

KARAKTERISASI FATIK DARI LAPISAN *NICKEL CHROME* PADA BAJA HQ 805

Binsar Marulitua Pakpahan¹, Viktor Malau²

^{1,2} Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Kata kunci:

Baja HQ 805, kekerasan, fatik, lapisan *nickel chrome*.

Email penulis:

binsarpakpahan14@gmail.com

Abstract

Machinery steel HQ seri 805 ekivalen dengan AISI 4340 dan merupakan kelompok baja paduan rendah dengan kekuatan sangat tinggi. Akan tetapi baja HQ 805 sangat sensitif terhadap kerusakan yang disebabkan oleh fatik, korosi, dan dapat mengakibatkan kerusakan secara kontinyu pada material tersebut sehingga sifat mekanisnya perlu ditingkatkan. Pengujian ini dilakukan untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh lapisan *nickel chrome* (Ni-Cr) terhadap kekerasan, kekasaran, dan tegangan fatik baja HQ 805. Kekerasan rata-rata dari *raw material* adalah sebesar 328 VHN (kgf/mm²) dan kekerasan tertinggi dari lapisan elektroplating Ni-Cr adalah 577 VHN (kgf/mm²) dengan lama pelapisan 22,5 menit. Lapisan Ni-Cr meningkatkan kekuatan fatik yaitu 480 MPa dengan waktu pelapisan 22,5 menit.

1. Pendahuluan

Perkembangan dunia teknologi dan industri saat ini semakin pesat, demikian juga pada bidang teknologi perindustrian material semakin meningkat. Hal ini menjadi masukan untuk perusahaan industri material maupun manufaktur agar lebih inovatif dalam hal meningkatkan kualitas produknya sehingga dapat bersaing dan memenuhi kebutuhan pasar. Beberapa persyaratan dari pemilihan material yang harus dipenuhi, seperti: kekuatan fatik, ketangguhan, kekerasan, ketahanan aus, dan ketahanan korosi. Sifat dari kelelahan/fatik bahan perlu diteliti guna untuk mengetahui umur kelelahan material tersebut (Watanabe, dkk., 2018).

Teknik rekayasa material merupakan salah satu metode untuk meningkatkan sifat fisis, maupun mekanis. Perlakuan permukaan (*surface treatment*) merupakan pemberian lapisan tipis (*thin film*) pada suatu permukaan dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu dari permukaan suatu bahan. Lapisan tipis memberikan beberapa manfaat, seperti: peningkatan kekerasan, kekuatan fatik, tahan aus, dan tahan korosi pada suatu permukaan. Salah satu lapisan tipis dari bahan keras, tahan aus, dan tahan korosi adalah elektroplating *Nickel Chrome* (Ni-Cr).

Elektroplating merupakan suatu proses pengendapan zat atau ion-ion logam pada permukaan logam (katoda) dengan cara elektrolisis. Hasil elektrolisis tersebut akan mengendap pada elektroda. Endapan ini disebabkan oleh adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah dari suatu elektroda melalui larutan elektrolit. Proses elektroplating Ni-Cr mempunyai keunggulan yaitu pelapisan dapat dilakukan pada suhu kamar sehingga tidak menimbulkan distorsi atau perubahan struktur pada *substrat* (Priyambodo, 2011). Logam pelapis harus jauh lebih kuat terhadap serangan lingkungannya dibanding *substrat* yang dilindungi, seperti sifat-sifat kelenturan atau kekerasannya harus memenuhi persyaratan operasional struktur (Chao-lei, dkk., 2012). Komponen dan metode pelapisan harus sesuai dengan proses pabrikasi yang digunakan pada produk akhir (Zang, dkk., 2018).

Salah satu jenis material *machinery steel* atau baja permesinan adalah HQ (*High Quality*) 805 yang ikivalen dengan AISI 4340, JIS SNCM 477, dan DIN 34CrNiMo6 SH+V. Baja HQ 805 adalah merupakan baja paduan nikel-kromium-molibdenum pada umumnya banyak digunakan

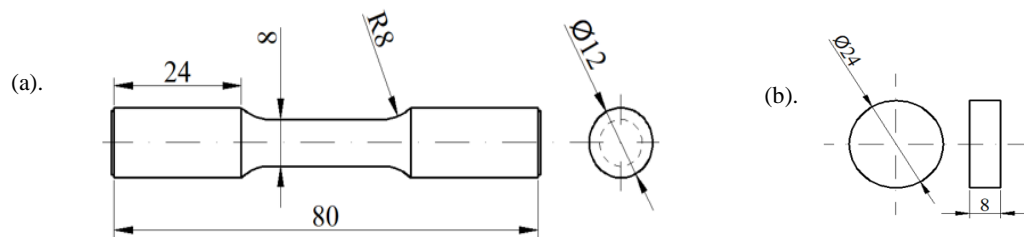
pada pembuatan komponen yang dapat memberikan ketahanan aus yang tinggi bahkan dalam kondisi kimia agresif sekalipun. Akan tetapi baja HQ 805 juga sangat sensitif terhadap kerusakan yang disebabkan oleh fatik, korosi, dan dapat mengakibatkan kerusakan secara kontinyu pada material tersebut. Aplikasi utama dari HQ 805 adalah sebagai komponen mesin, poros, roda gigi, rods and pins yang membutuhkan sifat kekuatan fatik, kekerasan dan ketahanan korosi yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lapisan dari elektroplating Ni-Cr pada permukaan baja HQ 805 terhadap kekerasan, kekasaran, dan umur fatik dengan memvariasi waktu proses pelapisan.

2. Bahan, Alat, dan Metode Penelitian

2.1. Bahan dan Alat

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja HQ 805 yang ekuivalen dengan AISI 4340. Baja HQ 805 dipotong pada mesin bubut CNC dan dibuat menjadi spesimen uji fatik, kekerasan, dan kekasaran, seperti Gambar 1a dan 1b. Alat yang digunakan terdiri dari rangkaian elektroplating, dapur plasma (untuk melapisi permukaan spesimen uji), mesin uji fatik *rotary bending* (untuk mengetahui kekuatan fatik dan *life cycles*), alat uji micro *Vickers* (untuk mengetahui kekerasan permukaan *substrat*), dan alat uji kekasaran permukaan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

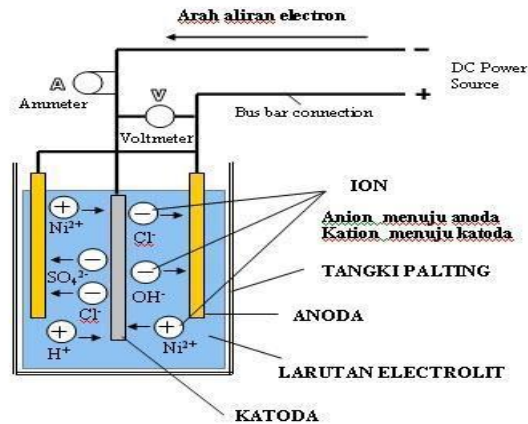


Gambar 1: Spesimen (a). uji fatik; (b). uji kekerasan

2.2 Metode Penelitian

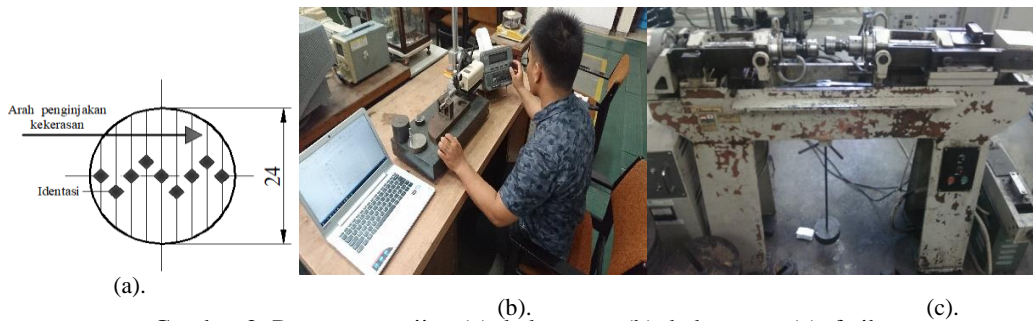
Pemberian lapisan tipis pada permukaan baja HQ 805 dilakukan dengan proses elektroplating Ni-Cr. Proses pelapisan dengan Ni-Cr terhadap benda uji dilakukan dengan variasi waktu berbeda. Lapisan pertama, *substrat* dicelupkan kedalam larutan *nickel chromate* dengan waktu pelapisan 15 menit (konstan). Kemudian *substrat* dicelupkan kedalam larutan *chrome* dengan variasi waktu celup adalah 7,5; 12,5; 17,5; 22,5; 27,5 menit pada temperatur elektrolit 50 °C.

Reaksi yang terjadi pada anoda adalah oksidasi logam yang larut kedalam elektrolit dan membentuk ion-ion positif. Sedangkan elektron-elektron akan bergerak menuju katoda melalui sirkuit luar. Ion positif yang terbentuk masuk kedalam elektrolit dan berada dalam kesetimbangan dengan ion-ion negatif yang bergerak menuju katoda dan menempel pada permukaan katoda sehingga kation tereduksi dan membentuk lapisan. Pada kondisi setimbang (*balance*), konsentrasi elektrolit tetap, anoda semakin lama akan berkurang seiring terbentuknya deposit pada katoda, seperti pada Gambar 2 (Setyo, dkk., 2012).



Gambar 2: Skema elektroplating

Larutan yang digunakan pada proses elektroplating Nikel, yaitu: *Nickel sulphate* (NiSO_4): 200 gram/liter, *Nickel Chlorite* (NiCl_2): 50 gram/liter, *Boric Acid* (H_3BO_3): 40 gram/liter, *Brightener I* (HBF_4): 3 ml/liter, *Brightener M* (SO_3NH_2): 2 ml/liter, *Wedding Agend*: 2 ml/liter. Larutan untuk elektroplating khrom, yaitu: *Chrome Acid* (H_2CrO_3): 250 gram/liter, *Chatalyst* (H_2SO_4): 2,5 gram/liter, dan *KC 37* sebanyak 4 gram/liter. Pengujian kekerasan mikro Vickers dilakukan pada beban 50 gr dengan waktu indentasi/penekanan 10 detik. Pengujian kekerasan permukaan dilakukan secara acak hingga 9 titik dengan jarak tiap titik penginjakan indenter 2,5 mm, seperti pada Gambar 3.a. Langkah selanjutnya adalah menguji kekasaran permukaan lapisan elektroplating Ni-Cr. Pengujian dilakukan pada permukaan specimen uji fatik, seperti pada Gambar 3.b. Pengujian fatik dilakukan dengan menggunakan *rotary bending machine* dan specimen uji dibuat sesuai standard ASTM E-466. Proses pengujian fatik dilakukan dari tegangan (σ) terbesar, yaitu 65% dari hasil uji tarik, sampai tegangan terkecil dimana pada beban tersebut spesimen uji tidak putus/lelah hingga jumlah siklus tegangan mencapai $> 10^7$ siklus. Setiap tegangan pengujian atau titik pengujian dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali agar hasil yang diperoleh lebih akurat (Malau, dkk., 2016).



Gambar 3: Proses pengujian (a). kekerasan; (b). kekasaran; (c). fatik

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

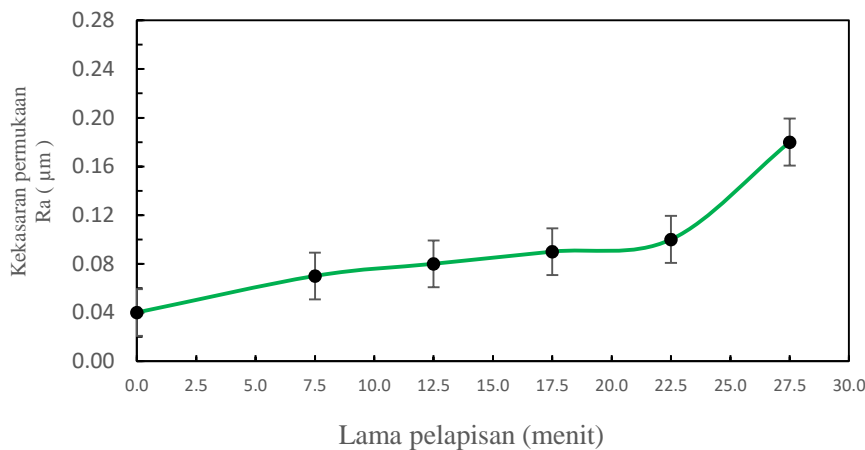
Pengujian kekasaran permukaan dilakukan pada baja HQ 805 tanpa pelapisan (*raw material*) dan *substrat* yang telah dilapisi dengan elektroplating Ni-Cr. Pengujian kekasaran permukaan *substrat* dilakukan pada sampel uji fatik dengan tujuan untuk pengamatan lapisan permukaan *substrat* paling kasar. Daerah permukaan paling kasar pada spesimen uji adalah penyebab terjadinya awak crack (Salih, dkk., 2013). Awak retak dari pengujian fatik tidak selamanya terjadi pada permukaan

namun, bisa terjadi di antara lapisan permukaan dengan logam dasarnya (Voorwald, dkk., 2007). Hasil pengujian kekasaran permukaan *substrat* sebelum dilapisi elektroplating Ni-Cr ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 4. Seiring bertambahnya waktu pelapisan *Chrome*, nilai kekasaran permukaan *substrat* juga mengalami peningkatan. Namun, peningkatan kekasaran permukaan ini tidak jauh berbeda dengan kekasaran permukaan *raw material*. Kekasaran permukaan *substrat* pada waktu pelapisan 7,5 hingga 22,5 menit memperoleh nilai kekasarannya sebesar 0,07 hingga 0,10 (μm). Hal ini menunjukkan bahwa adanya proses elektroplating Ni-Cr pada permukaan *substrat* mengakibatkan terbentuknya lapisan. Lapisan pada permukaan dapat meningkatkan kekasaran permukaan (Chung, dkk., 2010). Lapisan tersebut disebabkan adanya pengumpulan partikel yang sangat kecil dari unsur yang dilapiskan ke permukaan *substrat*. Partikel tersebut menempel atau menumbuk dan berikatan dengan permukaan *substrat* (Lee dan so., 2000).

Tabel 1: Data hasil pengujian kekasaran permukaan baja HQ 805.

Kode spesimen	Lama pelapisan elektroplating (menit)	Ra (μm)
Raw Material	0	0,04
	7,5	0,07
Ni-Cr	12,5	0,08
	17,5	0,09
	22,5	0,10
	27,5	0,18

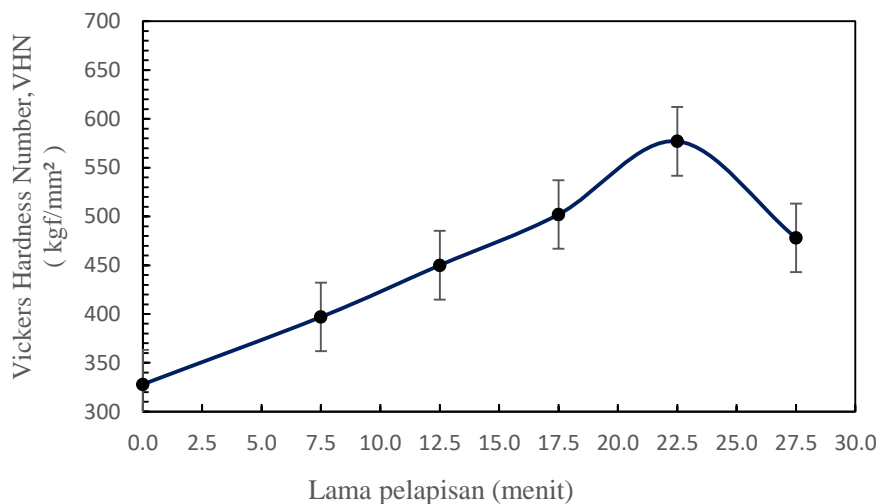
Lama pelapisan 27,5 menit menunjukkan peningkatan kekasaran sebesar 0,18 (μm). Peningkatan kekasaran ini terlalu besar, hal ini disebabkan porous yang meluas (Hili, dkk., 2015). Porous yang meluas tersebut menyebabkan lapisan menjadi terbakar dan lapisan menjadi mudah terkelupas. Proses elektroplating yang terlalu lama menyebabkan daya lekat antara lapisan dan *substrat* sangat kurang dikarenakan kondisi lapisan yang sudah terbakar seikit demi sedikit (Lee, dkk., 2017).



Gambar 4: Pengaruh lama pelapisan terhadap kekasaran permukaan

3.2 Hasil Pengujian Kekerasan Mikro Vickers

Pengujian kekerasan permukaan ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan permukaan *substrat* (*raw material*) sebelum diberi lapisan elektroplating Ni-Cr dan setelah proses perlakuan permukaan (*surface treatment*) dengan menggunakan elektroplating Ni-Cr, seperti pada Gambar 5.



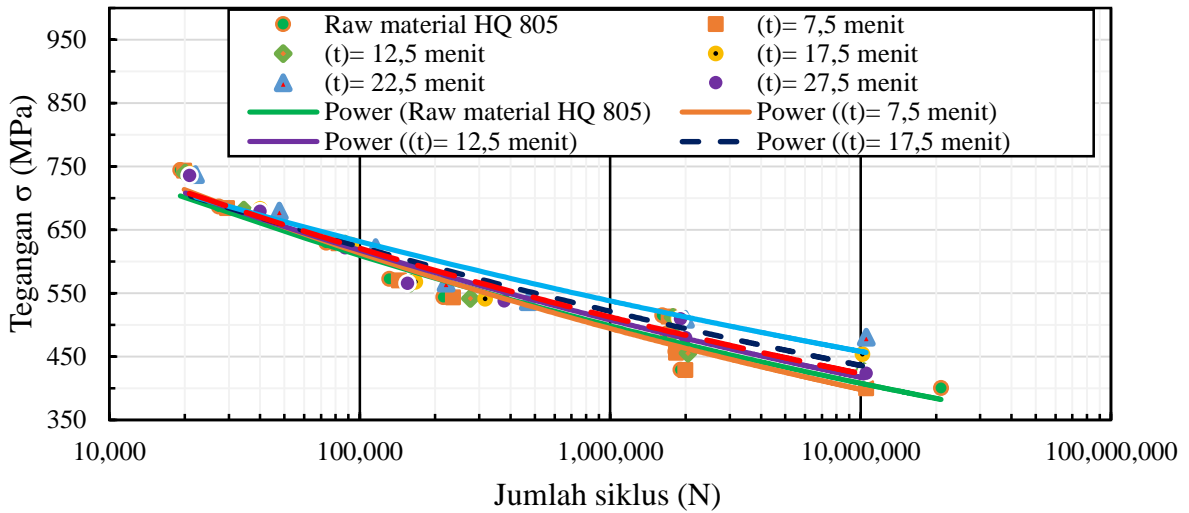
Gambar 5: Pengaruh waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan

Peningkatan kekerasan permukaan baja HQ 805 disebabkan adanya lapisan *nickel chrome* yang terjadi pada permukaan *substrat*. Nilai kekerasan lapisan elektroplating Ni-Cr tergantung dari kekerasan permukaan *raw material* atau bahan dasarnya yang mempengaruhi daya rekat lapisannya terhadap *substrat*. Semakin keras permukaan bahan dasarnya maka kekerasan lapisan akan semakin tinggi (Huang, dkk., 2009). Hasil pengujian kekerasan tertinggi pada lapisan elektroplating Ni-Cr terjadi pada lama pelapisan 22,5 menit, yaitu sebesar 577 kgf/mm².

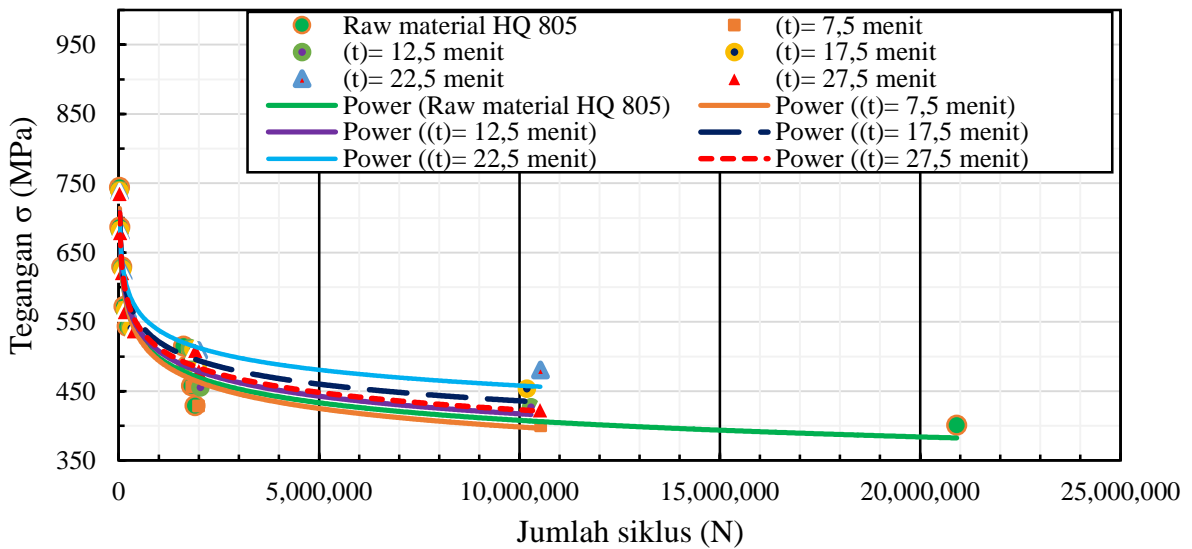
Gambar 5 menunjukkan peningkatan kekerasan permukaan setelah proses elektroplating Ni-Cr. walaupun lapisan yang terbentuk pada permukaan *substrat* tipis, keberadaan unsur Ni-Cr pada permukaan dapat meningkatkan kekerasan yang sangat tinggi. Peningkatan kekerasan permukaan seiring bertambahnya waktu pelapisan elektroplating Ni-Cr. Nilai kekerasan *raw material*/sebelum dilapisi elektroplating Ni-Cr adalah 328 kgf/mm², sedangkan lama pelapisan 27,5 menit memperoleh kekerasan sebesar 478 kgf/mm². Hal ini menunjukkan bahwa lapisan electroplating Ni-Cr dengan lama pelapisan 22,5 menit memberikan konduktivitas arus terbaik dan mobilitas ion-ion *chrome* menuju katoda dan membentuk endapan menjadi optimum. Semakin lama waktu pelapisan maka semakin cepat ion-ion chrom menempel pada permukaan *substrat*, sehingga lapisan chrom lebih padat yang menyebabkan kerapatan lapisan dan meningkatkan kekerasan permukaan. Lama pelapisan permukaan memiliki batas optimum (Guilemany, dkk., 2006).

3.3 Hasil Pengujian Fatik (*fatigue*)

Pengujian fatik dilakukan adalah untuk mengetahui kekuatan fatik suatu material sebelum digunakan. Pengujian fatik dilakukan pada *raw material*/sebelum dilapisi dan setelah dilapisi elektroplating Ni-Cr. Variasi lama pelapisan electroplating adalah 7,5; 12,5; 17,5; 22,5; 27,5 menit.



Gambar 6: Hasil uji fatik *raw material* dan spesimen elektroplating Ni-Cr dengan variasi waktu (skala logaritmik)



Gambar 7: Hasil uji fatik *raw material* dan spesimen elektroplating Ni-Cr dengan variasi waktu (skala linier)

Kurva S-N pada Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa baja HQ 805 yang diberi lapisan elektroplating Ni-Cr dapat meningkatkan umur fatik. Batas kelelahan/fatik pada *raw material* sebesar 400 MPa. Seiring peningkatan waktu pelapisan elektroplating, batas ketahanan fatik juga meningkat. Lama pelapisan 22,5 menit memberikan nilai optimum sebesar 480 MPa. Hal ini dapat dibandingkan dengan hasil pengujian kekerasan permukaan. Peningkatan kekerasan tertinggi terdapat pada waktu pelapisan 22,5 menit. Semakin keras permukaan material maka ketahanan lelah/fatik akan meningkat (Hadavi, dkk., 2004). Sementara pada lama pelapisan 27,5 menit

mengalami penurunan ketahanan fatik. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kekasaran permukaan yang terlalu kasar sehingga proses terjadinya retak awal lebih cepat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dicapai bahwa proses pelapisan electroplating Ni-Cr dapat meningkatkan sifat mekanis, baik kekerasan maupun umur fatik. Seiring bertambahnya waktu pelapisan, kekerasan permukaan dan umur fatik juga meningkat. Kekerasan permukaan tertinggi diperoleh sebesar 577 kgf/mm² dengan lama pelapisan 22,5 menit. Ketahanan fatik optimum diperoleh sebesar 480 MPa dengan lama pelapisan 22,5 menit.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Kami mengucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Pimpinan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- ASTM E-466. (2004). Standard Test Method for Tension Testing of Metallic Materials.
- Chung, C., Kuei, W. T., Chang, S. T., Hung., 2010. Electroplating of Nickel Film at Ultra Low Electrolytic Temperature. *Microsystem Technologies* 16 (8-9): 1353-59.
- Chau-lei, B., Xin, S., Jie, M., Hui, C., 2012. Effect of mechanical chanical attrition on microstructure and property of electroplated Ni coating. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 22 (2012) 1989-1994. [https://doi:10.1016/S1003-6326\(11\)61418-0](https://doi:10.1016/S1003-6326(11)61418-0)
- Guilemany, J. M., Espallargas, N., Suegama, P. H., Benedetti, A. V., 2006. Comparative study of Cr3C2–NiCr coatings obtained by HVOF and hard chromium coatings. *Corrosion Science* 48 (2006) 2998–3013. <https://doi:10.1016/j.corsci.2005.10.016>
- Hadavi, S. M.M., Abdollah-zadeh, A., Jamshidi, M. S., 2004. The effect of thermal fatigue on the hardness of hard chromium electroplatings. *Journal of Materials Processing Technology* 147 (2004) 385–388. <https://doi:10.1016/j.jmatprotec.2004.01.012>
- Hili, K., Fan, D., Guzenko, V. A., Ekinci, Y., 2015. Nickel electroplating for high-resolution nanostructures. *Microelectronic Engineering* 141, 122–128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mee.2015.02.031>
- Huang, C.A., Lin, C.K., Chen, C.Y., 2009. Hardness variation and corrosion behavior of as-plated and annealed Cr–Ni alloy deposits electroplated in a trivalent chromium-based bath. *Surface & Coatings Technology* 203 (2009) 3686–3691. <https://doi:10.1016/j.surfcoat.2009.05.047>
- Malau, V., Iswanto, P.T., Slat, W.S., Suharlan, D. 2016. Fatigue endurance and hardness characterization of DLC (Diamond-Like Carbon) coating on HQ 805 substrat. Simposium Nasional RAPI XV-2016 FT UMS. ISSN 1412-9612.
- Lee, C., Lee, S., Park, J., Park, C., Lee, S.J., 2017. Removal of copper, nickel and chromium mixtures from metal plating wastewater by adsorption with modified carbon foam. *Chemosphere* 166 (2017) 203e211
- Lee, S.H., So, M. G., 2000. Effects of Deposition Temperature and Pressure of the Surface Roughness and the Grain Size of Polycrystalline Si 1 – X Ge X Films. *Journal of Materials Science* 35(19): 4789–94.
- Priyambodo, B. H., 2011. Pengaruh Kuat Arus terhadap Kekerasan, Struktur Mikro dan Laju Korosi Lapisan Chromate Coating pada Logam Aluminium, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Salih, S.A., Mehdi, A.S., Alsaegh, A.S.N., 2013. Study the Effect of Nickel Coating on Fatigue Life of Low Carbon Steel Exposed to Corrosive Environments. *Journal of Environment*

- and Earth Science*. ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online). Vol. 3, No.5, 2013
- Setyo, N., Malau, V., 2012. Pengaruh kuat arus pada pelapisan nickel dan *nickel-hard chromium plating* terhadap sifat fisis dan mekanis permukaan baja aisi 410. Prosiding SNST ke-3 Tahun 2012.
- Voorwald, H. J. C., Padilha, R., Costa, M. Y. P., Pigatin, W. L., Cioffi, M. O, H., 2007. Effect of electroless nickel interlayer on the fatigue strength of chromium electroplated AISI 4340 steel. *International Journal of Fatigue* 29 (2007) 695–704. doi:10.1016/j.ijfatigue.2006.07.004
- Wanatabe, K., Kariya, Y., Yajima, N., Obinata, K., 2018. Low-cycle fatigue testing and thermal fatigue life prediction of electroplated copper thin film for through hole via. *Microelectronics Reliability* 82 (2018) 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2017.12.045>
- Zang, H., Kang, Z., Sang, J., Hirahara, H., 2018. Surface metallization of ABS plastics for nickel plating by molecules grafted method. *Surface & Coatings Technology* 340 (2018) 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.02.005>