

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

4.1.1 Suhu Pengelasan

Tabel 4.1 berikut menunjukkan hasil pengujian suhu pengelasan sambungan las gesek Al–Mg–Si dengan variasi *upset force* dan sudut *chamfer*.

Tabel 4.1
Hasil Pengujian Suhu Pengelasan Sambungan Las Gesek Al–Mg–Si dengan Variasi *Upset Force* dan Sudut *Chamfer*.

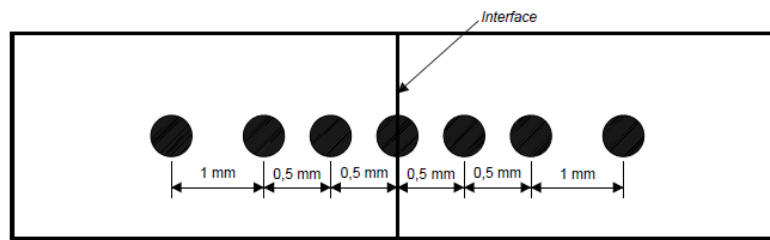
<i>Upset Force</i> (kN)	Sudut <i>Chamfer</i>	Suhu <i>Flash</i> (°C)	Suhu <i>Flash Rata-Rata</i> (°C)
7	Tanpa <i>Chamfer</i>	133,4	129,7
		132,7	
		132,3	
		131,5	
		121,8	
		132,9	
		136,4	
		127,3	
		127,5	
		125,1	
		125,8	
		151	
		145	
		133,1	
14	Tanpa <i>Chamfer</i>	132,5	136,77
		144,2	
		159,3	
		137,3	
		142,3	
		144,1	
		140,4	
		142,5	
		142,7	
		141,9	
		135,4	
		142,1	
		135,7	
		125,1	

		125,1	
		134,7	
		137,9	
		142,3	
		141,6	
		132,8	
		148,5	
		167,9	
		135,2	
		138,3	
	15°	153,8	146,32
		154,7	
		148,5	
		149,4	
		141,2	
		139,2	
		120,1	
		107,4	
		137,8	
		128,1	
	Tanpa Chamfer	117,2	130,86
		142,1	
		145,2	
		131,6	
		135,5	
		137,4	
		137	
21		133,9	
		137	
		147	
		147,5	
		144,2	
	15°	143,7	144,6
		153	
		145,2	
		149,8	
		134,8	
		154,5	

4.1.2 Kekerasan

Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode Vickers. Spesimen hasil pengelasan dibelah menjadi dua bagian, setelah itu spesimen di amplas sampai halus permukaannya kemudian diuji kekerasannya. Variasi *upset force* yang digunakan adalah sebesar 7 kN, 14 kN dan 21 kN. Sedangkan sudut *chamfer* pada sisi yang

menekan sebesar 15° dan tanpa *chamfer*. Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak tujuh titik setiap spesimen. Berikut ini adalah gambar letak pengambilan titik pengujian pada spesimen :



Gambar. 4.1 Letak Titik untuk Pengujian Nilai. Kekerasan

Tabel 4.2

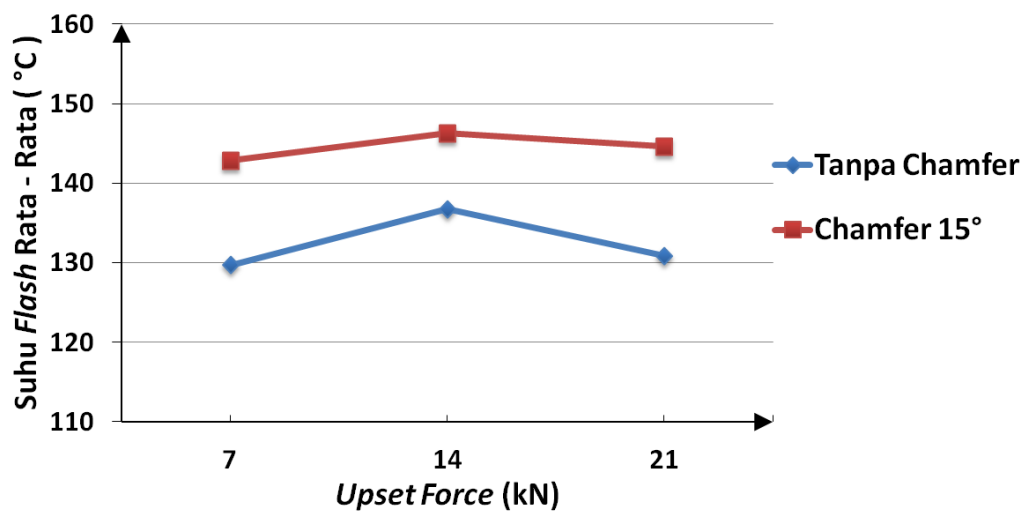
Hasil Pengujian Kekerasan Sambungan Las Gesek Al–Mg–Si dengan Variasi *Upset Force* dan Sudut *Chamfer*.

<i>Upset Force</i> (kN)	Sudut Chamfer	Kekerasan (VHN)						
		1	2	3	4	5	6	7
7	Tanpa <i>Chamfer</i>	50,64	55,43	57,48	58,48	58,09	53,01	53,89
	15°	50,22	50,56	52,16	53,62	53,62	51,72	50,62
14	Tanpa <i>Chamfer</i>	61,45	61,59	64,94	66,64	62,58	58,24	55,83
	15°	50,18	55,01	57,96	61,59	59,27	57,76	52,72
21	Tanpa <i>Chamfer</i>	68,24	68,91	73,63	77,83	75,26	70,09	68,28
	15°	60,48	60,48	64,67	67,74	63,74	61,2	59,27

4.2 Pembahasan

4.2.1 Suhu Pengelasan

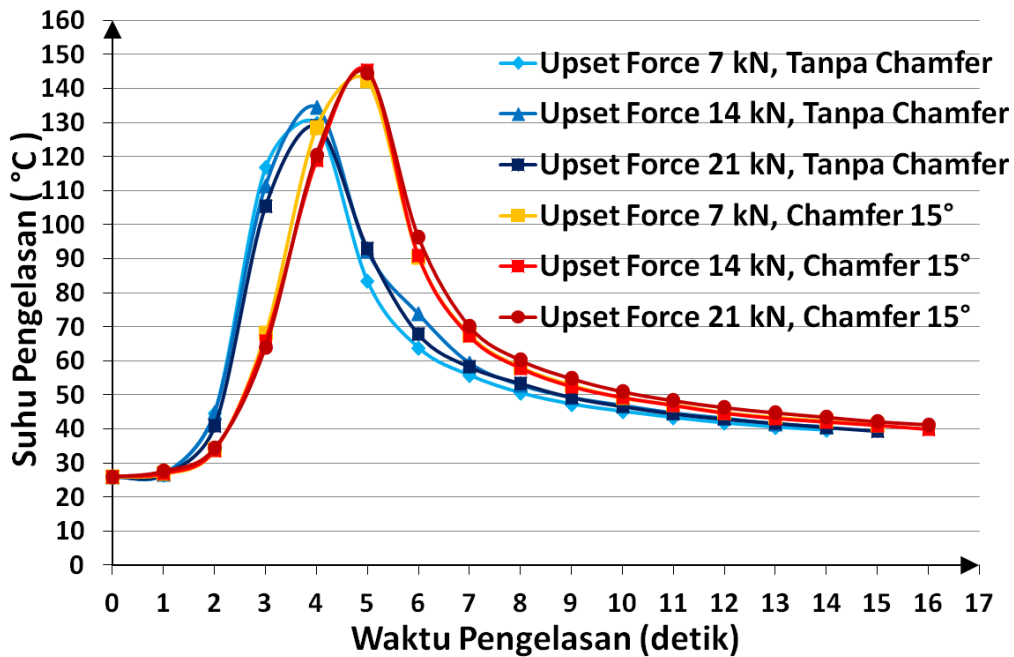
Dari tabel 4.1 didapat grafik hubungan antara suhu pengelasan terhadap variasi *upset force* dan variasi sudut *chamfer* sambungan las gesek Al – Mg – Si. Suhu pengelasan pada sambungan las dihasilkan dari gesekan spesimen saat proses pengelasan berlangsung. Pada gambar 4.2 didapatkan suhu pengelasan spesimen dengan *chamfer* 15° lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen tanpa *chamfer*.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan *Upset Force* terhadap Suhu Pengelasan Sambungan Las Gesek Al–Mg–Si pada Setiap Variasi Sudut *Chamfer*.

Dari grafik diatas menunjukkan pengaruh *upset force* terhadap suhu pengelasan dengan berbagai variasi sudut *chamfer*. Dapat dilihat dari grafik diatas, suhu pengelasan yang dihasilkan pada variasi *upset force* 7 kN, 14 kN, 21 kN dan tanpa *chamfer* yaitu sebesar 129,7°C, 136,7°C, 130,8°C. Sedangkan suhu pengelasan pada variasi *upset force* 7 kN, 14 kN, 21 kN dan *sudut chamfer* 15° yaitu sebesar 142,8°C, 146,3°C, 144,6°C.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa spesimen dengan *sudut chamfer* 15° memiliki suhu pengelasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen tanpa *sudut chamfer*. Hal ini dikarenakan spesimen dengan *sudut chamfer* 15° membutuhkan waktu pengelasan yang lebih lama dibandingkan dengan spesimen tanpa *sudut chamfer* , sehingga suhu pengelasan maksimal yang dihasilkan lebih tinggi.

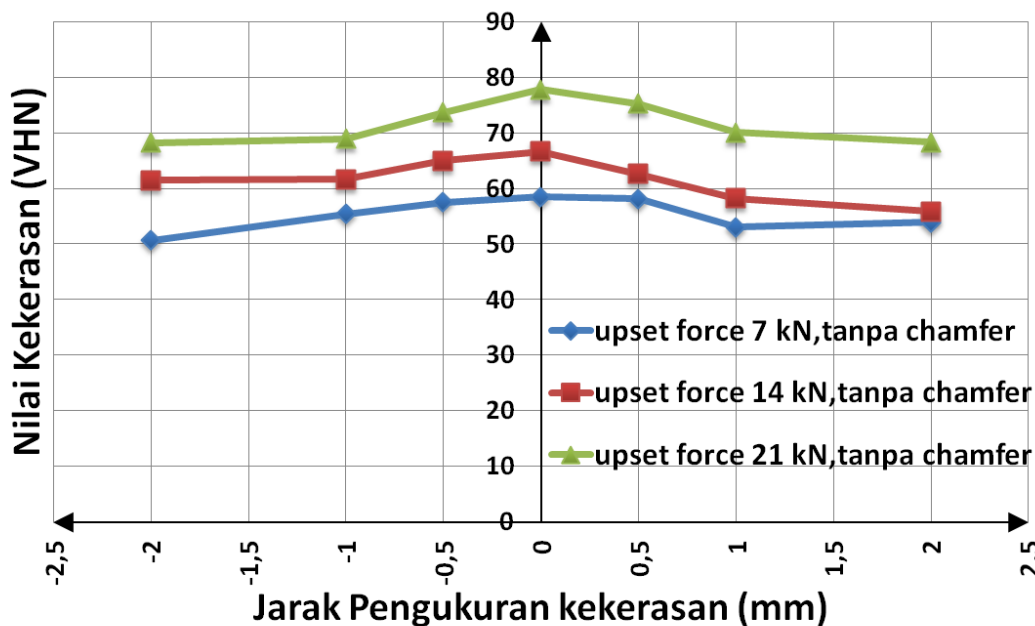


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Waktu Pengelasan terhadap Suhu Pengelasan

Pada gambar 4.3 menunjukkan grafik perubahan suhu pada bagian *flash* pada saat pengelasan berlangsung dengan variasi *upset force* dan sudut *chamfer*. Pada variasi *upset force* 7 kN, 14 kN, 21 kN dan tanpa sudut *chamfer* suhu maksimal terjadi pada detik ke 4, sedangkan pada variasi *upset force* 7 kN, 14 kN, 21 kN dan sudut *chamfer* 15° suhu maksimal terjadi pada detik ke 5. Hal ini disebabkan spesimen tanpa sudut *chamfer* mempunyai bidang kontak permukaan yang besar dibandingkan spesimen dengan sudut *chamfer* 15°.

4.2.2 Kekerasan

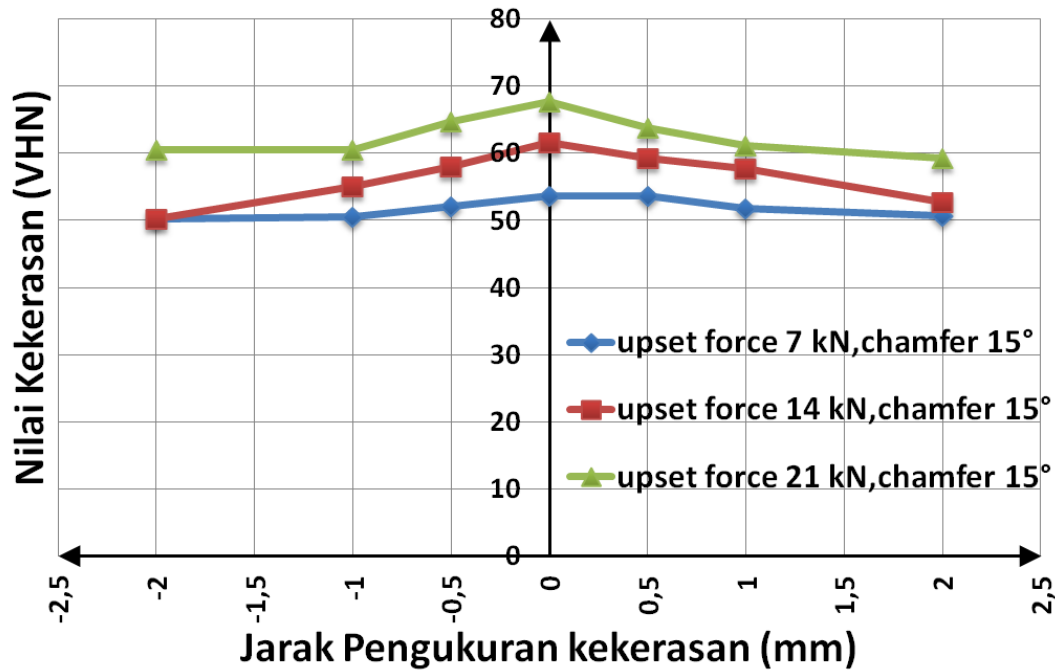
Dari tabel 4.2 didapat sebuah grafik hubungan antara nilai kekerasan terhadap variasi *upset force* dan variasi sudut *chamfer* sambungan las gesek Al – Mg – Si. Nilai kekerasan pada sambungan las penting untuk diketahui karena berhubungan dengan sifat mekanik suatu produk metalurgi. Pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 ditunjukkan grafik nilai kekerasan yang cenderung semakin besar seiring semakin besar *upset force* yang digunakan. Titik yang memiliki nilai kekerasan tertinggi terdapat pada titik *interface* daerah sambungan las gesek dan nilai kekerasan cenderung menurun seiring semakin jauh dari *interface*.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan *Upset Force* terhadap Kekerasan pada Spesimen Tanpa Sudut *Chamfer* .

Grafik 4.4 menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada variasi *upset force* 21 kN dan tanpa sudut *chamfer*, dengan nilai 77,83 VHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah didapat dari variasi *upset force* 7 kN dan tanpa sudut *chamfer*, dengan nilai kekerasan 58,48 VHN.

Grafik diatas menunjukkan *upset force* mempengaruhi nilai kekerasan sambungan las gesek Al – Mg – Si. Semakin tinggi nilai *upset force* maka semakin tinggi pula nilai kekerasannya. Peningkatan *upset force* menyebabkan material yang mengalami selip akan semakin dalam dan memecah butiran logam menjadi banyak. Akibatnya ukuran butir pada sambungan las semakin kecil dan ikatan antar butir semakin baik sehingga kekerasannya meningkat. Selain itu gas-gas yang terdapat pada area lasan terdorong keluar, sehingga menurunkan porositas yang terjadi saat proses pengelasan. Dengan nilai porositas yang semakin kecil maka akan meningkatkan kekerasan sambungan las gesek.



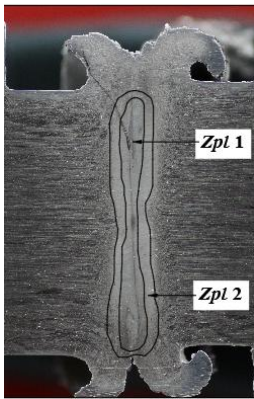
Gambar 4.5 Grafik Hubungan *Upset Force* terhadap Kekerasan pada Spesimen dengan Sudut *Chamfer* 15°.

Grafik 4.5 menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada variasi *upset force* 21 kN dan sudut *chamfer* 15°, dengan nilai 67,74 VHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah didapat dari variasi *upset force* 7 kN dan sudut *chamfer* 15°, dengan nilai kekerasan 53,62 VHN.

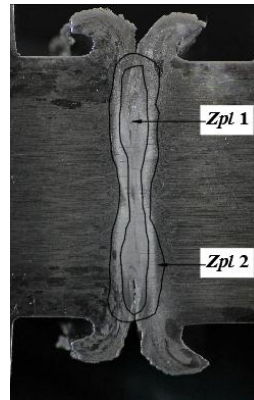
Grafik diatas menunjukkan *upset force* mempengaruhi nilai kekerasan sambungan las gesek Al – Mg – Si. Semakin tinggi nilai *upset force* maka semakin tinggi pula nilai kekerasannya. Peningkatan *upset force* menyebabkan material yang mengalami selip akan semakin dalam dan memecah butiran logam menjadi banyak. Akibatnya ukuran butir pada sambungan las semakin kecil dan ikatan antar butir semakin baik sehingga kekerasannya meningkat. Selain itu gas-gas yang terdapat pada area lasan terdorong keluar, sehingga menurunkan porositas yang terjadi saat proses pengelasan. Dengan nilai porositas yang semakin kecil maka akan meningkatkan kekerasan sambungan las gesek.

Dibandingkan dengan variasi tanpa sudut *chamfer*, spesimen dengan variasi sudut *chamfer* 15° memiliki kekerasan yang lebih rendah. Hal ini disebabkan spesimen dengan *sudut chamfer* 15° membutuhkan waktu pengelasan yang lebih lama dibandingkan dengan spesimen tanpa *sudut chamfer*, sehingga suhu pengelasan maksimal yang dihasilkan lebih tinggi. Akibatnya ukuran butir semakin besar yang menyebabkan kekerasannya menurun.

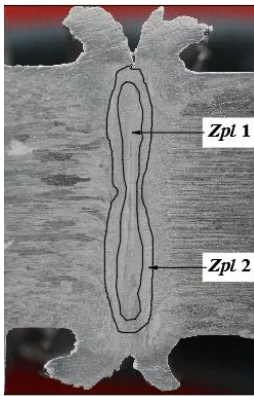
Gambar 4.6 Dibawah Ini Menunjukkan Luasan Daerah HAZ Hasil Las Gesek Dengan Variasi *Upset Force* Dan Sudut *Chamfer*



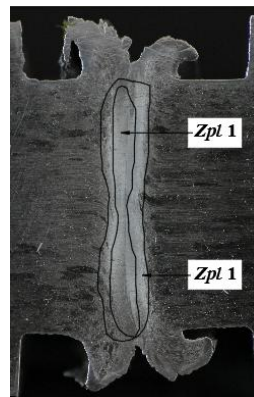
(a) *upset force* 7 kN dan tanpa *chamfer*



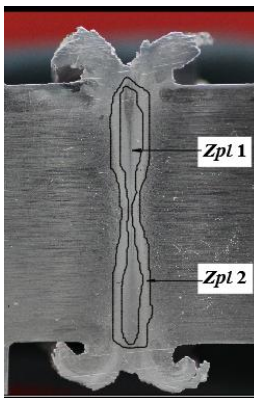
(d) *upset force* 7 kN dan *chamfer* 15°



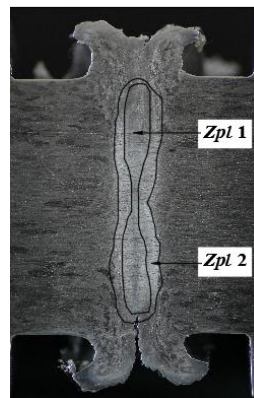
(b) *upset force* 14 kN dan tanpa *chamfer*



(e) *upset force* 7 kN dan *chamfer* 15°



(c) *upset force* 21 kN dan tanpa *chamfer*



(f) *upset force* 7 kN dan *chamfer* 15°

Gambar 4.6 Foto Makro Spesimen Dengan Variasi *Upset Force* Dan Sudut *Chamfer*

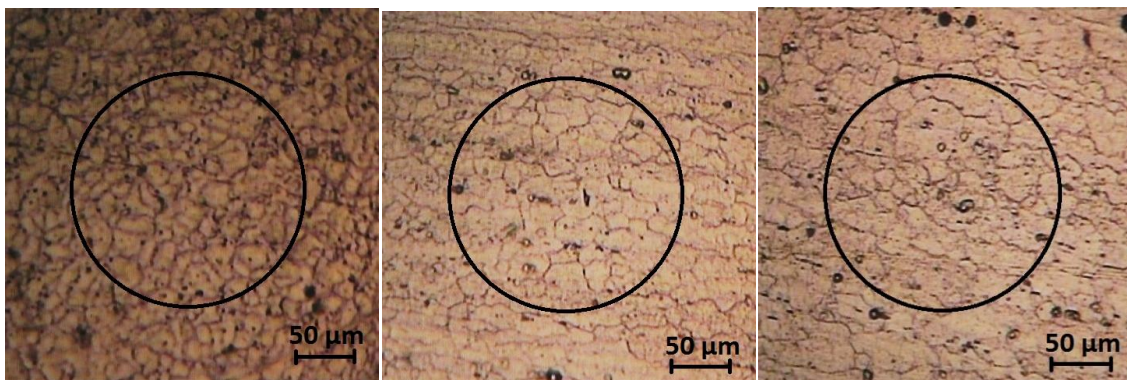
Berikut tabel 4.3 menunjukkan luas daerah HAZ pada spesimen dengan variasi *upset force* dan sudut *chamfer*.

Tabel 4.3

Perbandingan Luasan HAZ Spesimen dengan Variasi *Upset Force* dan Sudut *Chamfer*

<i>Upset Force</i> (kN)	Sudut <i>Chamfer</i>	Luasan Daerah (mm ²)	
		Zpl 1	Zpl 2
7	Tanpa <i>Chamfer</i>	17,99	20,84
	15°	18,10	23,83
14	Tanpa <i>Chamfer</i>	16,05	20,04
	15°	18,07	22,73
21	Tanpa <i>Chamfer</i>	12,78	16,68
	15°	17,83	20,73

Gambar 4.7 dibawah ini menunjukkan mikrostruktur spesimen Al–Mg–Si sebelum dilakukan proses pengelasan serta sambungan las gesek Al–Mg–Si yang memiliki nilai kekerasan tertinggi dan terendah.



(a) Sebelum dilas

(b) Kekerasan tertinggi

(c) Kekerasan terendah

Gambar 4.7 Mikrostruktur spesimen Al–Mg–Si (a) Sebelum dilakukan proses pengelasan; (b) Sambungan las dengan kekerasan tertinggi; (c) Sambungan las dengan kekerasan terendah.

Dari gambar 4.7 dapat dilihat struktur mikro spesimen. Dengan menggunakan metode Planimetric (ASTM, 2004) ukuran butir spesimen dapat dihitung. Spesimen sebelum

dilakukan proses pengelasan memiliki ukuran butir sebesar 15,9 μm , sedangkan sambungan las dengan kekerasan tertinggi dan terendah memiliki ukuran butir sebesar 18,9 μm dan 22,5 μm .

Spesimen dengan kekerasan tertinggi memiliki ukuran butir yang lebih kecil dibandingkan dengan spesimen yang mempunyai nilai kekerasan terendah. Hal ini disebabkan karena spesimen kekerasan tertinggi diberikan *upset force* yang lebih besar dibandingkan spesimen kekerasan terendah. Akibat *upset force* yang lebih besar, maka ikatan antar butir menjadi lebih kuat karena jarak antar butirannya semakin kecil, sehingga kekerasannya meningkat.