

PENGERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH DENGAN METODE *PACK CARBURIZING* MENGGUNAKAN SERBUK BATU MANGAN

Reinaldo Putra Tadoe^{1*}, Oktovianus D. Rerung², dan Adrianus Amheka³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Kupang, Jurusan Teknik Mesin

Jl. Adi Sucipto Penfui Kupang Nusa Tenggara Timur P.O Box 139

* E-mail: putratadoe789@gmail.com

Abstrak

Perancangan eksperimen serbuk mineral batu mangan terhadap baja karbon rendah berawal dari keinginan melihat fenomena ikatan logam atom ferro dan mangan dengan bantuan panas temperatur tinggi. Fenomena-fenomena tersebut dicoba dengan pendekatan *pack carburizing* menggunakan serbuk mineral batu mangan. Bahan baku yang digunakan adalah mineral batu mangan dan baja karbon rendah. Mineral batu mangan di ambil dari salah satu tambang atau sumber di kabupaten Timor Tengah Selatan. Sepanjang pengetahuan penulis, dari hasil pencarian jurnal-jurnal belum ditemukan penelitian terdahulu yang khusus menulis tentang difusi logam terhadap logam lainnya seperti mangan terhadap baja karbon menggunakan serbuk mangan atau serbuk mineral batu mangan. Penelitian-penelitian metalurgi sebelumnya banyak membahas tentang *pack carburizing*, metalurgi serbuk dan pirometalurgi. Selanjutnya tujuan dari penelitian ini adalah diharapkan menghasilkan material maju baja karbon yang mendapat paduan mangan dengan bantuan panas tinggi. Selain itu juga bertujuan untuk menghasilkan baja yang tangguh, keras, dan tahan gesek. Dengan demikian metode yang di gunakan adalah metode eksperimen sungguhan dan metode tindakan. Metode eksperimen sungguhan untuk melihat hubungan sebab akibat dari populasi sebelum dan setelah perlakuan dengan cara perbandingan dan metode tindakan adalah untuk melakukan tindakan langsung di dalam penelitian. Hasil pengujian menunjukkan Penambahan unsur yang terjadi pada material dengan suhu 950°C pendingin air adalah unsur Silika (Si) dan unsur Aluminium (Al) sedangkan unsur Mangan (Mn) naik menjadi 2,3 %, sedangkan penambahan unsur pada material dengan suhu 950°C pendingin solar adalah Silika (Si), Aluminium (Al), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Sodium (Na) sedangkan unsur Mangan (Mn) menjadi 0,5 %, tidak banyak perubahan yang terjadi pada material dengan suhu 950°C pendingin solar.

Kata kunci: Baja Karbon Rendah, *Pack Carburizing*, Batu Mangan.

PENDAHULUAN

Baja adalah campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon menjadi dasar campurannya. Dengan penambahan atau pengurangan kadar karbon atau unsur paduan lain akan di peroleh kekuatan baja sesuai yang di inginkan (Amanto & Daryanto, 1999). Dalam aplikasinya baja karbon rendah yang banyak digunakan sebagai baja konstruksi umum, baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur-baut, pelat (Affu, 2019). Untuk menghasilkan baja karbon rendah yang mempunyai kekerasan dan kekuatan yang tinggi sehingga baja karbon rendah dapat di berikan perlakuan panas (*heat treatment*) menggunakan serbuk batu mangan untuk merubah sifat mekanik.

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan terhadap logam atau paduan. Pembentukan sifat inilah yang sangat di perlukan untuk memperoleh material

bahan industri yang sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya. Selama ini para pengrajin besi membuat alat dari ba

ja berdasarkan pada pemanasan suhu yang tidak di tentukan, sehingga hasil produksi yang di hasilkan tidak memiliki nilai ketangguhan yang maksimal. Maka perlu adanya penelitian terhadap temperature, lamanya pemanasan menggunakan serbuk batu mangan dan pendinginan secara cepat sehingga di hasilkan bahan dengan nilai ketangguhan yang terbaik

Material Mangan merupakan unsur sangat penting yang di gunakan dalam berbagai penggunaan industri, misalnya baja tahan gesek dan baterai. Mangan adalah unsur bebas dan secara luas dalam banyak bentuk seperti oksida, silikat, dan karbonat adalah senyawa yang paling umum. (Solihin dan Aditya Wibawa, 2018; Borek dkk, 2015). Telah disebutkan bahwa mangan merupakan unsur penting dan diperlukan dalam unsur komposisi

kimia baja. Komposisi mangan dalam baja akan memberikan dampak kualitas baja yang unggul dalam kekerasan tidak rapuh dan ketahanan terhadap gesekan. Baja mangan disebut juga sebagai baja-baja istimewa sedangkan baja karbon adalah baja dengan karbon sebagai campuran interstisial utama berkisar 0.12-2.0%. Baja karbon sebagai baja dengan kandungan minimal dari unsur paduan, sehingga baja karbon sering direkayasa untuk meningkatkan ketangguhan, Rekayasa yang biasa dilakukan adalah dengan meningkatkan kekerasan dengan cara hardening dalam bentuk perlakuan panas. Salah satu metode hardening adalah Pack Carburizing. (ASM Handbook vol. 2, 2009).

Dalam penelitian ini, baja karbon rendah di panaskan pada suhu dan lamanya pemanasan dengan harapan mendapatkan sifat kekerasan yang maksimal. Baja karbon rendah di taburi serbuk batu mangan kemudian di panaskan pada suhu 950°C dengan di beri lama pemanasan selama 1 jam kemudian langsung di *quenching* secara cepat di dalam media pendingin yaitu air dan solar kemudian di lakukan uji kekerasan, pengujian metalografi dan analisa komposisi kimia. Dengan demikian metode yang digunakan adalah metode tindakan untuk perlakuan panas dalam tungku heat treatment, pengujian metalografi dan analisa komposisi kimia. Sedangkan hasil uji kekerasan di analisa dengan metode eksperimen sungguhan.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Kupang dan pengujian komposisi kimia dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Penelitian diawali dari pemikiran bagaimana menambah komposisi kimia paduan logam ke permukaan baja karbon, seperti mangan, chromium, nikel dan paduan logam lainnya tanpa peleburan atau pengecoran logam. Tujuannya adalah untuk menghasilkan baja yang tangguh, keras dan tahan gesek. Penelitian terdahulu sudah cukup banyak membahas tentang penambahan karbon pada baja karbon rendah dengan *pack carburizing*, namun mempergunakan media zat lain selain arang belum umum diteliti. Setelah mempelajari beberapa teori tentang mangan dan diagram fasa Fe-Mn, reduksi mangan, metalurgi serbuk, *pack carburizing*, kekerasan baja, komposisi kimia, maka diputuskanlah untuk menggunakan mineral batu mangan

kabupaten Timor Tengah Selatan sebagai serbuk mineral batu mangan untuk media difusi. Alasan menggunakan mangan adalah karena banyak mengandung mangan (Mn) yang juga bisa menyerap baja karbon. Adapun langkah – langkah dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1) Pembuatan spesimen (material)

- Batu mangan di tumbuk hingga berbentuk serbuk dengan size 80 mesh
- Potong material baja karbon rendah menggunakan gurinda tangan dengan ukuran panjang 10 mm dan lebar 10 mm.

2) Pembuatan kotak *heat treatment*

Dimensi pembuatan kotak *heat treatment* dengan panjang x lebar x tinggi adalah 100 x 50 x 60 mm

3) Pengujian *heat treatment*

Letakan material baja karbon rendah di dalam kotak *heat treatment* yang sudah dibuat kemudian tuang batu mangan yang sudah di tumbuk menjadi serbuk didalam kotak *heat treatment* bersama material baja karbon rendah kemudian masukkan dalam tungku pemanas dan panaskan sampai suhu 950°C. Setelah mencapai suhu 950°C keluarkan material baja karbon rendah lalu celup cepat di dalam media pendingin yaitu air dan solar. Setelah itu lakukan pengujian kekerasan, pengujian metalografi, dan pengujian komposisi kimia.

4) Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan di lakukan sebanyak 3 kali pada permukaan baja karbon rendah menggunakan satuan (HRB).

5) Pengujian komposisi kimia dengan SEM - EDX

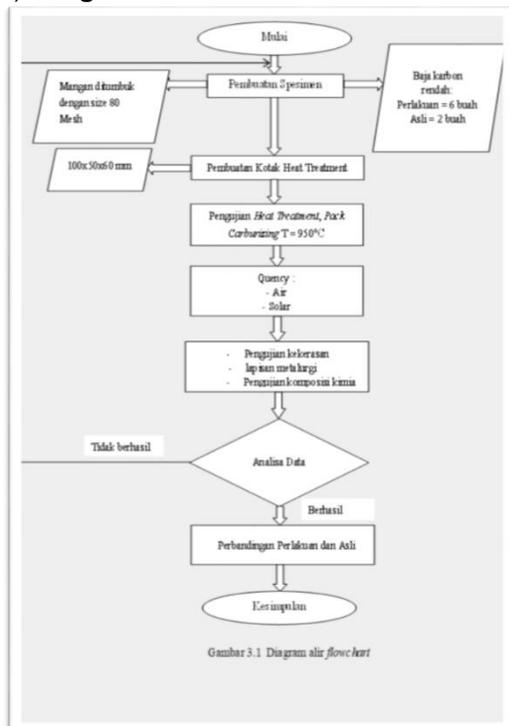
Untuk mengetahui persentase unsur kimia yang terkandung di dalam spesimen, unsur-unsur yang terkandung dalam baja karbon rendah sangat mempengaruhi sifat mekanis dari baja yang bersangkutan. jenis-jenis baja pada umumnya di tentukan berdasarkan kandungan unsur karbon yang terkandung di dalam material baja tersebut. *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sebuah microscop elektron yang di gunakan untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10-3000000 kali, *depth of field* 4-0.4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm. Di lengkapinya SEM dengan Detektor *Energy Dispersive X-ray* (EDX) memungkinkan di lakukannya mikroanalisis secara kualitatif dan semi

kuantitatif untuk unsur-unsur mulai dari litium (Li) sampai Uranium (U). Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak di gunakan untuk keperluan penelitian dan industri. Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat di gunakan untuk mengetahui informasi – informasi mengenai Topografi yaitu ciri-ciri permukaan teksturnya, morfologi yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek, komposisi yaitu data semi kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung dalam objek, dan informasi kristalografi yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang di amati. Tidak ada pengujian metalografi yang di lakukan tapi SEM gambar perbesaran permukaan dan EDX komposisi kimia.

6) Analisa data

Setelah material baja karbon rendah di *pack carburizing* menggunakan serbuk batu mangan, di uji kekerasan, dan pengujian SEM gambar perbesaran permukaan dan EDX komposisi kimia maka akan di analisa apakah baja karbon rendah itu menghasilkan baja yang tangguh, keras, dan tahan gesek. Jika berhasil di analisa maka akan di bandingkan antara baja karbon rendah yang asli dan baja karbon rendah Perlakuan (*Treatment*) kemudian buat kesimpulan.

7) Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Kekerasan

Spesimen	Hasil kekerasan (HRB)			Hasil rata-rata (HRB)
	1	2	3	
Baja Karbon Rendah Sebelum perlakuan	88	87,51	91,20	89
Baja Karbon Rendah (<i>carburizing</i> = 950°C, <i>quench</i> = air)	102	103	104,5	103.1
Baja Karbon Rendah (<i>carburizing</i> = 950°C, <i>quench</i> = solar)	92,07	93	90,7	92

Pembahasan pengujian kekerasan

Alasan memakai pengujian kekerasan memakai satuan HRB bukan HRC adalah karena jika nilai HRB di konversi sudah mendekati HRC yang lebih keras, penelitian ini tidak menggunakan satuan HRC karena material masih tergolong lunak menuju keras, sehingga jika menggunakan indenter tajam di khawatirkan mata indenter akan masuk lebih dalam dan tidak terbaca sempurna. Dari hasil pengujian kekerasan terlihat bahwa ada peningkatan kekerasan setelah di carburizing baik dengan pendingin air ataupun pendingin solar di bandingkan sampel aslinya.

Peningkatannya dapat di hitung sebagai berikut :

- Presentase (%) peningkatan dengan quenching air

$$= (q_a - q_{as}) / q_{as} \times 100$$

$$= (103,1 - 89) / 89 \times 100$$

$$= 15,85 \%$$
- Presentase (%) peningkatan dengan quenching solar

$$= (q_s - q_{as}) / q_{as} \times 100 \%$$

$$= (92 - 89) / 89 \times 100 \%$$

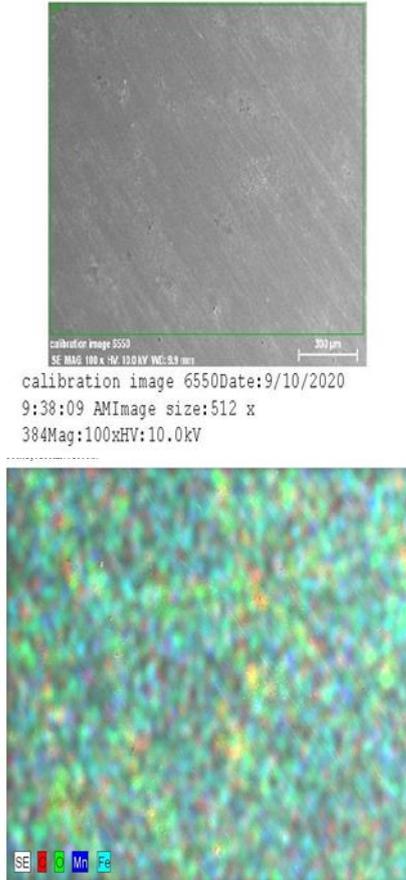
$$= 3,37 \%$$

Peningkatan kekerasan tersebut menunjukkan pengerasan yang di lakukan menggunakan serbuk batu mangan sebagai media pengerasan juga menghasilkan Karbon (C) selain Mangan (Mn). Dengan melihat presentasi peningkatan kekerasan tersebut di atas maka dapat di analisis bahwa dengan pendingin air Karbon (C) lebih banyak membentuk kristal martensit yang lebih keras di bandingkan dengan pendingin solar. Selanjutnya juga dapat di mungkinkan

kekerasan bertambah dengan peningkatan komposisi Mangan (Mn) sebagai salah satu unsur yang berpengaruh terhadap kekerasan baja.

2. Hasil Pengujian Komposisi Kimia dengan SEM – EDX

a. Material Asli (tidak mendapat perlakuan)



Gambar 2. Permukaan hasil uji komposisi kimia Foto SEM pengujian komposisi kimia material asli

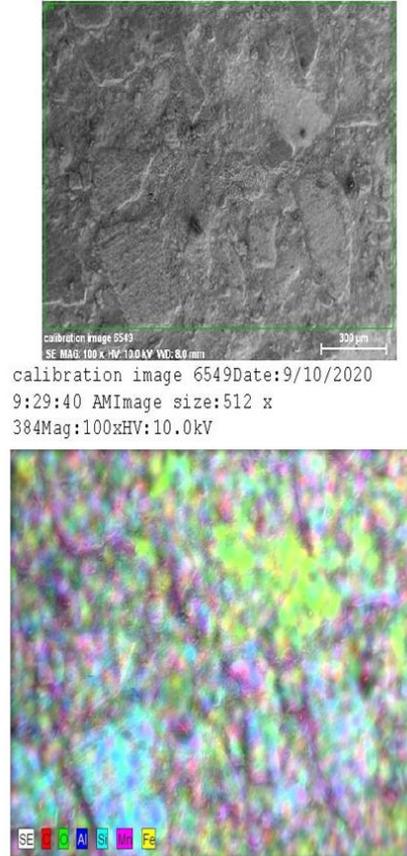
Tabel 1. Tabel hasil pengujian komposisi kimia material asli

El	AN	Series	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error [%]
Fe	26	K-series	95.98	93.10	80.53	4.4
C	6	K-series	2.86	2.77	11.16	0.5
O	8	K-series	2.26	2.19	6.61	0.4
Mn	25	K-series	2.00	1.94	1.71	0.2
Total:			103.10	100.00	100.00	

Dari hasil foto SEM, disini terlihat bahwa gambar permukaan material menunjukkan topografi yang datar dan halus dan secara morfologinya terlihat lebih halus. Kemudian

hasil pengujian komposisi kimia, unsur mangan (Mn) yang terkandung sekitar 0,2% dan unsur karbon (C) yang terkandung sekitar 0,5 %.

b. Material dengan suhu 950°C media pendingin air



Gambar 3. Permukaan dan hasil foto SEM uji komposisi kimia material dengan suhu 950°C media pendingin air

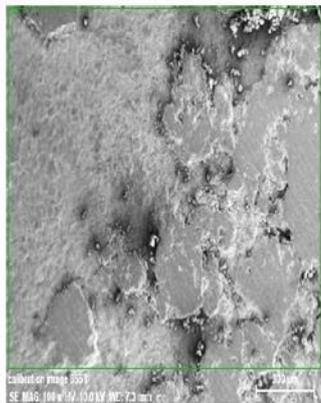
Tabel 2. Tabel hasil pengujian komposisi kimia material dengan suhu 950°C media pendingin air

El	AN	Series	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error [%]
Mn	25	K-series	54.16	53.71	32.84	2.3
O	8	K-series	22.33	22.15	46.50	2.7
Fe	26	K-series	20.41	20.24	12.17	1.1
C	6	K-series	2.40	2.38	6.65	0.4
Si	14	K-series	1.34	1.33	1.59	0.1
Al	13	K-series	0.20	0.20	0.25	0.0
Total:			100.84	100.00	100.00	

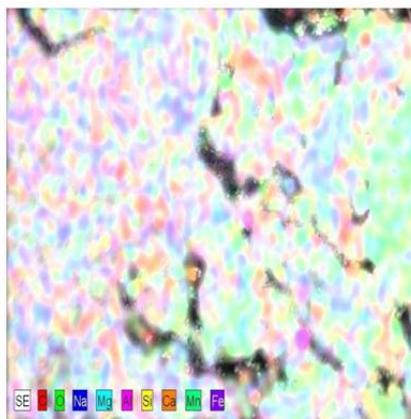
Dari hasil foto SEM, disini terlihat bahwa gambar permukaan material terlihat sedikit lebih kasar, topografinya agak sedikit lebih tidak rata dan secara morfologinya terlihat lebih kasar. Sedangkan unsur karbon (C) yang

terkandung sekitar 0,4% dan unsur mangan (Mn) yang terkandung sekitar 2,3 %, yang artinya ada perubahan unsur Mangan (Mn) di sekitar permukaan material.

Material dengan suhu 950°C media pendingin solar



calibration image 6551Date:9/10/2020
9:44:33 AMImage size:512 x
384Mag:100xHV:10.0kV



Gambar 4. Permukaan dan hasil foto SEM hasil uji komposisi kimia dengan suhu 950°C media pendingin solar

Tabel 3. Hasil pengujian komposisi kimia dengan suhu 950°C media pendingin solar

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Fe	26	K-series	47.88	52.68	26.77	2.2
O	8	K-series	21.70	23.87	42.35	2.6
Mn	25	K-series	10.54	11.59	5.99	0.5
C	6	K-series	8.93	9.83	23.23	1.2
Ca	20	K-series	1.16	1.28	0.90	0.1
Si	14	K-series	0.62	0.68	0.69	0.1
Al	13	K-series	0.06	0.06	0.07	0.0
Mg	12	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0
Na	11	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0
Total:			90.89	100.00	100.00	

Dari hasil foto SEM, disini dapat dilihat bahwa gambar permukaan terlihat lebih kasar, topografinya tidak rata dan morfologinya lebih kasar. Tidak banyak perubahan yang terjadi di karenakkan pengaruh dari media pendingin solarnya sendiri. Kemudian dari hasil pengujian komposisi kimia, unsur karbon (C) yang terkandung sekitar 1,2 % dan unsur Mangan (Mn) yang terkandung sekitar 0,5 %.

Tabel 4. Unsur yang terkandung di ketiga material dari hasil uji komposisi kimia.

Spesimen	Komposisi kimia baja karbon rendah								
	C	Mn	Ca	Mg	Na	Si	Al	O	Fe
Asli	0,5 %	0,2 %	-	-	-	-	-	0,4 %	4,4 %
950°C quench air	0,4 %	2,3 %	-	-	-	0,1 %	0,0 %	2,7 %	1,1 %
950°C quench solar	1,2 %	0,5 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,0 %	2,6 %	2,2 %

Pembahasan pengujian komposisi kimia dengan SEM - EDX dari ketiga material

Dari hasil pengujian komposisi kimia untuk ketiga material, dimana material asli mengandung unsur Karbon (C) sebesar 0,5 %, dan unsur Mangan (Mn) sebesar 0,2 %. Sedangkan material dengan suhu 950°C pendingin air mengandung unsur Karbon (C) sebesar 0,4 %, dan unsur Mangan (Mn) sebesar 2,3 %. Dan material dengan suhu 950°C pendingin solar mengandung unsur Karbon (C) sebesar 1,2 %, dan unsur Mangan (Mn) sebesar 0,5 %. Disini dapat di bahas bahwa dari hasil pengujian komposisi kimia material dengan suhu 950°C pendingin air, unsur Mangan (Mn) naik menjadi 2,3 % dibandingkan dengan unsur Mangan (Mn) yang terkandung dalam material dengan suhu 950°C pendingin solar yang hanya mengandung 0,5 %. Jadi dari kedua material, baik material dengan suhu 950°C air maupun suhu 950°C solar ada kenaikan unsur mangan dari material aslinya. Namun unsur Mangan (Mn) hanya terjadi pada material dengan suhu 950°C pendingin air, sehingga dapat di katakan bahwa matetrial dengan suhu 950°C pendingin air lebih keras di bandingkan dengan material dengan suhu 950°C pendingin solar. Gambar 4.2 dan gambar 4.3 menunjukkan perubahan unsur Mangan (Mn) yang meningkat di tandai dengan bertambah banyaknya warna merah pink sebagai warna unsur dari mangan dalam pengujian komposisi kimia.

Pembahasan baja karbon rendah yang telah di pack carburizing menggunakan serbuk batu mangan

Setelah di lakukan proses Pack Carburizing

pada material baja karbon rendah menggunakan serbuk batu mangan dengan suhu 950°C dan waktu tahan (*holding time*) selama satu jam kemudian di celup cepat pada media pendingin air dan solar. Terjadi perubahan bentuk permukaan pada material baja karbon rendah yang berpendingin air maupun material yang berpendingin solar, seperti yang dapat dilihat pada foto SEM material baja karbon rendah asli (yang tidak mendapat perlakuan) gambar permukaannya secara topografi terlihat datar dan halus kemudian morfologinya terlihat lebih halus di bandingkan dengan material baja karbon rendah yang mendapat perlakuan panas (*heat treatment*) dengan media pendingin air yang secara topografinya agak sedikit lebih tidak rata, sedangkan secara morfologinya terlihat lebih kasar dan material baja karbon rendah yang mendapat perlakuan panas (*heat treatment*) dengan media pendingin solar. Topografinya tidak rata dan morfologinya lebih kasar. Selain ada perubahan bentuk permukaan ada juga penambahan jumlah karbon yang terjadi pada material yang mendapat perlakuan (*heat treatment*) dengan media pendingin air dan media pendingin solar.

PENUTUP

Dari hasil dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Peningkatan kekerasan terjadi karena pendingin air, Karbon (C) lebih banyak membentuk kristal martensit yang lebih keras di bandingkan dengan pendingin solar. Selain itu juga dapat di mungkinkan kekerasan bertambah dengan peningkatan komposisi Mangan (Mn) sebagai salah satu unsur yang berpengaruh terhadap kekerasan baja.
2. Penambahan unsur yang terjadi pada material dengan suhu 950°C pendingin air adalah unsur Silika (Si) dan unsur Alumunium (Al) sedangkan unsur Mangan (Mn) naik menjadi 2,3 %, sedangkan penambahan unsur pada material dengan suhu 950°C pendingin solar adalah Silika (Si), Alumunium (Al), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Sodium (Na) sedangkan unsur Mangan (Mn) menjadi 0,5 %, tidak banyak perubahan yang terjadi pada material dengan suhu 950°C pendingin solar.
3. Perubahan topografi permukaan benda pada material asli pada pembesaran 512 x 384 Mag terlihat halus dan secara morfologinya terlihat lebih halus , sedangkan perubahan topografi

permukaan benda pada material dengan suhu 950°C air pada pembesaran 512 x 384Mag agak sedikit lebih tidak rata dan secara morfologinya terlihat lebih kasar, dan perubahan topografi permukaan benda pada material dengan 950°C solar tidak rata dan secara morfologinya lebih kasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, H. dan Daryanto, 1999. *Ilmu Bahan*. Jakarta, Bumi Askara
- Abdul Ghofur Affu, 2019. Perbedaan Baja Karbon Rendah, Menengah, dan Tinggi. Surabaya, ITS, slideshare.net
- An, H., & Zhang, T. (2013). Stock price synchronicity, crash risk, and institutional investors. *Journal of corporate finance*, 21(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2013.01.001>
- Alagbe, M. (2011). Effect of some carburizing media on surface hardening of low carbon steel. *Journal of Sciences and Multidisciplinary research* , vol.3
- ASM Handbook vol. 2. Pdf, 2009 Baja karbon, ASM Handbook Committee, United State