

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian kali ini, telah dilakukan pengamatan terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja SS 316L yang mengalami perlakuan panas yaitu *pack carburizing*. Pengujian kali ini dilakukan dengan memvariasikan *holding time* dan komposisi media karburasi yang digunakan. Pengamatan nilai kekerasan dan struktur mikro pada baja SS316L ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi pengujian.

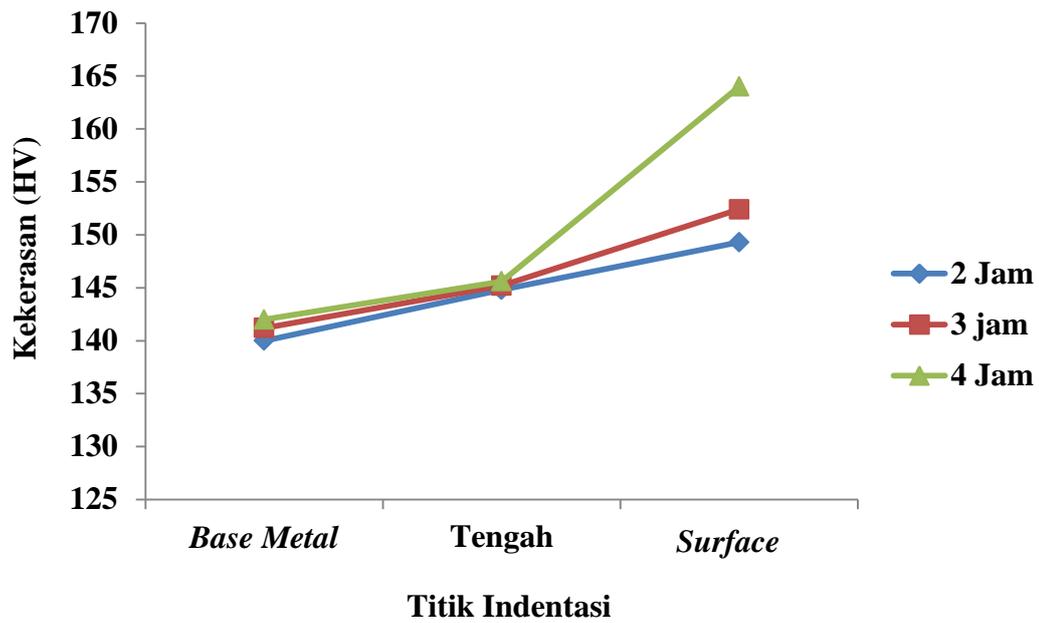
4.1 Hasil Kekerasan

Setelah dilakukan pengujian kekerasan pada sampel baja SS316L dengan beberapa variasi pada perlakuan *pack carburizing*. Didapatkan nilai kekerasan sebagai berikut

Tabel 4. 1 Data Hasil Uji Kekerasan

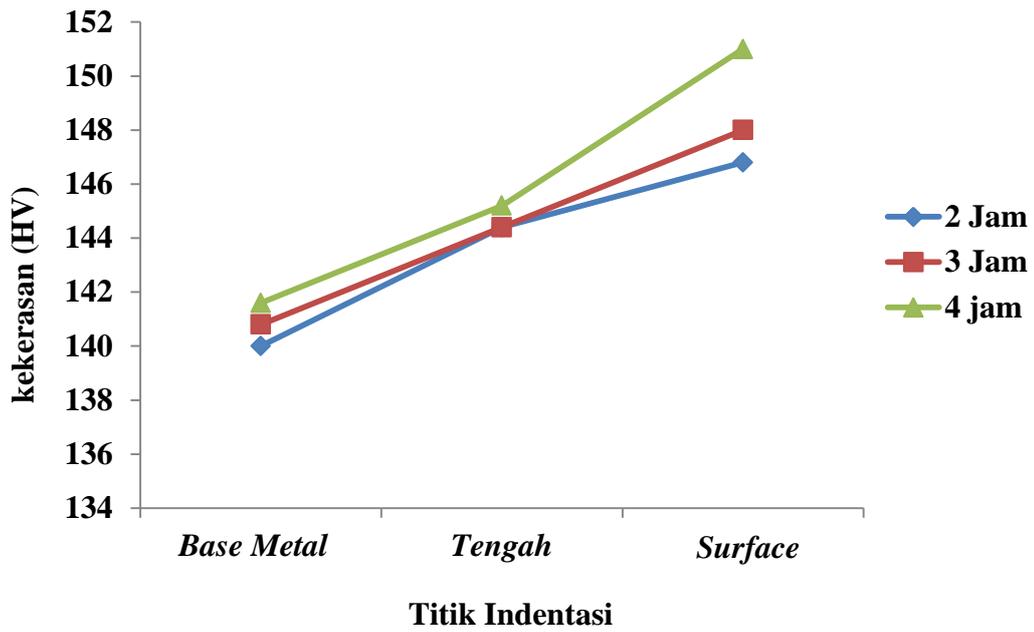
| Sampel | Nilai Kekerasan (HV) | | |
|---------|----------------------|--------|------------|
| | Permukaan | Tengah | Base Metal |
| 60:40-2 | 143,6 | 142 | 139,6 |
| 60:40-3 | 146,8 | 143,2 | 140,4 |
| 60:40-4 | 152,4 | 143,6 | 140,4 |
| 70:30-2 | 146,8 | 144,4 | 140 |
| 70:30-3 | 148 | 144,4 | 140,8 |
| 70:30-4 | 156,8 | 145,2 | 141,6 |
| 80:20-2 | 149,3 | 144,8 | 140 |
| 80:20-3 | 152,4 | 145,2 | 141,2 |
| 80:20-4 | 164 | 145,6 | 142 |

Pengujian kekerasan dilakukan pada sampel SS316L yang diberi perlakuan *pack carburizing* dengan *holding time* 2; 3; dan 4 jam dengan tiga variasi komposisi media karburasi yaitu 60% arang ditambah 40% BaCO₃ (Katalis), 70% arang ditambah 30% BaCO₃ (Katalis), dan 80% arang ditambah 20% BaCO₃ (Katalis). Pada pengujian kekerasan yang dilakukan didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada sampel dengan variasi komposisi media karburasi 80% arang ditambah 20% BaCO₃ (Katalis) dan dengan *holding time* selama 4 jam. Untuk nilai kekerasan terendah setelah proses *pack carburizing* didapatkan oleh sampel dengan variasi komposisi media karburasi 60% arang ditambah 40% BaCO₃ (Katalis) dan dengan *holding time* selama 2 jam. Terdapat perbedaan hasil nilai kekerasan pada setiap sampel yang mana hal tersebut merupakan pengaruh dari variasi penelitian yang digunakan selama penelitian berlangsung. Sampel yang sudah mendapatkan proses *pack carburizing* mengalami peningkatan nilai kekerasan dibandingkan dengan sampel yang tidak mendapatkan proses *pack carburizing* dikarenakan adanya proses difusi karbon yang terkandung di dalam media karburasi kedalam permukaan sampel yang mengalami proses *pack carburizing*. Umumnya, bagian inti spesimen memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah daripada bagian permukaan sampel. Hal ini merupakan keadaan yang umum terjadi pada sampel baja yang sudah mengalami proses *pack carburizing*. Keadaan ini dapat terjadi karena atom karbon dapat terdifusi kedalam permukaan karbon sedangkan pada bagian inti sampel tidak ada penambahan unsur karbon selama proses *pack carburizing*[14].

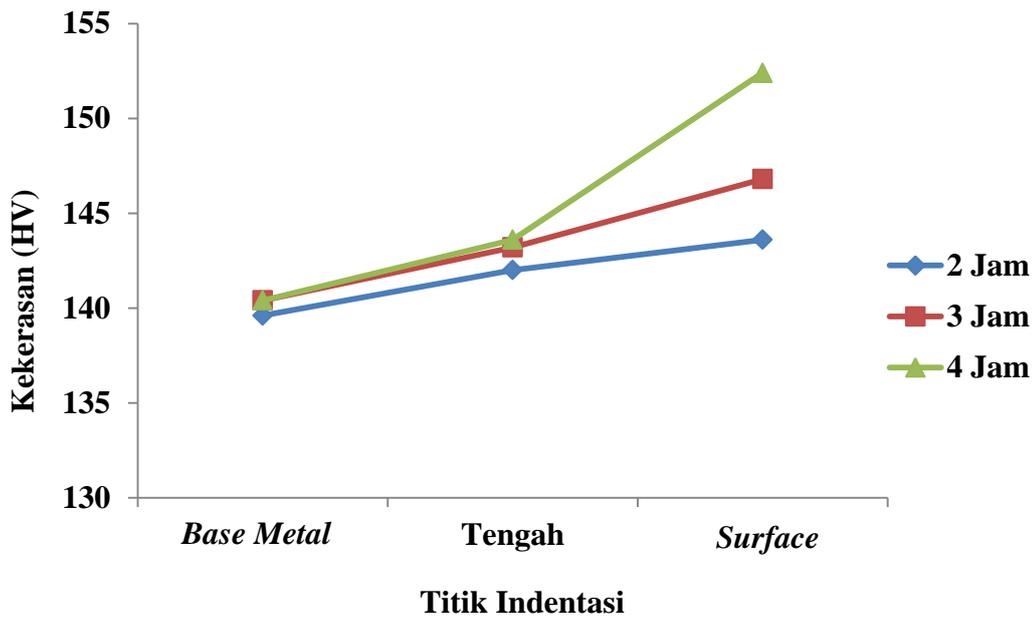


Gambar 4. 1 Nilai Kekerasan Sampel 80% K+20% A

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa *holding time* sangat berpengaruh terhadap hasil dari proses *pack carburizing*. Kekerasan suatu material akan berbanding lurus dengan *holding time* yang digunakan, sehingga dengan *holding time* yang lebih lama maka nilai kekerasan dari suatu material akan semakin meningkat. Sebagai contoh, pada sampel dengan komposisi media karburasi 80% arang tempurung kelapa ditambah dengan 20% BaCO_3 sebagai katalis. Dimana hasil yang didapatkan pada perlakuan *pack carburizing* selama 2 jam menghasilkan nilai kekerasan sebesar 149,3 HV dan mengalami peningkatan pada perlakuan *pack carburizing* dengan *holding time* 3 jam dimana hasil yang didapatkan yaitu sebesar 152,4 HV , dan pada perlakuan *pack carburizing* dengan *holding time* 4 jam mengalami peningkatan kembali menjadi 164 HV.



Gambar 4. 2 Nilai Kekerasan Sampel 70%K+30%A



Gambar 4. 3 Nilai Kekerasan Sampel 60%K+40%A

Hal serupa juga terjadi pada sampel dengan komposisi media karburasi yang berbeda. Dimana pada sampel dengan 70% serbuk arang tempurung kelapa ditambah dengan 30% BaCO₃ menghasilkan nilai kekerasan dengan *holding time*

2, 3, dan 4 jam berturut-turut yaitu sebesar 146,8 HV, 148 HV, dan 156,8 HV. Hal ini berlaku juga untuk sampel dengan komposisi media karburasi 60% arang tempurung kelapa ditambah dengan 30% BaCO_3 menghasilkan nilai kekerasan dengan *holding time* 2 yaitu sebesar 143,6 HV. Nilai kekerasan akan meningkat pada variasi *holding time* 3 dan 4 jam yaitu sebesar 146,8 HV dan 152,4 HV. Peningkatan nilai kekerasan ini dapat terjadi akibat pengaruh dari waktu proses terhadap difusi karbon kepada permukaan sampel. Semakin lama *holding time* yang digunakan maka nilai kekerasan permukaan yang dihasilkan akan semakin besar dikarenakan akan lebih banyak atom karbon yang bereaksi dengan sampel. Peningkatan kekerasan pada permukaan spesimen terjadi karena adanya peningkatan atom karbon pada permukaan spesimen[26].

Pada penelitian ini, media karburasi yang digunakan yaitu campuran antara arang tempurung kelapa ditambah dengan serbuk BaCO_3 yang bertindak sebagai katalis/*energizer* pada proses *pack carburizing*. Jumlah serbuk BaCO_3 menurun seiring dengan penambahan arang tempurung kelapa yang digunakan. Serbuk BaCO_3 pada penelitian kali ini berfungsi sebagai pengikat CO_2 yang dilepaskan oleh arang tempurung kelapa selama proses *carburizing* dan dapat mempercepat difusi karbon pada permukaan spesimen. Sehingga, komposisi dari media karburasi yang digunakan dapat berpengaruh terhadap nilai dari kekerasan permukaan spesimen seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut ini

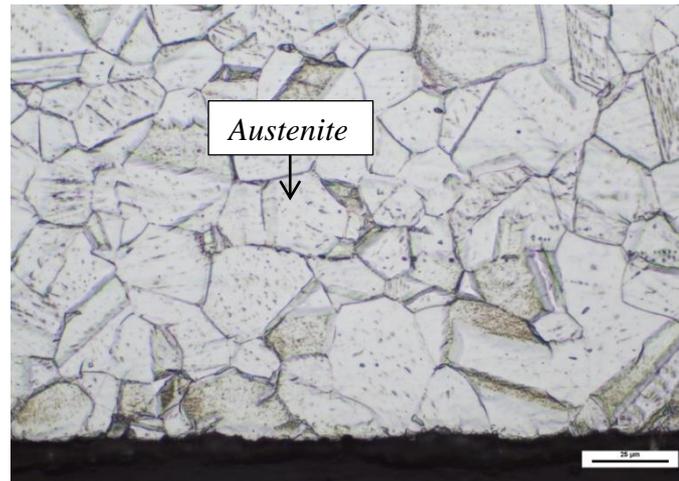
Dari grafik yang sudah dijelaskan sebelumnya, dapat dilihat pula pengaruh komposisi media karburasi terhadap nilai kekerasan permukaan pada sampel yang telah di karburasi. Nilai kekerasan tertinggi didapat oleh sampel dengan variasi komposisi media karburasi 80% arang ditambah 20% BaCO_3

(Katalis) dengan *holding time* selama 4 jam. Semakin tinggi penggunaan arang tempurung kelapa menghasilkan nilai kekerasan yang semakin tinggi hal ini dapat terjadi karena arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang dapat terdifusi kedalam permukaan sampel ketika proses *pack carburizing* dilakukan. Media karburasi akan teroksidasi menghasilkan gas CO_2 dan CO . Gas CO akan bereaksi dengan permukaan baja membentuk atom karbon yang kemudian berdifusi ke dalam permukaan spesimen. Dalam penelitian kali ini penggunaan BaCO_3 bertindak sebagai katalis yang berfungsi meningkatkan efisiensi difusi karbon kedalam permukaan spesimen. Semakin banyak penggunaan katalis maka reaksi akan lebih cepat terjadi sehingga memungkinkan atom karbon semakin terdifusi semakin dalam. Penggunaan katalis berbanding terbalik dengan penggunaan serbuk arang tempurung kelapa. Semakin banyak penggunaan arang tempurung kelapa maka penggunaan katalis akan menurun. Hal ini menyebabkan lebih banyak atom karbon yang akan terdifusi karena meningkatnya kandungan karbon pada komposisi media karburasi[27].

4.2 Hasil Struktur Mikro

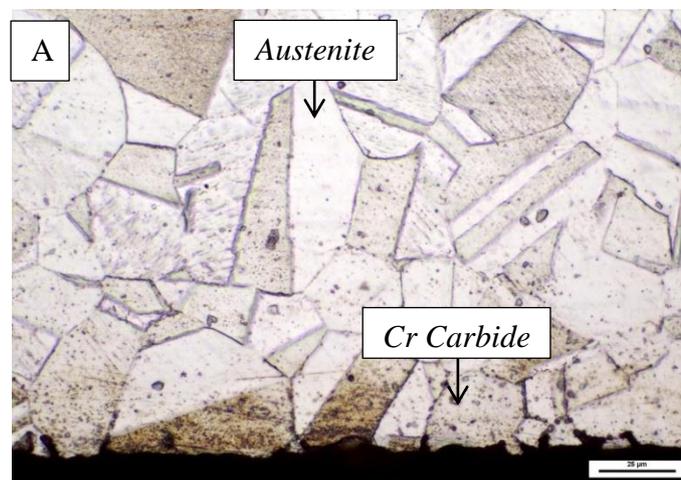
Proses *pack carburizing* yang telah dilakukan memiliki tujuan untuk meningkatkan kekerasan dari suatu material dalam hal ini yaitu SS316L. Struktur mikro dari suatu material memiliki peranan yang penting terhadap nilai kekerasan dari suatu material. Oleh karena itu, diperelukan pengujian struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik untuk melihat struktur mikro yang terbentuk dari proses *pack carburizing* yang telah dilakukan pada spesimen SS316L dengan memvariasikan beberapa variabel yang telah ditentukan. Pengujian struktur mikro ini juga dilakukan terhadap sampel SS316L tanpa perlakuan *pack carburizing*.

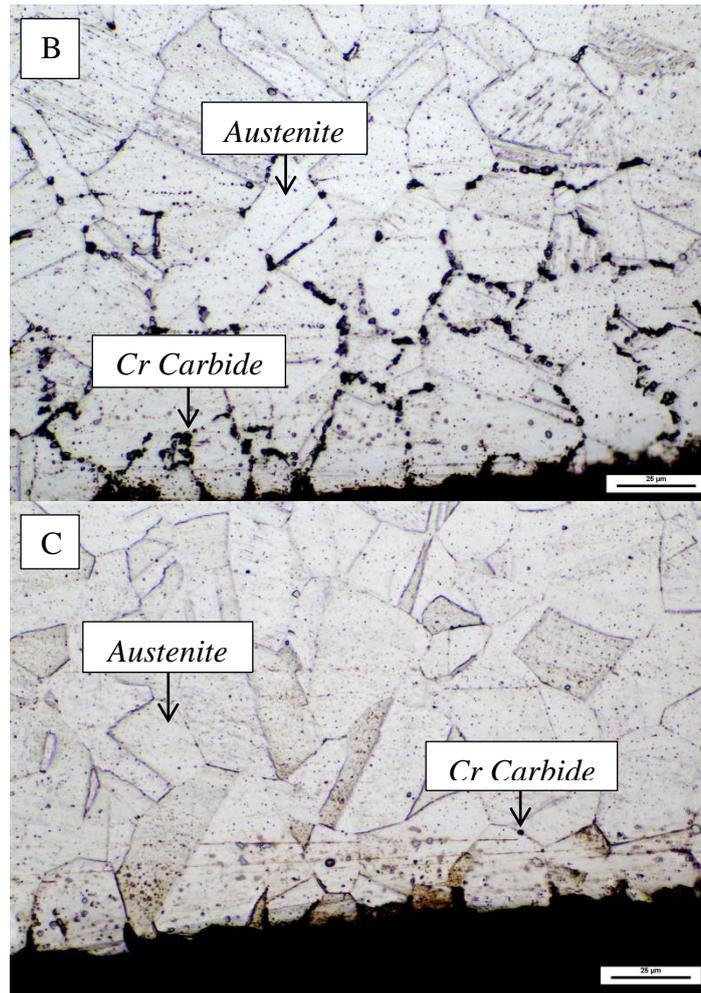
Hasil yang di dapat dari proses pengujian struktu mikro sampel SS316L tanpa perlakuan *pack carburizing* ini nantinya akan digunakan sebagai perbandingan terhadap hasil struktur mikro sampel SS316L yang mengalami proses *pack carburizing*. Berikut merupakan gambar struktur mikro SS316L sebelum proses *pack carburizing*.



Gambar 4. 4 Struktur Mikro SS316L Tanpa Perlakuan

Dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa material SS316L tanpa mendapatkan perlakuan apapun memiliki fasa *Austenite*. Fasa *austenite* sendiri merupakan fasa yang memiliki sifat yang lunak dan ulet. Fasa *austenite* memiliki struktur *Face Centered Cubic* (FCC).

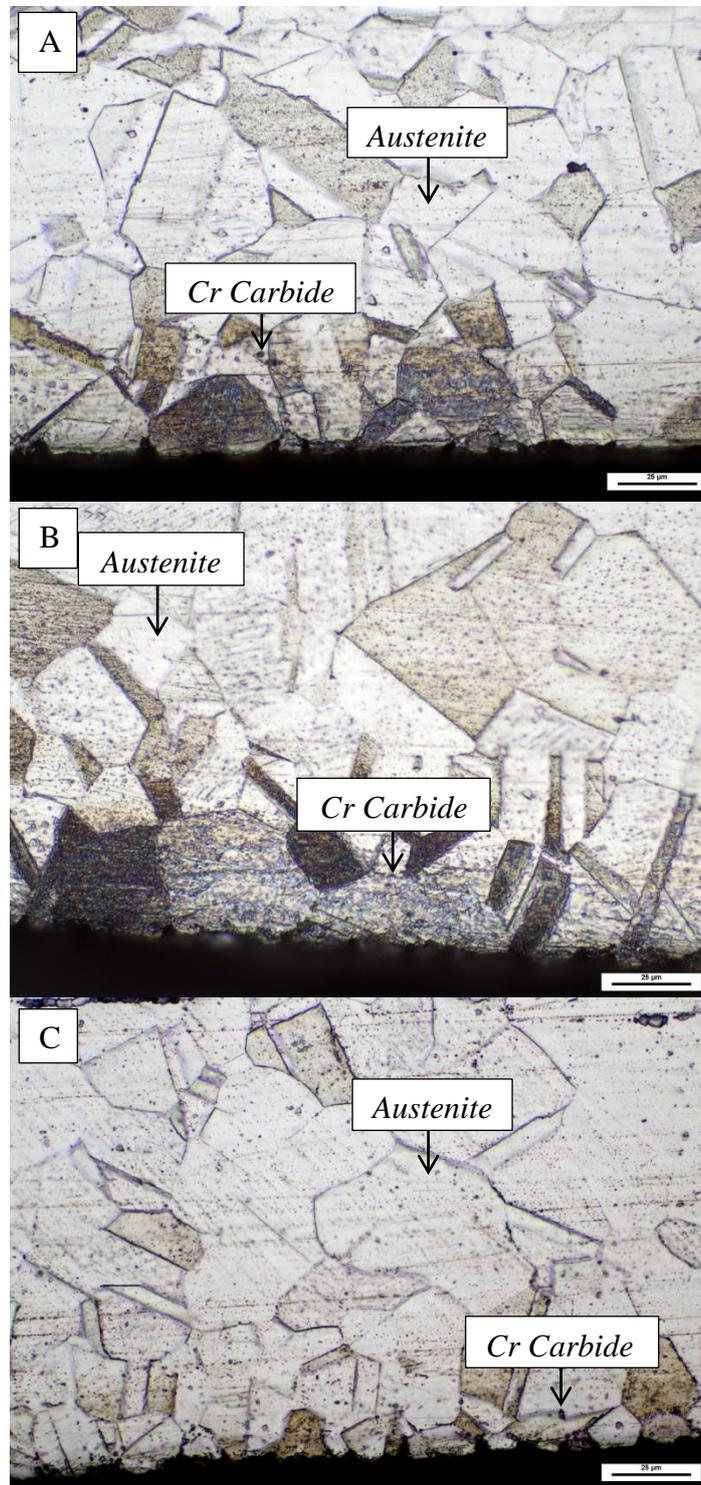




Gambar 4. 5 Hasil Mikrostruktur Variasi Holding time 2 Jam, dan Komposisi A) 60A:40K, B) 70A:30K, C) 80A:20K

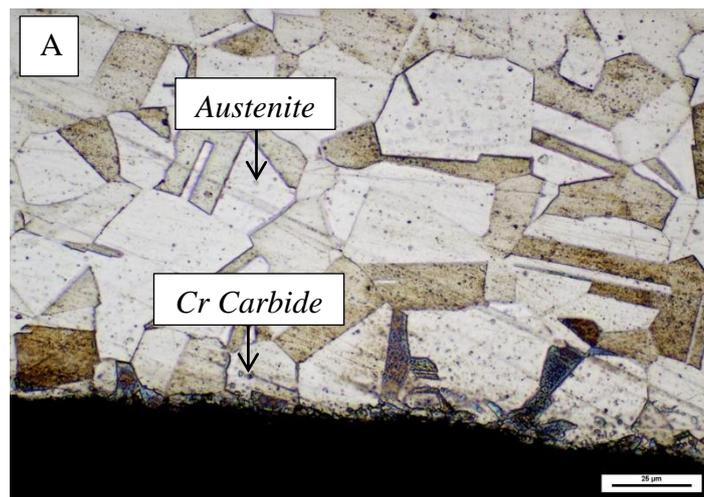
Berdasarkan gambar 4.5 dapat dilihat struktur mikro SS316L hasil *pack carburizing* dengan variasi *holding time* selama 2 jam dengan variasi komposisi media karburasi yaitu 60% arang ditambah 40% BaCO₃ (Katalis), 70% arang ditambah 30% BaCO₃ (Katalis), dan 80% arang ditambah 20% BaCO₃ (Katalis). Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa struktur mikro yang terbentuk setelah proses *pack carburizing* yaitu didominasi oleh fasa *austenite* yang kaya karbon pada bagian permukaan spesimen. Selain itu terdapat juga kromium karbida yang

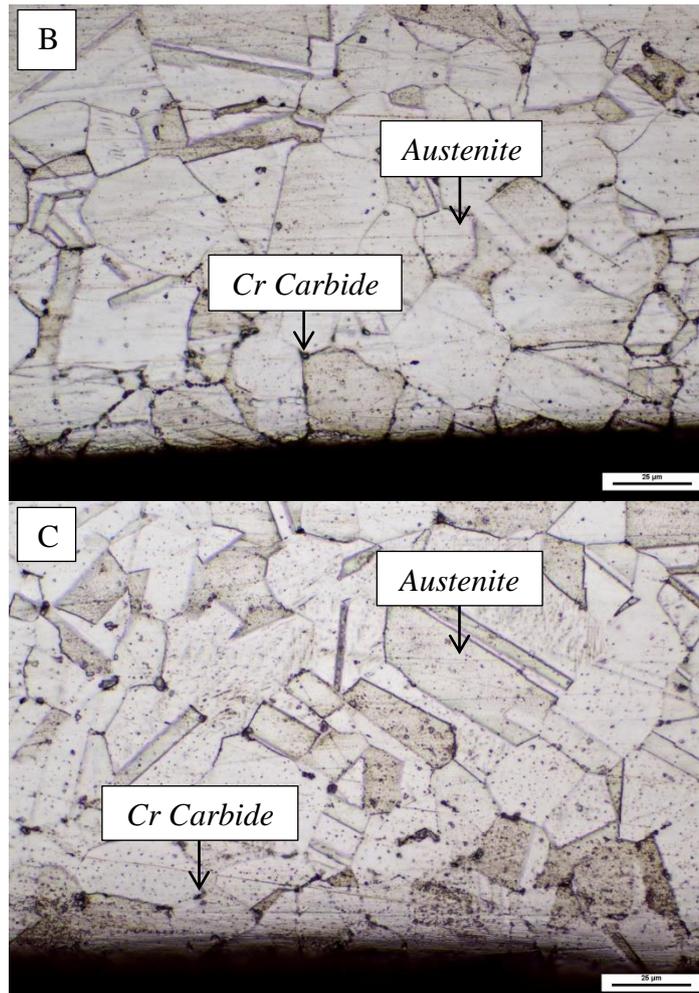
terjadi akibat interaksi antara kromium dengan karbon yang ada pada media karburasi dalam proses pemanasan dengan waktu tertentu.



Gambar 4. 6 Hasil Mikrostruktur Variasi Holding time 3 Jam, dan Komposisi A) 60A:40K, B) 70A:30K, C) 80A:20K

Sama halnya dengan gambar 4.5, pada, gambar 4.6 dapat dilihat struktur mikro SS316L hasil *pack carburizing* dengan variasi *holding time* selama 3 jam dengan variasi komposisi media karburasi 60% arang ditambah 40% BaCO₃ (Katalis), 70% arang ditambah 30% BaCO₃ (Katalis), dan 80% arang ditambah 20% BaCO₃ (Katalis). Struktur mikro yang terlihat pada gambar 4.6 yaitu adanya struktur *austenite* yang kaya akan karbon pada bagian permukaan ditandai dengan warna yang lebih gelap dibandingkan dengan inti dari sampel. Atom karbon yang terdapat dalam media karburasi akan terdifusi ke dalam permukaan spesimen. Proses difusi hanya terjadi pada permukaan spesimen dimana dapat diartikan pada bagian inti spesimen tidak terjadi proses difusi karbon. Proses *pack carburizing* dilakukan pada temperatur yang cukup tinggi. Akibatnya, media karburasi akan mengalami oksidasi kemudian menghasikan gas CO₂ dan CO. Gas CO yang terbentuk akan bereaksi dengan permukaan baja menyebabkan atom karbon yang terbentuk akan berdifusi ke dalam spesimen sehingga akan terjadi penambahan atom karbon pada bagian permukaan spesimen





Gambar 4. 7 Hasil Mikrostruktur Variasi Holding time 4 Jam, dan Komposisi A) 60A:40K, B) 70A:30K, C) 80A:20K

Pada gambar 4.7 dapat terlihat dampak yang ditimbulkan akibat perbedaan komposisi dari media karburasi yang digunakan pada saat proses *pack carburizing* dilakukan. Pada gambar tersebut dapat dilihat struktur mikro SS316L hasil *pack carburizing* dengan variasi *holding time* selama 2 jam dengan variasi komposisi media karburasi 60% arang ditambah 40% BaCO₃ (Katalis), 70% arang ditambah 30% BaCO₃ (Katalis), dan 80% arang ditambah 20% BaCO₃ (Katalis). Dalam gambar 4.7 tersebut, dapat dilihat juga bahwa peningkatan jumlah komposisi arang pada media karburasi memberikan pengaruh terhadap struktur

mikro yang terbentuk. Peningkatan jumlah arang ini dapat menyebabkan terbentuknya kromium karbida pada sampel dikarenakan jumlah karbon yang masuk ke permukaan logam meningkat sehingga berinteraksi dengan spesimen logam. Karbon pada media karburasi akan terdifusi kedalam permukaan sampel kemudian bereaksi dengan Cr sehingga membentuk karbida yang terbentuk pada batas butir akibat menipisnya unsur Cr[23].

4.3 Hasil Case Depth

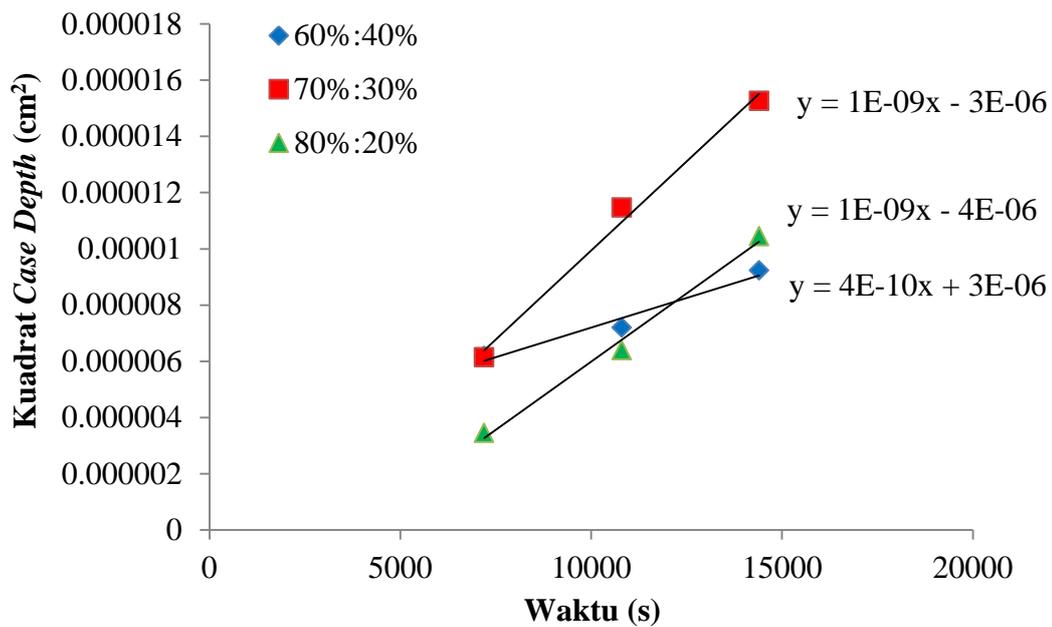
Setelah dilakukan pengujian dan analisa data, didapatkan nilai *case depth* tertinggi pada sampel dengan variasi 70% arang ditambah 30% BaCO₃ (Katalis) dengan *holding time* selama 4 jam yaitu sebesar 39,064 µm. Sementara, nilai *case depth* terendah didapatkan oleh sampel dengan variasi 80% arang ditambah 20% BaCO₃ (Katalis) dengan *holding time* selama 2 jam yaitu sebesar 18,577 µm. Berikut merupakan nilai *case depth* yang didapatkan setelah dilakukannya proses pengujian

Tabel 4. 2 Data Hasil Case Depth

| Sampel | Nilai Case Depth (µm) |
|---------|-----------------------|
| 60:40-2 | 24,872 µm |
| 60:40-3 | 26,831 µm |
| 60:40-4 | 30,371 µm |
| 70:30-2 | 24,773 µm |
| 70:30-3 | 33,854 µm |
| 70:30-4 | 39,064 µm |
| 80:20-2 | 18,577 µm |
| 80:20-3 | 25,285 µm |

| Sampel | Nilai <i>Case Depth</i> (μm) |
|---------|---|
| 80:20-4 | 32,313 μm |

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai *case depth* yang dihasilkan setelah proses *pack carburizing* dengan variasi yang telah ditentukan. Pada sampel dengan komposisi media karburasi 60% arang ditambah 40% BaCO₃ (Katalis) dengan *holding time* selama 2 jam yaitu sebesar 24,872 μm . Sedangkan untuk komposisi yang sama dengan *holding time* 3 jam dan 4 jam mengalami peningkatan nilai *case depth* yaitu sebesar 26,831 μm dan 30,371 μm . Pada sampel dengan komposisi media karburasi 70% arang ditambah dengan 30% BaCO₃ (Katalis) dengan *holding time* 2 jam, 3 jam, dan 4 jam yaitu sebesar 24,773 μm , 33,854 μm , 39,064 μm . Sedangkan pada sampel dengan komposisi media karburasi 80% arang ditambah dengan 20% BaCO₃ (Katalis) dengan *holding time* 2 jam, 3 jam, dan 4 jam yaitu sebesar 18,577 μm , 25,285 μm , dan 32,313 μm . Terjadinya perbedaan nilai *case depth* ini dipengaruhi oleh *holding time* yang digunakan selama proses dilakukannya proses *pack carburizing*. Dengan *holding time* yang lebih lama maka difusi yang terjadi akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan atom karbon memiliki waktu yang lebih untuk masuk mengisi rongga yang terdapat pada sampel. Nilai *case depth* cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan waktu pada saat proses *pack carburizing*. *Case depth* akan meningkat seiring dengan peningkatan *holding time* yang digunakan[28]. Dengan *holding time* yang lebih lama akan memberikan waktu yang lebih lama kepada atom karbon untuk terdifusi kedalam permukaan spesimen.



Gambar 4. 8 Pengaruh *Holding Time* Terhadap Nilai *Case Depth*

Gambar 4.8 menyajikan hubungan antara kuadrat dari ketebalan *case depth* dan waktu proses *pack carburizing* pada sampel dengan variasi komposisi media karburasi yaitu 60% arang ditambah 40% BaCO₃ (Katalis), 70% arang ditambah 30% BaCO₃ (Katalis), dan 80% arang ditambah 20% BaCO₃ (Katalis). Terlihat bahwa kuadrat dari ketebalan *case depth* yang dihasilkan meningkat secara linier dengan bertambahnya waktu proses *pack carburizing*. Nilai koefisien difusi menunjukkan kecepatan atom untuk terdifusi kedalam permukaan sampel[10].

Energi aktivasi dapat dianggap sebagai energi minimum yang diperlukan agar suatu reaksi seperti difusi dapat terjadi. Setelah dilakukan perhitungan mengenai energi aktivasi pada proses *pack carburizing*, maka diperoleh hasil energy aktivasi pada sampel dengan komposisi media karburasi 60% arang

ditambah 40% BaCO₃ (Katalis) yaitu sebesar 204,546 Kj/mol. Sedangkan untuk komposisi media karburasi 70% arang ditambah 30% BaCO₃ (Katalis), dan 80% arang ditambah 20% BaCO₃ (Katalis) berturut-turut adalah sebesar 193,364 Kj/mol dan 196,071 Kj/mol.