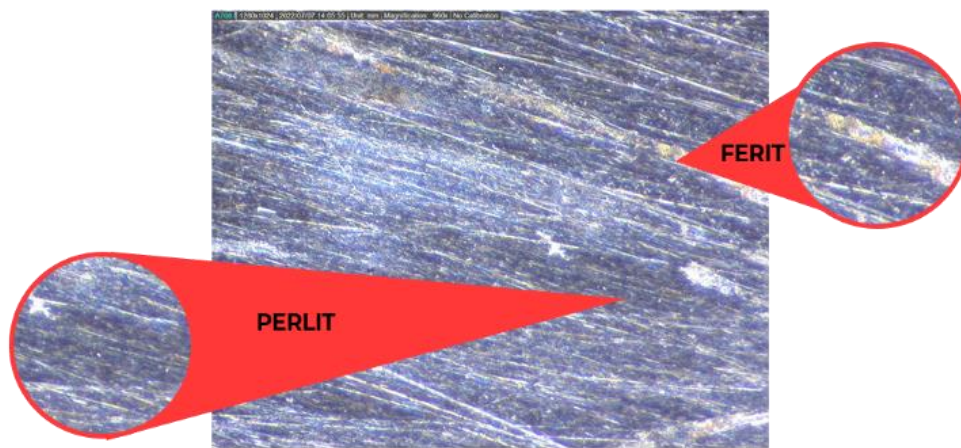
Gambar 4.8. Hasil Struktur Mikro Logam Las Pada Temperatur 500°C

Sumber: Data Pribadi



Gambar 4.9. Hasil Struktur Mikro Logam Las Pada Temperatur 600°C

Sumber: Data Pribadi



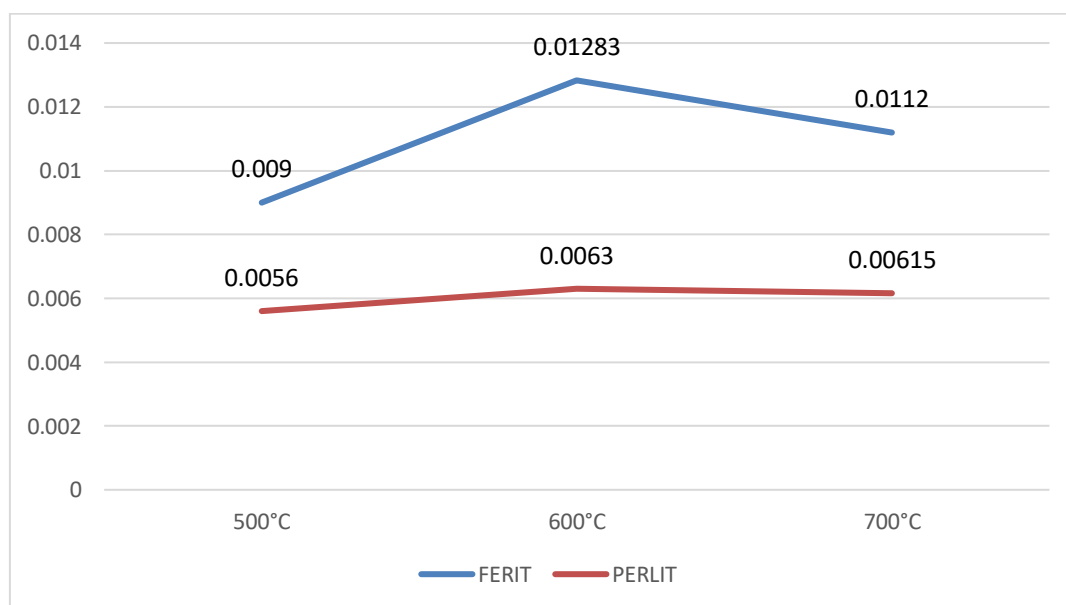
Gambar 4.10. Hasil Struktur Mikro Logam Las Pada Temperatur 700°C

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 4.4 Rata-rata Hasil Pengamatan Struktur Mikro

No	Temperatur	Perlite	Ferit
1	500°C	0,009%	0,0056%
2	600°C	0,01283%	0,0063%
3	700°C	0,0112%	0,00615%

Sumber: Data Pribadi



Gambar 4.11. Grafik Struktur Mikro

Sumber: Data Pribadi

4.4.2. Analisa Dan Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro

Gambar ketiga tersebut menunjukkan hasil foto struktur pada bagian dalam spesimen, terdapat fasa yang terbentuk perlit dan ferit. Struktur mikro pada Mikro Logam Las Pada Temperatur 600°C memiliki tingkat jauh tinggi daripada suhu 500°C dan 700°C, dikarenakan perlit terlihat lebih jelas dibandingkan dengan struktur lainnya.

4.5. Pembahasan

Hasil menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang dimiliki temperatur 600°C material semakin tinggi atau semakin keras jika dibandingkan temperatur 500°C dan 700°C. Hal ini dikarenakan nilai yang dimiliki temperature 600°C sudah mencapai maksimum rata-rata sifat mekanis yang sudah ideal. Hal yang mengakibatkan spesimen pada temperatur 500°C nilainya lebih rendah dibandingkan dua variasi temperatur lainnya adalah karena difusi yang terjadi masih belum sempurna pada pemanasan yang cepat. Persentase martensit yang besar pada temperatur 600°C menyebabkan kekerasan yang terbentuk semakin besar juga, sedangkan pada temperatur 500°C dan 700°C mempunyai persentase jumlah martensit yang lebih kecil sehingga nilai kekerasan yang diperoleh juga semakin kecil. Apabila kekerasan pada material naik mengakibatkan material bersifat keras namun getas hal ini dapat dilihat pada grafik hubungan variasi temperatur bahwa spesimen temperatur 700°C lebih tinggi seiring naiknya temperatur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya peningkatan nilai tarik secara signifikan mulai terlihat pada spesimen Baja AISI 4140 setelah dilakukannya proses annealing dengan temperatur 600°C jika dibandingkan dengan temperatur 500°C dan temperatur 700°C. Hal ini dikarenakan proses sifat fisis dan mekanis terjadi perubahan setelah dilakukan perlakuan panas dari hasil menunjukkan bahwa nilai 600°C memiliki perlit lebih banyak pada bagian permukaan baik pada quenching material.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur berbanding lurus dengan nilai impak, semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula nilai kekuatan impak yang dihasilkan pada Baja AISI 4140 sehingga dapat menyebabkan nilai ketangguhan semakin tinggi. Maka, dengan ini dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara kekuatan impak pada proses perlakuan panas.