

Pengaruh Variasi Temperatur dan Media Karburasi Pada Proses *Pack Carburizing* Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah

Rafly Isnu Pratama¹⁾, Zuldesmi Mansjur^{2*)}, Hendrik J. R. Sumarauw³⁾

^{1),2),3)}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado

E-mail: ^{*)}zuldesmi@unima.ac.id

Abstrak

Dalam penelitian ini digunakan baja ASTM A36, yang termasuk dalam kategori baja karbon rendah dengan kandungan karbon sebesar 0,25 wt%. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi temperatur dan media karburasi pada proses *pack carburizing* terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah. Proses *pack carburizing* sering diterapkan untuk meningkatkan sifat mekanik baja yang memerlukan permukaan keras tetapi tetap tangguh di bagian dalam. Pada penelitian ini, temperatur yang digunakan adalah 850°C, 900°C, dan 950°C dengan media karburasi berupa arang kayu nyatoh, arang eceng gondok, dan campuran keduanya (*hybrid*). Proses dilakukan dengan waktu penahanan 2 jam pada semua temperatur dan media karburasi, serta proses *quenching* menggunakan media air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media *hybrid* menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 950°C sebesar 986,4 HV, diikuti oleh media arang eceng gondok sebesar 973,5 HV dan arang kayu nyatoh sebesar 947,6 HV. Kekerasan terendah ditemukan pada temperatur 850°C dengan media arang kayu nyatoh sebesar 245,9 HV. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa nilai kekerasan meningkat seiring dengan naiknya temperatur pada proses *pack carburizing*. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah *pearlit* yang terbentuk, semakin tinggi peningkatan nilai kekerasan. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur pada proses *pack carburizing*, maka semakin tinggi nilai kekerasan yang diperoleh.

Kata Kunci: ASTM A36, Media Karburasi, *Pack Carburizing*, *Quenching*, Temperatur

Abstract

In this research, ASTM A36 steel was used, which is included in the low carbon steel category with a carbon content of 0.25 wt%. This research aims to investigate the effect of variations in temperature and carburizing media in the pack carburizing process on the hardness and microstructure of low carbon steel. The pack carburizing process is often applied to improve the mechanical properties of steel which requires a hard surface but remains tough on the inside. In this research, the temperatures used were 850°C, 900°C, and 950°C with carburizing media in the form of nyatoh wood charcoal, water hyacinth charcoal, and a mixture of both (hybrid). The process is carried out with a holding time of 2 hours at all temperatures and carburizing media, as well as a quenching process using water media. The research results showed that the hybrid media produced the highest hardness value at a temperature of 950°C of 986.4 HV, followed by water hyacinth charcoal media of 973.5 HV and nyatoh wood charcoal of 947.6 HV. The lowest hardness was found at a temperature of 850°C with nyatoh wood charcoal media of 245.9 HV. The research results also show that the hardness value increases with increasing temperature in the pack carburizing process. Microstructure observations

show that the greater the amount of pearlite formed, the higher the increase in hardness value. From the results of this research it can be concluded that the higher the temperature in the pack carburizing process, the higher the hardness value obtained.

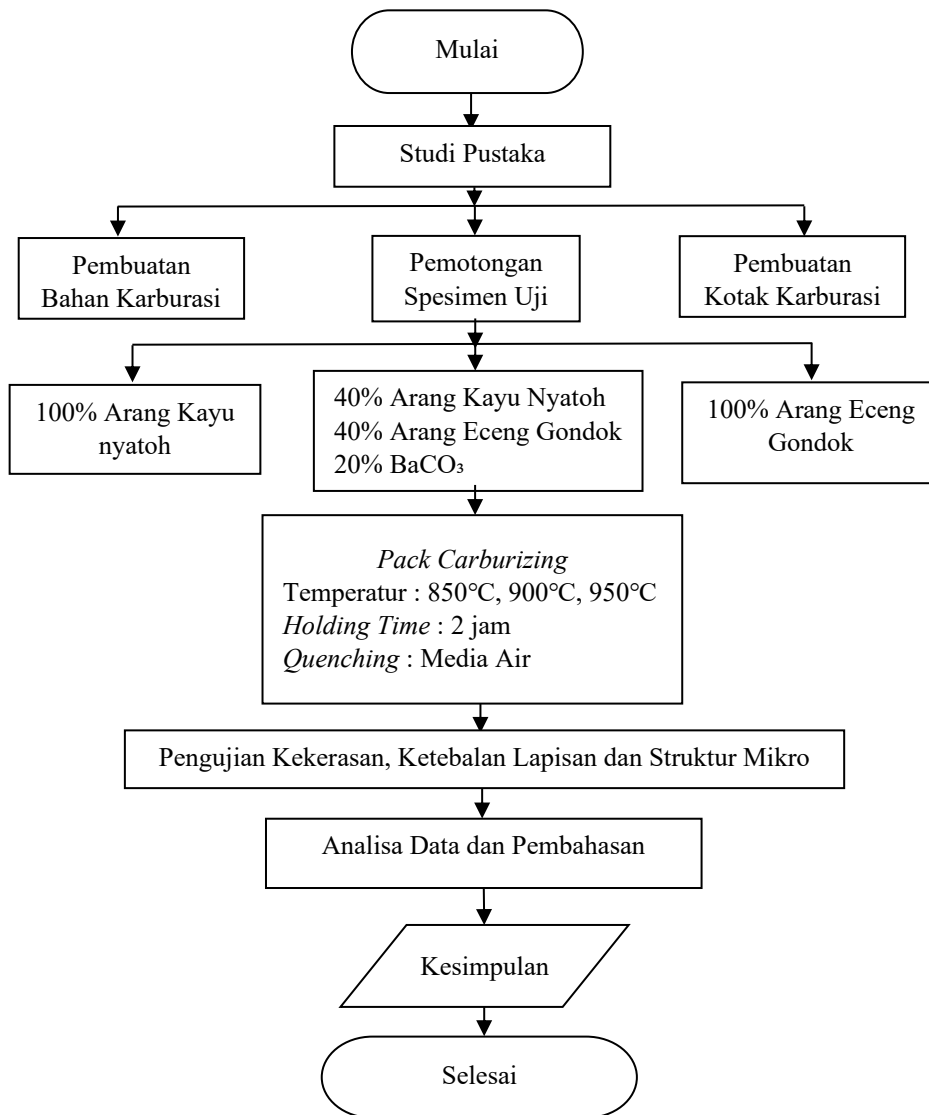
Keywords: ASTM A36, Carburizing Media, Pack Carburizing, Quenching, Temperature

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan material logam di industri saat ini terus mengalami peningkatan. Material logam tersebut harus memiliki sifat mekanik dan sifat fisik yang baik. Namun material logam saat ini belum sepenuhnya memiliki sifat dan karakteristik yang diinginkan [1]. Paduan baja karbon rendah memiliki sifat antara lain kekerasan sempurna namun tidak kuat dan mudah aus. Oleh karena itu, untuk mendapatkan sifat baja karbon rendah yang tahan aus perlu untuk memperbaiki sifat baja tersebut dan dengan cara *carburizing* [2]. *Carburizing* sendiri merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam memperbaiki sifat kekerasan permukaan baja karbon rendah [3]. Perlakuan pengerasan permukaan material baja bertujuan untuk membuat komponen penting seperti transmisi *gear* pada industri otomotif. Tidak hanya itu, dalam proses perlakuan panas juga diperlukan *holding time* (waktu penahanan) dengan tujuan untuk menyamakan temperatur benda kerja dan tungku [4]. Salah satu jenis limbah dan tumbuhan yang dapat digunakan dalam proses *carburizing* adalah serbuk kayu nyatoh dan eceng gondok. Eceng gondok seringkali dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan karena dapat meningkatkan evapotranspirasi dan menghalangi jumlah cahaya yang masuk ke perairan sehingga tingkat kelarutan oksigen di dalam air menurun [5]. Secara umum nilai kekerasan meningkat seiring dengan naiknya temperatur [6]. Sudah banyak yang meneliti mengenai pengaruh variasi temperatur dan media karburasi namun, belum ada penelitian yang menggunakan media karburasi dari arang eceng gondok dan arang kayu nyatoh. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan media karburasi terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah.

2. METODE PENELITIAN

a. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

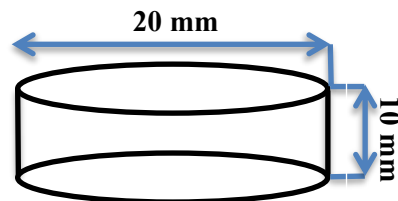
b. Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Baja ASTM A36, arang eceng gondok, arang kayu nyatoh, (HNO₃) asam nitrat, (BaCO₃) barium karbonat.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: *Furnace*, kotak karburasi, mikroskop optik, amplas, mortar keramik, timbangan neraca analitik, penjepit.

c. Preparasi Spesimen

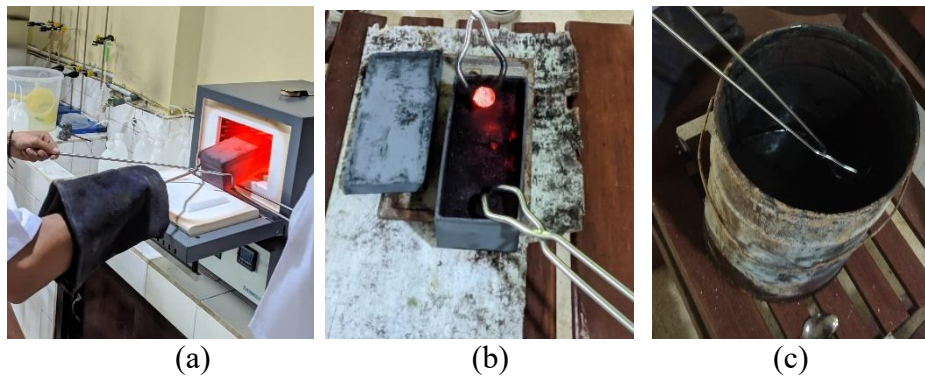
Tahapan preparasi spesimen meliputi; (1) fabrikasi spesimen dengan dimensi 20 mm x 10 mm, (2), Penghalusan menggunakan kertas amplas dengan grid 100, 200, 600, 1000 dan 2000, 4000.



(a) (b)
Gambar 2. (a) Dimensi Spesimen dan (b) Spesimen

d. Proses *Pack Carburizing*

Temperatur yang digunakan yaitu 850°C, 900°C dan 950°C. Sedangkan untuk media karburasi menggunakan arang kayu nyatoh, arang eceng gondok dan *hybrid*. Proses *pack carburizing* meliputi; (1) alat dan bahan yang hendak digunakan dipersiapkan, (2) Letakkan spesimen didalam kotak karburasi mengikuti susunan berlapis yaitu, lapisan pertama berisi serbuk arang dengan ketebalan 25 mm dan lapisan kedua berisi 3 spesimen dan lapisan ketiga berisi arang dengan ketebalan 25 mm kemudian dipadatkan, (3) Tutup kotak menggunakan penutup yang sudah dibuat dengan rapat, (4) Masukkan kotak karburasi kedalam *furnace*, proses pemanasan pada temperatur 850°C, 900°C dan 950°C kemudian *setting* waktu tahan selama 2 jam, (5) Matikan *furnace* lalu keluarkan kotak karburasi menggunakan penjepit dan keluarkan spesimen dari dalam kotak kemudian di *quenching* dengan media air selama 60 detik, kemudian angkat spesimen dan bersihkan dari sisa proses *pack carburizing* (6) Lakukan langkah-langkah proses *pack carburizing* dengan cara yang sama pada spesimen yang lain.



Gambar 3. Proses *Pack Carburizing*, (a) Mengeluarkan Kotak. (b) Keluarkan Spesimen. (c) *Quenching*

e. Pengujian Kekerasan Permukaan

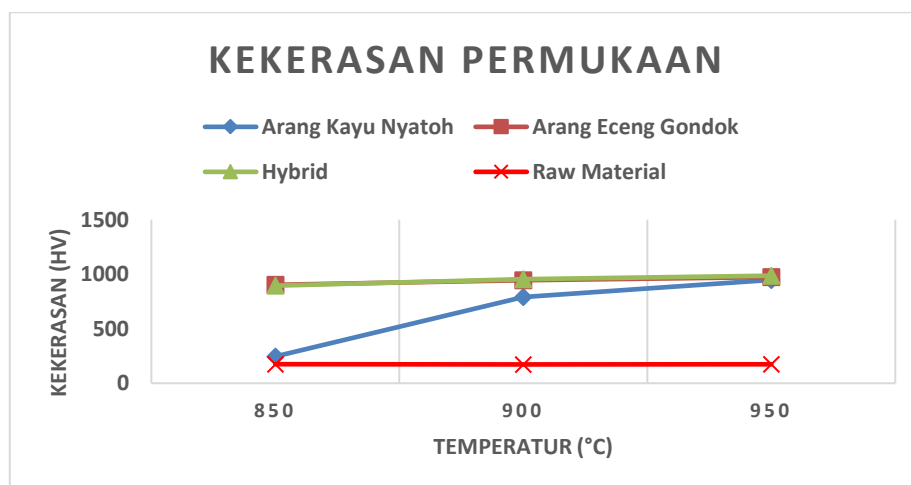
Pengujian kekerasan menggunakan metode *vickers*. Pembebanan indentor 1 kgf selama 15 detik dengan selisih pergeseran titik uji sejauh 0.3 mm – 0.9 mm.

f. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro diambil dari arah penampang melintang, spesimen di etsa menggunakan campuran 2.5% HNO_3 dikarenakan spesimen berbahan logam baja [7]. Kemudian spesimen diamati dan difoto dengan mikroskop optik dan optilab yang dihubungkan dengan komputer. Pengujian dilakukan 1 pengambilan data dari tiap spesimen yang sudah melewati proses *pack carburizing*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

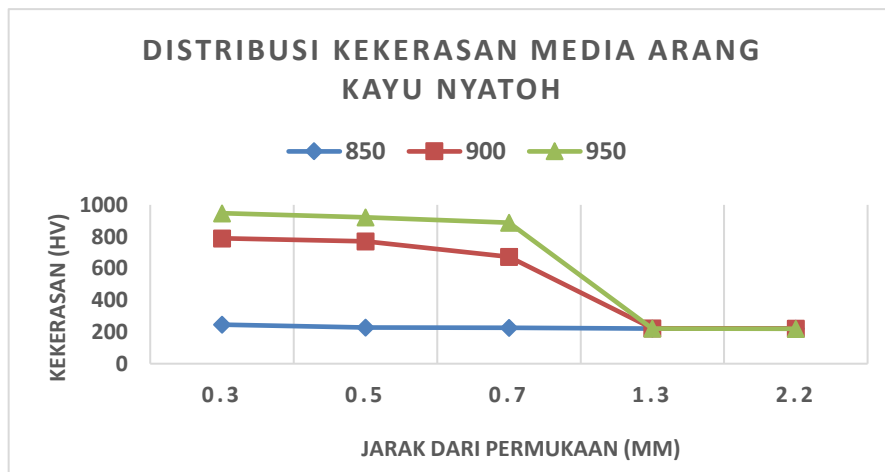
a. Hasil Pengujian Kekerasan



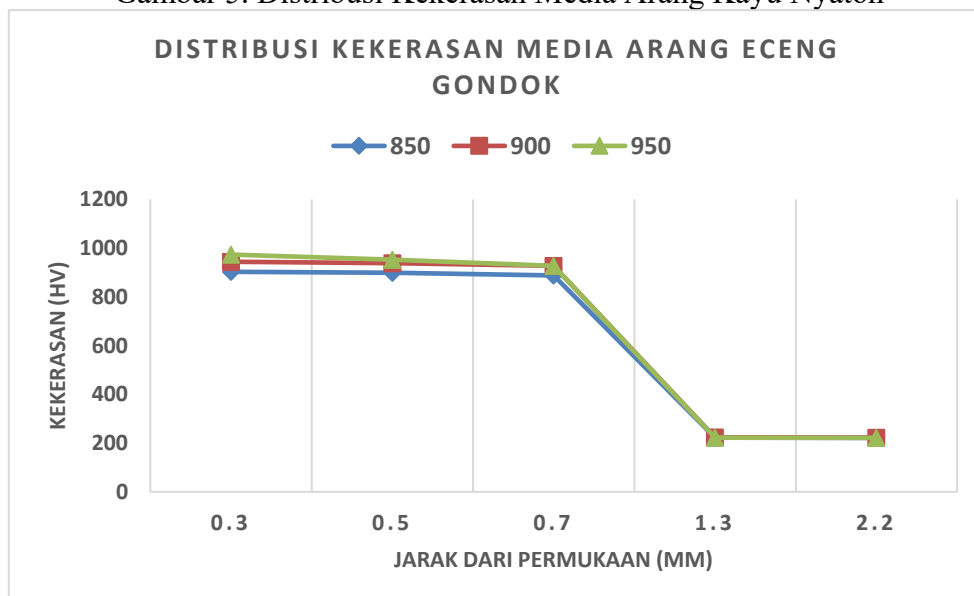
Gambar 4. Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kekerasan permukaan pada spesimen hasil *pack carburizing* yang diikuti proses *quenching* dengan air untuk semua variasi temperatur dan media karburasi lebih tinggi. Jika dibandingkan dengan nilai kekerasan (*raw material*) sebesar (173.8) HV, hal ini terjadi karena tidak adanya proses penambahan karbon atau *pack carburizing* pada spesimen (*raw material*). Sedangkan nilai rata-rata kekerasan permukaan hasil *pack carburizing* dengan variasi temperatur dan media karburasi adalah (245.9) HV pada temperatur 850°C dengan media arang kayu nyatoh, (902.8) HV pada temperatur 850°C dengan media arang eceng gondok, (895.1) HV pada temperatur 850°C dengan media *hybrid*. Kemudian (789.5) HV pada temperatur 900°C dengan media arang kayu nyatoh, (944.1) HV pada temperatur 900°C dengan media arang eceng gondok, (953.5) HV pada temperatur 900°C dengan media *hybrid*. Selanjutnya (947.6) HV pada temperatur 950°C dengan media arang kayu nyatoh, (973.5) HV pada temperatur 950°C dengan media arang eceng gondok, (986.4) HV pada temperatur 950°C dengan media *hybrid*. Dapat dilihat pada gambar 4 bahwa, nilai kekerasan permukaan meningkat cukup signifikan seiring dengan naiknya temperatur pada proses *pack carburizing*. Hal ini dipengaruhi oleh semakin tinggi suhu pemanasan (pada batas suhu *austenite*), maka akan semakin tinggi pula penetrasi karbon ke baja. Semakin tinggi suhu pada saat *pack carburizing*, maka semakin banyak butir pearlit yang tumbuh dan menyebabkan nilai kekerasan meningkat. Berdasarkan data tersebut bahwa semakin tinggi temperatur pada proses *pack carburizing* maka kekerasan permukaan dari spesimen akan semakin keras. Peningkatan nilai kekerasan permukaan spesimen akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur pada proses *pack carburizing* [8]. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan pada proses *pack carburizing*, maka permukaan baja akan semakin keras[9].

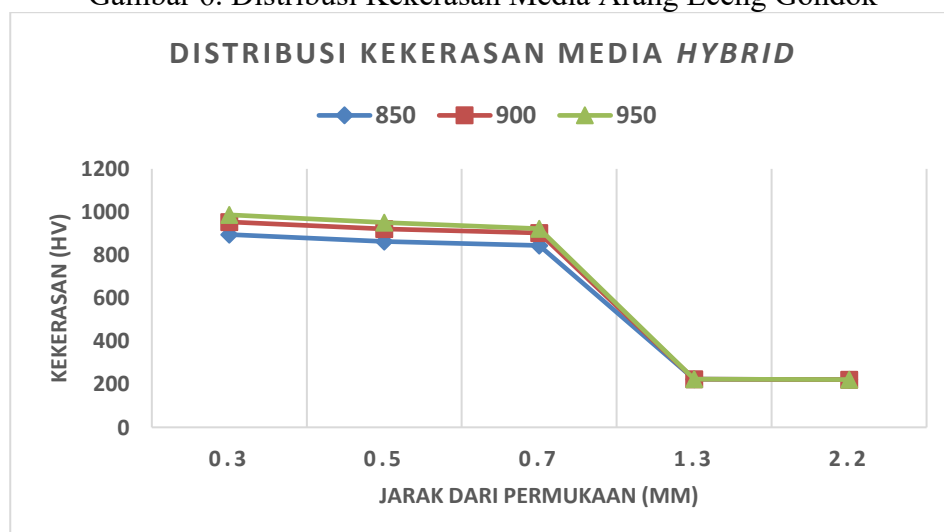
a. Hasil Pengujian Distribusi Kekerasan



Gambar 5. Distribusi Kekerasan Media Arang Kayu Nyatoh



Gambar 6. Distribusi Kekerasan Media Arang Eceng Gondok



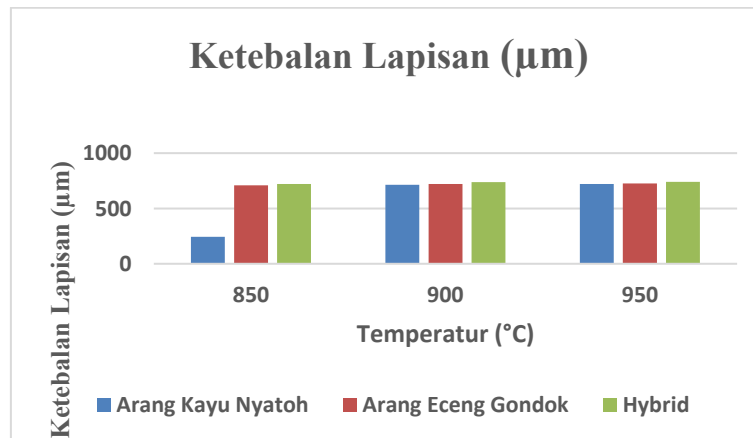
Gambar 7. Distribusi Kekerasan Media Hybrid

Pada gambar 5, 6 dan 7 merupakan hasil dari pengujian kekerasan mikro *case depth hardness* pada spesimen media arang kayu nyatoh, arang eceng gondok dan *hybrid* dengan variasi temperatur 850°C, 900°C dan 950°C. Dalam hal ini nilai kekerasan spesimen media *hybrid* temperatur 950°C memiliki nilai kekerasan tertinggi pada kedalaman 0.3 mm sebesar (986.4) HV, kemudian terjadi penurunan nilai kekerasan yang tidak terlalu jauh pada kedalaman 0.5 mm sebesar (950.4) HV dan diikuti penurunan nilai kekerasan pada kedalaman 0.7 mm sebesar (922) HV. Penurunan nilai kekerasan yang cukup signifikan terjadi pada kedalaman 1.3 mm sebesar (224.2) HV dan diikuti penurunan nilai kekerasan pada kedalaman 2.2 mm sebesar (221.6) HV. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai kekerasan dari permukaan menuju ke tengah. Hal ini menunjukkan bahwa ada proses difusi atom karbon pada permukaan spesimen, dimana bagian permukaan spesimen akan memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi daripada bagian kedalaman tertentu dari spesimen [10]. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa atom-atom karbon dari tungku atau kotak sementasi berdifusi ke permukaan sampel. Proses ini menyebabkan variasi konsentrasi karbon pada sampel di mana kandungan karbon lebih tinggi di permukaan dan berkurang secara bertahap hingga ke kedalaman tertentu dan inti sampel [11].

b. Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kekerasan permukaan dan kedalaman pengerasan pada spesimen yang telah mengalami proses karburasi. Hal ini ditandai dengan hasil dari pengujian kedalaman kekerasan (*case depth hardness*) spesimen dengan temperatur 850°C, 900°C dan 950°C dan media arang kayu nyatoh, arang eceng gondok dan *hybrid*. Nilai kekerasan yang cukup tinggi pada kedalaman 0.3 mm (300) μm - 0.7 mm (700) μm . Hal ini sesuai dengan data dari hasil pengujian ketebalan lapisan, yang mana nilai ketebalan lapisan karburasi rata-rata berada pada *range* (245) μm – (740) μm . Hal ini terjadi karena proses difusi atom karbon dimulai dari permukaan spesimen. Kemudian atom-atom karbon akan terdifusi semakin masuk kedalam permukaan spesimen yang menyebabkan terjadinya kenaikan kadar karbon yang lebih tinggi pada permukaan spesimen dibandingkan dengan bagian dalam spesimen [12]. Difusi atom karbon kedalam spesimen dipengaruhi oleh temperatur pemanasan pada proses *pack carburizing*.

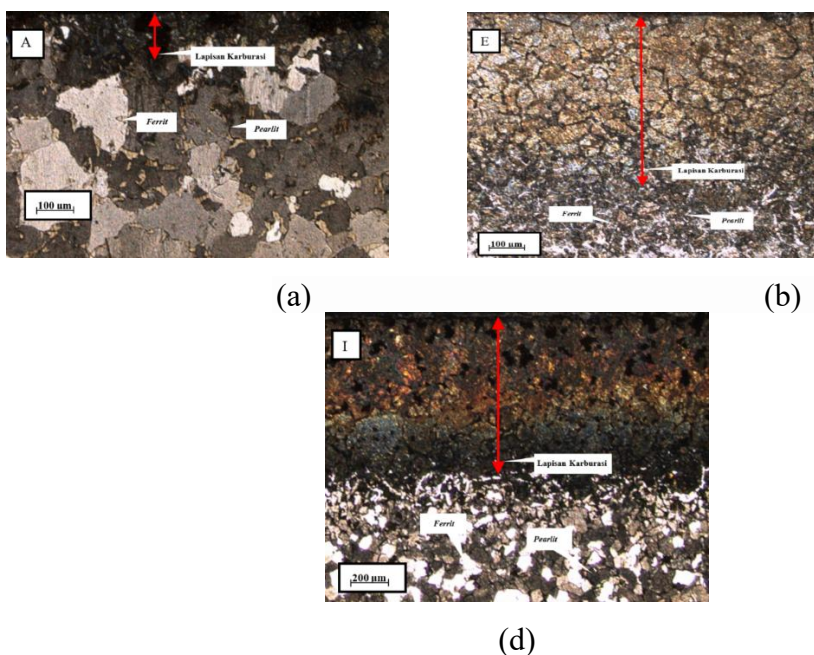
Ketebalan lapisan karburasi semakin besar seiring dengan meningkatnya temperatur pengarbonan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang mengatakan bahwa semakin tinggi temperatur perlakuan maka atom karbon semakin banyak yang terperangkap pada bagian permukaan [13].



Gambar 8. Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

c. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pada gambar 9 merupakan hasil dari pengamatan struktur mikro pada bagian sisi tengah (*cross section*) pada spesimen hasil karburasi. Untuk bagian tengah atau dalam menghasilkan fasa *ferrit* dan *pearlit*, fasa *ferrit* ditunjukkan dengan bagian yang berwarna terang sedangkan *pearlit* ditunjukkan dengan wilayah bagian berwarna gelap [14].



Gambar 9. Hasil Uji Struktur Mikro (a) 850°C (b) 900°C (c) 950°C

Pada spesimen dengan temperatur 850°C tampak *ferrit* lebih dominan daripada *pearlit*. Seiring dengan naiknya temperatur pada 900°C terlihat bahwa fasa *pearlit* sudah sedikit lebih banyak daripada *ferrit* dengan struktur lebih halus. Kemudian pada temperatur 950°C terlihat bahwa fasa *pearlit* lebih mendominasi daripada fasa *ferrit* dengan persebaran butir yang lebih merata dan ukuran butir yang cukup halus dan memiliki kerapatan struktur yang lebih baik dibandingkan dengan temperatur lainnya. Hal ini terjadi karena proses pendinginan cepat (*quenching*), dimana atom karbon yang terperangkap di bagian permukaan spesimen mengakibatkan pembentukan fasa *pearlit* yang mengakibatkan permukaan spesimen semakin keras. Semakin tinggi temperatur pada proses *pack carburizing*, butir *pearlit* akan menjadi semakin rapat, yang menyebabkan peningkatan nilai kekerasan [15]. Sesuai dengan data tersebut mengindikasikan bahwa dimana pada penggunaan temperatur tinggi pada proses *pack carburizing* akan mempengaruhi struktur mikro. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan pada proses *pack carburizing*, maka semakin banyak kandungan karbon yang terdifusi yang diindikasikan dengan bertambahnya jumlah *pearlit* [16].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan, pengamatan dan pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi temperatur pada proses *pack carburizing* maka semakin tinggi nilai kekerasan pada semua variasi media karburasi. Nilai kekerasan permukaan tertinggi terdapat pada temperatur 950°C dengan media *hybrid* sebesar (984.7) HV, dan nilai kekerasan permukaan terendah terdapat pada temperatur 850°C dengan media arang kayu nyatoh sebesar (245.9) HV.
2. Semakin tinggi temperatur pada proses *pack carburizing* maka ketebalan lapisan semakin meningkat. Nilai ketebalan lapisan tertinggi terdapat pada variasi temperatur 950°C dengan media *hybrid* sedalam (740) μm , sedangkan untuk nilai ketebalan lapisan terendah terdapat pada temperatur 850°C dengan media arang kayu nyatoh sedalam (245) μm . Sedangkan pada hasil pengamatan struktur mikro pada semua variasi temperatur (850°C, 900°C, 950°C) dan media karburasi (arang kayu nyatoh, arang eceng gondok dan *hybrid*) terdapat dua fasa yaitu *pearlit* dan

ferrit, namun seiring dengan naiknya temperatur pada proses *pack carburizing* terlihat fasa *pearlit* lebih mendominasi dibandingkan dengan fasa *ferrit*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sakura, Dkk. 2017. Pengaruh Variasi Karbon Aktif Dan Waktu Tahan Terhadap Kekerasan Material JIS G-3123 Menggunakan Metode *Pack Carburizing*. Rekayasa Energi Manufaktur (R.E.M) Jurnal. Vol.2, No.1. Institut Teknologi Adhi Tama. Surabaya.
- [2] Jiang,B. *High Toughness And Multiphase Microstructure Transition Product Of Carburizing Steel By A Novel Heat Treatment Cooling Process*. 675: 361-370, 2016
- [3] Nurlina, N., Bisono, R. M., & Irawan, D. (2020). Pengaruh Variasi *Temperature* Dan *Holding Time Pack Carburizing* Menggunakan Media Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati Terhadap Peningkatan Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah Untuk Material Pisau. Jurnal Technopreneur (Jtech), 8(2), 129-134.
- [4] Cao, Y, G., Xu, L., Zhang, G, Q., Shi, J., Wang, M, Q.2016. *Rolling Contact Fatigue Properties Of Sae 8620 Steel After Case Carburizing*. *Journal Of Iron And Steel Research, International*. 23(7) : 711-716.
- [5] Putra, A. E., & Widiastuti, I. M. (2022). Use Of *Fermented Hyacinth (Eichhornia Crassipes) As Feed Material On The Growth Of Tilapia (Oreochromis Niloticus) Seed*: Penggunaan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Terfermentasi Sebagai Bahan Baku Pakan Terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*). Jurnal Ilmiah Agrisains, 23(2), 101-112.
- [6] Waluyo, J. (2010). Pengaruh Temperatur Dan Waktu Tahan Pada Proses Karburisasi Cair Terhadap Kekerasan Baja AISI 1025 Dengan Media Pendinginan Air..
- [7] STYAWAN, I. D. (2021). Pengaruh Proses *Carburizing* Dengan Variasi *Holding Time* Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Dari *Bearing* Non-Pabrikan Resmi Sepeda Motor.
- [8] A. Nurharyanto, “Pengaruh Media *Carburizing* Arang Sekam Padi Dan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah,” 2009.
- [9] Mazuli, S., & Haripriadi, B. D. (2020). Analisa Pengaruh Arang Kayu Bakau, Arang Tempurung Kelapa Dan Arang Kayu Leban Pada Proses Pack Carburizing Terhadap Kekerasan Baja Karbon St 37. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 3(2), 128-137
- [10] Hartanto, D. S., Suprpto, A., & Widyastuti, I. (2020). Analisa Variasi Waktu Penahanan Karburisasi Dan Perlakuan Cryogenic Terhadap Sifat Mekanis Baja ST37. Jurnal Transmisi.
- [11] Rinaldi, G., & Rumendi, U. (2014). Analisa Perbandingan Kekerasan

- Permukaan, Distribusi Kekerasan, Dan Struktur Mikro Material St 37 Pada Proses Karburasi Dengan Metoda Single Quenching Dan Direct Quenching.
- [12] Pengaruh Proses Pack Carburizing Dengan Variasi Temperatur Dan Karbon Aktif Terhadap Kekerasan Permukaan Baja Aisi 1020. Jurnal Mesin Sains Terapan, 6(2), 63-67.
- [13] Gunawan, E. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St41) Dengan Metode Pack Carbirizing. Teknik: Engineering And Sains Journal, 1(2), 117-124.
- [14] Parmita, A. W. Y. P., Priyandoko, B. C., Tanjung, R. A., Bramantyo, S. A., & Febriyanto, R. (2021). Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Proses Pack Carburizing Terhadap Laju Korosi Material Baja Karbon ASTM A36. SPECTA Journal Of Technology, 5(2), 186-195. Rizki, M. A., Razi, M., & BUKHARI, B. (2022).
- [15] Gunawan, E. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St41) Dengan Metode Pack Carbirizing. Teknik: Engineering And Sains Journal, 1(2), 117-124.
- [16] Fahreza, M. I., Fakhriza, F., & Hamdani, H. (2017). Analysis Of The Effect Of Holding Time On The Hardness Value Of AISI 1050 Steel By Pack Carburizing Method. Journal Of Applied Science Engineering, 1(1), 52-56.