

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

4.1.1 Porositas

Pengolahan data pengujian porositas dilakukan setelah proses *roll bonding* telah selesai pada setiap spesimen, spesimen tersebut terlebih dahulu dibentuk sesuai standard dimensi spesimen uji tarik berdasarkan ASTM E8 dengan dibubut serta setelah itu diampas dan dibersihkan menggunakan aseton untuk menghilangkan kerak yang tersisa setelah proses permesinan. Setelah itu ditimbang berat spesimen di air dan diudara selanjutnya dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus 2.13 hingga 2.15, berikut ditunjukkan hasil pengujian dan perhitungan mencari nilai porositas pada tabel 4.1.

Tabel 4.1
Data Hasil Pengujian Porositas

Kecepatan <i>Roller</i> (rpm)	Berat di Udara (gr)	Berat di Air (gr)	Porositas (%)	Porositas Rata-Rata (%)
10	9,67	6,09	0,05	0,04
	10,13	6,38	0,04	
	10,05	6,33	0,03	
15	9,91	6,24	0,08	0,10
	9,69	6,1	0,12	
	10,07	6,34	0,10	
20	9,77	6,15	0,13	0,15
	10,12	6,37	0,14	
	9,98	6,28	0,19	

4.1.2 Kekuatan Tarik

Pengolahan data pengujian kekuatan tarik dilakukan setelah proses *roll bonding* telah selesai pada setiap spesimen dan telah dibentuk sesuai standard dimensi spesimen uji tarik berdasarkan ASTM E8 serta telah dilakukan pengujian porositas sebelumnya. Setiap variasi dilakukan tiga kali pengulangan dan didapatkan nilai rata-rata dari ketiga pengulangan tersebut pada setiap variasi. Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu pada kecepatan putaran *roller* dengan variasi kecepatan sebesar 10 rpm, 15 rpm dan 20 rpm. Hasil pengujian kekuatan tarik tertera pada tabel 4.2.

Tabel 4.2

Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Spesimen *Roll Bonding*

Kecepatan <i>Roller</i> (rpm)	Luas Permukaan (mm ²)	Beban Maximal (kN)	UTS (MPa)	UTS Rata- Rata (MPa)	Standard Deviasi
10	12,19	1,72	141,06	135,73	6,4939
	13,89	1,91	137,62		
	13,92	1,79	128,50		
15	13,42	1,70	126,67	128,07	4,3772
	13,91	1,73	124,57		
	12,68	1,69	132,98		
20	15,81	1,95	123,31	122,32	3,9773
	12,82	1,51	117,94		
	14,48	1,82	125,70		

Tabel 4.3

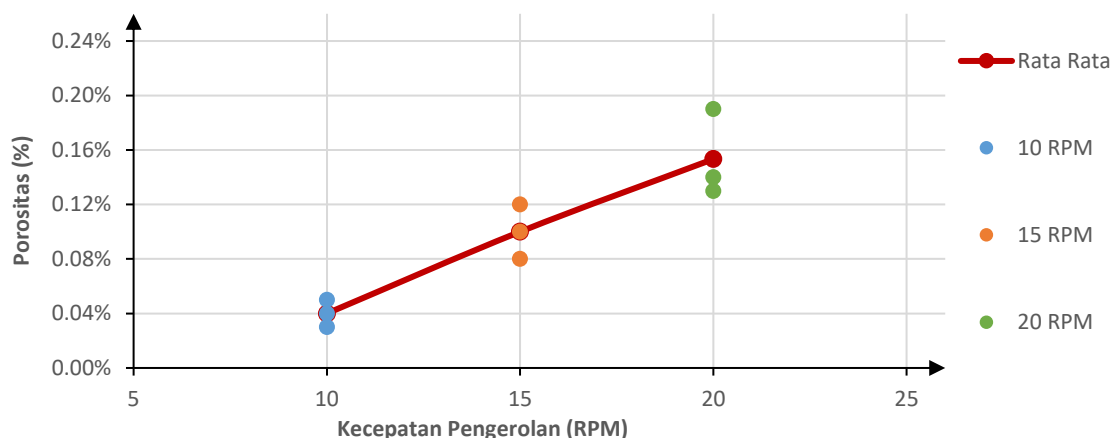
Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Spesimen Konvensional Sebelum Proses *Roll Bonding*

Aluminium	Luas Permukaan (mm ²)	Beban Maximal (kN)	UTS (MPa)	UTS Rata- Rata (MPa)	Standard Deviasi
1100	12,68	1,4	110,45	113,63	2,9931
	12,63	1,44	114,06		
	12,72	1,48	116,39		
6061	10,96	1,24	113,12	116,16	2,6768
	10,31	1,21	117,20		
	11,05	1,31	118,16		
1100 HT	12,66	0,82	64,80	64,30	0,8103
	12,67	0,82	64,74		
	12,63	0,80	63,37		
6061 HT	11,08	0,71	63,90	63,78	0,3129
	10,81	0,69	64,01		
	10,78	0,68	63,43		

4.2 Pembahasan

4.2.1 Porositas

Dari tabel 4.1 didapat sebuah grafik hubungan antara nilai porositas terhadap variasi kecepatan putaran *roller* pada sambungan hasil *roll bonding* A1100 dengan A6061. Nilai porositas pada sambungan hasil *roll bonding* muncul disebabkan terjebaknya gas di udara saat proses pengerolan berlangsung sehingga menyebabkan adanya *void* pada daerah sambungan *roll bonding*. Pada gambar 4.1 didapatkan hasil porositas cenderung semakin besar seiring semakin besar variasi kecepatan digunakan.

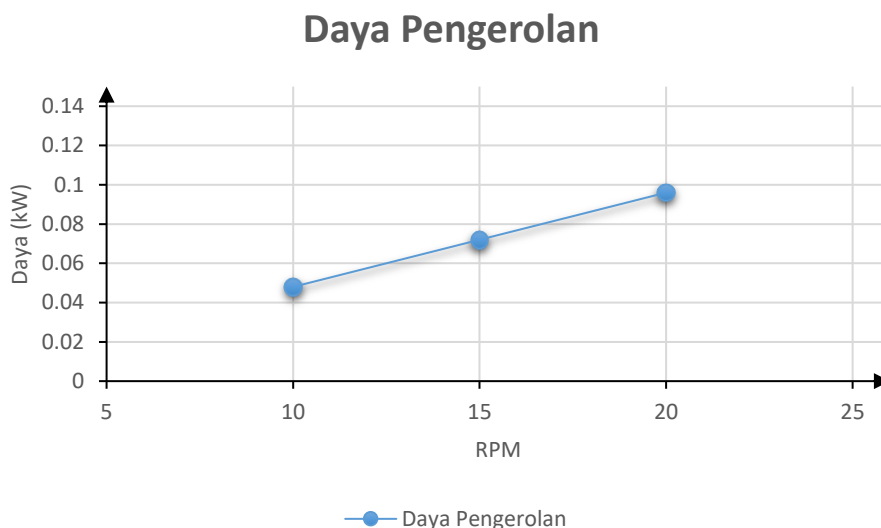


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran *Roller* Terhadap Nilai Porositas Hasil *Roll Bonding* A1100 dengan A6061 pada setiap variasi kecepatan

Dari gambar 4.1 menunjukkan pengaruh kecepatan putaran *roller* terhadap nilai porositas. Pada grafik ini menggunakan grafik *linear* untuk mengetahui hubungan masing masing pengaruh antar variasi yang digunakan dalam penelitian ini serta mendapatkan kecenderungan dari antar variasi tersebut. Dapat dilihat pada titik warna biru yang menunjukkan nilai porositas dari variasi kecepatan 10 rpm merupakan nilai porositas terendah dengan nilai 0,03%. Pada titik warna hijau yang menunjukkan nilai porositas dari variasi kecepatan 20 rpm merupakan nilai porositas tertinggi dengan nilai 0,19%. Pada garis warna merah menunjukkan rata rata dari 3 kali pengulangan setiap variasinya yang mana didapatkan nilai porositas terendah pada variasi kecepatan putaran *roller* 10 rpm sebesar 0,04% serta nilai porositas tertinggi pada variasi kecepatan putaran *roller* 20 rpm sebesar 0,15%.

Dari gambar 4.1 menunjukkan kecenderungan semakin bertambah kecepatan putaran *roller* maka menyebabkan nilai porositasnya semakin naik, fenomena ini diakibatkan karena semakin tinggi kecepatan putaran *roller* yang digunakan maka semakin kecil dan tidak merata gaya pembebanan yang diberikan kepada permukaan material serta untuk kecepatan tinggi mekanisme saling difusi atom di sekitar daerah antar muka plat semakin cepat sehingga menyebabkan celah yang terjadi antara material tersebut semakin besar. Semakin besar kecepatan putaran *roller* menyebabkan kemungkinan udara bebas yang terjebak pada sambungan hasil *roll bonding* semakin besar dan akhirnya menyebabkan porositas yang terjadi semakin bertambah besar.

Gambar 4.2 menunjukkan daya pengerolan yang dibutuhkan pada setiap variasi kecepatan.



Gambar 4.2 Grafik Daya Pengerolan yang Dibutuhkan Pada Tiap Variasi Kecepatan

Dari gambar 4.2 menunjukkan pengaruh kecepatan putaran *roller* terhadap daya pengerolan yang dibutuhkan. Pada grafik ini menggunakan grafik *linear* untuk mengetahui hubungan masing masing pengaruh antar variasi yang digunakan dalam penelitian ini serta mendapatkan kecenderungan dari antar variasi tersebut. Dapat dilihat pada titik yang menunjukkan nilai daya pengerolan dari variasi kecepatan 20 rpm merupakan nilai daya pengerolan tertinggi dengan nilai 0,096 kW dan gaya pengerolan terendah terjadi pada variasi kecepatan 10 rpm dengan nilai 0,048 kW.

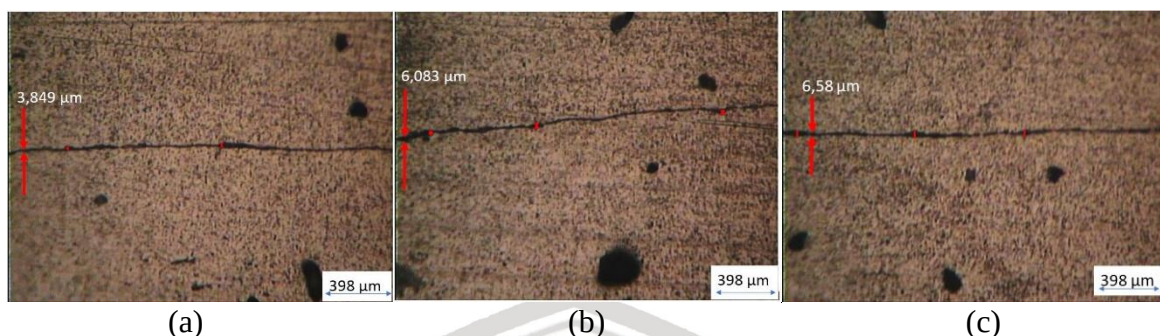
Dari gambar 4.2 menunjukkan kecenderungan semakin bertambah kecepatan pengerolan maka menyebabkan daya yang dibutuhkan saat pengerolan akan semakin besar dikarenakan hubungan antara kecepatan pengerolan dan daya pengerolan berbanding lurus. Hal tersebut ditunjukkan dengan rumus:

$$N = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot P \cdot n}{60000} \text{ (kW)} \dots\dots\dots (4-1)$$

Dengan gaya yang terjadi pada saat pengerolan sebesar 8,528 kN serta dengan panjang plat yang sama yaitu sebesar 150 mm sebelum pengerolan, maka semakin rendah daya pengerolan akan menyebabkan waktu pengerolan akan semakin lama dan menyebabkan difusi logam semakin lama yang ditunjukkan oleh rumus:

$$N = \frac{F \cdot S}{t} \text{ (kW)} \dots\dots\dots (4-2)$$

Gambar 4.3 menunjukkan foto mikrostruktur dari celah yang terjadi pada hasil *roll bonding* plat A1100 dengan plat A6061 pada tiap variasi kecepatan.



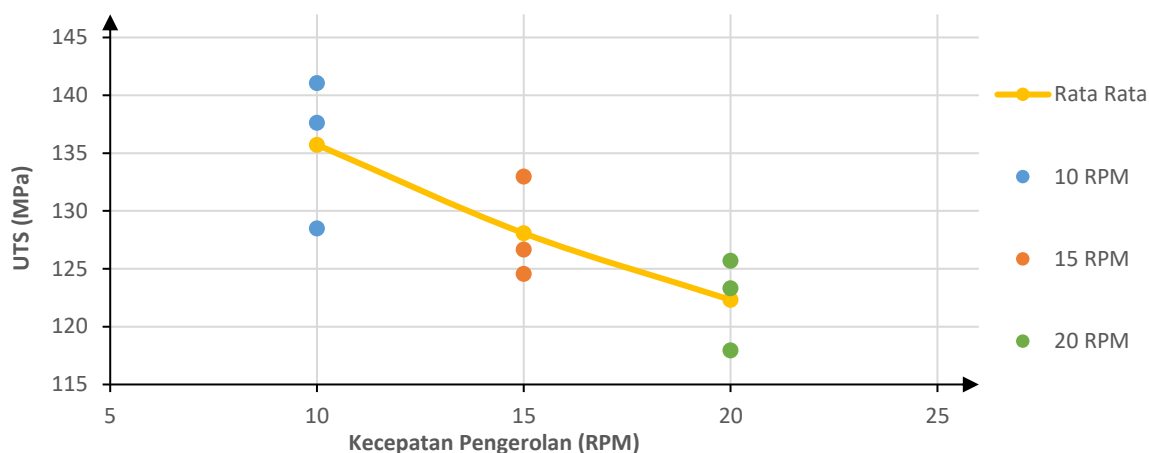
Gambar 4.3 Foto Mikrostruktur (a) Spesimen 10 rpm, (b) Spesimen 15 rpm, (c) Spesimen 20 rpm

Gambar 4.3 menunjukkan foto mikrostruktur pada spesimen hasil *Roll Bonding* pada tiap variasi kecepatannya. Dapat dilihat celah terkecil yang terjadi antar sambungan plat hasil *roll bonding* terdapat pada spesimen dengan kecepatan putaran *roller* 10 rpm sebesar 3,849 μm yang ditunjukkan pada gambar 4.3 (a) dan celah terbesar terjadi pada kecepatan putaran *roller* 20 rpm sebesar 6,580 μm yang ditunjukkan pada gambar 4.3 (c).

Hal ini disebabkan lebih oleh efek beban pengerolan yang cenderung menurun dan mempengaruhi nilai porositas tiap variasi yang semakin meningkat.

4.2.2 Kekuatan Tarik

Dari tabel 4.2 didapat sebuah grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik terhadap variasi kecepatan putaran *roller* hasil *roll bonding* A1100 dengan A6061. Grafik yang digunakan merupakan grafik *linear* untuk mengetahui hubungan masing masing pengaruh antar variasi yang digunakan dalam penelitian ini serta mendapatkan kecenderungan dari antar variasi tersebut. Nilai kekuatan tarik pada sebuah hasil spesimen produksi penting untuk diketahui karena berhubungan dengan sifat mekanik suatu produk metalurgi. Pada gambar 4.4 grafik nilai kekuatan tarik hasil *roll bonding* plat aluminium A1100 dengan plat aluminium A6061, didapatkan hasil kekuatan tarik semakin kecil seiring semakin besar kecepatan putaran *roller* yang digunakan.

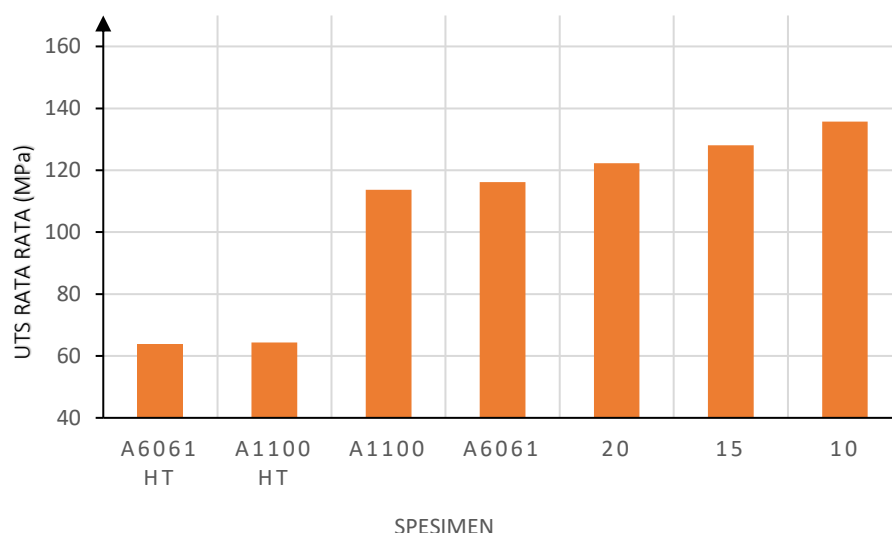


Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Variasi Kecepatan Putaran *Roller* terhadap Kekuatan Tarik pada Hasil *Roll Bonding* A1100 dengan A6061

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada kecepatan *roller* 10 rpm, dengan nilai rata-rata 135,73 MPa. Sedangkan kekuatan tarik terendah didapat pada saat kecepatan *roller* sebesar 20 rpm dengan nilai rata-rata 122,32 MPa.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kecepatan putaran *roller* mempengaruhi nilai kekuatan tarik pada hasil *roll bonding* A1100 dengan A6061. Semakin besar kecepatan putaran *roller* yang digunakan maka nilai kekuatan tarik yang dihasilkan akan semakin rendah sedangkan semakin kecil kecepatan putaran *roller* maka nilai kekuatan tariknya akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kecepatan putaran *roller* maka semakin kecil dan tidak merata gaya pembebanan yang diberikan kepada permukaan material serta untuk kecepatan rendah mekanisme saling difusi atom di sekitar daerah antar muka plat semakin cepat dan mengakibatkan kekuatan ikatan antar atom semakin lemah yang mana menghasilkan kekuatan tarik yang semakin rendah tersebut.

Jika dibandingkan dengan kekuatan tarik dari spesimen konvensional (sebelum proses *roll bonding*) pada saat sebelum dan sesudah dipanaskan dengan spesimen hasil *roll bonding*, maka akan terlihat seperti pada gambar 4.5 Grafik perbandingan kekuatan tarik rata-rata antara spesimen aluminium konvensional dengan spesimen *roll bonding*.

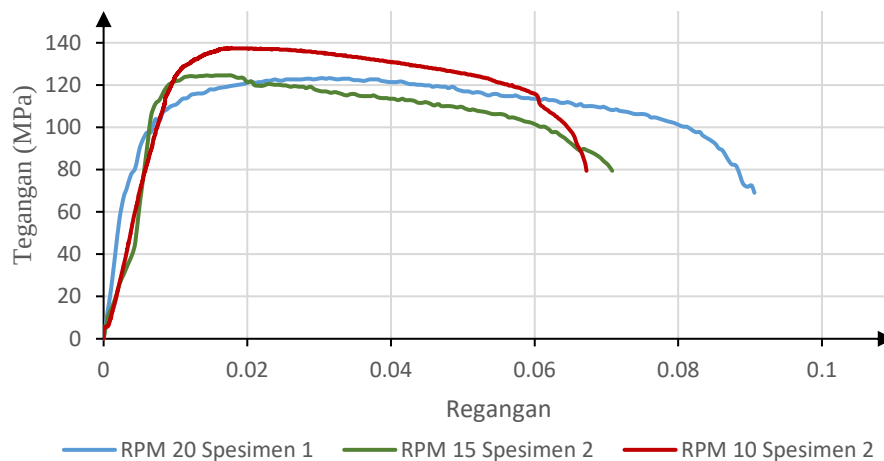


Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Rata-Rata antar Spesimen Alumunium Konvensional dengan Spesimen *Roll Bonding*

Dapat di lihat pada gambar 4.5 bahwa kekutan tarik rata-rata tertinggi ada pada spesimen *roll bonding* dengan kecepatan putaran *roller* sebesar 20 rpm yaitu dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 135,73 MPa disusul dengan spesimen hasil *roll bonding* dengan kecepatan putaran *roller* sebesar 15 rpm dan 20 rpm kemudian baru spesimen konvensional dan dan spesimen konvensional yang telah dipanaskan sebesar 550°C selama 3 jam kemudian didiamkan dalam dapur hingga suhu dapur mencapai 0°C. Ini menunjukkan bahwa dimana material konvensional dapat di tingkatkan kekuatan tariknya dengan metode *roll bonding* yang terbukti dengan kekuatan tarik rata-rata alumunium A1100 sebesar 113,63 Mpa dan A6061 sebesar 116,16 MPa berada di bawah kekutan tarik dari spesimen hasil proses *roll bonding*. Dan juga ini menjawab bahwa metode *roll bonding* ini bisa menjadi salah satu metode untuk memperbaiki sifat material.

Dari pengujian kekuatan tarik menghasilkan diagram tegangan dan regangan untuk menunjukkan regangan yang didapat dari spesimen yang diberi tegangan secara terus menerus. Gambar 4.6 menunjukkan diagram tegangan regangan antara spesimen dengan kecepatan putaran *roller* sebesar 10 rpm dan 20 rpm.

Grafik Tegangan Regangan

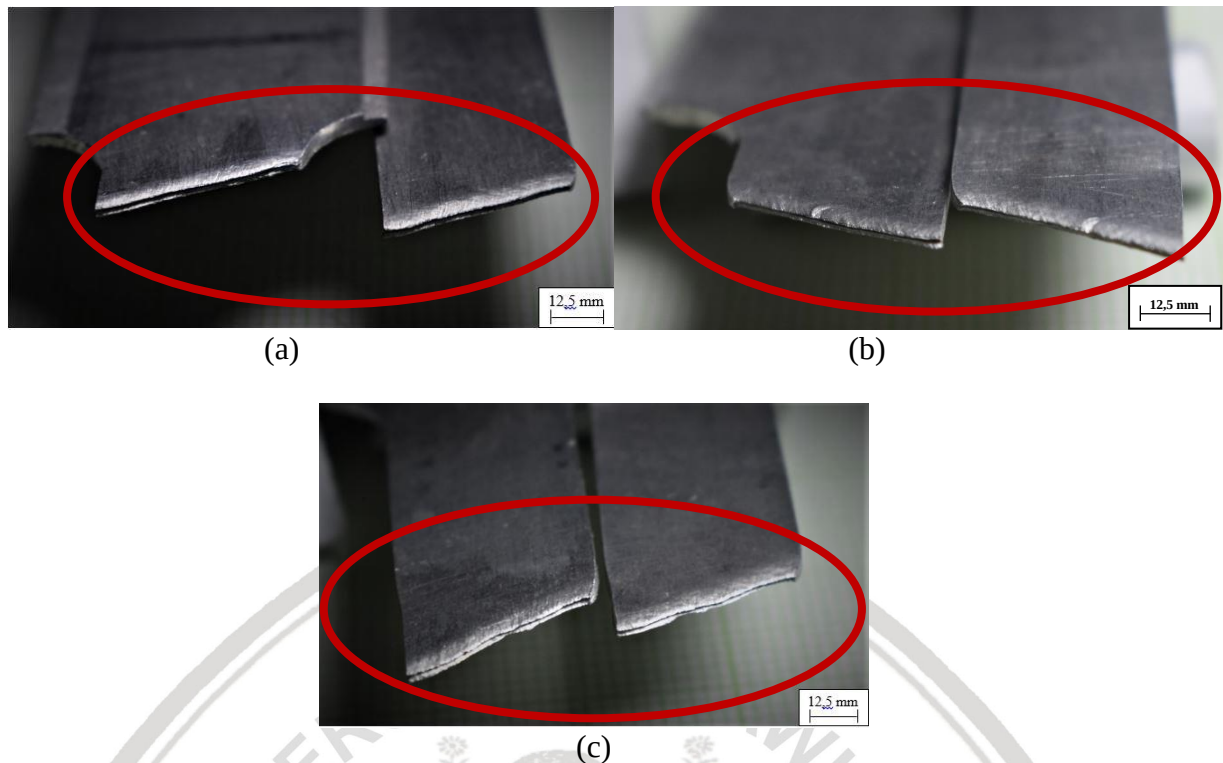


Gambar 4.6 Grafik Tegangan Regangan Spesimen Kekuatan Tarik Setiap Variasi Kecepatan

Bisa dilihat pada grafik tegangan regangan spesimen dengan kekuatan tarik mendekati rata-rata tertinggi pada kecepatan 10 rpm dan yang memiliki kekuatan tarik rata-rata terendah adalah spesimen dengan kecepatan 20 rpm, bahwa spesimen dengan kecepatan 10 rpm memiliki tegangan yang lebih besar dan regangan yang lebih kecil juga bila dibandingkan dengan spesimen dengan kecepatan 20 rpm. Pada spesimen 10 rpm mencapai nilai tegangan maksimal pada 137,62 MPa dan regangan pada saat patah sebesar 6,73% sedangkan pada spesimen 20 rpm mencapai nilai tegangan maksimal pada 123,31 MPa dan regangan pada saat patah sebesar 9,24%.

Hal ini dapat disebabkan karena luas permukaan pada tiap spesimen yang relatif berbeda karena hasil proses permesinan pada saat pembuatan spesimen uji tarik. Hal ini juga menunjukkan bahwa pengaruh proses *roll bonding* berpengaruh pada tegangan dan regangan material tersebut.

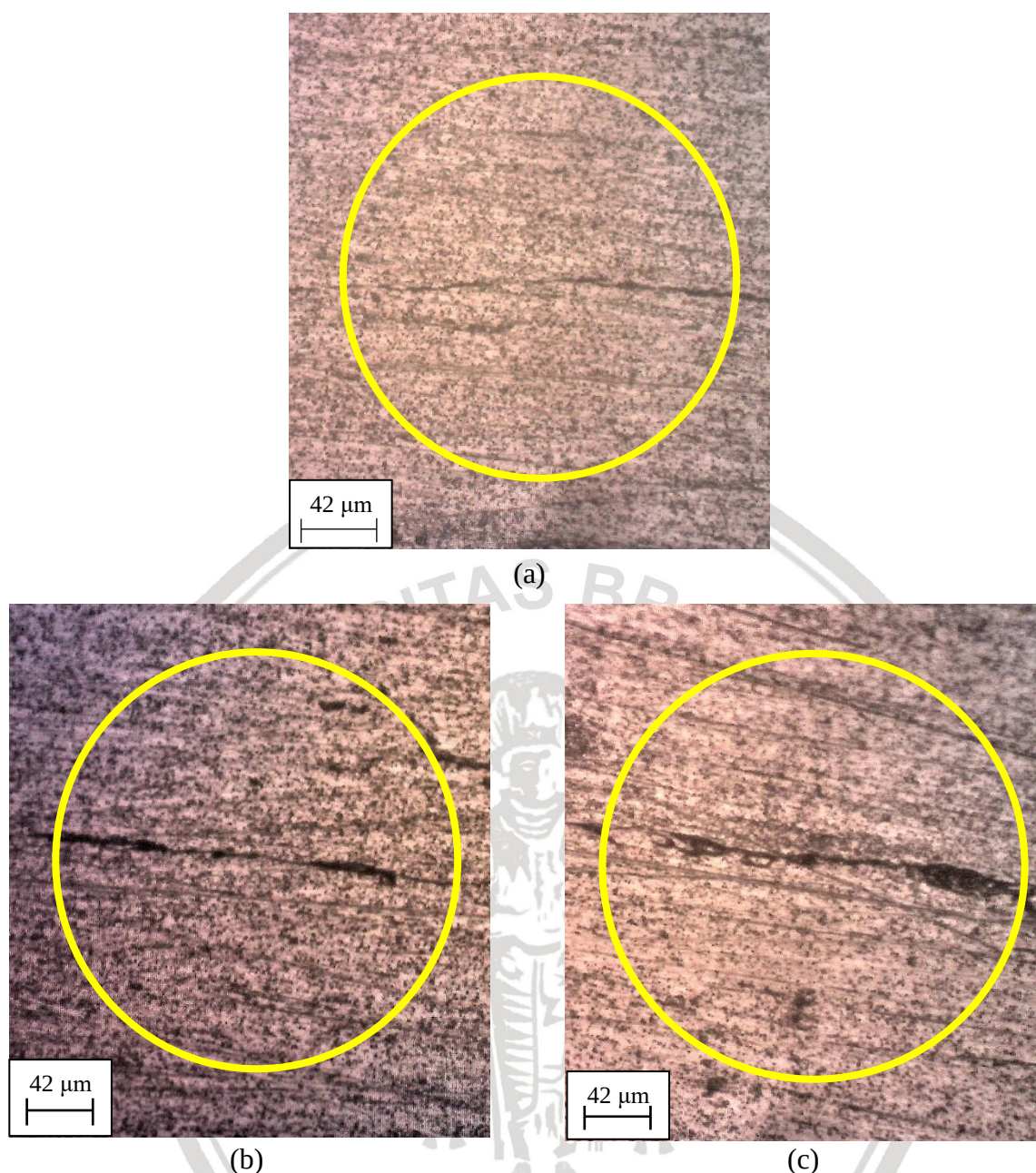
Gambar 4.7 menunjukkan foto makro dari patahan spesimen setelah proses pengujian kekuatan tarik.



Gambar 4.7 Foto Makro Patahan (a) Spesimen 10 rpm, (b) Spesimen 15 rpm , (c) Spesimen 20 rpm

Gambar 4.7 menunjukkan foto makro dari patahan spesimen dengan kekuatan tarik tertinggi yaitu pada gambar 4.7 (a) spesimen 10 rpm dan kekuatan tarik terendah yaitu pada gambar 4.7 (c) spesimen 20 rpm. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa kedua spesimen tersebut bersifat ulet (*ductile*). Fenomena ini ditunjukkan dengan adanya deformasi plastis yang luas di sekitar patahan yang diakibatkan spesimen mengalami mulur dan ditunjukkan pada patahan yang berserabut dan berwarna kelabu serta mengalami *necking*. Proses mulur ini terjadi cukup lama dengan ditunjukkan pada gambar 4.6 dimana penurunan gaya yang terjadi setelah gaya mencapai gaya maksimum tidaklah drastis. Hal ini menandakan bahwa material melakukan perlawanan terhadap mulur kecuali apabila tegangan yang terjadi diperbesar.

Pada gambar 4.8 menunjukkan nilai kekerasan yang terjadi pada tiap variasi kecepatan dalam proses *roll bonding*.



Gambar 4.8 Foto Mikrostruktur Pada Tiap Variasi Kecepatan (a) Spesimen 10 rpm, (b) Spesimen 15 rpm, (c) Spesimen 20 rpm

Gambar 4.8 menunjukkan hasil dari foto mikrostruktur pada tiap variasi kecepatan hasil *roll bonding*. Setelah melakukan penghitungan besar butir menggunakan metode planimetri (Jeffries) sesuai dengan ASTM E 112-96, didapatkan hasil bahwa semakin tinggi kecepatan putaran *roller* maka semakin besar pula diameter butir pada spesimen tersebut.

Dari perhitungan besar butir didapatkan hasil bahwa pada kecepatan 10 rpm nilai diameter butir rata rata pada spesimen adalah 13,3 μm dan dengan jumlah butir didalam lingkaran adalah 729 butir serta di *intercept* lingkaran adalah 57 butir. Nilai tersebut merupakan nilai terkecil dibandingkan dengan variasi lainnya yang mana pada kecepatan 15

rpm memiliki nilai diameter butir rata rata sebesar 15,9 μm dan jumlah butir didalam lingkaran adalah 567 butir serta di *intercept* lingkaran adalah 63 butir serta pada kecepatan 20 rpm memiliki nilai diameter butir rata rata sebesar 18,9 μm dan jumlah butir didalam lingkaran adalah 375 butir serta di *intercept* lingkaran adalah 55 butir.

Dari hasil mikrostruktur tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik dengan besar butir berbanding lurus yang mana semakin bertambahnya kecepatan putaran *roller* mengakibatkan semakin berkurangnya nilai kekuatan tarik serta besar butirnya pun bertambah besar dan jumlah butirnya pun semakin berkurang.



