

# PENGARUH PENGELASAN GAS *TUNGSTEN ARC WELDING* (GTAW) DENGAN VARIASI PENDINGINAN AIR DAN UDARA PADA *STAINLESS STEEL 304* TERHADAP UJI KOMPOSISI KIMIA, STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN UJI IMPACT

**Agus Sudibyo<sup>1</sup>, Pramuko Ilmu Purboputro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417  
Email: pramukoip@gmail.com

## Abstrak

*Penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan sifat fisis dan sifat mekanis bahan logam yang dilas dengan variasi arus 100 ampere dan 250 ampere, dengan variasi pendinginan air dan udara. Metoda pengujian yang dilakukan adalah pemeriksaan komposisi kimia, photo struktur mikro, pengujian kekerasan dan pengujian impak.*

*Hasil yang didapat adalah Dari hasil pengujian kekerasan Brinell, diperoleh hasil kekerasan rata – rata pendinginan air, arus 100 Ampere, sebesar 315,6 Kg/mm<sup>2</sup> kemudian dengan pendinginan udara didapat harga kekerasan rata – rata sebesar 118,1 Kg/mm<sup>2</sup> sedangkan untuk pendinginan air , arus 250 Ampere diperoleh harga kekerasan rata – rata sebesar 298,6 Kg/mm<sup>2</sup> kemudian dengan pendinginan udara, arus 250 ampere, harga kekerasan rata – rata sebesar 120,7 Kg/mm<sup>2</sup>. Dari hasil pengujian Impak, diperoleh hasil impak rata – rata pendinginan air, arus 100 Ampere adalah sebesar 1,100 J/mm<sup>2</sup> kemudian setelah mengalami proses pendinginan udara didapat harga impak rata – rata sebesar 1,320 J/mm<sup>2</sup>. sedangkan untuk mm<sup>2</sup> sedangkan untuk pendinginan air , arus 250 Ampere harga impak rata – rata sebesar 1,038 J/mm<sup>2</sup> kemudian yang mengalami proses pendinginan udara harga impak rata – rata sebesar 1,977 J/mm<sup>2</sup>. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa material poros roda depan sepeda motor setelah mengalami proses annealing maka akan semakin ulet. Untuk pengujian komposisi kimia dapat di ketahui bahwa sebelum dan sesudah mengalami pengelasan logam memiliki prosentase karbon ( C ) kadar karbon ( C ) = 0,224 % dan ( C ) = 0,223 % . , sehingga material ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah ( < 0,30 % C ) , termasuk juga dalam kategori baja hypoeutectoid ( baja dengan kadar karbon < 0,8 % ).*

**Kata kunci : pengelasan; variasi pendinginan; variasi arus; kekerasan; kekuatan impak**

## Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat sangat berpengaruh terhadap perindustrian didalam negeri, salah satunya adalah industri dengan proses pengelasan. Setiap logam mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia, maka diperlukan suatu penanganan khusus agar setiap elemen-elemen logam tersebut dapat digunakan sesuai yang diinginkan. (Zenellope,2009).

Banyak sekali usaha produksi dan manufaktur pada bidang pengelasan. Pada struktur hasil pengelasan banyak tidak disadari bahwa akan terjadi tegangan sisa setelahnya. Tegangan sisa yang ekstrim akan menimbulkan perubahan bentuk permanen, bahkan akan menjadikan hasil penelasan menjadi retak. Meski banyak hasil pengelasan yang secara visual baik , namun belum tentu dengan adanya tegangan sisa. Tegangan sisa tidak bisa terlihat maupun terukur, Tegangan sisa bisa dilihat dengan cara menganalisis struktur mikro hasil las, dan tentu saja dengan cara merusaknya.

Tegangan sisa adalah tegangan yang diakibatkan bukan karena beban – beban : gaya , momen , torsi yang berasal dari luar. Tegangan sisa berasal dari dalam bahan itu sendiri. Hal ini bisa terjadi pada proses-proses laku dingin (*cold working* ) , seperti: pengerolan, penempaan , ekstrusi dan sejenisnya, yang intinya ada material yang mengalami deformasi permanent , yang biasanya juga diikuti terjadinya perubahan stuktur mikronya. Tegangan sisa juga terjadi pada perlakuan panas (*hot working*), dimana terjadi *thermal shock* pada proses pendinginannya, atau penggabungan dua material yang berbeda, sehingga terjadi perbedaan atau perubahan fasa. Pada laku panas tegangan sisa bisa terjadi pada pencelupan cepat (*quenching*) atau transformasi bahan yang berubah saat terjadi pendinginan pada proses pengelasan.

Perbedaan sifat fisis dan mekanis fasa logam, yang antara satu daerah dengan daerah sekitarnya, akan menimbulkan tegangan sisa. Pada pengelasan hal ini bisa terjadi pada daerah sekitar *Heat Affected Zone* ( HAZ) atau semua daerah las yang dilakukan pendinginan secara cepat, atau kecepatan pendinginan yang berbeda-beda antara suatu daerah dengan daerah logam sekitarnya.

Biasanya pada proses pengelasan operator sering tidak mempunyai pengetahuan cukup, dan hanya mengandalkan pengalaman lapangan. Untuk itu pembekalan ini saya pandang sangat perlu dilakukan untuk perbaikan kualitas hasil pengelasan yang ada di lapangan.

Penggunaan logam baja seperti untuk poros, roda gigi, dan lain-lain, dalam proses permesinan akan berinteraksi dengan benda kerja lain sehingga menimbulkan tekanan dan gesekan (Sayid Kumar,2005). Jika interaksi terjadi secara terus menerus dan dalam jangka waktu tertentu, maka gesekan-gesekan itu akan menimbulkan keausan.

Pengelasan dengan menggunakan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) banyak digunakan untuk mengelas bahan stainless steel. Hal ini disebabkan gas tungsten akan mengusir oksigen yang akan menimbulkan oksida logam yang hasilnya sangat keras. Dengan GTAW, oksida logam tersebut dapat dihindari terbentuknya.

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kandungan unsur setelah spesimen stainless steel dasar dan daerah HAZ.
2. Mengetahui pengaruh proses pengelasan daerah dasar dan HAZ pada pengelasan pendinginan udara dan air
3. Mengetahui pengaruh proses pengelasan terhadap kekerasan.
4. Mengetahui kekuatan impact sebelum dan setelah pengelasan.

### Tinjauan Pustaka dan Teori

#### Tinjauan Pustaka

Delvi Sukandar (2005) melalui penelitian pengaruh unsur Cr dengan variasi temperatur udara pada proses pengelasan baja AISI 304 prosentase 26,08 % Cr akan terbentuk karbida Cr dan fasa austenit, sehingga terbentuk fasa ferit tidak terbentuk.

Ediyanto (1989) melakukan penelitian pengelasan baja AISI 304, diteruskan dengan pemanasan lanjut 600°, 700°, 800°, 900° dan 1000° C dengan hasil kekerasan akan meningkat pada suhu 900° C dan akan menurun pada suhu 1000° C.

Chandra (2004) melakukan penelitian dengan melakukan proses Quenching baja AISI 304 yang mengandung 18,12 % C 8,7 % Ni dengan pemanasan austenisasi 950°C, menghasilkan kekerasan maksimal 207,5 HHV.

#### Landasan Teori

Secara umum baja karbon adalah baja dengan unsur utamanya *ferro* (Fe) dan unsur *Carbon* (C), dengan diikuti unsur-unsur tambahan lain yang tidak bisa dihindari, antara lain Si, Mn, P, S, dan Cu (Surdia dkk, 1985). Sifat-sifat baja karbon sangat kuat tergantung pada kadar karbonnya.

Baja karbon rendah biasanya digunakan untuk kawat, baja propil, sekrup, ulir, dan baut. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk rel kereta api, poros, roda gigi, dan suku cadang yang berkekuatan dan kekerasan tinggi, sedangkan baja karbon tinggi biasanya digunakan untuk alat-alat perkakas seperti pisau potong, gurdi, tap dan bagian-bagian yang harus tahan gesekan. (Surdia, T, 1999)

#### Proses Pengelasan Pada Baja dan Teori Tegangan Sisa

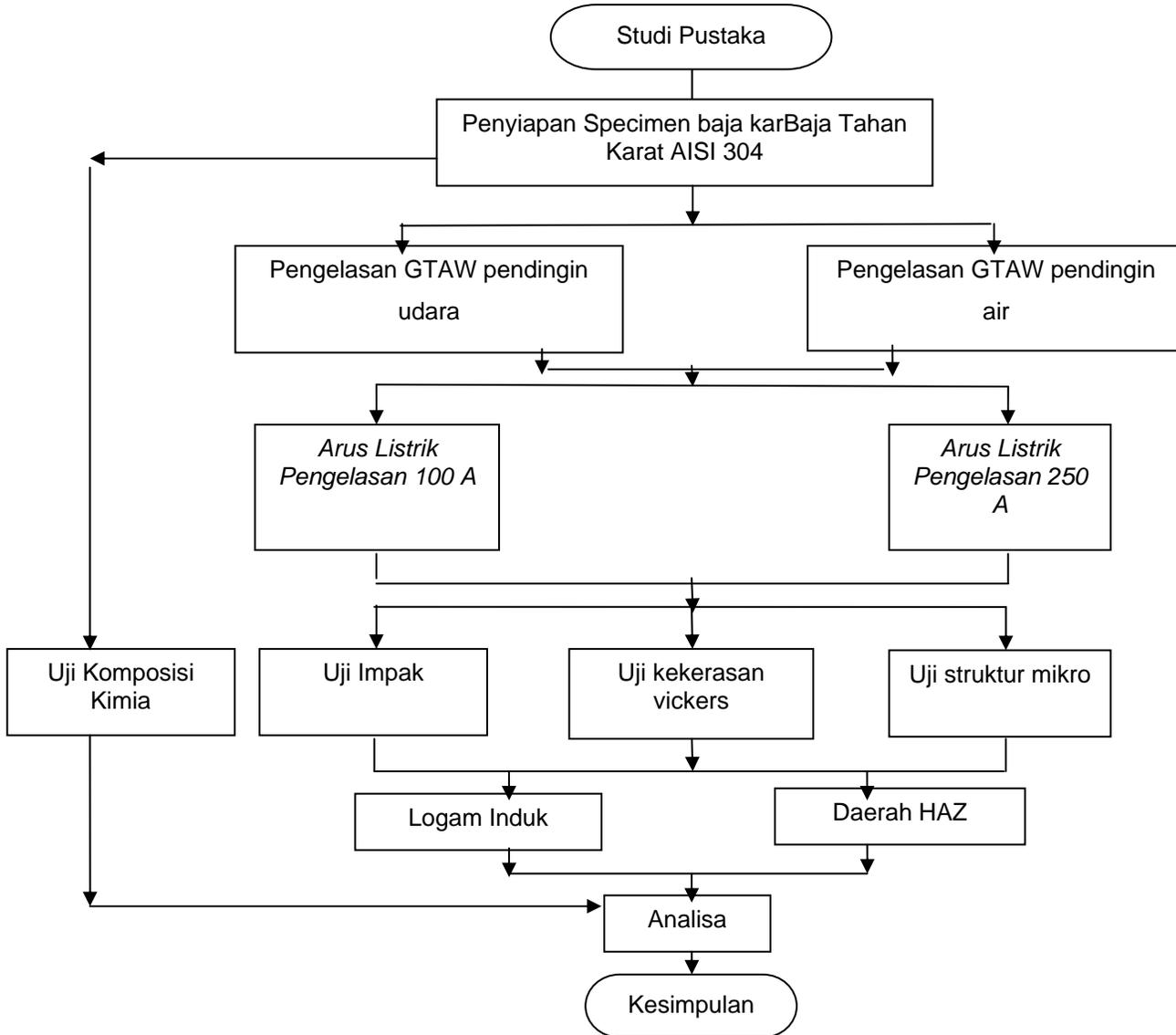
Tegangan pada teori mekanika teknik didefinisikan sebagai gaya dibagi dengan luas penampang. Satuan tegangan adalah Kgf/mm<sup>2</sup> atau N/mm<sup>2</sup>. Tegangan pada struktur akan dibandingkan dengan kekuatan bahan. Tegangan dibedakan menjadi tegangan normal ( $\tau$ ) yang arahnya tegak lurus penampang dan tegangan geser ( $\sigma$ ), yang arahnya sejajar penampang. Adanya tegangan sisa pada suatu struktur bisa jadi akan merugikan struktur tersebut, apabila beban mekanik yang diterapkan dari luar, mengakibatkan tegangan yang searah atau sekuantitas dengan tegangan sisa yang terdapat pada material struktur tersebut. Tegangan yang bersifat menekan penampang, diberi tanda negative (-) dan tegangan yang sifatnya menarik penampang diberi tanda positif (+).

Tegangan sisa adalah tegangan yang diakibatkan bukan karena beban – beban : gaya, momen, torsi yang berasal dari luar. Tegangan sisa berasal dari dalam bahan itu sendiri. Hal ini bisa terjadi pada proses-proses laku dingin (*cold working*), seperti: pengerolan, penempaan, ekstrusi dan sejenisnya, yang intinya ada material yang mengalami deformasi permanent, yang biasanya juga diikuti terjadinya perubahan struktur mikronya. Tegangan sisa juga terjadi pada perlakuan panas (*hot working*), dimana terjadi *thermal shock* pada proses pendinginannya, atau penggabungan dua material yang berbeda, sehingga terjadi perbedaan atau perubahan fasa. Pada laku panas tegangan sisa bisa terjadi pada pencelupan cepat (*quenching*) atau transformasi bahan yang berubah saat terjadi pendinginan pada proses pengelasan.

Perbedaan sifat fisis dan mekanis fasa logam, yang antara satu daerah dengan daerah sekitarnya, akan menimbulkan tegangan sisa. Pada pengelasan hal ini bisa terjadi pada daerah sekitar *Heat Affected Zone* ( HAZ) atau semua daerah las yang dilakukan pendinginan secara cepat , atau kecepatan pendinginan yang berbeda- beda antara suatu daerah dengan daerah logam sekitarnya.

Pengelasan dengan menggunakan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) banyak digunakan untuk mengelas bahan stainless steel. Hal ini disebabkan gas tungsten akan mengusir oksigen yang akan menimbulkan oksida logam yang hasilnya sangat keras. Dengan GTAW , oksida logam tersebut dapat dihindari terbentuknya.

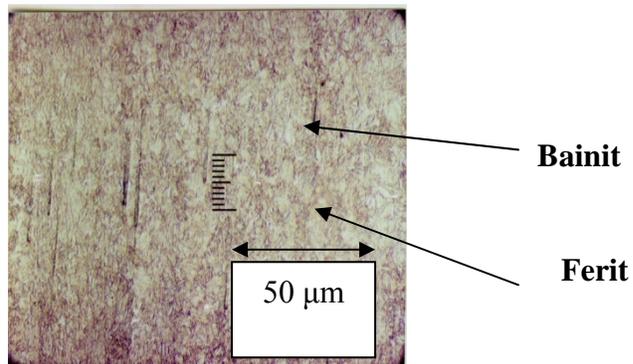
**METODOLOGI PENELITIAN**



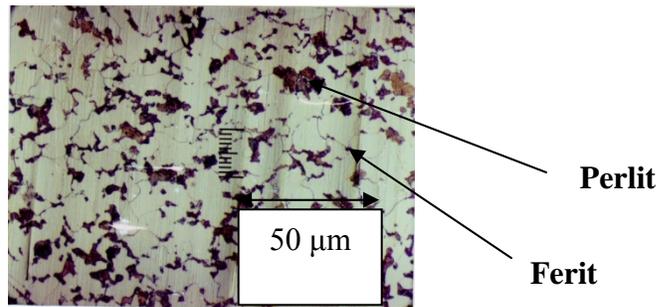
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**Hasil Penelitian**

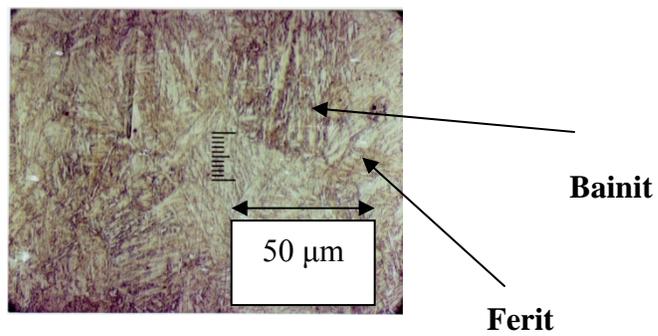
Hasil dari pemotretan uji struktur mikro dapat dilihat pada gambar 2 – 5.



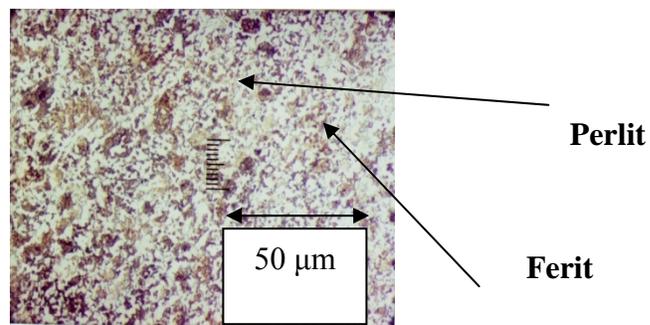
Gambar 2. Foto struktur mikro pendinginan air , arus 100 A, pembesaran 200 X.



Gambar 3. Foto struktur mikro pendinginan udara , arus 100 A pembesaran 200 X.



Gambar 4. Foto struktur mikro pendinginan air , arus 250 A, pembesaran 200 X.



Gambar 5. Foto struktur mikro pendinginan udara , arus 100 A pembesaran 200 X.

Data Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan Brinell las pendinginan air , arus 100 A.

No	Posisi Titik	d ( mm )	Kekerasan (BHN)	BHN rata – rata ( kg/mm <sup>2</sup> )
1	Acak	0,86	313,1	315,6
2	Acak	0,85	320,7	
3	Acak	0,86	313,1	

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan Brinell las pendinginan udara , arus 100 Ampere.

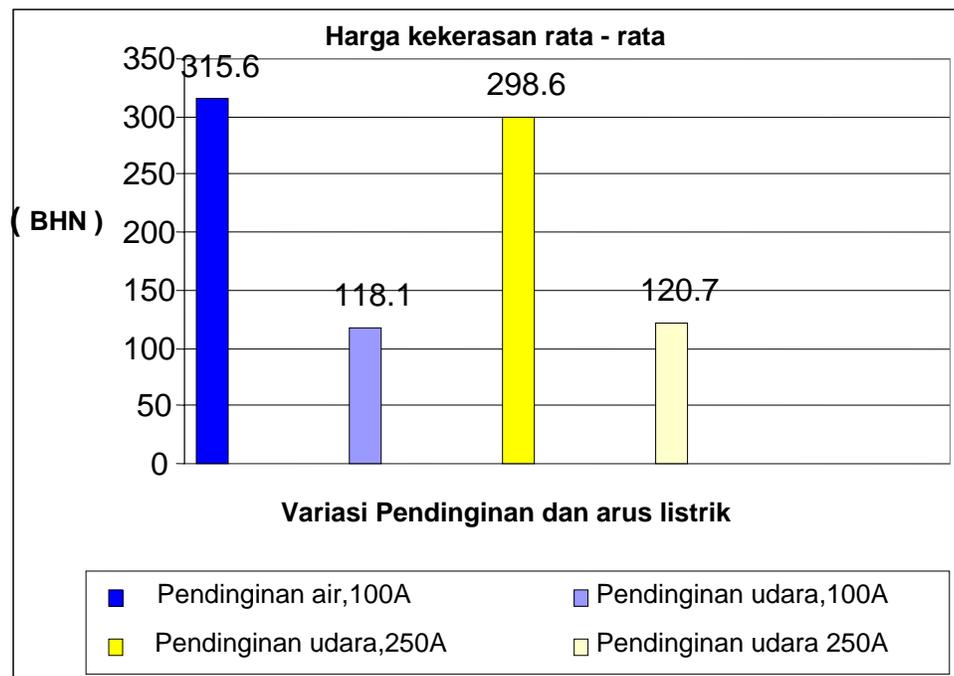
No	Posisi Titik	d ( mm )	Kekerasan (BHN)	BHN rata – rata ( kg/mm <sup>2</sup> )
1	Acak	1,37	116,9	118,1
2	Acak	1,36	118,7	
3	Acak	1,36	118,7	

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan Brinell las pendinginan air , arus 250 A,

No	Posisi Titik	d ( mm )	Kekerasan (BHN)	BHN rata – rata ( kg/mm <sup>2</sup> )
1	Acak	0,88	298,6	298,6
2	Acak	0,88	298,6	
3	Acak	0,88	298,6	

Tabel 4. Hasil pengujian kekerasan Brinell las pendinginan udara,, arus 250 A.

No	Posisi Titik	d ( mm )	Kekerasan (BHN)	BHN rata – rata ( kg/mm <sup>2</sup> )
1	Acak	1,35	120,7	120,7
2	Acak	1,35	120,7	
3	Acak	1,35	120,7	



Gambar 6 Histogram perbandingan kekerasan rata – rata pengelasan dengan pendinginan dan arus yang bervariasi.

Data Hasil pengujian Impak

Tabel 5. Hasil pengujian kekerasan Impak las pendinginan air , arus 100 A.

No	Sudut $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	Energi Terpasang (J)	Sudut $\beta$ ( $^{\circ}$ )	Energi Terserap (J)	Luas ( $\text{mm}^2$ )	H. Impak ( $\text{J}/\text{mm}^2$ )
1	151	300	139,5	18,3	18,0	1,015
2	151	300	137,5	22,0	18,0	1,221
3	151	300	139,0	19,2	18,0	1,066
Harga Impak rata - rata						1,100

Tabel 6. Hasil pengujian kekerasan Impak las pendinginan udara , arus 100 A. .

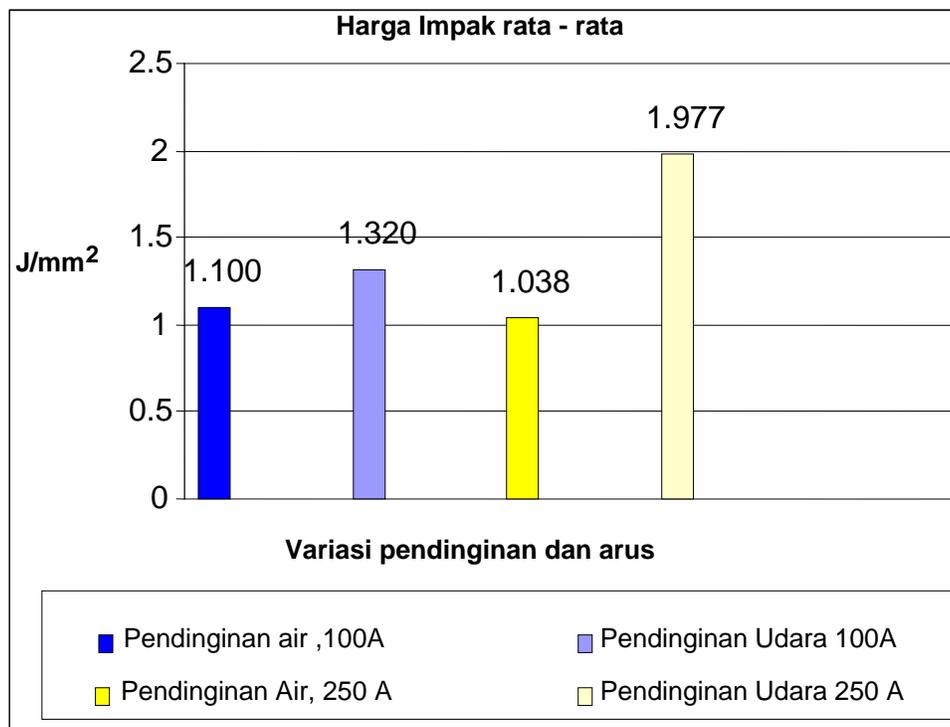
No	Sudut $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	Energi Terpasang (J)	Sudut $\beta$ ( $^{\circ}$ )	Energi Terserap (J)	Luas (mm)	Harga Impak
1	151	300	139,0	19,2	15,0	1,279
2	151	300	139,0	19,2	15,0	1,279
3	151	300	138,0	21,0	15,0	1,402
Harga Impak rata - rata						1,320

Tabel 7. Hasil pengujian Impak las pendinginan air , arus 250 A.

No	Sudut $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	Energi Terpasang (J)	Sudut $\beta$ ( $^{\circ}$ )	Energi Terserap (J)	Luas (mm)	Harga Impak ( $J/mm^2$ )
1	151	300	134,0	28,8	18,0	1,600
2	151	300	141,5	14,7	20,0	0,736
3	151	300	141,0	15,6	20,0	0,780
Harga Impak rata - rata						1,038

Tabel 8. Hasil pengujian Impak las pendinginan udara , arus 250 A.

No	Sudut $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	Energi Terpasang (J)	Sudut $\beta$ ( $^{\circ}$ )	Energi Terserap (J)	Luas (mm)	Harga Impak ( $J/mm^2$ )
1	151	300	137,5	22,0	17,4	1,263
2	151	300	136,5	23,9	12,0	1,990
3	151	300	135,0	26,8	10,0	2,680
Harga Impak rata - rata						1,977



Gambar 7 Histogram perbandingan harga Impak pengelasan dengan variasi pendinginan dan variasi arus.

Tabel 8. Hasil pengujian Komposisi Kimia

Unsur Kimia	Prosentase ( % )	
	Bahan Awal	Setelah di las
Fe	98,21	98,20
Si	0,141	0,139
V	< 0,00	< 0,00
C	0,224	0,223
Cu	0,062	0,065
Ti	0,03	0,04
Nb	0,01	0,01
Mn	0,803	0,801
Ni	0,217	0,215
Al	0,003	0,005
P	0,014	0,015
Cr	0,175	0,174
S	0,011	0,016
Mo	0,043	0,043
W	0,05	0,05

### Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan analisa data yang diperoleh Selama penelitian pengelasan ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengamatan struktur mikro, dari hasil pemotretan dengan menggunakan pembesaran 200 X maka di dapatkan pada bahan sebelum dan sesudah dilakukan pengelasan didominasi fasa Bainit dan Ferit serta memiliki butiran – butiran yang halus. Dengan adanya Bainit menyebabkan benda memiliki kekerasan yang tinggi.
2. Dari hasil pengujian kekerasan Brinell, diperoleh hasil kekerasan rata – rata pendinginan air, arus 100 Ampere, sebesar 315,6 Kg/mm<sup>2</sup> kemudian dengan pendinginan udara didapat harga kekerasan rata – rata sebesar 118,1 Kg/mm<sup>2</sup> sedangkan untuk pendinginan air , arus 250 Ampere diperoleh harga kekerasan rata – rata sebesar 298,6 Kg/mm<sup>2</sup> kemudian dengan pendinginan udara, arus 250 ampere, harga kekerasan rata – rata sebesar 120,7 Kg/mm<sup>2</sup>. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa material pada pendinginan udara maka kekerasannya akan berkurang.
3. Dari hasil pengujian Impak, diperoleh hasil impak rata – rata pendinginan air, arus 100 Ampere adalah sebesar 1,100 J/mm<sup>2</sup> kemudian setelah mengalami proses pendinginan udara didapat harga impak rata – rata sebesar 1,320 J/mm<sup>2</sup>. sedangkan untuk mm<sup>2</sup> sedangkan untuk pendinginan air , arus 250 Ampere harga impak rata – rata sebesar 1,038 J/mm<sup>2</sup> kemudian yang mengalami proses pendinginan udara harga impak rata – rata sebesar 1,977 J/mm<sup>2</sup>. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa material poros roda depan sepeda motor setelah mengalami proses annealing maka akan semakin ulet.
4. Untuk pengujian komposisi kimia dapat di ketahui bahwa sebelum dan sesudah mengalami pengelasan logam memiliki prosentase karbon ( C ) kadar karbon ( C ) = 0,224 % dan ( C ) = 0,223 %. Sehingga material ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah ( < 0,30 % C ), termasuk juga dalam kategori baja *hypoeutectoid* ( baja dengan kadar karbon < 0,8 % ).

### DAFTAR PUSTAKA

- Dieter, George E.; Djabrie, Sriati; 1993, *Metalurgi Mekanik*, Edisi ke-3, PT. Erlangga, Jakarta
- Parish, G., 2003, *Microstructure and Properties*, ASM International Publication.
- Surdia, T. ; Saito, S. , 1999, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan ke-4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- \_\_\_\_\_, 1958, *ASM Hand Book Comitte Metallography and Microstructures*, American Society for Metal
- Zenellope, 2009, *Industrial Heating Treatment*, BNP Publishing.