

PENGARUH TEMPERATUR *PREHEATING* PISTON HIJET 1000 DENGAN METODE *THERMAL BARRIER COATING* MENGGUNAKAN *FLAME SPRAY GUN* DAN MATERIAL HYDROXYAPATITE

HERYUSA ROIMANSYAH

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik,

Universitas Muhammadiyah Semarang

e-mail : heryusa13@gmail.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 elctron 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 temperature preheating 300°C mempunyai ketebalan 0,29 mm, struktur mikro yang bagus, difusi secara merata, tingkat kerekatan yang bagus (kategori 4B) dan konduktifitas thermal rendah serta mampu menahan panas cukup baik. Nilai resistant thermal yang dihasilkan sebesar 8,10 K/w.

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

1. PENDAHULUAN

Salah satu kasus kerusakan pada suku cadang yang sering ditemui pada alat transportasi selama ini adalah keausan piston. Keausan pada piston dikarenakan kondisi kerja piston yang bekerja menahan temperatur yang tinggi, tekananyang besar dan gaya gesek secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama, sehingga piston mengalami keausan (Nurhadi, 2010). Hal inilah yang menyebabkan komponen piston perlu dilakukan penggantian dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan penggunaan (Purnomo, 2010). Faktor penyebab rusaknya piston yaitu keausan material, bahwa material yang digunakan kurang mampu menahan temperatur yang tinggi dan juga gesekan. Gesekan antara silinder dan cincin piston yang menyebabkan keausan (Samsudi 2008).

Pada penelitian ini fokus masalah yang diteliti adalah piston Hi-jet 1000 karena relatif mudah didapat dan komposisi kimia termasuk paduan Al-Si 84,19 % Al dan 10,7% Si (Nurhadi, 2010). Salah satu upaya untuk memperkuat piston yang dilakukan yaitu dengan pelapisan Thermal Barrier Coating. Lapisan keramik sering digunakan untuk memberikan perbaikan pada keausan, korosi, erosi, dan panas dalam desain (Baalaganapathy Manohar, 2015). Meskipun pelapis menunjukkan ketidakpastian dan variabilitas yang berlebihan, Thermal Barrier Coating (TBCs) pada mesin pembakaran dalam ruangan masih menjadi bahan penelitian terutama untuk mengurangi penolakan panas di silinder pada mesin adiabatik. TBC biasanya digunakan pada substrat piston

untuk melindungi mereka secara termal agar temperatur operasi lebih tinggi. (Baalaganapathy Manohar, 2015).

Shailesh Dhomne et. al (2014), melakukan pelapisan kepala piston metode thermal barrier coating menggunakan thermal spraying techniques dengan

Yttria-Stabilized Zirconia (YSZ), namun dari penelitian tersebut tidak diketahui berapa temperatur yang digunakan untuk memperoleh hasil tersebut. Hasilnya tenaga mesin meningkat, emisi berkurang, transfer panas menurun, korosi, abrasi, dan muai kecil. Teknik pelapisan yang dilakukan oleh Baalaganapathy dan kawan – kawan (2015) menggunakan plasma spray dengan serbuk zirconia, hasilnya partikel serbuk zirconia pada temperatur preheating pelapisan 190°C, 230°C, dan 250°C, hasilnya sifat keretakan atau adhesive dan konduktifitas panas pada suhu dibawah 250° C belum baik karena temperatur preheating kurang tinggi sehingga pori pori permukaan piston belum terbuka sempurna dan menyebabkan pelapisan belum optimal.

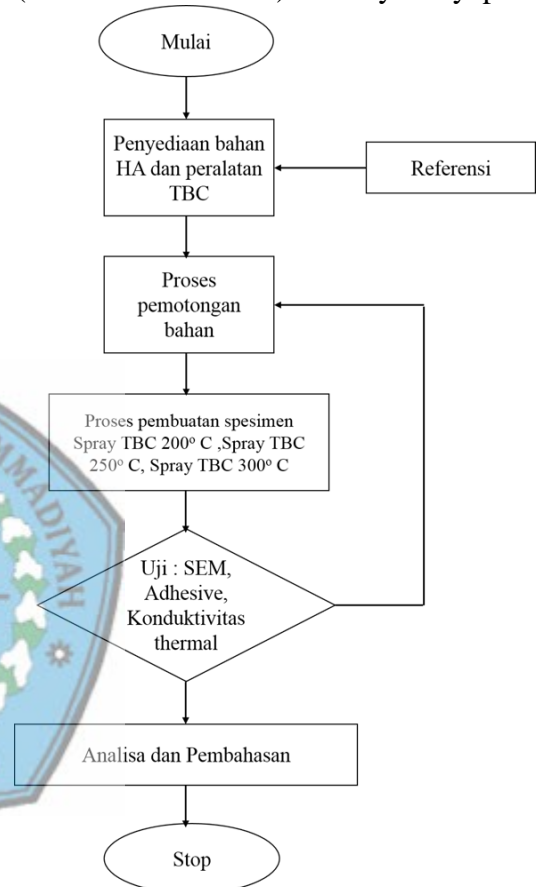
. Dengan mempertimbangkan berbagai hal, seperti peralatan yang tidak terlalu mahal, serbuk untuk pelapisan, teknik yang digunakan, dan masih jarang nya penelitian yang menggunakan metode thermal barrier coating di Indonesia. Maka peneliti melakukan penelitian tentang karakteristik dan sifat mekanik piston hijet 1000 menggunakan metode thermal barrier coating dengan bahan pelapis hydroxyapatite yang dipengaruhi temperatur tembak saat penyemprotan.

2. METODE PENELITIAN

Hydroxyapatite (HA), adalah bahan bioceramic kalsium fosfat yang memiliki komposisi kimia hampir identik dengan komponen mineral tulang dan mempunyai titik lebur hingga 1100°C Biokompatibilitas dan osteokonduktivitasnya telah menyebabkan penggunaannya meluas. Hydroxyapatite merupakan salah satu jenis keramik yang biasanya digunakan dalam bidang medis, namun karena memiliki sifat isolator yang baik terhadap panas, sehingga

dapat digunakan untuk pelapisan piston dengan metode thermal barrier coating. (www.academia.edu).

Hydroxyapatite juga telah diteliti untuk aplikasi non medis lainnya, misal sebagai media pengepakan untuk kromatografi kolom, sensor gas, katalis dan lain sebagainya (Cheng, 2003). MSDS (measure data sheet) dari hydroxyapatite.

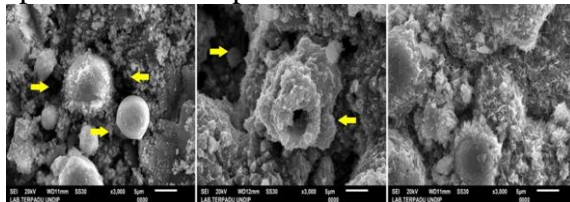


Gambar 1. Alur Penelitian

Dilakukan penyemprotan serbuk hydroxyapatite untuk melapisi piston. Pelapisan dilakukan seperti melakukan penyemprotan cat dari atas kebawah secara merata dihitung sekali lapisan, suhu untuk melakukan penyemprotan dilakukan dengan suhu 200°C, 250°C dan 300°C dan hal ini dilakukan pelapisan sesuai dengan kebutuhan. Setelah pelapisan selesai, untuk menganalisa data dilakukan uji SEM, struktur makro, uji keretakan 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**.

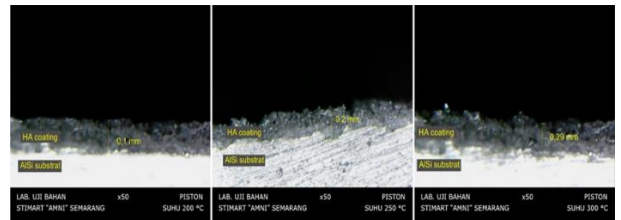


Gambar 2. Hasil uji SEM 3000x specimen pertama, kedua dan ketiga

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 suhu 200°C tampak struktur masih banyak yang berongga, hal ini disebabkan kurang terbukanya pori-pori dari substrat. Pada hasil uji SEM pada suhu 250°C tampak struktur masih berongga tetapi lebih sedikit dibandingkan pada pengujian suhu 200°C. Sementara pada pengujian suhu 300°C struktur menjadi padat, hal ini menunjukkan pelapisan pada suhu 300°C yang terbaik dibanding dengan parameter suhu 200°C dan 250°C.

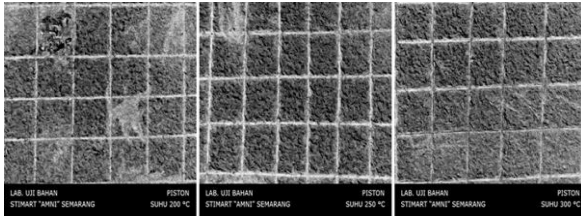
Persyaratan lapisan yang berfungsi sebagai lapisan proteksi adalah homogen, daya lekat tinggi, tidak ada kerusakan mikro maupun makro baik yang berupa retak atau terkelupas, akibat retak mikro maupun makro oksigen akan masuk kedalam lapisan (Jones, 1992). Selain dari ukuran serbuk yang tidak sama yang 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 specimen terlihat pada **Gambar 3**. Dengan ketebalan lapisan specimen pertama 0,1 mm. Spesimen kedua 0,2 mm dan specimen ketiga 0,29 mm.



Gambar 3. Hasil Uji Struktur Makro

Pelapisan menghasilkan pencapaian adhesi yang baik apabila pelapis masuk ke substrat (Chen et al, 2005). Dari hasil pelapisan pada lapisan dengan suhu 200°C, titik – titik yang terjadi difusi atau pelapis hydroxyapatite yang masuk ke substrat tidak merata hal ini disebabkan pada suhu 200°C 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 suhu 250°C 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 specimen kedua dan ketiga difusi cukup merata namun pada specimen ketiga struktur atas terbentuk lebih baik. Penyebabnya pada saat proses penyemprotan dengan suhu 300°C pori-pori permukaan piston terbuka lebih besar sehingga difusi terjadi lebih baik. Pada ketiga specimen tidak terjadi void – void dalam substrat hal ini ditunjukkan pada gambar ketiga specimen diatas hanya terjadi difusi lapisan dengan kedalaman yang tidak terlalu besar. Terjadi void apabila serbuk hydroxyapatite masuk kedalam piston dengan bentuk bintang – bintang. Hasil uji kerekatan dari ketiga specimen ditunjukkan pada **Gambar 4**, **Tabel 1**, **Tabel 2** dan **Tabel 3**.



Gambar 4. Hasil Uji Kerekata specimen pertama, kedua dan ketiga

Tabel 1. Hasil Pengujian Adhesive Spesimen Pertama

Spesimen	Hasil Uji 1	Hasil Uji 2	Hasil Uji 3
Pelapisan suhu 200°C	2B	2B	2B
Prosentase	15%	17%	15%

Tabel 2. Hasil Pengujian Adhesive Spesimen Kedua

Spesimen	Hasil Uji 1	Hasil Uji 2	Hasil Uji 3
Pelapisan suhu 250°C	3B	3B	3B
Prosentase	5%	5%	7%

Tabel 3. Hasil Pengujian Adhesive Spesimen Ketiga

Spesimen	Hasil Uji 1	Hasil Uji 2	Hasil Uji 3
Pelapisan suhu 300°C	4B	4B	4B
Prosentase	3%	3%	3%

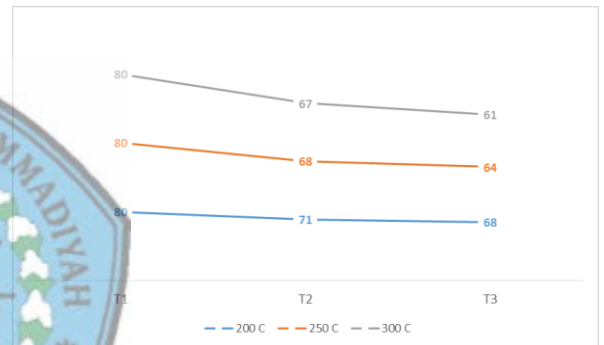
Dari hasil uji ketiga spesimen dapat dianalisa, pelapisan pada suhu 300°C mempunyai adhesive yang paling bagus dibandingkan dengan specimen pada suhu 200° dan 250°C. Penyebabnya adalah suhu 300°C pori-pori permukaan lebih terbuka dibandingkan dengan suhu 200°C dan 250°C. Salah satu indikator adalah suhu, dimana suhu sangat mempengaruhi kekuatan pelapisan, sudah diketahui dengan pasti bahwa kekuatan material tergantung pada suhu. (Baalaganapathy, 2016).

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

Tabel 4. Hasil Uji Konduktifitas thermal

	T1	T2	T3	time
tanpa lapisan	80	72		20
200°C	80	71	68	20
250°C	80	68	64	20
80	110	67	61	20

Berdasarkan penghitungan untuk mencari konduktifitas thermal dari berbagai ketebalan lapisan diperoleh nilai $kb_1 = 2,4691 \text{ w/m.K}$, $kb_2 = 3,7037 \text{ w/m.K}$ dan $Kb_3 = 3,5802 \text{ w/m.K}$. Sehingga dapat dirata – rata nilai kb hydroxyapatite adalah $3,2510 \text{ w/m.K}$.

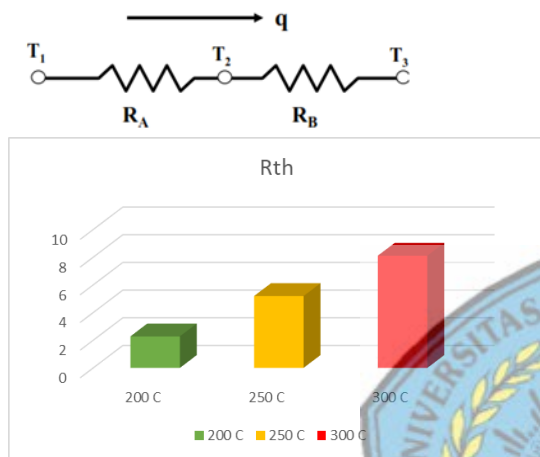


Gambar 5. Grafik penurunan suhu

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sistem thermal barrier coating salah satunya adalah lapisan thermal barrier coating secara thermal harus mempunyai konduktifitas panas yang rendah (Sudiro dkk, 2007). Berdasarkan penghitungan konduktifitas thermal diperoleh rata – rata konduktifitas panas dari hydroxyapatite sebesar $3,2510 \text{ w/m.K}$, diambil rata – rata karena dari ketiga lapisan dengan ketebalan yang berbeda – beda diperoleh nilai konduktifitas panas yang tidak jauh berbeda. Salah satu syarat pelapis yang bagus untuk metode thermal barrier coating adalah mempunyai konduktifitas panas yang rendah, konduktifitas panas yang diperoleh hasilnya konduktifitas panas dari hydroxyapatite rendah. Pelapis menggunakan hydroxyapatite merupakan bahan pelapis yang cukup bagus dilihat dari rendahnya konduktifitas panasnya serta mampu untuk

menahan atau menurunkan panas yang diterima substrat.

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.



Grafik 6. Grafik resistansi termal

Berdasarkan analogi tersebut resistansi yang terjadi pada piston dan hidroksiapatit ditambahkan karena tersusun seri. Dari penghitungan tersebut diperoleh resistansi pada spesimen pertama 2,27671 K/w, spesimen kedua 5,19233 K/w dan spesimen ketiga 8,10795 K/w. Gambar 4.17 adalah grafik resistansi termal yang terbentuk.

Semakin besar volume partikel semakin besar resistansi yang ditimbulkan karena volume ini menghalangi panas yang masuk ke material (Pringgo, 2014). Berdasarkan data tabel dan hitungan resistansi dapat dianalisis bahwa semakin tebal lapisan yang terbentuk semakin besar juga resistansi 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 hidroksiapatit dengan suhu penyemprotan

300oC 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 hidroksiapatit dengan suhu penyemprotan 300oC dengan ketebalan pelapis 290 μm mampu menurunkan panas yang diterima oleh substrat dan paling signifikan dan resistansi untuk menghalangi panas yang masuk ke substrat yang paling besar yaitu sebesar 8,10795 K/w.

Berdasarkan penelitian pelapisan hidroksiapatit 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 hidroksiapatit 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 titanium dilakukan dengan suhu minimum 200oC atau semakin tinggi suhu lebih bagus seperti pada spesimen ketiga dengan suhu 300oC karena semakin tinggi suhu lapisan semakin bagus untuk menahan suhu yang akan diterima oleh substrat.

5. REFERENSI

1. Amin Sagar, Panchal Hemant, A Review on Thermal Spray Coating Processes, Volume 2 Issue 4, April 2016 pp. 556-563.
2. ASTM C 177 – 1997 Standart uji Konduktifitas thermal.
3. ASTM D 3359 – 02, 2007 Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.
4. ASTM F 1372 – 93 (Reapproved 2005) Standard Test Method for Scanning Electron Microscope (SEM) Analysis of Metallic Surface

- Condition for Gas Distribution System Components.
5. Delo., 2012., Piston Assemblies., visit Chevron U.S.A. Inc. Intellectual Property LLC., hal.1-2.
 6. Denny A, Jones. 1992. Principle and prevention of Corrosion. Macmillan Publishing Company. USA.
 7. Guohua Zhanga,c, Bingchao Lib, Jianxin Zhangb, Zengjian Fengc, Zuoshan Weic, Wei Cai., 2012., Unique cyclic deformation behavior of a heavily alloyed Al–Si piston alloy at different temperatures., *Progress in Natural Science: Materials International.*, 22(5):445–451.
 8. Hench LL, Wilson J, 1993, editors. An introduction to bioceramics.Singapore: World Scientific.
 9. Isaacs, Alan., Kamus Lengkap FISIKA, 1994, Erlangga.
 10. Hidayat Rahmat. 2013. www.kitapunya.net. Diakses pada 31 Agustus 2017
 11. Hiubin Xu and Hongbo Guo. 2011. Thermal Barrier Coating. woodhead publishing hal 4.
 12. K. Cheng, W. Weng, G. Han, P. Du, G. Shen, J. Yang, J.M.F. Ferreira, 2003, "the effect of triethanolamine on the formation of sol–gel derived fluoroapatite/hydroxyapatite solid solution", *Journal of Materials Chemistry and Physics*, Vol. 78, pp. 767-771.
 13. Leroux, F, Campagne, C, Perwuelz, A, Gengembre, L, 2008, "Fluorocarbon nano coating of polyester fabrics by atmospheric air plasma with aerosol". *Applied Surface Science*. 254 (13): 3902.
 14. Liem Benny, Suhu Mesin Mobil Bisa 250 Derajat. Di akses pada tanggal 5 Oktober 2017. <https://www.otosia.com>.
 15. M Dileep, Sanjay Patel Sunny, Mandloi R. K. Alalytical Study of Fatigue of Aluminium Alloy Piston in IC Engines, *IRJET Volume 03 Issues 04 April 2016*.
 16. Manohar Baalaganapathy, Jothl Miller, R Udaykumar, 2016 The Effects of Thermal Barrier Coating on Thermal Stress and Temperature Distribution in a Diesel Engine Piston for Magnesia/Yittria Partially Stabilized Zirconia, *IJRMET Vol. 6, Issue 1, Nov 2015-April 2016*.
 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*. 200: 672.
 18. Raftsan Zani. 2015. www.raftquality.blogspot.co.id. Thermal Spray, diakses pada 15 Juli 2017.
 19. Sankar Vishnu. Thermal Barrier Coating Material Selection, Method of Preparation and Applications. *IJMEER Vol 3 No. 2 April 2014*.
 20. Sudiro, Toto. Tetuko, Anggito P. Kusnandar. Ixxudin, Hubby. Thozin, K A Z. 2007. Pelapisan Thermal Thermal Barrier Coating (TBC) NiAL pada Paduan Logam Berbasis Co. *Journal fisika dan aplikasinya*, Volume 3, Nomor 2.
 21. Suh, H., 1998, "Recent Advance in Biomaterials". *Yonsei Medical Journal*, Vol 39, no 2, pp87-96.
 22. Tong W, Chen J, Li X, Cao Y, Yang Z, Feng J, Zhang X. 1996. "Effect of particle size on molten states of starting powder and degradation of the relevant plasma-sprayed hydroxyapatite coatings". *Biomaterials*;17:1507–1513.
 23. T. Kokubo, H.M. Kim, M. Kawashita, 2003, "Novel bioactive materials with mechanical properties", *Biomaterials*, Vol. 24,

- pp. 2161-2175.
24. Uwe Schilling, Alexander Scahfer., 2010., Piston Damage., MSI Motor service international GmbH., Neckarsium., Part-No 50 009973-02.
 25. Zemansky, Sears., 1986. Fisika untuk Universitas 1. Binacipta. Bandung

