

**STRUKTUR MIKRO DAN KETEBALAN LAPISAN
BAJA KARBON RENDAH
HASIL *HOT DIPPING GALVANIZING***

Anggita Rahmawati¹, Nani Mulyaningsih², Catur Pramono³

¹Jurusan S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tidar
Email : anggitarahma2601@gmail.com

²Jurusan S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tidar
Email : nani_mulyaningsih@untidar.ac.id

³Jurusan S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tidar
Email : caturpramono@untidar.ac.id

ABSTRAK

Baja karbon rendah digunakan untuk komponen mesin-mesin industri seperti *gear*, rantai, skrup dan poros. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja ini mempunyai kombinasi sifat mekanik yang baik, tidak tahan aus, laju korosi yang buruk perlu perlakuan *surface treatment* dengan *hot dip galvanizing*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu pencelupan terhadap struktur mikro dan ketebalan lapisan *zinc* baja karbon rendah setelah dilakukan pelapisan *hot dip galvanizing*.

Penelitian ini menggunakan metode pelapisan *hot dip galvanizing* dengan suhu konstan 460°C, variasi waktu 35 detik, 55 detik, dan 75 detik untuk memperoleh ketebalan lapisan *galvanizing* yang memenuhi batas rata-rata minimum standar ISO 1461 : 1999. Penelitian ini dilakukan untuk mencari struktur mikro dan ketebalan lapisan *zinc*. Material uji menggunakan baja karbon rendah berbentuk silinder, logam pelapis menggunakan *zinc ingot*.

Hasil penelitian proses *hot dip galvanizing* tidak mempengaruhi struktur mikro dari baja karbon rendah. Ketebalan lapisan *zinc* pada pencelupan 35 detik 58,67 μm , pada pencelupan 55 detik 72 μm , dan pada pencelupan 75 detik 117,67 μm . Hasil pencelupan 35 detik, 55 detik, dan 75 detik semua memenuhi standar ISO. Disimpulkan bahwa waktu pencelupan *hot dip galvanizing* berpengaruh terhadap ketebalan, semakin lama waktu tahan pencelupan mengakibatkan semakin tebal lapisan *zinc* yang dihasilkan.

Kata kunci : Baja Karbon Rendah, *Galvanizing*, *Zinc*, Struktur Mikro, Ketebalan Lapisan.

ABSTRACT

Low carbon steel is used for components of industrial machines such as gears, chains, couplers and shafts. Low carbon steel has a carbon content of less than 0.3%. This steel has a combination of good mechanical properties, is not wear-resistant, has a poor corrosion rate and requires surface treatment with hot dip galvanizing. This study aims to analyze the effect of immersion time on the microstructure and thickness of the zinc layer of low carbon steel after hot dip galvanizing.

This study uses a hot dip galvanizing coating method with a constant temperature of 460oC, time variations of 35 seconds, 55 seconds, and 75 seconds to obtain a galvanizing layer thickness that meets the minimum average limit of ISO 1461: 1999 standards. This research was conducted to find out the microstructure and zinc layer thickness. The test material used cylindrical low carbon steel, the coating metal used zinc ingot.

The results of the research on the hot dip galvanizing process did not affect the microstructure of low carbon steel. The thickness of the zinc layer at 35 seconds of immersion was 58.67 m, at 55 seconds it was 72 m, and at 75 seconds it was 117.67 m. The immersion results of 35 seconds, 55 seconds, and 75 seconds all meet ISO standards. It was concluded that the time of hot dip galvanizing had an effect on the thickness, the longer the immersion time the thicker the zinc layer produced.

Keywords: *Low Carbon Steel, Galvanizing, Zinc, Microstructure, Layer Thickness.*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur yang pesat mempengaruhi peningkatan permintaan logam. Meningkatnya kebutuhan produksi logam baja yang terus bertumbuh setiap tahunnya menaikkan nilai baja. Total produksi dunia akan baja logam pada tahun 2017 telah mencapai 1.663 juta ton dan persentase karbon di bawah 0,3% tergolong baja karbon rendah. Baja karbon rendah umumnya dimanfaatkan untuk bagian materi mesin-mesin industri seperti rantai, gear, poros dan skrup^[6].

Baja karbon rendah memiliki banyak kegunaan dikarenakan mempunyai keuletan, ketangguhan, dan stabilitas yang baik. Penurunan kualitas logam pada periodik waktu yang lama dapat menyebabkan kerusakan.

Banyak kerusakan yang terjadi pada logam, salah satunya patahnya berbagai poros yang dapat membahayakan pemakainya. Perlindungan dibutuhkan untuk memperpanjang usia pakai dari suatu material salah satunya dengan *surface treatment*. Proses *surface treatment* salah satunya dengan cara *hot dip galvanizing*^[6]. Banyaknya manfaat yang diperoleh dari penggunaan baja karbon rendah. Salah satunya untuk diaplikasikan pada poros turbin air. Diadakannya penelitian ini untuk mengetahui pengaruh waktu pencelupan terhadap struktur mikro dan ketebalan lapisan *zinc* baja karbon rendah setelah dilakukan pelapisan *hot dip galvanizing*.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada baja varian tertentu, memiliki bagian titik laju pendinginan kritis yang mampu memperoleh kekerasan maksimal. Transformasi dari struktur *austenite* pada suhu tinggi menjadi struktur *martensite* tanpa terjadi pembentukan struktur *bainite* atau *perlite*^[7].

Waktu pencelupan *hot dipping galvanizing* mempengaruhi sifat mekanik baja karbon rendah, struktur mikro dan ketebalan lapisan. Waktu pencelupan yang lama akan mengakibatkan nilai ketebalan yang tinggi^[5].

Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan baja dengan karbon. Karakteristik baja ditentukan oleh unsur karbon dan unsur paduan lain pada proses pembuatannya. Karakteristik baja karbon dipengaruhi persentase karbon dan mikrostrukturnya. Klasifikasi baja karbon ditunjukkan pada tabel 1^[1].

Tabel 1 Klasifikasi Baja Karbon.

No.	Jenis Baja Karbon	Persentase Unsur Karbon
1.	Baja Karbon Rendah	≤0,25 %C
2.	Baja Karbon Medium	0,25-0,55 %C
3.	Baja Karbon Tinggi	≥0,55 %C

Struktur Baja Karbon

Kandungan utama baja adalah Besi (Fe) 97%, Mangan (Mn) 1,65%, Tembaga (Cu) 0,6%, Silikon (Si) 0,6%, Karbon (C) 0,2% - 2,1%, Sulfur (S) dan Fosfor (P). Karakteristik baja dipengaruhi sifat kimia serta tahap pembentukannya^[9].

Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi tetapi kekerasan dan keausan yang rendah dikarenakan kandungan karbon lebih rendah dari 0,30%.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diperoleh dengan melakukan 2 metode eksperimen dan metode literatur.

Diagram Alir



Langkah-langkah pada metode penelitian.

1. Studi Literatur

Merupakan teknik pengumpulan data dalam bentuk teori, gambar, serta tabel yang berhubungan dengan

Struktur Mikro dan Ketebalan Lapisan Baja Karbon Rendah Hasil *Hot Dipping Galvanizing*.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Alat :

Bak Penampung Larutan, Bak Pencuci, Mesin Gerinda Potong, Mesin Bor, Jangka Sorong, Neraca Digital, pH Meter, TDS Meter, Refraktometer, *Stopwatch*, Gelas Ukur, Alat Uji Struktur Mikro.

Bahan :

Baja karbon rendah bentuk silinder, Larutan *Zinc*, HCl, Kuastik Soda, Ampas, Aquades, Kawat, Cairan *Fluxing Zinc Aluminium Chloride*.

3. Pembuatan Spesimen

Ukuran spesimen yang sudah ditentukan yaitu: diameter 22 mm, tebal 3,3 mm.

4. Pelapisan *Galvanizing*

Hot dipping galvanizing adalah suatu proses *surface treatment* menggunakan *zinc*^[8].

5. Pengujian Struktur Mikro dan Ketebalan Lapisan

Pengujian akan dilakukan sesuai dengan kebutuhan data untuk analisis lebih lanjut sesuai dengan tahapan dan prosedur pelaksanaan pengujian.

6. Analisa Hasil Pengujian

Melakukan identifikasi dari data yang telah didapatkan.

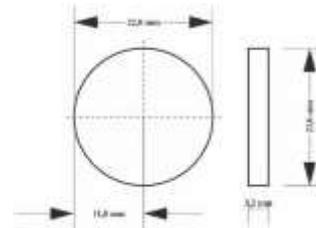
7. Kesimpulan

Hasil akhir dari sebuah percobaan dan penelitian yang dilakukan untuk mendapat kesimpulan akhir dan inti dari kajian yang dilaksanakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Spesimen

Sebelum proses *galvanizing* dilakukan pembuatan spesimen. Desain spesimen ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Desain Spesimen Spesimen dipotong sesuai standar uji.

Ukuran spesimen : ■

Diameter = 22 mm dan ■

Tebal = 3,3 mm.

Spesimen dilubangi kemudian diamplas untuk memperhalus permukaan. Ampas yang digunakan dari angka 60, 160, 360, 600, 1000 dan 2000 grit secara berurutan. Preparasi spesimen ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Preparasi Spesimen

Tahap *surface preparation* spesimen *rinsing - pickling - rinsing - drying -fluxing*. ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. *Surface Preparation* Spesimen **Proses *Hot Dipping Galvanizing***

Pelapisan *hot dipping galvanizing* adalah suatu proses *surface treatment* menggunakan *zinc*. Proses *galvanizing* menggunakan variasi waktu pencelupan 35 detik, 55 detik, 75 detik dan suhu konstan 460°C. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan *zinc* dengan konsentrasi 98%.

Penambahan aluminium komposisi 0,002 – 0,005 %.

Proses *galvanizing* dimulai dari rangkaian spesimen di letakkan pada mesin *crane*. Mesin *crane* secara perlahan menurunkan rangkaian spesimen ke dalam bak galvanis untuk proses *galvanizing*. Durasi pencelupan spesimen disesuaikan dengan variasi waktu 35 detik, 55 detik, dan 75 detik. dilakukan proses pemutaran rangkaian untuk menghilangkan sisa *zinc*. Dilanjutkan dengan proses *quenching* dengan air. Proses *galvanizing* sampai *quenching* ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Proses *Galvanizing*

Setelah proses *galvanizing* selesai dilanjutkan psproses *finishing*. Proses *finishing* yaitu meratakan bagian yang menggumpal sisa dari proses *galvanizing* dengan mesin gerinda ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 5. Proses *Finishing*

Hasil spesimen yang telah di *galvanizing* sesuai dengan varisi waktu ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 6. Spesimen Hasil Proses *Galvanizing*

Rangkaian spesimen kemudian dilepas dari kawat. Spesimen diukur beratnya menggunakan neraca digital dan diukur ketebalannya menggunakan jangka sorong. Spesimen dikelompokkan sesuai dengan pengujian.

Preparasi sebelum dilakukan Pengujian

Sebelum Pengujian Struktur Mikro dan Ketebalan Lapisan spesimen perlu dilakukan preparasi spesimen. Preparasi spesimen diresin, lalu diampas dan diautosol ditunjukkan pada gambar 7.



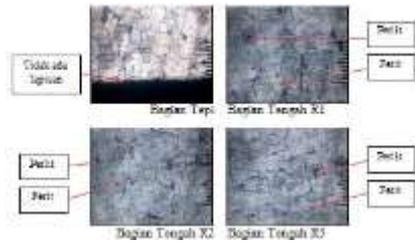
Gambar 7. Preparasi Spesimen

Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan secara mikro dilakukan untuk melihat fasa yang terbentuk. Penampakan morfologi atau mikroskopik sesuai ASM ditunjukkan pada gambar 8.

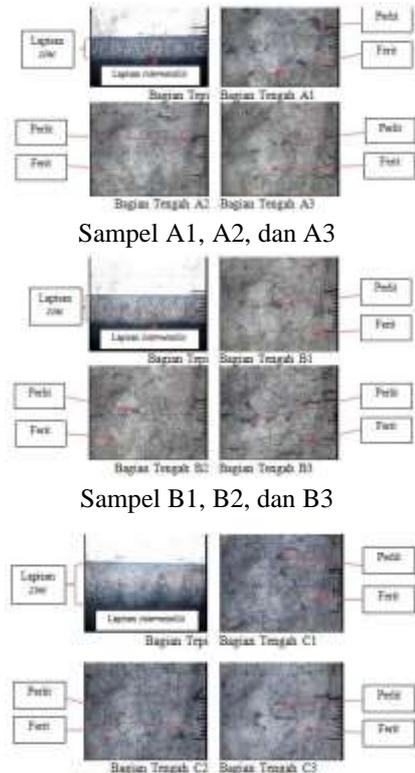


Gambar 8. Penampakan morfologi spesimen Hasil pengujian struktur mikro sampel *raw* material baja karbon rendah fasa tidak terlihat. Hasil struktur mikro didominasi oleh ferit (gelap) dan sedikit perlit (sangat gelap). Hasil pengamatan struktur mikro pada sampel *raw* material ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Struktur Mikro Sampel Raw Material

Hasil pengamatan struktur mikro baja karbon rendah tercelup suhu 460°C selama 35 detik, 55 detik, dan 75 detik fasa tidak terlihat. Hasil struktur mikro didominasi oleh ferit (gelap) dan sedikit perlit (sangat gelap). Struktur mikro sampel A, B, dan C ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Struktur Mikro Hasil Proses Galvanizing Sampel A,B, dan C

Hasil penelitian sampel A1, A2, A3 pada pencelupan 35 detik, sampel B1, B2, B3 pada pencelupan 55 detik, sampel C1, C2, C3 pada pencelupan 75 detik spesimen yang tercelup dalam suhu konstan 460°C. Fasa tidak terlihat pada hasil struktur mikro baja karbon rendah.

Hasil struktur mikro didominasi oleh ferit (gelap) dan sedikit perlit (sangat gelap).

Pergerakan dan difusi atom Zn membawa panas ke spesimen membuat struktur mikro tidak berubah. Tampak perlit dan ferit terlihat sama saja dengan raw material. Lama pencelupan tidak berpengaruh terhadap struktur mikro pada spesimen karena membutuhkan panas yang cukup.

Menurut Rokhman, (2019) komposisi maksimum C pada baja karbon rendah adalah 0,022% pada suhu 727°C. Pada penelitian ini pencelupan spesimen baja karbon rendah pada suhu 460 °C jadi struktur mikro tetap pada ferit dan perlit.

Perlit sangat sedikit yang memiliki sifat keras dan ulet. Ferit yang memiliki sifat lunak dan ulet. Ferit sangat mendominasi struktur mikro dari baja karbon rendah, yang membuat baja karbon rendah memiliki sifat lunak dan ulet.

Pengujian Ketebalan Lapisan

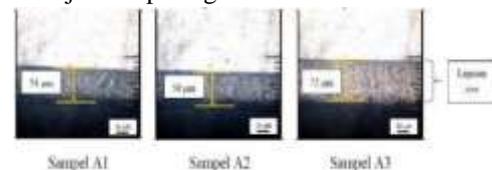
Pengujian ketebalan lapisan dilakukan untuk mengetahui nilai ketebalan lapisan zinc dari spesimen yang telah di galvanizing perlu dilaksanakan pengujian material dengan metode mikroskopik atau penampakan morfologi sesuai ASM^[3].

Sampel R1, R2, dan R3 tidak terlihat hasil ketebalan lapisan zinc dikarenakan tidak dilakukan proses galvanizing yang ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Sampel R1, R2 dan R3. Jadi ketebalan lapisan zinc pada sampe R1, R2 dan R3 adalah 0.

Sampel A1, A2, dan A3 dilakukan pencelupan 35 detik pada proses galvanizing ditunjukkan pada gambar 12.



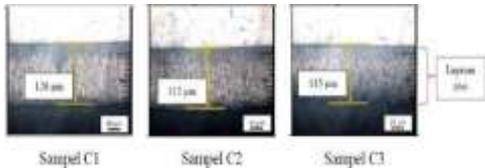
Gambar 12. Sampel A1, A2 dan A3
 Hasil ketebalan lapisan *zinc* pada spesimen baja karbon rendah adalah A1 = 54 μm , A2 = 50 μm , dan A3 = 72 μm .

Sampel B1, B2, B3 dilakukan pencelupan 55 detik pada proses *galvanizing* ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Sampel B1, B2 dan B3
 Hasil ketebalan lapisan *zinc* pada spesimen baja karbon rendah adalah B1 = 70 μm , B2 = 74 μm , dan B3 = 72 μm .

Sampel C1, C2, C3 dilakukan pencelupan 75 detik pada proses *galvanizing* ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14. Sampel C1, C2 dan C3
 Hasil ketebalan lapisan *zinc* pada spesimen baja karbon rendah adalah C1 = 126 μm , C2 = 112 μm , dan C3 = 115 μm . Hasil uji ketebalan lapisan *zinc* ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Ketebalan Lapisan *Zinc*

No	Nama Sampel	Lama Pencelupan (detik)	Ketebalan lapisan (μm)	Rata-rata Ketebalan lapisan (μm)
1.	R1	-	0	0
2.	R2		0	
3.	R3		0	
4.	A1	35	54	58,67
5.	A2		50	
6.	A3		72	
7.	B1	55	70	72
8.	B2		74	
9.	B3		72	
10.	C1	75	126	117,67
11.	C2		112	
12.	C3		115	

Sampel A mengalami peningkatan ketebalan disebabkan oleh penempelan ion-ion *zinc* mulai menempel pada spesimen A dengan waktu pencelupan 35 detik ion-ion yang menempel baru sedikit karena waktu pencelupan yang singkat.

Spesimen B mengalami peningkatan ketebalan dari spesimen A. disebabkan oleh

penempelan ion-ion *zinc* yang memiliki waktu pencelupan lebih lama. Lama masa celup maka makin tinggi ion-ion *zinc* yang melekat dalam sampel B.

Sampel C mengalami peningkatan ketebalan dari spesimen B disebabkan oleh penempelan ion-ion *zinc* yang memiliki waktu pencelupan lebih lama, makin lama masa pencelupan maka makin tinggi ion-ion *zinc* yang melekat dalam sampel C. Hasil Uji Ketebalan dengan standar ISO ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 15. Hasil Uji Ketebalan dengan standar ISO

Hasil uji ketebalan pada grafik terlihat adanya kenaikan yang signifikan antara spesimen *raw* material dan spesimen yang dilakukan pencelupan. Spesimen *raw* material sebagai sampel yang tidak diberi perlakuan atau tidak dilakukan pencelupan maka nilai ketebalan lapisan *zinc* 0 μm .

Lama pencelupan berpengaruh terhadap peningkatan nilai ketebalan. Penempelan ion-ion *zinc* pada spesimen baja karbon rendah sesuai dengan teori membutuhkan waktu yang cukup.

Perpindahan ion-ion elektrolit menyebabkan lapisan *zinc* mengalami mengalami peningkatan yaitu pada pencelupan 35 detik ke 55 detik dan dari 55 detik ke 75 detik.

Hasil rata-rata ketebalan lapisan *zinc* pada pencelupan 35 detik adalah 58,67 μm , pada pencelupan 55 detik adalah 72 μm , dan pada pencelupan 75 detik adalah 117,67 μm . Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Galuh Sakin Nurhazna (2019) semakin lama waktu pencelupan semakin tinggi nilai ketebalannya^[8].

Hasil penelitian ini semua sudah memenuhi batas rata-rata minimum standar

ISO 1461 : 1999 yaitu sebesar 55 μm untuk bentuk plat dan 50 μm untuk bentuk silinder.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Struktur Mikro dan Ketebalan Lapisan Zinc Baja Karbon Rendah Hasil *Hot Dipping Galvanizing* ini adalah :

1. Proses *hot dip galvanizing* pada suhu 460°C tidak merubah struktur mikro dari baja karbon rendah.
2. Waktu *galvanizing* berpengaruh terhadap ketebalan. Waktu pencelupan yang lama akan mengakibatkan semakin tingginya nilai ketebalan. Hasil ketebalan lapisan *zinc* pada pencelupan 35 detik adalah 58,67 μm , pada pencelupan 55 detik adalah 72 μm , dan pada pencelupan 75 detik adalah 117,67 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aini, Nur. 2016. "Perilaku Korosi Baja Aisi 1021 Dan Aisi 304 Dalam Berbagai Media Asam". Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [2] Fikri H.A, Arya M.S. 2019. "Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pencelupan Pada Proses *Hot Dip Galvanizing* Baja ST 41 Bentuk Plat dan Silinder Terhadap Ketebalan Permukaan". Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Jurnal Teknik Mesin, Vol 7, No 3 (2019).
- [3] Hermawan, Hanung. 2017. "Pengaruh Kuat Arus Pada Proses *Anodizing* Terhadap Karakteristik Velg Mobil Merk BSA". Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar. *Journal of Mechanical Engineering*, Vol 1, No 1 (2017).
- [4] Khabibullah, Muhammad. 2019. Pengaruh Bentuk Baja Pelapisan *Hot Dip Galvanizing* Terhadap Laju Korosi pada Baja ST 41. Jurusan Teknik Mesin. Volume 07 Nomer 03 Tahun 2019, Hal 93-100.

- [5] Mahendra Sakti, Arya A. 2021 "Analisa Waktu Pemanasan dan Temperatur Pemanasan Pada Proses *Blackening* Baja ST41 Bentuk Plat dan Silinder Terhadap Ketebalan Lapisan Permukaan dan Uji Bending", Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, Vol 11 No.1 (2021): JPTM. Volume 11 No.1 Tahun 2021.
- [6] Media Nofri, Acang Taryana. 2017. "Analisis Sifat Mekanik Baja Skd 61 Dengan Baja ST 41 dilakukan *Hardening* dengan Variasi Temperatur". Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jaya. Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik UPN Veteran Jakarta, Vol 13, No 2 (2017).
- [7] Prasetyo, Hendra. 2021. "Analisa Laju Korosi Akibat Proses *Heat Treatment* Bertingkat pada Baja Karbon ST 41". Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Pancasakti Tegal.
- [8] Sakin Nur Hazna, Galuh. 2019. "Analisa Laju Korosi Pada Proses *Blackening* Baja ST 41 Bentuk Plat dan Silinder Dengan Variasi Lama Pencelupan dan Media Korosi". Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Vol 8 No.2 2019.
- [9] Sulis Y, Irvan A.W. 2012. "Pengaruh Waktu Tahan *Hot Dip Galvanized* Terhadap Sifat Mekanik, Tebal Lapisan, Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah". Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta.