

PENGUJIAN KEAUSAN KOMPONEN MEKANIK DENGAN TEKNIK AKTIVASI LAPISAN TIPIS

(*THE MECHANICAL COMPONENTS WEAR LEVEL TEST USING THE THIN LAYER ACTIVATION TECHNIQUE*)

Silakhuudin

Pusat Sains dan Teknologi Akselerator BATAN
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 Yogyakarta
e-mail: silakh@batan.go.id

Abstrak

Penelitian ini membahas teknik aktivasi lapisan tipis untuk pengujian keausan komponen mekanik. Hasil-hasil eksperimen awal teknik tersebut disajikan. Hasil eksperimen dari teknik tersebut dengan menggunakan sampel ring sepeda motor menunjukkan bahwa ketepatan dari pengukuran keausan sebesar 8 mg. Ini berarti bahwa teknik ini akan kurang tepat untuk pengujian komponen ringan dan akan layak untuk sampel komponen yang beratnya kira-kira lebih dari 220 g. Prospek pengembangan teknik ini juga dibahas, hasilnya adalah bahwa teknik ini akan sangat sesuai untuk dikembangkan pada fasilitas siklotron DECY-13 yang akan segera dikonstruksi di BATAN dalam waktu dekat.

Kata kunci: aktivasi lapisan tipis, komponen mekanik, pengujian keausan, siklotron

Abstract

This study discusses about the thin layer activation technique to test the mechanical components wear level. The results of preliminary experimental techniques are presented. The experimental results of the technique by using a motorcycle ring samples showed that the accuracy of measurement of the wear is 8 mg. This means that it will be less precise for testing the lightweight components. It will be more eligible to the component that the weight is more than 220 g. The prospect of developing the technique was also discussed; the result is that this technique would be appropriate to be developed at the DECY-13 cyclotron facility that will soon be constructed in BATAN.

Keywords: cyclotron, mechanical components, thin layer activation, wear study

PENDAHULUAN

Teknik Aktivasi Lapisan Tipis (ALT) dengan aktivasi oleh penembakan partikel bermuatan telah secara luas digunakan untuk pengukuran-pengukuran keausan, korosi dan erosi. Dalam teknik ini berbagai macam material industri dapat diaktivasi dalam kurun waktu yang layak. Kualifikasi dari

permukaan yang keras saat ini memerlukan pengukuran keausan dalam ukuran mikron, dan metode ALT ini memenuhi kebutuhan tersebut (Ditrói, *et al.*, 2012; Chowdhury, Datta, & Reddy, 2012).

Sudah dimaklumi bahwa kelayakan peralatan industri, sistem transportasi, pabrik pembangkit energi sangat dipengaruhi oleh

proses-proses keausan, korosi dan erosi. Itulah kenapa pengembangan metode yang efektif untuk mendeteksi, mengukur dan memantau proses-proses tersebut menjadi sangat penting. Ini adalah aspek yang sangat penting dalam arti bahwa kecelakaan yang berbahaya selama operasi dari instalasi industri, dan kerugian produksi yang disebabkan kerusakan mesin harus dapat dicegah. Aktivasi partikel bermuatan untuk pengukuran dan pemantauan korosi dan keausan akan menjadi nyata kegunaannya ketika bagian permukaan tersebut tidak dapat dijangkau untuk diamati secara langsung (Singh, *et al.*, 2013).

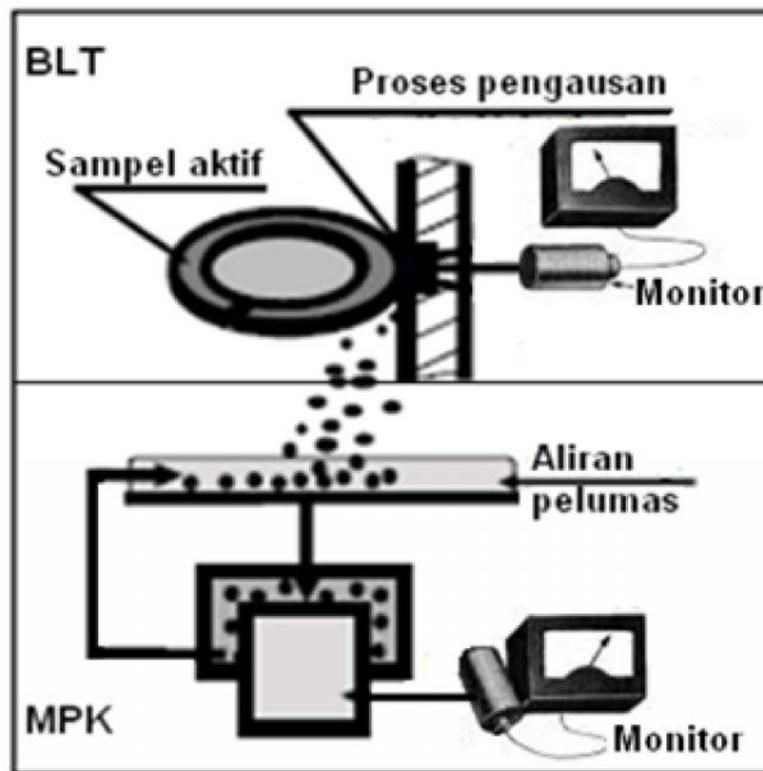
Ide dari metode ini adalah mendeteksi berkurangnya aktivitas suatu komponen yang sebelumnya sudah diaktivasi oleh tembakan partikel, yang pengurangan tersebut disetarakan dengan berkurangnya lapisan yang sangat tipis akibat degradasi gesekan mekanik termasuk di sini adalah keausan. Beberapa keunggulan metode ini adalah lebih mudah, cepat, murah dan dapat dilakukan pada saat proses mekanik berlangsung sehingga dalam banyak hal lebih ekonomis, serta penggunaan tingkat keradioaktifan yang rendah (Sudarmono & Silakhuddin, 2005).

Tahapan eksperimen pengukuran keausan ini dimulai dengan mengaktivasi komponen mesin dengan berkas partikel. Keradioaktifan terjadi karena adanya reaksi nuklir antara partikel dengan nuklida-

nuklida yang terdapat pada material tersebut. Salah satu reaksi nuklir yang menjadi sarana analisis adalah reaksi $^{56}\text{Fe}(p,n)^{56}\text{Co}$ yang mempunyaiampang lintang maksimum pada energy proton 12,5 MeV yaitu sebesar 36010^{-27}cm^2 . Nuklida ^{56}Co memancarkan 2 energi gamma masing-masing sebesar 846 keV dengan *yield* 0,993 dan 1.328 keV dengan *yield* 0,66 (Nuclear Data Services, 2013).

Ada dua jenis metode pengukuran dalam ALT yaitu metode beda lapisan tipis (BLT) dan metode pengukuran konsentrasi (MPK) (An, *et al.*, 2012; Blondiaux, Dragulescu, & Racolta, 2002). Dalam metode pertama, sesudah dilakukan aktivasi dengan berkas partikel, keradioaktifan permukaan komponen sebelum dan sesudah pengausan diukur.

Perbedaan tingkat keradioaktifan akan ekuivalen dengan tebal lapisan yang terauskan. Pada metode kedua, aliran minyak pelumas yang digunakan dalam gesekan mekanik diukur tingkat keradioaktifannya yang berasal dari butiran-butiran yang terkelupas pada proses pengausan, dan tingkat keradioaktifan tersebut diekuivalenkan dengan besarnya ketebalan permukaan komponen yang terauskan. Sudah pasti bahwa kedua metode memerlukan kalibrasi untuk mendapatkan data kesebandingan antara besarnya keradioaktifan dengan nilai ketebalan yang terauskan. Ilustrasi dari kedua metode ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Pengukuran dengan metode Beda Lapisan Tipis (BLT) dan Metode Pengukuran Konsentrasi (MPK)

Pada makalah ini akan disajikan tentang aktivitas penelitian dalam eksperimen pengujian keausan komponen otomotif metode MPK yang telah dilakukan beberapa tahun yang lampau. Eksperimen tersebut menggunakan fasilitas siklotron CS 30 di BATAN Serpong dalam aktivasi sampelnya. Penulisan makalah ini dimaksudkan untuk menyegarkan kembali pengetahuan eksperimen untuk dilakukan dan dikembangkan pada fasilitas siklotron 13 MeV yang akan segera dikonstruksi di BATAN Yogyakarta. Dalam jangka panjang, hasil penelitian ini diharapkan akan memacu hilirisasi hasil-hasil kegiatan litbang di dunia industri di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Fasilitas aktivasi berupa perangkat target untuk aktivasi dengan berkas proton pada fasilitas siklotron pemercepat proton 30 MeV yang diturunkan energinya menjadi 12,5 MeV. Perangkat target ini dilengkapi motor pemutar target agar aktivasi dapat merata pada permukaan target yang hendak diuji.

Perangkat pengausan target, yang berupa mesin mekanik untuk mengauskan komponen yang hendak diuji tingkat keausannya. Perangkat monitoring keradioaktifan berupa sistem spektroskopi gamma yang terdiri atas: detektor NaI(Tl) dan MCA (beserta *preamplifier* dan *amplifier*) yang dilengkapi perangkat lunak analisis.

Komponen yang akan diaktivasi terlebih dahulu ditimbang beratnya kemudian dipasang pada pemegang target pada fasilitas aktivasi di siklotron. Pemasangan target diatur sedemikian rupa sehingga arus berkas bagian tengah tepat mengenai target. Aktivasinya dilakukan dengan energi proton 12,5 MeV dan arus proton 1 mikroamper selama 30 menit. Selama aktivasi, target diputar sedemikian sehingga seluruh bagian dari permukaan komponen penting terkena radiasi proton.

Proses pengausan dimulai setelah waktu 10 hari pasca aktivasi, hal ini untuk menunggu peluruhan nuklida-nuklida lain yang tidak akan diamati sehingga tidak akan mengganggu dalam pencacahan. Selesai pengausan pada suatu tahap kemudian diikuti dengan pencacahan dari keradioaktifan minyak pelumas. Selesai pencacahan pada suatu tahap, komponen ring dilepas dari mesin untuk diukur beratnya dan kemudian dipasang kembali pada mesin. Pengausan berikutnya menggunakan minyak pelumas yang baru.

Untuk melakukan pencacahan ini, minyak pelumas dikeluarkan dari mesin kemudian dikeluarkan dari bak penampung. Setelah ditunggu beberapa saat hingga diperkirakan butiran-butiran aktif sudah mengendap didasar bak, kira-kira setelah 10 menit, kemudian pencacahan dimulai.

Pencacahan oleh sistem spektroskopi gamma dilakukan selama 30 menit. Sinar gamma yang dicacah adalah yang berasal

dari nuklida ^{56}Co berenergi 846 keV. Selesai pencacahan pada suatu tahap, komponen ring dilepas dari mesin untuk diukur beratnya dan kemudian dipasang kembali pada mesin untuk proses pengausan kembali.

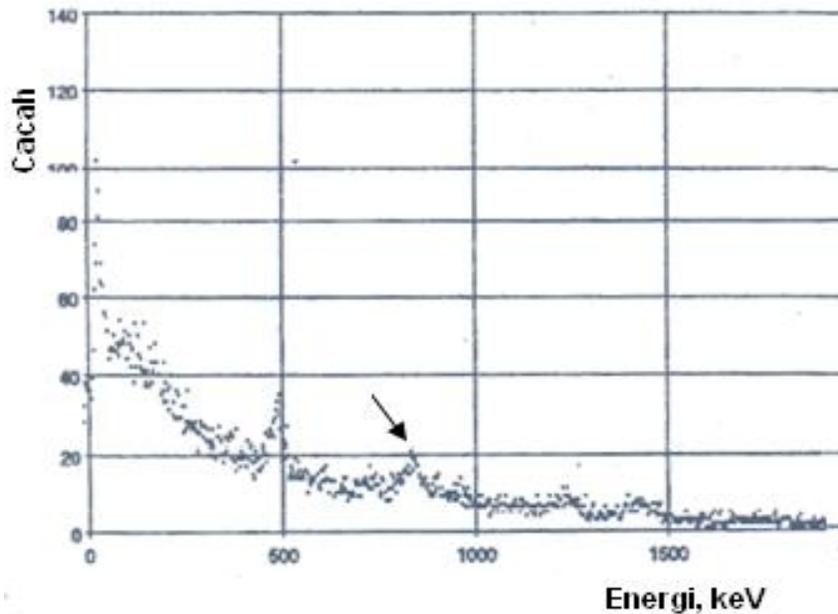
HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen yang dilakukan menggunakan sampel komponen ring sepeda sepeda motor dengan spesifikasi: (1) komposisi: Fe=92,12 %; Si=2,7%; C=3,65%; S=0,08%; P=0,35%; Mn=0,7%; Mo=0,2%; dan Cr=0,2%. (2) Diameter: 50,426 mm. (3) Ketebalan: 1,143 mm.

Proses pengausan dan pencacahan dilakukan tiga tahap yaitu dicoba untuk pengausan 2,5 jam; 5 jam; dan 7,5 jam. Selesai pengausan pada suatu tahap kemudian diikuti dengan pencacahan dari keradioaktifan minyak pelumas. Hasil-hasil pencacahan distandarkan pada saat selesai aktivasi dengan jalan mengoreksi umur paronya. Setelah koreksi tersebut akan diperoleh hasil cacah-cacah terokreksi dalam 2,5 jam, 5 jam dan 7,5 jam pengausan.

Hasil pencacahan per 30 menit keradioaktifan dari minyak pelumas untuk operasi pengausan 5 jam diperlihatkan dalam spektrum *gamma* pada Gambar 2.

Hasil-hasil pengukuran untuk pengausan 2,5 jam, 5 jam dan 7,5 jam yaitu hasil pengukuran keradioaktifan sinar gamma 846 ke V pada minyak pelumas dan beda berat ring ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Spektrum Sinar *Gamma* dari Sampel yang Diauskan 5 Jam dan Dicacah Selama 30 Menit; Tanda Panah Menunjuk Puncak Energi 846 ke V

Tabel 1. Hasil Pengukuran Keausan

No	Lama Pengausan (jam)	Beda Berat Setelah Pengausan (gram)	Cacah Keradioaktifan Minyak Pelumas (cacah/30 mnt)
1	2,5	0,007	sukar diamati
2	5	0,008	1.230
3	7,5	0,017	1.020

Pengausan minimum dimana sudah dideteksi keradioaktifan dalam minyak pelumas adalah 5 jam yaitu sebesar 1.230 cacah per 30 menit, yang sesuai dengan berat keausan sebesar 0,008 gram atau 8 mg. Karena 5 jam merupakan lama pengausan minimum yang didapat, maka dapat dikatakan bahwa 8 mg merupakan nilai ketepatan dari pengukuran keausan.

Nilai ketepatan 8 mg masih tidak lebih baik dari nilai ketepatan secara gravimetri

untuk komponen-komponen yang beratnya hanya dalam ukuran gram. Dalam hal ini karena suatu timbangan analitik untuk ukuran ratusan gram akan dapat mempunyai ketelitian hingga 0,1 mg (Anonim, 2015). Dengan demikian teknik ALT akan mempunyai keunggulan dalam hal ketepatan untuk ukuran komponen-komponen yang beratnya dalam ukuran minimum 220 gram. Dalam penerapan pada pengujian perbandingan aus komponen-komponen otomotif, teknik ini

akan cocok untuk komponen-komponen sedikit berat misalnya klep (*valve*), metal-metal dan silinder, tetapi tidak tepat untuk komponen ringan seperti ring piston.

Teknik ALT untuk mengukur tingkat keausan komponen otomotif sudah dikembangkan di BATAN. Pengembangan ini merupakan bagian dari diversifikasi pemanfaatan siklotron untuk penggunaan selain untuk pengembangan radioisotop. Dalam ruang lingkup laboratorium pengembangan ini bertujuan untuk mengembangkan metode baru dalam pengujian material dengan teknik nuklir. Sedangkan tujuan akhirnya adalah untuk menunjang dunia industri otomotif dan mekanik untuk meningkatkan kualitas komponen. Selain untuk studi keausan komponen, teknik ini juga sedang mulai dikembangkan untuk memantau laju korosi pada komponen-komponen industri (Silakhudin & Sudarmono, 2001).

Kegiatan pengembangan ini masih dalam skala laboratorium dengan sasaran terbagi dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah untuk memperoleh metode dan sistem instrumentasi terbaik dan termudah dalam proses aktivasi dan pengukuran keausan dengan mengacu pada beberapa metode sebagaimana yang disebutkan dalam beberapa pustaka. Pada tahap awal ini hanya diperlukan data-data yang sifatnya kualitatif. Tahap kedua adalah untuk diperoleh tingkat ketelitian dan lama waktu yang diperlukan dibandingkan dengan metode pengujian

yang lain. Data-data hasil eksperimen kuantitatif dan parameter-parameter yang diperlukan dengan tingkat akuntabilitas tinggi sangat diperlukan pada tahap ini. Dan pada tahap ketiga diharapkan diperolehnya data-data eksperimental yang dapat memberikan informasi kelayakan teknik untuk diaplikasikan dalam skala industri khususnya industri otomotif dan industri mekanik. Hasil-hasil eksperimen yang sekarang sudah dilakukan kurang lebihnya pada awal dari tahap pertama.

Siklotron DECY-13 yang sedang dikonstruksi di BATAN Yogyakarta akan mempunyai energi proton 13 MeV (Anonim, 2013), energi proton sebesar ini sangat cocok untuk dipakai dalam teknik ALT karena puncak tampang lintang reaksi reaksi $^{56}\text{Fe}(p,n)^{56}\text{Co}$ pada energi proton 12,5 MeV. Dengan demikian penggunaan siklotron tersebut akan lebih efisien karena dapat digunakan untuk penggunaan selain untuk produksi radioisotope jenis PET.

KESIMPULAN

Eksperimen teknik aktivasi lapisan tipis (ALT) untuk pengujian keausan komponen-komponen mekanik telah terbukti memberikan data awal yang nyata. Bila terus dikembangkan, teknik ini akan sangat membantu untuk menyelidiki keausan pada permukaan komponen khususnya komponen yang tidak dapat dijangkau dengan mudah. Nilai ketepatan dalam mengukur

berat butiran yang terauskan pada eksperimen yang sudah dilakukan ini senilai 8 mg sehingga teknik ini hanya akan cocok untuk menguji keausan komponen-komponen yang agak berat di atas 220 gram. Penggunaan teknik ALT dapat dikembangkan pada siklotron DECY-13 di BATAN Yogyakarta akan segera dikonstruksi karena energi protonnya yang cocok.

DAFTAR PUSTAKA

- An, B., Suzuki, H., Ebisu, M., & Tanaka, H. 2012. Development of Two-Stage Turbocharger System With Electro Super Charger. *Proceedings of The FISITA 2012, World Automotive Congress, Volume 1: Advanced Internal Combustion Engine (I), FISITA London UK 2013*, p. 147-155.
- Anonim. 2015. Classic Balances, dari http://www.it-teknik.se/Artiklar/Dokument/DS_ME_Analytical_LR.pdf. Diunduh 29 September 2015.
- Blondiaux, G., Dragulescu, E., & Racolta, P.M. 2002. Development of Calibration Methodes for TLA and UTLA. *Report WP9 INDRANAP 33-02/2002*.
- Chowdhury, D.P., Datta, J., & Reddy, A.V.R. 2012. Application of Thin Layer Activation Technique for The Measurement of Surface Materials. An Indian Perspective. *Radiochemica Acta*, 100(2), 139-145.
- Ditrói, F., Takács, S., Tárkányi, F., Corniani, E., Smith, R., Jech, M., & Wopelka, T. 2012. Sub-micron Wear Measurement Using Activities under The Free Handling Limit. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 292(3), 1147-1152.
- Nuclear Data Services (NDS) IAEA. *Experimental Nuclear Reaction Data (EXFOR)*. Database Version of February 26, 2013, IAEA.
- Singh, D.P., Sharma V.R., Yadav, A., Singh, P.P., Unnati, Sharma, M.K., Bhardwaj, H.H., Singh, B.P., & Prasad, R. 2013. Surface Wear Studies in Some Materials Using α -induced Reactions. *Journal of Nuclear Physics, Material Sciences, Radiation and Applications*, 1(1), 13-24.
- Silakhuddin, & Sudarmono. 2001. Pengembangan Metode Konsentrasi dalam Pengujian Aus dengan Teknik ALT Menggunakan Berkas Proton Akselerator. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, P3TM BATAN, Yogyakarta, 7-8 Agustus 2001*.
- Sudarmono, & Silakhuddin. 2005. Penentuan Keausan Komponen Otomotif dengan Teknik Aktivasi Lapisan Tipis. *Prosiding Seminar Material Metalurgi 2005, Pusat Penelitian Metalurgi LIPI*.