

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

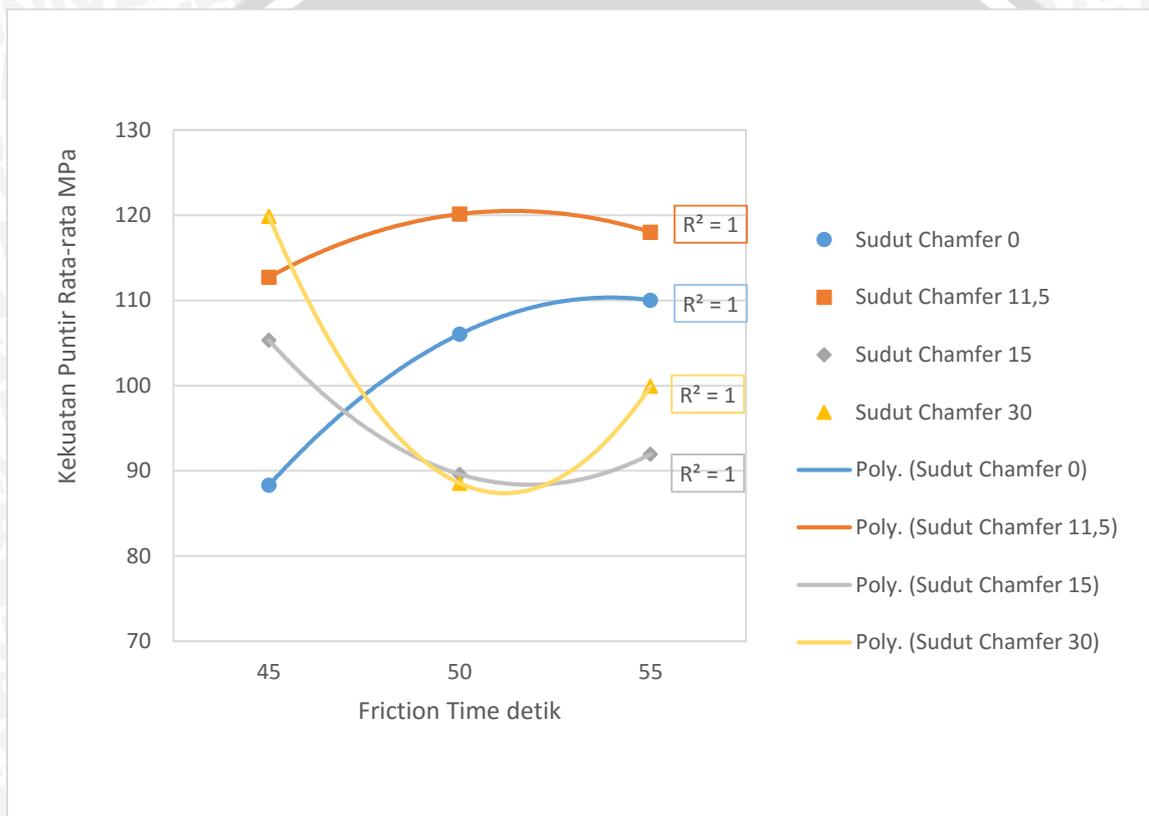
### 4.1 Data Hasil Pengujian Puntir

Tabel 4.1 Nilai Kekuatan Puntir Rata-rata

No	Sudut Chamfer (°)	Waktu (Detik)	Pengulangan	Kekuatan Puntir (MPa)	Kekuatan Puntir Rata-rata (MPa)
1	0°	45	1	87.72	88.31
			2	88.42	
			3	88.78	
		50	1	105.69	106.04
			2	106.39	
			3	106.04	
		55	1	110.27	110.03
			2	110.27	
			3	109.56	
2	11,5°	45	1	112.73	112.73
			2	113.44	
			3	112.03	
		50	1	120.48	120.13
			2	120.13	
			3	119.78	
		55	1	118.37	118.02
			2	118.02	
			3	117.66	
3	15°	45	1	105.33	105.33
			2	104.98	
			3	105.69	
		50	1	89.48	89.60
			2	89.48	
			3	89.83	
		55	1	91.95	91.95
			2	91.59	
			3	92.30	
4	30°	45	1	119.78	119.90
			2	120.13	
			3	119.78	
		50	1	88.42	88.54
			2	88.78	
			3	88.42	
		55	1	99.70	99.93
			2	100.05	
			3	100.05	

Dalam Penelitian ini dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai momen puntir dari tiap spesimen dengan pengambilan data momen puntir tiap kenaikan  $2^\circ$  hingga spesimen mengalami patah. Dari tiap pengujian didapatkan nilai tertinggi yang digunakan sebagai acuan untuk perhitungan kekuatan puntir terbesar dari tiap spesimen. Tabel 4.1 menunjukkan nilai kekuatan puntir rata-rata dari tiap variabel pengelasan gesek yang telah dilakukan.

#### 4.2.1 Grafik Hubungan Kekuatan Puntir Spesimen Antar Sudut *Chamfer* Terhadap *Friction Time*



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Kekuatan Puntir Spesimen Antar Sudut *Chamfer* Terhadap *Friction Time*

Pada gambar 4.1 menunjukkan grafik hubungan kekuatan puntir antar sudut berbeda terhadap waktu *friction time*. Dimana sumbu x menunjukkan *friction time* dan sumbu y menunjukkan kekuatan puntir rata-rata.

Pada gambar 4.1 di atas menunjukkan hubungan antara kekuatan puntir spesimen dengan sudut *chamfer*  $0^\circ$  terhadap variasi waktu *friction time* antara 45 detik, 50 detik,

dan 55 detik. Waktu *friction time* memberikan pengaruh yang dapat terlihat pada grafik tersebut.

Pada spesimen dengan waktu *friction time* sebesar 45 detik didapatkan kekuatan puntir rata-rata sebesar 88,31 MPa. Kemudian untuk spesimen dengan waktu *friction time* 50 detik didapatkan kekuatan puntir rata-rata sebesar 106,04 MPa. Lalu, pada spesimen dengan waktu *friction time* sebesar 55 detik didapatkan nilai kekuatan puntir sebesar 110,03 MPa.

Dari ketiga data tersebut dapat disimpulkan bahwa kekuatan puntir rata-rata dari ketiga waktu *friction time* yang berbeda memberikan pengaruh pada hasil pengelasan. Dimana nilai kekuatan puntir rata-rata untuk spesimen dengan sudut *chamfer*  $0^\circ$  akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya waktu *friction time* yang diberikan.

Pada gambar 4.1 ditunjukkan grafik hubungan kekuatan puntir rata-rata antar spesimen dengan sudut *chamfer*  $11,5^\circ$  terhadap waktu *friction time* yang diberikan pada tiap spesimen. Dimana waktu *friction time* yang diberikan untuk tiap spesimen ialah 45 detik, 50 detik, dan 55 detik.

Pada spesimen dengan waktu *friction time* yang diberikan sebesar 45 detik, didapatkan nilai kekuatan puntir rata-rata sebesar 117,74 MPa. Lalu spesimen dengan waktu *friction time* 50 detik didapatkan kekuatan puntir rata-rata sebesar 120,14 MPa. Kemudian untuk spesimen dengan waktu *friction time* 55 detik didapatkan nilai kekuatan puntir rata-rata sebesar 118,02 MPa.

Dari ketiga data diketahui bahwa nilai kekuatan puntir rata-rata maksimal untuk sudut *chamfer*  $11,5^\circ$  didapatkan pada waktu *friction time* 50 detik dengan kekuatan puntir rata-rata sebesar 120,14 MPa dan kekuatan puntir rata-rata akan menurun bila diberikan waktu *friction time* lebih lama.

Gambar 4.1 menunjukkan grafik hubungan kekuatan puntir rata-rata untuk spesimen dengan sudut *chamfer*  $15^\circ$  terhadap waktu *friction time* yang diberikan. Waktu yang diberikan pada ketiga spesimen ialah 45 detik, 50 detik, dan 55 detik.

Pada waktu *friction time* sebesar 45 detik didapatkan nilai kekuatan puntir rata-rata sebesar 105,34 MPa. Kemudian untuk waktu *friction time* sebesar 50 detik didapatkan nilai kekuatan puntir rata-rata yaitu sebesar 89,60 MPa. Lalu untuk waktu *friction time* yang diberikan sebesar 55 detik didapatkan nilai kekuatan puntir rata-rata sebesar 91,95 MPa.

Dari ketiga data pada grafik, didapatkan bahwa nilai kekuatan puntir rata-rata mengalami titik minimum pada waktu *friction time* 50 detik. Namun akan kembali

meningkat pada waktu *friction time* 50 detik. Tetapi nilai kekuatan puntir rata-rata dari ketiga data berada pada titik maksimal pada waktu *friction time* sebesar 45 detik.

Pada gambar 4.1 merupakan grafik hubungan kekuatan puntir spesimen dengan sudut chamfer 30°. Kemudian dengan waktu *friction time* 45 detik, 50 detik, dan 55 detik.

Pada waktu *friction time* 45 detik didapatkan nilai kekuatan puntir rata-rata sebesar 119,90 MPa. Dan pada waktu *friction time* 50 detik didapatkan nilai kekuatan puntir rata-rata sebesar 88,55 MPa. Kemudian pada waktu *friction time* 55 detik didapatkan nilai kekuatan puntir rata-rata sebesar 99,94 MPa.

Dari ketiga data, diketahui bahwa nilai kekuatan puntir rata-rata tertinggi, didapatkan pada waktu *friction time* 45 detik kemudian nilai menurun pada waktu *friction time* 50 detik dan kembali meningkat pada waktu *friction time* 55 detik. Dimana nilai kekuatan puntir rata-rata tertinggi didapatkan pada waktu *friction time* 45 detik yaitu sebesar 119,90 MPa.

Pada gambar 4.1 menunjukkan grafik hubungan kekuatan puntir antar sudut berbeda terhadap waktu *friction time*. Dengan grafik berwarna biru menunjukkan nilai kekuatan puntir untuk sudut *chamfer* 0 derajat. Kemudian grafik dengan warna oranye merupakan grafik kekuatan puntir rata-rata untuk spesimen dengan sudut *chamfer* 11,5 derajat. Lalu grafik dengan warna abu-abu merupakan grafik yang menunjukkan kekuatan puntir rata-rata untuk sudut *chamfer* 15 derajat. Dan grafik dengan warna kuning ialah grafik yang menunjukkan kekuatan puntir rata-rata untuk spesimen dengan sudut *chamfer* 30 derajat.

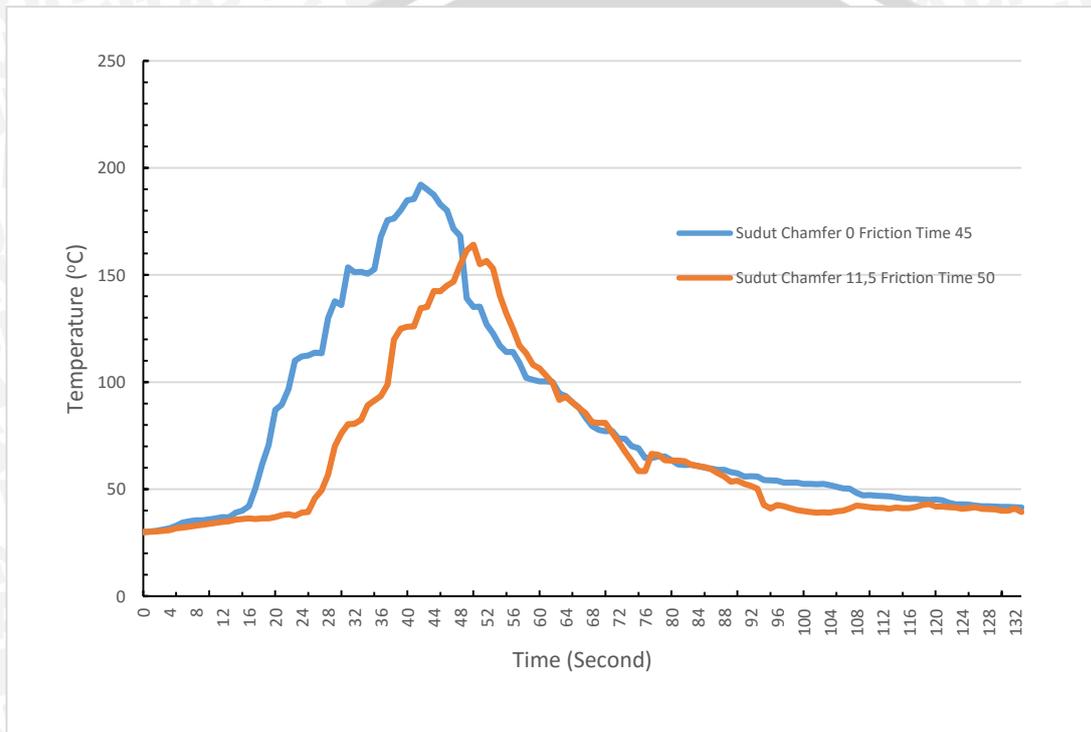
Pada grafik dapat diketahui, bahwa nilai kekuatan puntir rata-rata tertinggi didapat untuk spesimen dengan sudut *chamfer* 11,5 derajat dan waktu *friction time* sebesar 50 detik. Kemudian untuk kekuatan puntir terendah didapat pada spesimen dengan sudut *chamfer* 0 derajat dan waktu *friction time* sebesar 45 detik. Namun bila dilihat dari besar perbedaan untuk tiap spesimen uji, perbedaan yang dihasilkan untuk tiap-tiap spesimen tidak terlalu signifikan.

Dimana didapatkan nilai modulus geser untuk spesimen dengan kekuatan puntir rata-rata tertinggi dan spesimen dengan nilai kekuatan rata-rata terendah terlihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Modulus Geser Spesimen Hasil Pengelasan dan Spesimen Tanpa Perlakuan

Spesimen	Modulus Geser (GPa)
0° ; 45"	2.33
11,5° ; 50 "	3.91
Raw Material	16.09

#### 4.2.2 Grafik Suhu Pengelasan Terhadap Waktu



Gambar 4.2 Grafik Suhu Pengelasan Terhadap Waktu

Gambar 4.2 menunjukkan grafik suhu pengelasan terhadap waktu dimana grafik berwarna biru menunjukkan suhu untuk spesimen dengan sudut chamfer 0° dan *friction time* 45 detik dan grafik berwarna oranye menunjukkan suhu untuk spesimen dengan sudut *chamfer* 11,5° dan *friction time* 50 detik.

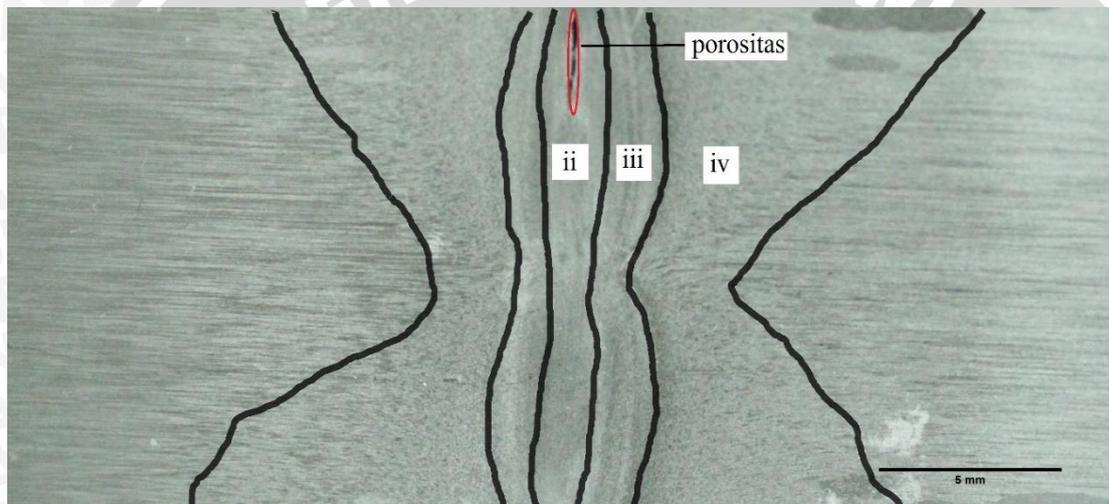
Dari grafik suhu pengelasan terhadap waktu dapat dilihat suhu tertinggi didapatkan pada waktu 44 detik. Dan kecepatan kenaikan suhu tertinggi terdapat pada waktu 16 detik hingga 30 detik. Dimana suhu yang tercatat pada waktu 44 detik ialah 185,4°C. Serta waktu pada suhu 16 detik ialah 42,1 °C dan pada waktu 30 detik ialah 153,6 °C.

Dari grafik suhu pengelasan terhadap waktu dapat dilihat suhu tertinggi didapatkan pada waktu 52 detik. Dan kecepatan kenaikan suhu tertinggi terdapat pada waktu 30 detik hingga 50 detik. Dimana suhu yang tercatat pada waktu 52 detik ialah

160.6°C. Serta waktu pada suhu 30 detik ialah 42 °C dan pada waktu 50 detik ialah 151.6 °C.

Jika dibandingkan antara grafik suhu terhadap waktu dari spesimen dengan sudut *chamfer* 0° dengan waktu pengelasan 45 detik dan spesimen dengan sudut *chamfer* 11,5° dengan waktu pengelasan 50 detik , dimana kecepatan kenaikan suhu antara kedua spesimen berbeda dan suhu tertinggi yang dicapai juga berbeda. Dimana suhu tertinggi untuk spesimen dengan sudut *chamfer* 0° dicapai dengan waktu lebih singkat dibandingkan spesimen dengan sudut *chamfer* 11,5°.

#### 4.2.3 Daerah Hasil Las Pada Spesimen Dengan Kekuatan Puntir Rata-rata Terendah

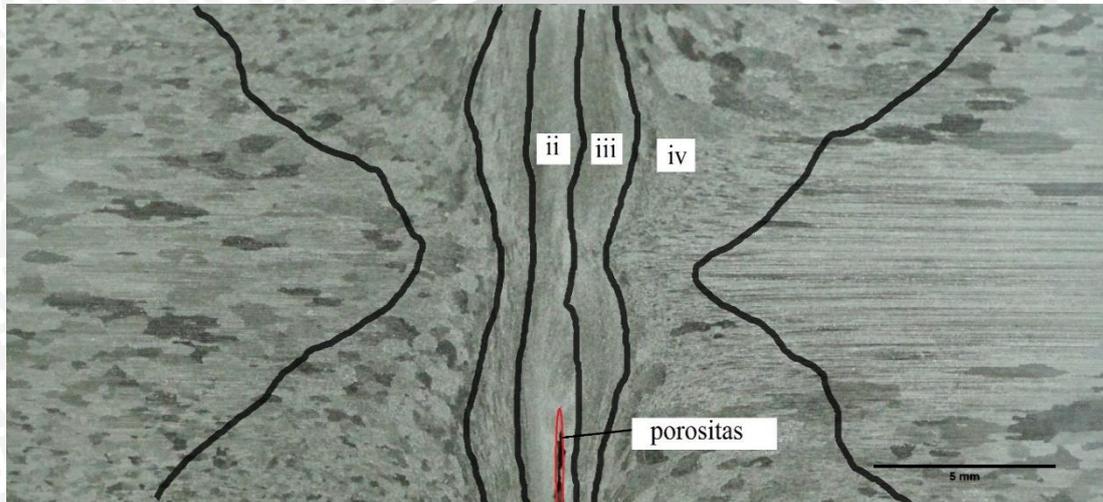


Gambar 4.3 Hasil Foto Makro Spesimen Sudut *Chamfer* 0° Waktu *Friction Time* 45 detik

Gambar 4.3 merupakan foto makro dari spesimen dengan kekuatan puntir terendah, diketahui *region* ii merupakan daerah hasil pengelasan yang mengalami perubahan bentuk hingga fase plastis secara menyeluruh, kemudian *region* iii ialah daerah yang terpengaruh panas serta mengalami perubahan bentuk plastis akibat pengaruh panas namun tidak sebanyak *region* ii dan *region* iv merupakan daerah yang tidak berubah bentuk walaupun terkena pengaruh panas. Dengan menggunakan aplikasi imagej didapatkan besaran untuk daerah hasil pengelasan *region* ii memiliki luas daerah sebesar 14.719 mm<sup>2</sup> dan untuk daerah terpengaruh panas memiliki luas daerah *region* iii sebesar 44,509 mm<sup>2</sup> dimana porositas yang terlihat memiliki luas sebesar 0,281 mm dengan luas daerah *region* iii pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir rata-rat<sup>2</sup>. Dimana besarnya luas daerah haz akan memberikan pengaruh terhadap kekuatan puntir

yang dapat diterima oleh spesimen hasil pengelasan. dimana dapat terlihat pada luas daerah pada spesimen dengan kekuatan puntir rata-rata terendah, luas daerah haz pada region iii yang lebih besar dibandingkan dengan spesimen dengan nilai kekuatan puntir rata-rata tertinggi.

#### 4.2.4 Daerah Hasil Las Pada Spesimen Dengan Kekuatan Puntir Rata-rata Tertinggi



Gambar 4.4 Hasil Foto Makro Spesimen Sudut *Chamfer* 11,5° Waktu *Friction Time* 50 detik

Gambar 4.4 merupakan foto makro dari spesimen dengan kekuatan puntir tertinggi, diketahui *region* ii merupakan daerah hasil pengelasan yang mengalami perubahan bentuk hingga fase plastis secara menyeluruh, kemudian *region* iii ialah daerah yang terpengaruh panas serta mengalami perubahan bentuk plastis akibat pengaruh panas namun tidak sebanyak *region* ii dan *region* iv merupakan daerah yang tidak berubah bentuk walaupun terkena pengaruh panas. Dengan menggunakan aplikasi imagej didapatkan bahwa luasan daerah hasil pengelasan *region* ii ialah 19,053 mm<sup>2</sup> dan untuk daerah terpengaruh panas *region* iii memiliki nilai sebesar 22,176 mm<sup>2</sup> dimana porositas yang terlihat memiliki luas daerah sebesar 0.284 mm<sup>2</sup>. Dimana besarnya luas daerah haz akan memberikan pengaruh terhadap kekuatan puntir yang dapat diterima oleh spesimen hasil pengelasan. dimana dapat terlihat pada luas daerah pada spesimen dengan kekuatan puntir rata-rata terendah, luas daerah haz pada *region* iii yang lebih besar dibandingkan dengan spesimen dengan nilai kekuatan puntir rata-rata tertinggi. Dimana untuk spesimen dengan nilai kekuatan puntir rata-rata tertinggi memiliki luas daerah *region* iii sebesar 22,176 mm<sup>2</sup>, dimana luas daerah ini lebih kecil bila dibandingkan dengan luas

daerah region iii pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir rata-rata terendah yang memiliki luas daerah pada region iii sebesar  $44,509 \text{ mm}^2$ . Hal inilah menjadi salah satu hal yang menyebabkan kekuatan puntir rata-rata pada spesimen dengan sudut *chamfer*  $0^\circ$  lebih rendah dibandingkan spesimen dengan sudut *chamfer*  $11,5^\circ$ .

#### 4.2.4 Distribusi Nilai Kekerasan Spesimen

Pada Gambar 4.5 menunjukkan distribusi nilai kekerasan pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir rata-rata tertinggi dan spesimen dengan nilai kekuatan puntir terendah. Dimana bagian kiri menunjukkan sisi yang berputar ketika proses pengelasan dan sisi kanan ialah sisi yang menekan ketika proses pengelasan.



Gambar 4.5 Distribusi Nilai Kekerasan

Pada Gambar 4.5 menunjukkan distribusi nilai kekerasan pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir rata-rata tertinggi dan spesimen dengan nilai kekuatan puntir terendah.

Dimana Nilai kekerasan pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir tertinggi, yaitu spesimen dengan sudut *chamfer*  $0^\circ$  dan *friction time* 45 detik untuk daerah region ii nilai kekerasan rata-rata ialah 134.33 VHN. Kemudian untuk daerah region iii memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 146.91 VHN. Juga untuk daerah region iv memiliki nilai

kekerasan rata-rata sebesar 121.18 VHN. seperti terlihat pada tabel 4.2. Nilai kekerasan pada spesimen dengan sudut *chamfer* 0° yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen dengan sudut *chamfer* 11,5° inilah yang menjadi salah satu sebab kekuatan puntir rata-rata pada spesimen dengan sudut *chamfer* 0° lebih rendah dibandingkan dengan spesimen dengan spesimen dengan sudut *chamfer* 11,5°.

Tabel 4.2 Nilai Kekerasan Rata-rata Spesimen dengan sudut *chamfer* 0° dan *friction time* 45'

Daerah	Kekerasan Rata-rata (VHN)
<i>region ii</i>	134.33
<i>region iii</i>	146.91
<i>region iv</i>	121.18

Dimana Nilai kekerasan pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir tertinggi, yaitu spesimen dengan sudut *chamfer* 11,5° dan *friction time* 50 detik untuk daerah *region ii* nilai kekerasan rata-rata ialah 187.93 VHN. Kemudian untuk daerah *region iii* memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 198.93 VHN. Juga untuk daerah *region iv* memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 133.58 VHN. seperti terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai Kekerasan Rata-rata Spesimen dengan sudut *chamfer* 11,5° dan *friction time* 50'

Daerah	Kekerasan Rata-rata (VHN)
<i>region ii</i>	187.93
<i>region iii</i>	198.93
<i>region iv</i>	133.58

