ANALISA PENGARUH JARAK TEMBAK PERMUKAAN MAHKOTA PISTON *HI JET* 1000 MENGGUNAKAN METODE *THERMAL BARRIER COATING* DENGAN MATERIAL SERBUK *HYDROXYAPATITE*

KURNIA DENNI PRABOWO

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik,

Universitas Muhammadiyah Semarang

e-mail : denni_prabowo@yahoo.com

ABSTRAK

Keausan pada piston dikarenakan kondisi kerja piston yang bekerja menahan temperatur. Salah satu cara untuk memperkuat piston adalah dengan cara pelapisan. Teknik pelapisan dengan metode *Thermal Barrier Coating* banyak digunakan didunia penerbangan khususnya untuk pembuatan turbin. Pada penelitian ini, *Hydroxyapatite* telah berhasil dilapiskan pada permukaan substrat piston menggunakan metode *Thermal Barrier Coating* dengan alat *flame spray*. Untuk melihat karakteristik dan sifat mekanik dilakukan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk melihat struktur permukaan lapisan, mikroskop makro untuk melihat penampang samping, uji kerekatan untuk mengetahui tingkat kerekatan lapisan dan uji konduktifitas thermal untuk mengetahui sejauh mana lapisan mampu menahan suhu. Hasil pengujian menunjukkan pelapisan dengan jarak 10 cm dengan ketebalan pelapis 290 μm mempunyai struktur mikro yang bagus, diffusi secara merata, tingkat kerekatan yang bagus (kategori 4B) dan konduktifitas *thermal* rendah serta mampu menahan panas cukup baik. Nilai resistant thermal yang dihasilkan sebesar 8,10795 K/w dan paling signifikan dan resistant untuk menghalangi panas yang masuk ke substrat yang paling besar.

Kata kunci : Piston, *hydroxyapatite*, *Flame Spray*, *Coating*.

1. PENDAHULUAN

Piston atau torak merupakan salah satu komponen vital dalam kendaraan bermotor dan bekerja setelah terjadi ledakan pada ruang bakar (Abdillah f, Achmad N, 2010). Piston terbuat dari paduan aluminium dengan komposisi yang dominan alumunium dan silicon (Solechan, 2010). Piston bekerja dengan setang piston (*connectingrod*) dalam gerakan turun naik dari *crankshaft* (Nurhadi, 2010) Piston bekerja tanpa henti selama mesin hidup dan menerima temperature pada tekanan tinggi sehingga mutlak memiliki daya tahan tinggi (Delo, 2012).

Radimin, Abdillah F, dan Achmad N (2014) membuat piston komposit mobil Daihatsu *Hi Jet* 1000 dengan metode *squeeze casting* sebelum dilapisi dengan *Thermal Barrier Coating*. Hasilnya kekerasan naik 20%, interface sempurna, dan keausan rendah, tetapi memiliki kelemahan pada ketangguhan, ketahanan panas, korosi dan pemuaian yang besar. Untuk meningkatkan ketangguhan, ketahanan panas, dan menurunkan muai piston komposit melakukan proses perlakuan panas pada temperatur 505^{o}C, *holding time* 2 jam di *quenching* oli SAE 40. Proses aging temperatur 400^{o}C dan waktu 5 jam. Hasilnya terjadi peningkatan ketangguhan, ketahanan panas dan menurun, tetapi sifat mekanik ini masih dibawah standar piston original. Maka pada riset ini, ingin melanjutkan riset sebelumnya yang masih banyak kekurangan. Untuk meningkatkan sifat mekanik dan performa piston komposit. Riset ini ingin meningkatkan kualitas prototipe piston komposit dari limbah

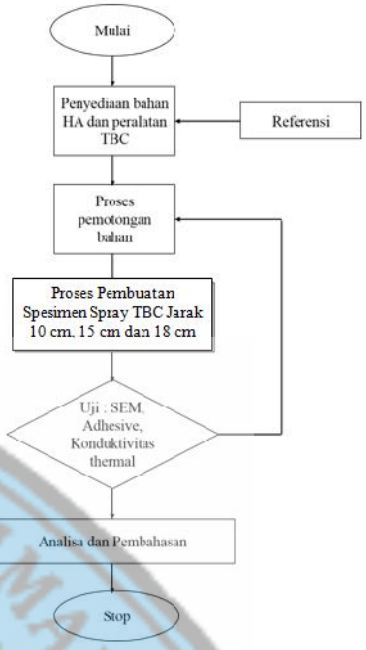
repository.unimus.ac.id

piston berpenguat silikon karbida menggunakan *Thermal Barrier Coating*.

A.J Helmisyahet. Al (2011), melakukan *Thermal Barrier Ceramic Coating* pada kepala piston menggunakan *spray thermal coating* dengan partikel zirconia (YPSZ) dan timah. Hasilnya nilai *heatflux* dan kondukvitas thermal menurun, ketangguhan, dan muai piston menjadi lebih baik.Selain itu, pembakaran semakin sempurna dan konsumsi bahan bakar menjadi rendah. Melakukan pelapisan kepala piston metode *Thermal Barrier Coating* menggunakan *thermal spraying techniques* dengan *Yttria – Stabilized Zirconia (YSZ)* dan *Silicon Nitride* (SN). Thermal conductivities 10 W/mK, dan ketebalan dari 0.1 mm sampai 4.5 mm. Hasilnya tenaga mesin meningkat, emisi berkurang, intrafece kuat, transfer panas menurun, dan muai kecil.

2. METODE PENELITIAN

Hydroxyapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$,HA) merupakan *biomaterial* anorganik penting yang menarik perhatian peneliti terkait bidang *biomaterial* dalam beberapa tahun terakhir, karena kesamaan kimia dan struktural dengan fase mineral tulang dan gigi, *hydroxyapatite* secara luas digunakan untuk memperbaiki jaringan keras, akibatnya *fosfat anorganik* ini telah dipelajari secara ekstensif untuk aplikasi berupa serbuk, komposit atau bahan pelapis (Weng, 2000). Penelitian ini menggunakan Metode *Thermal Barier Coating* dengan alat *flame spray*.



Gambar 1. Alur Penelitian

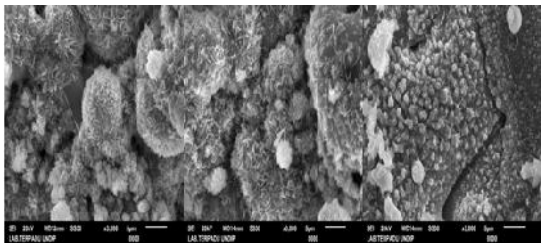
Tahap awal pelapisan

Setelah benda kerja mencapai suhu tersebut dilakukan penyemprotan serbuk hydroxyapatite untuk melapisi piston. Pelapisan dilakukan seperti melakukan penyemprotan cat dari atas kebawah secara merata dihitung sekali lapisan, jarak melakukan penyemprotan dilakukan dengan jarak 10 cm, 15 cm dan 18 cm dan hal ini dilakukan pelapisansesuai dengan kebutuhan. Setelah pelapisan selesai, untuk menganalisa data dilakukan uji SEM, struktur makro, uji kerekatan dan uji konduktifitas thermal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

HA yang di *coating* pada piston *Hi Jet* 1000, setelah proses pelapisan dilakukan uji SEM untuk melihat struktur mikro dari *hydroxyapatite.* Hasil pengujian dari ketiga spesimen terlihat pada **Gambar 2**.

repository.unimus.ac.id

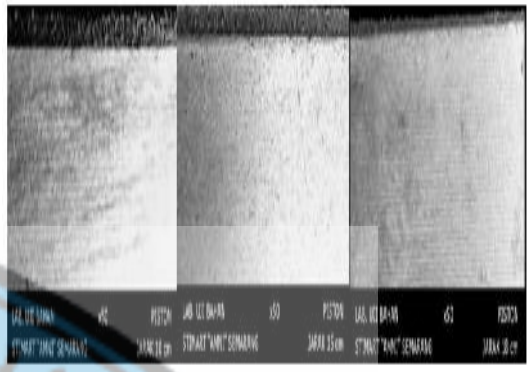


Gambar 2. Hasil uji SEM 3000x spesimen pertama, kedua dan ketiga

Selama proses penyemprotan serbuk yang berukuran kecil benar – benar meleleh dan sedangkan yang berukuran besar tidak meleleh secara merata sehingga bentuknya tidak beraturan (Tong, 1996). Pada hasil uji *Scanning Electron Microscope* seperti yang ditunjukkan pada pelapisan pada jarak tembak 18 cm tampak struktuk masih banyak yang berongga, hal ini disebabkan kurang terbukanya pori pori dari subtract. Pada hasil uji SEM pada jarak tembak 15 cm tampak struktur masih berongga tetapi lebih sedikit dibandingkan pada pengujian jarak tembak 18 cm. Sementara pada pengujian pada jarak tembak 10 cmstruktur menjadi padat, hal ini menunjukkan bahwa pelapisan pada jarak tembak 10 cm yang terbaik dibanding dengan parameter jarak tembak 15 cm dan 18 cm.

Persyaratan lapisan yang berfungsi sebagai lapisan proteksi adalah homogen, daya lekat tinggi, tidak ada kerusakan mikro maupun makro baik yang berupa retak atau terkelupas, akibat retak mikro maupun makro oksigen akan masuk kedalam lapisan (Jones, 1992). Selain dari ukuran serbuk yang tidak sama yang mengakibatkan hasil lapisan yang berongga, kerusakan secara mikro yang tidak dapat dilihat dengan mata juga berakibat oksigen dapat masuk kedalam lapisan sehingga lapisan yang dihasilkan berongga.

Hasil uji struktur makro dari ketiga spesimen terlihat pada **Gambar 3**. Dengan ketebalan lapisan pada spesimen pertama 0,17 mm, spesimen kedua 0,27 mm dan spesimen ketiga 0,47 mm.



Gambar 3. Hasil Uji Ketiga Spesimen Pembesaran 50x

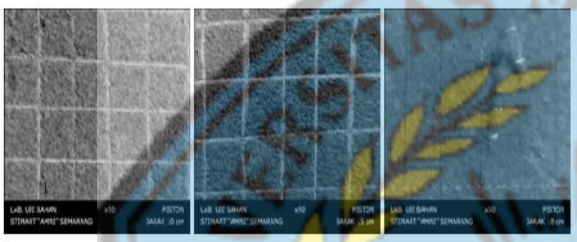
Pelapisan menghasilkan pencapaian adhesiyang baik apabila pelapis masuk ke substrat (Chen et al, 2005). Dari hasil pelapisan pada lapisan pada jarak tembak 18 cm, titik – titik yang terjadi diffusi atau pelapis hydroxyapatite yang masuk ke substrat tidak merata hal ini disebabkan pada jarak tembak 18 cm pori-pori permukaan piston belum sepenuhnya terbuka. Selama proses penyemprotan serbuk yang berukuran kecil benar – benar meleleh dan sedangkan yang berukuran besar tidak meleleh secara merata sehingga bentuknya tidak beraturan (Tong, 1996). Pada jarak 15 cm pori-pori permukaan piston mulai terbuka dengan baik sehingga terjadi difusi, hal ini disebabkan ketika ukuran butir yang keluar dari flame spray tanpa ada gumpalan dan meleleh dengan baik secara merata hasilnya lapisan yang meleleh dapat masuk ke substrat yang lebih dulu dipanasi untuk membuka pori – pori. Serbuk yang meleleh dan masuk ke dalam substrat membentuk difusi lapisan untuk mengikat pelapis dengan substrat. Pada spesimen kedua dan ketiga difusi cukup merata namun pada spesimen ketiga struktur atas terbentuk lebih baik.

repository.unimus.ac.id

Penyebabnya pada saat proses penyemprotan dengan jarak 10 cm pori-pori permukaan piston terbuka lebih besar sehingga difusi terjadi lebih baik. Pada ketiga spesimen tidak terjadi void – void dalam substrat hal ini ditunjukkan pada gambar ketiga spesimen diatas hanya terjadi diffusi lapisan dengan kedalaman yang tidak terlalu besar.

Terjadi void apabila serbuk hydroxyapatite masuk kedalam piston dengan bentuk bintik – bintik.

Hasil Uji kerekatan dari ketiga spesimen ditunjukkan pada Gambar 4, Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3



Gambar 4. Hasil uji kerekatan spesimen pertama, kedua dan ketiga

Tabel 1. Hasil Uji *Adhesive* Spesimen Pertama

Spesimen	Hasil Uji 1	Hasil Uji 2	Hasil Uji 3
Pelapisan Jarak 10 cm	4B	4B	4B
Prosentase	3%	3%	3%

Tabel 2. Hasil Uji *Adhesive* Spesimen Kedua

Spesimen	Hasil Uji 1	Hasil Uji 2	Hasil Uji 3
Pelapisan Jarak 15 cm	3B	3B	3B
Prosentase	5%	5%	7%

Tabel 3. Hasil Uji *Adhesive* Spesimen Ketiga

Spesimen	Hasil Uji 1	Hasil Uji 2	Hasil Uji 3
Pelapisan Jarak 18 cm	3B	3B	3B
Prosentase	5%	7%	5%

Dari hasil uji ketiga spesimen dapat dianalisa, pelapisan pada mempunyai adhesive yang paling bagus adalah pada jarak tembak 10 cm dibandingkan dengan spesimen pada jarak tembak 15 cm dan 18 cm. Penyebabnya adalah pada jarak tembak 10 cm pori-pori permukaan lebih terbuka dibandingkan dengan jarak 15 cm dan 18 cm.

Hasil uji konduktifitas thermal dari ketiga spesimen hasil coating ditunjukkan pada Gambar 5 dan Tabel 4.

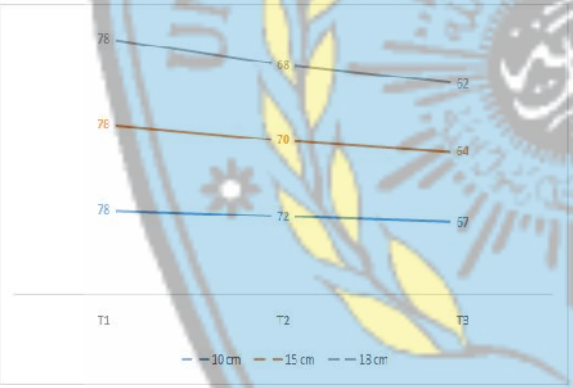
Tabel 4. Hasil uji konduktifitas thermal

	T_1 ^oC	T_2 ^oC	T_3 ^oC	t detik
Tanpa lapisan	78	75	70	20
Piston Jarak Tembak 10 cm	78	72	67	20
Piston Jarak Tembak 15 cm	78	70	64	20
Piston Jarak Tembak 18 cm	78	68	62	20

Berdasarkan data ketebalan lapisan dari pengujian mikroskop makro diperoleh data sebagai berikut, tebal piston = 13,5 mm, tebal HA jarak tembak 10 cm = 0,29 mm = 0,00029 m, jarak tembak 15 cm = 0,2mm = 0,0002 m, jarak tembak 18 cm = 0,1 mm = 0,0001 m. Dengan ketebalan yang berbeda suhu yang dihasilkan dari proses pengujian panas juga memiliki perbedaan. Berdasarkan perhitungan untuk mencari konduktifitas thermal dari berbagai ketebalan lapisan diperoleh nilai kb1 = 2,1226 w/m.K, kb2= 2,5943 w/m.K dan Kb3= 2,2530 w/m.K. Sehingga dapat dirata – rata nilai kb hydroxyapatite adalah 2,1428 w/m.K.

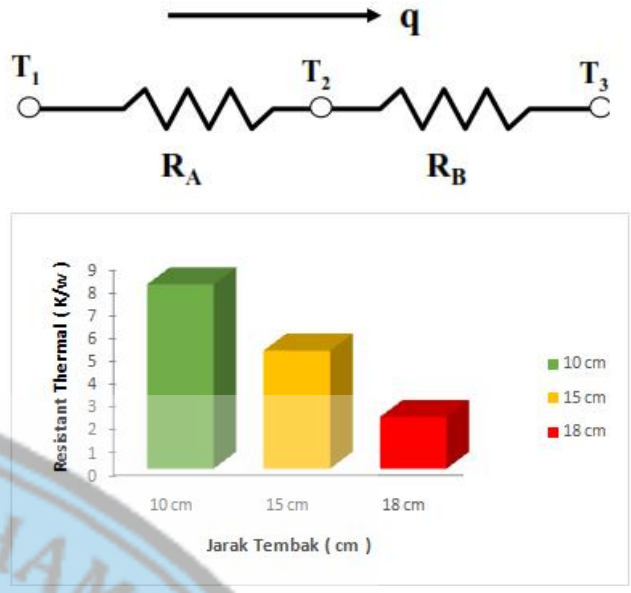
repository.unimus.ac.id

Menurut Charles (1980), pada bahan konduktor, suhu akan terdistribusi sepanjang permukaan konduktor sehingga membuat lintasan untuk mengalirkan panas dari tempat dengan jumlah panas lebih banyak (suhu tinggi) ke tempat dengan jumlah panas lebih sedikit (suhu rendah). Hasil uji konduktifitas thermal pada spesimen pertama dengan ketebalan 290µm, terjadi penurunan suhu namun tidak signfikan. Hasil uji konduktifitas thermal pada spesimen kedua dengan ketebalan 200µm, terjadi penurunan suhu lebih besar dibanding dengan spesimen yang pertama. Hasil uji konduktifitas thermal pada spesimen ketiga dengan ketebalan 100µm, terjadi penurunan suhu lebih besar dibanding dengan spesimen yang kedua. Semakin pendek sampel uji semakin besar konduktifitas panasnya, perbedaan suhu terlihat dimana bagian atas sample suhunya lebih rendah dibanding bagian bawah karena bagian bawah langsung menerima panas dari kompor (Mirdyanto et al, 2000).



Gambar 5. Grafik penurunan suhu

Semakin pendek sampel uji semakin besar konduktifitas panasnya, perbedaan suhu terlihat dimana bagian atas sample suhunya lebih rendah dibanding bagian bawah karena bagian bawah langsung menerima panas dari kompor (Mirdyanto et al, 2000). Analisa dari hasil uji konduktifitas panas adalah semakin tebal lapisan yang menempel pada permukaan spesimen maka penurunan suhunya juga semakin besar. Gambar 6 adalah grafik resistant thermal. Untuk menghitung resistant thermal menggunakan rumus laju perpindahan panas.



Gambar 6. Grafik resistant thermal

Semakin besar volume partikel semakin besar resistant yang ditimbulkan karena volume ini menghalangi panas yang masuk ke material (Pringgo, 2014). Berdasarkan data tabel dan hitungan resistant dapat dianalisa bahwa semakin tebal lapisan yang terbentuk semakin besar juga resistant yang ditimbulkan untuk menghalangi panas yang masuk ke substrat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari ketiga spesimen yang telah diteliti, pelapisan menggunakan hydroxyapatite pada jarak penyemprotan 10 cm dengan ketebalan pelapis 290 µm mempunyai struktur mikro yang paling bagus, tingkat kerekatan yang paling bagus (kategori 4B), dan terjadi difusi permukaan secara merata.
2. Dari ketiga spesimen yang telah diteliti, pelapis menggunakan hydroxyapatite dengan jarak tembak 10 cm dengan ketebalan pelapis 290 µm mampu menurunkan panas yang diterima oleh substrat8,10795 K/w dan paling signifikan dan resistant untuk menghalangi panas yang masuk ke substrat yang paling besar.

repository.unimus.ac.id

Berdasarkan penelitian pelapisan *hydroxyapatite* pada permukaan piston yang telah dilakukan, saran untuk penelitian berikutnya adalah sebagai berikut :

1. Perhatikan ukuran butir serbuk untuk alat *flame spray* hanya *compatible* dengan serbuk ukuran *micron*, usahakan serbuk *hydroxyapatite* tidak ada yang menggumpal atau lakukan penyaringan dengan penyaring yang bagus sehingga ketika serbuk disemprotkan dengan *flame spray* dapat meleleh dengan sempurna.
2. Sebaiknya untuk melakukan pelapisan permukaan mahkota piston dilakukan dengan jarak tembak minimal 10 cm atau semakin pendek jarak tembak penyemprotan terhadap permukaan piston lebih bagus seperti pada spesimen pertama dengan jarak tembak 10 cm karena semakin dekat jarak tembak semakin bagus untuk menahan suhu yang akan diterima oleh substrat.

5. REFERENSI

1. Achmad N, Fuad Abdillah, 2013, Studi Pelapisan Silender Head Dengan *Thermal Barrier Coating* Menggunakan *Zirconia* Melalui *Spray Thermal Coating*, Jurnal Gardan, Vol 1 No 1, ISSN: 2338-2775, hal 7-12.
2. *ASM International. All Rights Reserved Aluminum-Silicon Casting Alloys*: Atlas Microfractographs, 2004.
3. ASTM C 177 – 1997 Standart Uji Konduktifitas *Thermal.*
4. ASTM D 3359 – 02 *Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test*.
5. ASTM F 1372 – 93 (Reapproved 2005) *Standard Test Method forScanning Electron Microscope (SEM) Analysis of MetallicSurface Condition for Gas Distribution SystemComponents*.
6. Blunt, Jane and Balchin, N. C, 2001*,"Engineering Materials Properties and Selection,"*pp. 517–536..
7. Book *Thermal Barrier Coatings*, 2011. www.jepistons.com, Piston Terminology, (Diakses pada tanggal 20 Juni 2017).
8. Buku *Thermal Barrier Coating* 2011. oleh *Hiubin Xu and Hongbo Guo* diterbitkan oleh *woodhead publishing* hal 4.
9. Delo., 2012., *Piston Assemblies., visit Chevron U.S.A.Inc.Intellectual Property LLC*. (UweSchilling, 2010).
10. Freddy A Gautama.(2009), "*Effect of Heat Treatment on The Mocrostructure and Mechanical Properties Of Fe-based amorphous coatings", Journal of Alloy and Compound,* 480:422-427.
11. G Sivakumar, 2012. *"Enhancement of wear and corrosion resistance of iron-based hard coatings deposited by HVOF". Surface and Coating Technology. 249,. Hal.24-41.*
12. *Leroux, F; Campagne, C; Perwuelz, A; Gengembre, L (2008). "Fluorocarbon nano-coating of polyester fabrics by atmospheric air plasma with aerosol".*
13. Madaeni,S.S, Aalami, M.E., Daraei, P.(2008). *"Preparation and characterization of metallic membrane using wire arc spraying". Journal of membrane Science,* 320 Hal.541-548.
14. Mahadevan. R dan R Gopal. ,2008. , *Selectively reinforced squeeze castpistons., Proceedings of 68th World Foundry Congress., India., hal.379-383.*
15. N. P. Padture, K. W. Schlichting, T.Bhatia , A.Ozturk, E.H. Jordan, 2004, Towards Durable Thermal Barrier Coatings With Novel Microstructures Deposited By Solution – Precursor Plasma Spray, Acta Materialia Inc. Elsevier Science Ltd.
16. Nurhadi.,2010.,Studi Karakterisasi Material Piston dan Pengembangan Prototipe Piston.
17. Paulussen, S; Rego, R; Goossens, O; Vangeneugden, D; Rose, K (2005). *"Plasma polymerization of hybrid organic–inorganic monomers in an atmospheric pressure dielectric barrier discharge". Surface and Coatings Technology*.
18. S. Bose, 2007. *Processing & Characterization of Nickel-Aluminide Coating On Metal Substrates. Master Of Technology In Mechanical Engineering*

repository.unimus.ac.id

Thesis. National Institute of Technology, Rourkela
19. Solechan., 2010., Studi pembuatan material piston menggunakan limbah piston bekas
20. Uwe Schilling, Alexander Scahfer., 2010., Piston Damage., MSI Motor service international Gamb H., Neckarsium., Part-No 50 009973-02
21. Weng Jie, Wang Min, Chen Jiyong, 2001, Plasma-sprayed calcium phosphate particles with high bioactivity and their use in bioactive scaffolds, Biomaterial ;23: 2623-2629.
22. Zheng, Z.B., Zheng,Y.G., Sun, W.H., 2015. "Effect of heat treatment on t he han.
structure, cavitation erosion and erosion-corrosion behavior of Fe-Based amourphous coating". Tribology International. Author's Manuscript.
23. www.academia.edu
(Diakses pada tanggal 20 Juni 2017)
24. www.competitiveedgecoatings.com
(Diakses pada tanggal 20 Juni 2017)
25. www.jepistons.com
(Diakses pada tanggal 20 Juni 2017)
26. www.raftquality.blogspot.co.id
(Diakses pada tanggal 20 Juni 2017)
27. www.rfsystemlab.us/glossary/piston/
(Diakses pada tanggal 20 Juni 2017)
28. www.tungsten-powder.com
(Diakses pada tanggal 20 Juni 2017)

repository.unimus.ac.id