

PEGARUH HOT DAN COLD REGION PADA ALUMINA Al_2O_3 HASIL PROSES CROSS SECTION ACCUMULATIVE ROLL BONDING MENGGUNAKAN ALUMINIUM AA5052

Aditya Rahman¹, Slamet Wiyono², Agus Pramono³

^{1,2} Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

³ Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

E-mail : adityarahman@gmail.com¹

Abstrak

Cross Section Accumulative Roll Bonding (C-ARB) adalah proses perpaduan dua material dengan cara penggilingan arah sejajar dan arah melintang. Material dipanaskan dengan suhu 350°C selama 90 menit. Proses C – ARB menghasilkan area pada material yaitu *Hot Region* (area panas) area material yang pertama masuk mesin roll dan *Cold Region* (area dingin) area material yang terakhir masuk mesin roll, menggunakan aluminium 5052. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perbedaan kekuatan antar *Interface* dari *Hot Region* dan *Cold Region*, dengan siklus pengerollan 3x dan 10x, dan bahan penguat Alumina Al_2O_3 serat sebagai *Reinforce*, dan tanpa alumina sebagai perbandingan. Nilai kekerasan dan kekuatan tarik meningkat seiring banyaknya jumlah penggilingan karena semakin banyaknya penggilingan, kedua materialnya semakin rapat sehingga material menempel dengan baik, *Hot Region* memiliki nilai yang lebih kuat daripada *Cold Region*, karena *Cold Region* kurang terdifusi dengan baik.

Kata Kunci: Aluminium AA5052, Area Dingin, Area Panas, Interface.

PENDAHULUAN

Severe Plastic Deformation adalah pengerjaan logam dimana plastik dimasukan ke material untuk menghasilkan butir halus (*Ultrafined grained*) untuk meningkatkan sifat mekanik logam, terdapat beberapa jenis pengerjaannya, salah satunya adalah *Accumulative Roll Bonding* (ARB)[1]. Untuk mendapatkan sifat mekanik yang tinggi, diperlukan proses tekanan [2]. Umumnya bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu komposit partikel dan komposit serat, bentuk dari komposit partikel berupa bulat, kubik, dan tidak beraturan, sementara komposit serat terdiri dari serat – serat yang terikat [3]. Proses perpaduan material yang dilakukan dengan cara menggiling material disebut *Accumulative Roll Bonding*. [4] *Cross Section Accumulative Roll Bonding* (C – ARB) merupakan pengembangannya, dengan menambahkan arah melintang pada proses penggilingannya, untuk penggilingan material yang ditambahkan bahan penguat alumina Al_2O_3 serat, pada penggilingan pertama dilakukan penggilingan dengan arah sejajar

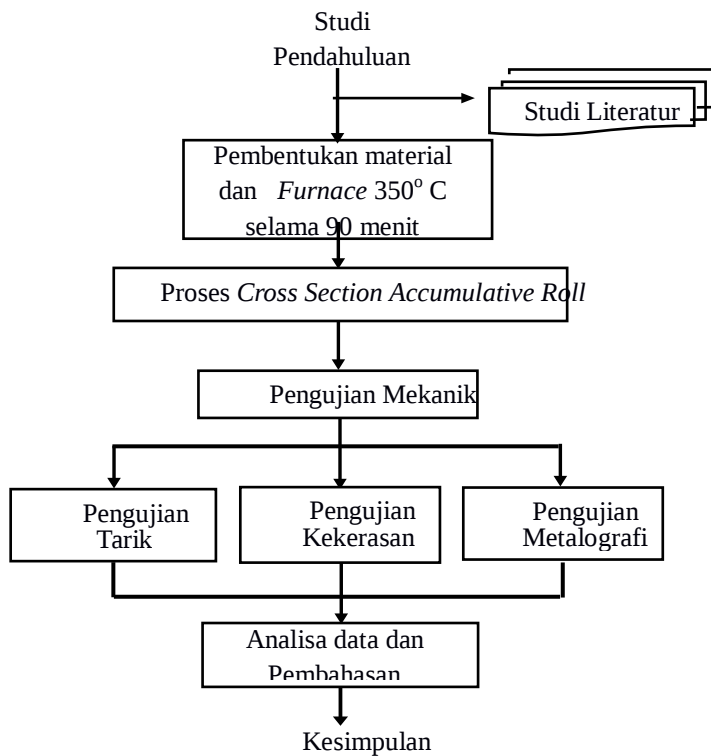
sehingga alumina serat bertambah panjang didalamnya, untuk penggilingan kedua arah melintang, alumina serat bertambah lebar sehingga alumina serat memenuhi ruang dan menutup bidang kontak, bidang kontak ini yang mempengaruhi sifat mekanik pada material[5]. *Hot Region* dan *Cold Region* yang terbentuk setelah proses *Roll Bonding* memiliki perbedaan sifat mekanik [6]. Proses penggilingan dilakukan dengan reduksi atau penekanan pada material sebesar 50%, sehingga benda uji mengalami penipisan [7] .

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh *Hot Region* dan *Cold Region* terhadap Aluminium AA5052 berpenguat Alumina Al_2O_3 serat dan mengamati struktur mikro melalui pengujian metalografi

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang memiliki tahapan – tahapan sebelum hingga setelah proses *Cross Section Accumulative Roll*

Bonding. Berikut adalah *Flowchart* Penelitiannya.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Penelitian ini menggunakan variabel bebas berupa

- Bahan penguat Alumina Al_2O_3 serat
- Siklus penggilingan 3x dan 10x pengerollan

Dan Variabel terikat berupa

- *Hot Region* dan *Cold Region* material hasil proses C – ARB
- Reduksi material setelah digiling sebesar 50%
- Suhu *furnace* 350°C selama 90 menit

1. Proses Persiapan Material

Material berupa plat Aluminium dipotong menggunakan gerinda potong dengan dimensi 220mm x 50mm, di sikat menggunakan sikat kawat dan lubang sisi sisi plat menggunakan bor, masukkan alumina serat diantara dua plat dan diikat menggunakan kawat di lubang sisi plat agar terikat, hingga material membentuk

sandwich. Sampel dipanaskan menggunakan *Muffle Furnace* dengan suhu 350°C (suhu rekristalisasi aluminium) selama 90 menit agar merata.

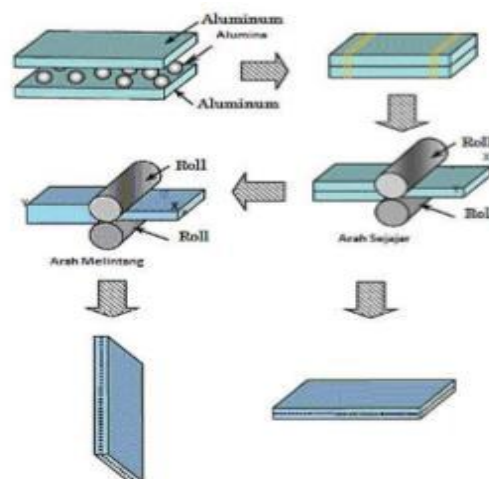
Tabel 1. Dimensi Sampel Sebelum Proses C – ARB

no	Alumina	Dimensi	Siklus Roll 3x (mm)	Siklus roll 10x (mm)
1	Serat	panjang	220.1	220.01
		lebar	50.1	50.1
		tebal	2.2	2.1
2	Non Alumina	panjang	220	220.2
		lebar	50.2	50.1
		tebal	2.0	2.1

Material seutuhnya berbentuk persegi panjang *Sandwich* sebelum dilakukan nya proses C – ARB. Setelah sampel dikeluarkan dari mesin tungku pemanas, diusahakan sampel untuk tidak terlalu lama terkontaminasi udara, agar sampel yang sudah dipanaskan tidak menurun temperaturnya.

2. Proses *Cross Section Accumulative Roll Bonding*

Material di giling dengan reduksi / penekanan sebesar 50%, penggilingan pertama dilakukan searah sejajar untuk menentukan area *Hot Region* dan *Cold Region*, untuk penggilingan kedua, dilakukan penggilingan arah melintang, penggilingan dilakukan 3 kali dan 10 kali



Gambar 2. Proses *Cross Section Accumulative Roll Bonding* [8]

Berikut adalah tabel dimensi dan suhu dari sampel yang sudah dilakukan proses C - ARB

Tabel 2. Dimensi dan Suhu Sampel setelah Proses C – ARB

No	Bahan Penguat	Siklus Pengerolan	Dimensi Akhir (Mm)	Suhu Hot Region	Suhu Cold Region
1	Serat	3	P : 643 L : 52.4 T : 1.21	292	219
		10	P : 727 L : 53.4 T : 1.1	324	206
2	Non Alumina	3	P : 580 L : 52.5 T : 1.2	247	228
		10	P : 851 L : 55.2 T : 1.0	235	208

3. Proses Pembentukan Sampel Uji

Setelah tahap C – ARB selesai, material dipotong menjadi dua bagian, bagian depan yang paling dulu memasuki mesin *Roll Bonding* atau *Hot Region* dan bagian belakang material atau *Cold Region*, setelah material dipotong menjadi dua bagian, material dibentuk untuk dijadikan sampel uji kekerasan, tarik, dan metalografi, dengan cara dipotong menggunakan mesin *Wire Cutting*.

Sampel uji tarik dibentuk sesuai dengan standar ASTM E8 mesin *INSTRON* (2015) seri 5982B10665, dengan dimensi 100mm x 10mm, sementara untuk sampel uji kekerasan dan uji metalografi memiliki bentuk persegi panjang dengan dimensi 50mm x 10mm



Gambar 3. Sampel Uji Tarik

Untuk sampel uji kekerasan dan metalografi diperlukan proses *Mounting* agar memudahkan proses pengujian seperti gambar berikut



Gambar 4. Sampel Uji Kekerasan Alumina Serat dan Non Alumina

4. Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mencari nilai kekuatan tarik dari material hasil proses C-ARB, dengan standar yang digunakan dalam pengujian ini yaitu menggunakan ASTM E8. Dengan perhitungan sebagai berikut

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

σ = Tegangan tarik (kg/mm^2)

F = gaya yang bekerja

A = luas permukaan

5. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material hasil proses C-ARB, menggunakan metode *Vickers HV5* menggunakan indenter *Pyramid* intan dengan pembebanan 5kgf atau 49.03N dengan standar ASTM E92. Dilakukan di 5 titik di *Interface* sampel dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

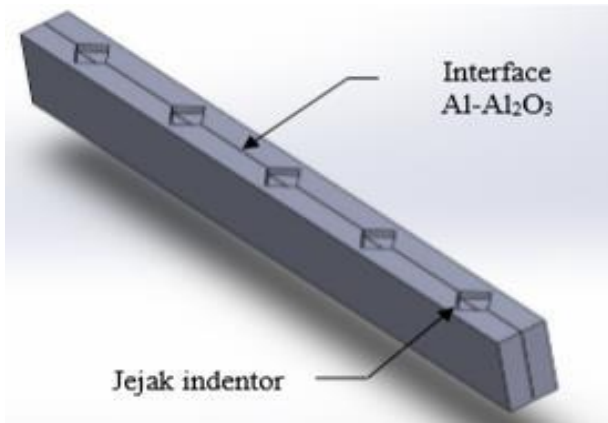
$$VHN = \frac{(1.8545)p}{d^2} \quad (2)$$

Keterangan :

VHN = Nilai kekerasan *Vickers*

p = beban (kgf)

d^2 = panjang diagonal rata – rata



Gambar 5. Titik Indenter Sampel

6. Pengujian Metalografi

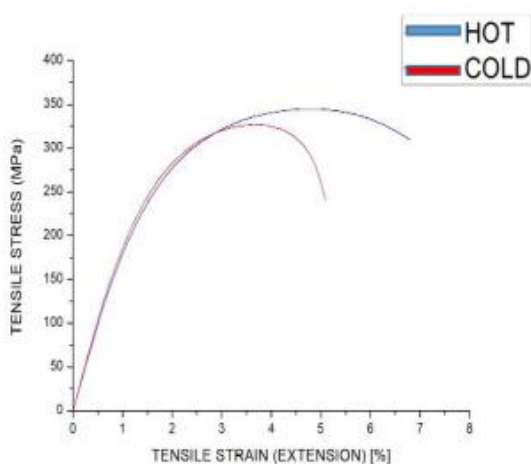
Pengujian metalografi bertujuan untuk mendapatkan data berupa gambar struktur mikro dari *interface* material hasil proses C-ARB, menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran hingga 500x.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Tarik

Tabel 3. Hasil Uji Tarik Sampel Serat 3x Pengerolan

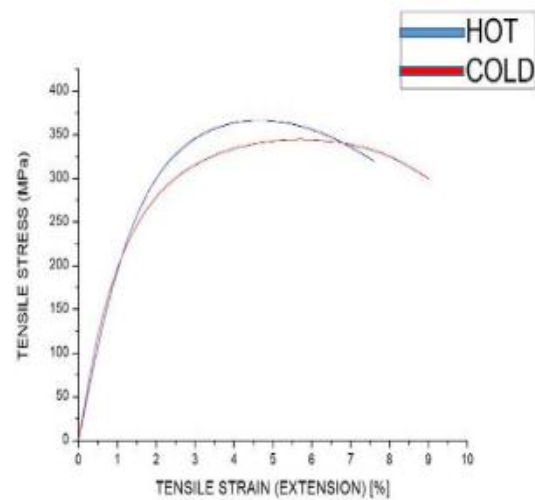
No	Bahan Penguat	Width (mm)	Thickness (mm)	Max Laod (KN)	UTS (Mpa)
1	Serat 3x cold	5750	1.056	2.094	344.83
2	Serat 3x hot	6010	1.069	2.307	359.13



Gambar 6. Kurva Uji Tarik Sampel Serat 3x Pengerolan

Tabel 4. Hasil Uji Tarik Sampel Serat 10x Pengerolan

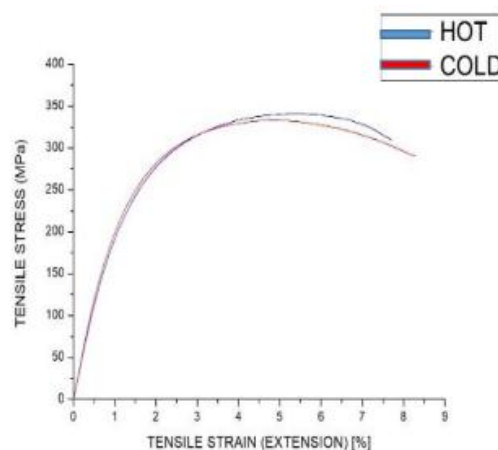
No	Bahan Penguat	Width (mm)	Thickness (mm)	Max Laod (KN)	UTS (Mpa)
1	Serat 10x cold	5990	1.041	2.229	357.46
2	Serat 10x hot	5770	1.061	2.330	380.58



Gambar 7. Kurva Uji Tarik Sampel Serat 10x Pengerolan

Tabel 5. Hasil Uji Tarik Non Alumina 3x Pengerolan

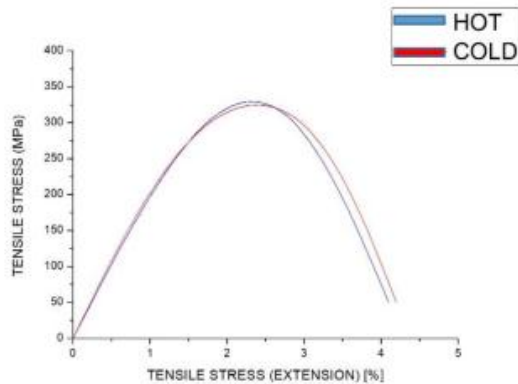
No	Bahan Penguat	Width (mm)	Thickness (mm)	Max Laod (KN)	UTS (Mpa)
1	Non 3x cold	5980	0.901	1.852	343.85
2	Non 3x hot	5790	0.976	1.844	351.41



Gambar 8. Kurva Uji Tarik Sampel Non Alumina 3x Pengerolan

Tabel 6. Hasil Uji Tarik Non Alumina 10x Pengerolan

No	Bahan Penguat	Width (mm)	Thickness (mm)	Max Load (KN)	UTS (Mpa)
1	Non 10x cold	5980	0.920	1.915	348.11
2	Non 10x hot	6000	0.924	1.956	352.82



Gambar 9. Kurva Uji Tarik Sampel Non Alumina 10x Pengerolan

Berdasarkan tabel hasil uji tarik menjelaskan bahwa nilai kekuatan tarik paling besar adalah pada sampel alumina serat dengan 10x pengerollan dan *Hot Region* dengan nilai sebesar 380.58 Mpa, sementara nilai kekuatan tarik terkecil adalah non alumina 3x pengerollan *Cold Region* dengan nilai sebesar 343.85 Mpa. Banyaknya pengerollan membuat *Interface* dari material semakin kuat, dan area *Hot Region* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *cold region*, semakin rendahnya suhu membuat material menjadi kurang terdifusi dengan baik dan berakibat pada kekuatan pada *interface* semakin menurun

2. Hasil Uji Kekerasan

Tabel 7. Hasil Uji Kekerasan Serat 3x Pengerolan *Hot Region*

Bahan Penguat	Titik Indentor	Nilai Vikers VHN
Serat 3x hot	Indent 1	97.03
	Indent 2	96.30
	Indent 3	97.32
	Indent 4	97.61
	Indent 5	97.17
	Rata-rata	97.086

Tabel 8. Hasil Uji Kekerasan Serat 3x Pengerolan *Cold Region*

Bahan Penguat	Titik Indentor	Nilai Vikers VHN
Serat 3x cold	Indent 1	96.44
	Indent 2	96.15
	Indent 3	96.30
	Indent 4	96.73
	Indent 5	97.03
	Rata-rata	96.53

Tabel 9. Hasil Uji Kekerasan Serat 3x Pengerolan

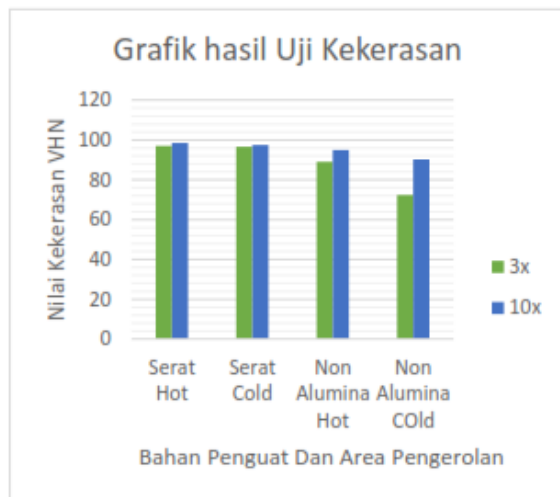
Bahan Penguat	Titik Indentor	Nilai Vikers VHN
Serat 10x hot	Indent 1	98.96
	Indent 2	98.51
	Indent 3	97.91
	Indent 4	98.94
	Indent 5	97.90
	Rata-rata	98.45
Serat 10x cold	Indent 1	97.81
	Indent 2	96.88
	Indent 3	97.47
	Indent 4	97.61
	Indent 5	97.32
	Rata-rata	97.438

Tabel 10. Hasil Uji Kekerasan Non Alumina 3x Pengerolan

Bahan Penguat	Titik Indentor	Nilai Vikers VHN
Non 3x hot	Indent 1	84.50
	Indent 2	86.92
	Indent 3	89.46
	Indent 4	89.98
	Indent 5	94.31
	Rata-rata	89.034
Non 3x cold	Indent 1	81.04
	Indent 2	68.88
	Indent 3	63.29
	Indent 4	81.25
	Indent 5	82.27
	Rata-rata	72.346

Tabel 11. Hasil Uji Kekerasan Non Alumina 10x Pengerolan

Bahan Penguat	Titik Indentor	Nilai Vikers VHN
Non 10x hot	Indent 1	95.44
	Indent 2	95.15
	Indent 3	95.72
	Indent 4	95.29
	Indent 5	93.33
	Rata-rata	94.508
Non 10x cold	Indent 1	83.90
	Indent 2	95.15
	Indent 3	84.26
	Indent 4	92.65
	Indent 5	95.29
	Rata-rata	90.25



Gambar 10. Grafik Hasil Uji Kekerasan Rata-Rata

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada tabel hasil uji kekerasan, didapati perbandingan antarsampel berbahan penguat serat dengan tanpa penguat dengan siklus pengerollan 3x dan 10x, nilai kekerasan terbesar terdapat pada sampel serat pengerollan 10x *Hot region*, yaitu 97.90 VHN. Sementara untuk nilai kekerasan terendah terdapat pada sampel tanpa penguat pengerollan 3x *Cold Region* yaitu 72.346. Banyaknya pengerollan membuat *Interface* dari material semakin kuat, dan area *Hot Region* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *cold region*, semakin rendahnya suhu membuat material menjadi

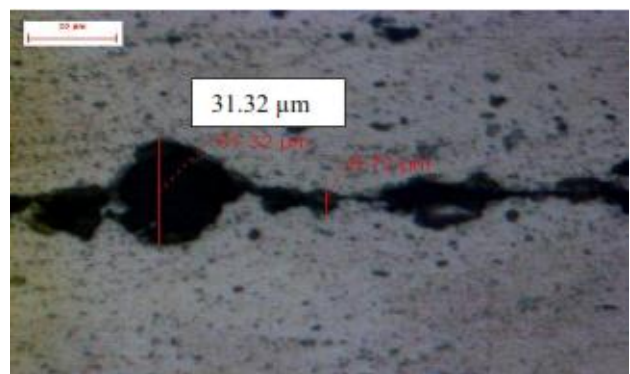
kurang terdifusi dengan baik dan berakibat pada kekuatan pada *interface* semakin menurun.

3. Hasil Uji Metalografi

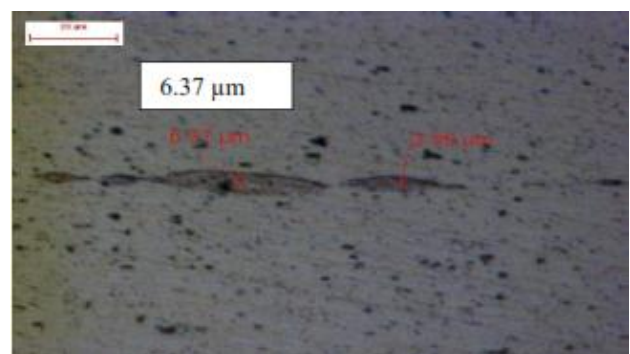
Pengujian mikro ini menganalisa hasil perekatan dua material sehingga terbentuknya *Interface* antara material dengan *reinforce*, untuk melihat morfologi pada sampel. Pengujian metalografi menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 500x, dan menggunakan larutan etsa *keller's Reagent*. berikut adalah hasil pengujian metalografi.



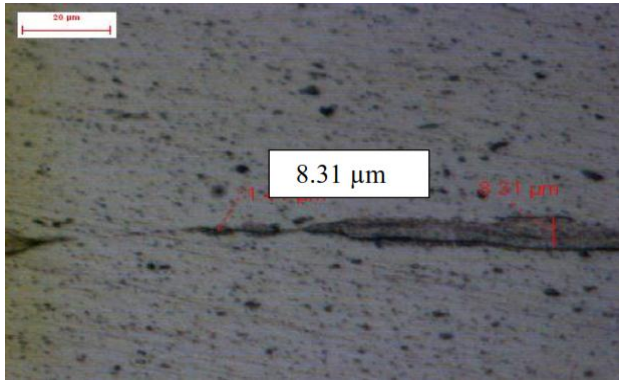
Gambar 11. Struktur Mikro Non Alumina 3x Pengerolan *Hot Region*



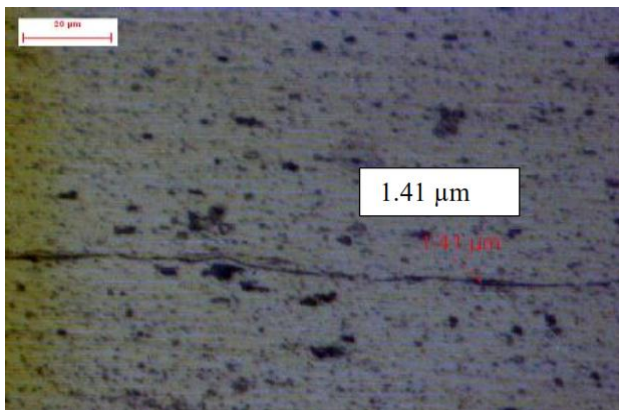
Gambar 12. Struktur Mikro Non Alumina 3x Pengerolan *Cold Region*



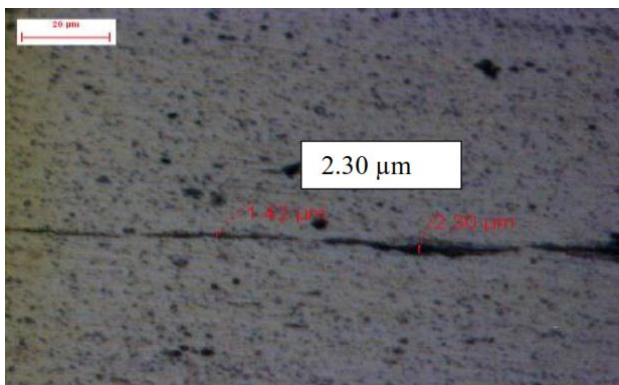
Gambar 13. Struktur Mikro Sampel Serat 3x *Hot Region*



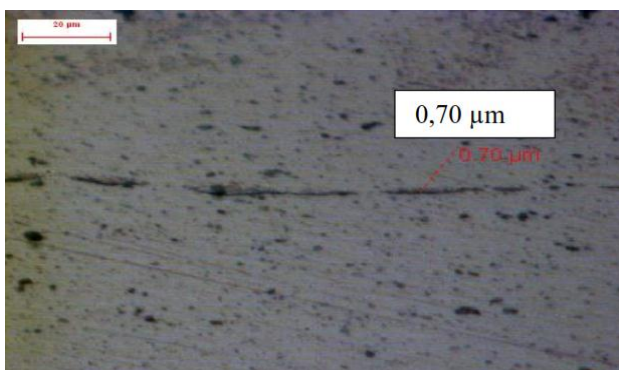
Gambar 14. Struktur Mikro Sampel Serat 3x *Cold Region*



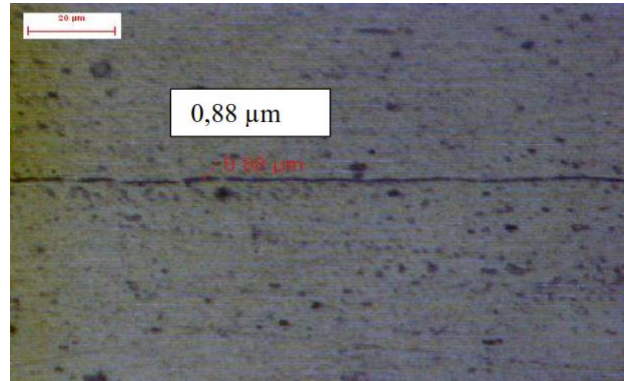
Gambar 15. Struktur Mikro Non Alumina 10x Pengerolan *Hot Region*



Gambar 16. Struktur Mikro Non Alumina 10x Pengerolan *Cold Region*



Gambar 17. Struktur Mikro Serat 10x Pengerolan *Hot Region*



Gambar 18. Struktur Mikro Serat 10x Pengerolan *Cold Region*

Dari hasil pengujian metalografi, didapati bahwa sampel alumina serat pada 10x pengerollan area *Hot Region* memiliki nilai $0.70\ \mu\text{m}$, lebih kecil daripada sampel lainnya, ini membuktikan bahwa *Hot region* 10x pengerollan pada sampel alumina serat memiliki *interface* yang lebih rapat dan kedua material nya menyatu lebih baik, kalau diperhatikan, terdapat garis putus – putus pada *interface* nya, garis ini disebut *missing line* yang berarti bahwa material menyatu dengan baik.

Sampel non alumina pengerollan 3x area *Cold region* memiliki nilai yang lebih besar, yaitu $31.32\ \mu\text{m}$, membuktikan bahwa *interface* pada sampel ini lebih renggang dibandingkan dengan sampel *Hot region*. Banyaknya pengerollan berakibat pada *Interface* pada material menjadi semakin rapat.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, area *Hot region* memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel area *Cold region* dan semakin banyak jumlah pengerollan memberikan nilai kekuatan tarik dan kekerasan yang lebih tinggi. dengan jumlah pengerolan, area pengerolan, dan dengan ditambahkan bahan penguat alumina serat dan pengaruhnya terhadap material, dapat disimpulkan bahwa :

1. Sampel Uji Tarik alumina serat memiliki nilai tertinggi di angka 380.58 Mpa dan non alumina memiliki nilai tertinggi di angka 352.82 Mpa. Sampel Uji Kekerasan alumina serat memiliki nilai tertinggi di angka 97.90 VHN, dan pada sampel non alumina memiliki nilai tertinggi di angka 94.508 VHN
2. Pada uji metalografi, *Interface* terbaik terdapat pada sampel alumina serat di angka 0,70 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramono, A, 2017, "Teknologi Terbaru Severe Plastic Deformation Untuk Aplikasi Perangkat Kemiliteran" Jurnal Defendonesia 3 (1): 10-18.
- [2] Argentero, S., 2012 *Accumulative Roll Bonding Technology Of Aluminium Alloy, Proceedings Of Strategic Management Factor Of MNC's subsidiearies Comperative Analysis Of Metal Manufacturing And Other Industries In The Czech Republic*, 1-6.
- [3] Aminur, Sudarsono, Kadir, Samhudin. "Komposit Matriks Auminium Silikon Berpenguat Alumina Dengan Proses Metalurgi Serbuk"
- [4] Saito Y, Utsunomiya H, and Tsuji N 1999 "Novel Ultra-High Straining Process For Bulk Material Development Of The Accumulative Roll Bonding (ARB) Process" Acta Mater; 47: 579-583
- [5] Pramono A, Alhamidi.A.A, and Nurfadila R., 2018 "Pengaruh Parameter Terkontrol Pada Proses Accumulative Roll Bonding (ARB) Terhadap Sifat Mekanik Dan Mikrostruktur Aluminium Seri 6 (AA6061)" Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA : 68-73
- [6] Pramono A, kollo and Veinthal R., 2016 "Hot and Cold Regions During Accumulative Roll Bonding Of Al-Al₂O₃ Nanofibre

Composites" Proceeding Of The Estonian Academy Of Sciences 65 2 132-137

- [7] Fandryas, Dectyo., 2015 "Proses Accumulative Roll Bonding (Sandwich Roll Bonding) Pada Komposit AL-Al₂O₃ Untuk Aplikasi Hybrid" Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon
- [8] Imansyah. M., Wiyono S, Pramono A, and Milandia A., 2018 "Sintesa Awal Karakteristik Mekanik Komposit Aluminium Untuk Aplikasi Peralatan Militer Dengan Metode Cross-Section Accumulative Roll Bonding" Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA : 74-78