

PENGARUH PACK CARBURIZING DAN KEKASARAN PERMUKAAN TERHADAP UMUR FATIK MATERIAL POROS BAJA S45C

Sunardi, Rina Lusiani, Abby Opera Fitra

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman KM 03 Cilegon 42435

Email: parikesit_ka@yahoo.co.id

Abstrak

Poros merupakan salah satu lemen mesin yang memiliki peranan cukup signifikan dalam konstruksi mesin. Melalui poros inilah daya dan putaran mesin dapat dipindahkan dan diteruskan dari satu bagian ke bagian yang lainnya. Kerusakan yang paling sering dialami oleh poros adalah fatik, yakni sekitar 85%. Untuk itu diperlukan poros yang memiliki sifat-sifat tertentu sehingga aman ketika digunakan. Dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh kekasaran permukaan poros terhadap umur fatiknya. Poros dengan kekasaran permukaan yang berbeda diberikan perlakuan *pack carburizing* agar diperoleh kekerasan yang tinggi. Pengujian fatik dilakukan dengan *rotating bending test* (RBT) pada siklus rendah. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa kekasaran permukaan dan perlakuan *pack carburizing* memberikan dampak yang signifikan terhadap umur fatik poros. Semakin tinggi kekasaran permukaan poros, semakin rendah umur pakai poros. Di sisi yang lain, perlakuan *pack carburizing* juga berkontribusi terhadap penurunan umur fatik poros, meskipun dapat meningkatkan kekerasan permukaan material poros.

Keyword: kekasaran permukaan, pack carburizing, umur lelah, kekerasan

1. PENDAHULUAN

Kegagalan dan kerusakan poros mesin dapat berupa keausan dan fatik. Berdasarkan penelitian Nishida (1985) bahwa sebesar 85%, kegagalan poros disebabkan oleh fatik. Hal ini dapat dimengerti sebab fungsi utama poros adalah meneruskan daya dan putaran mesin secara berulang dan terus menerus. Terlebih untuk mesin-mesin modern saat ini yang menuntut poros dapat berputar pada kecepatan tinggi. Poros akan lebih cepat mengalami kegagalan jika tegangan yang bekerja cukup tinggi dan berfluktuasi.

Beban yang dialami poros ketika bekerja sangat kompleks, karena harus memperhitungkan sifat mekanis material dan dampak getaran yang ditimbulkan. Sifat mekanis poros yang dianggap penting antara lain: kekuatan, kekakuan dan kekerasan bahan poros. Kekakuan dibutuhkan poros karena sebuah poros harus cukup tangguh menahan beban lentur, beban geser dan torsi selama bekerja. Kekakuan poros dianggap penting karena akan berpengaruh terhadap besaran defleksi yang ditimbulkan ketika meneruskan daya dan putaran mesin. Kekakuan poros memiliki kaitan langsung dengan getaran

mesin secara keseluruhan. Sedangkan kekerasan poros dimaksudkan untuk mengurangi laju keausan pada saat terjadi kontak antara permukaan poros dengan bagian-bagian lain dimana terjadi gerak relatif akan terjadi satu dengan yang lainnya.

Langkah yang cukup sulit untuk menentukan karakteristik poros yang ideal adalah mengkompromikan antara kekerasan, kekuatan dan kekakuan. Untuk itu dibutuhkan penelitian yang lebih rumit untuk mencapai keinginan tersebut. Berbagai proses manufaktur baik berupa perlakuan permukaan, memberi paduan tertentu atau rekayasa proses lainnya dilakukan secara terus menerus.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pertimbangan Disain Poros

Seperti yang telah diuraikan di atas bahwa poros memiliki peranan yang sangat besar terhadap kinerja sebuah konstruksi mesin. Sebuah poros dapat mengalami tegangan lentur, tegangang puntir atau kombinasi dari tegangan lentur dan puntir. Seorang insinyur harus mampu mengidentifikasi berbagai kemungkinan tegangan yang akan dialami oleh poros ketika sudah beroperasi.

Ketepatan dalam menentukan tipe pembebanan ini akan berpengaruh terhadap proses manufaktur dan jenis material yang akan digunakan.

Ada beberapa hal yang dapat menjadi penyebab kegagalan poros, antara lain:

1. Terjadinya beban berlebih yang bekerja pada poros.
2. Terbentuknya konsentrasi tegangan pada permukaan poros karena tidak sempurnanya proses manufaktur.
3. Kesalahan assembling, terutama pada saat pemasangan bantalan.
4. *Scoring* atau *melting* pada permukaan poros sebagai akibat buruknya pelumasan.
5. Jika poros tidak memiliki kelenturan yang cukup dalam menerima beban pada saat beroperasi.

Kelima faktor tersebut merupakan faktor dominan yang menyebabkan kegagalan material poros. Dalam merencanakan sebuah poros diperlukan pertimbangan-pertimbangan tertentu. Berikut ini adalah hal-hal yang harus diperhatikan dalam merancang poros mesin:

1. Pemilihan material poros. Poros yang bekerja pada putaran tinggi dan beban berat biasanya dibuat dari baja paduan dengan perlakuan tertentu pada permukaannya. Kekerasan permukaan ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya keausan pada poros.
2. Kekuatan. Sebuah poros harus memiliki kemampuan untuk menerima beban lentur, puntir atau kombinasi dari kedua beban tersebut.
3. Kekakuan poros. Poros tidak hanya perlu kuat saja, tetapi juga harus mampu menerima adanya deformasi. Kekakuan poros dapat diperoleh dengan merekayasa konstruksi poros, seperti poros dibuat sependek mungkin.
4. Putaran kritis. Putaran kritis dapat dirasakan pada putaran tertentu. Ketika sebuah poros mengalami getaran yang sangat besar pada putaran tertentu, maka nilai tersebut sebagai putaran kritis. Putaran kritis dapat memicu terjadinya kegagalan poros atau mengganggu kinerja konstruksi mesin secara keseluruhan.
5. Faktor lingkungan. Jika sebuah poros bekerja dalam lingkungan korosif, maka ketahanan terhadap korosi menjadi

sangat penting. Korosi merupakan salah satu persoalan yang harus diperhatikan mengingat serangan korosi ini dapat menurunkan kualitas bahan.

2.2. Pack Carburizing

Pack carburizing merupakan sebuah metode penambahan atom karbon yang diperoleh melalui bubuk arang padat. Arang padat ini dapat diperoleh dari arang tempurung kelapa, arang kokas, arang kayu atau arang padat lainnya. Untuk mempercepat proses karburisasi dapat diberikan bahan tambahan lain, seperti BaCO_3 (*barium carbonat*) atau NaCO_3 (*natrium carbonat*) sebesar 10-40% dari berat arang. Dalam penelitian ini *energizer* yang digunakan adalah *barium carbonat* dan bubuk arang padat berasal dari tempurung kelapa.

Bubuk arang padat (80%) dan *barium carbonat* (20%) dimasukkan bersama-sama ke dalam kotak karburisasi yang tertutup rapat dan dipanaskan hingga suhu 850°C . Spesimen uji dibiarkan berada dalam kotak karburisasi selama 3 jam. Setelah itu spesimen dibiarkan hingga dingin secara alami.

Proses pemanasan yang diberikan pada kotak karburisasi akan memicu terjadinya proses difusi atom karbon ke dalam permukaan material. Menurut Suherman (1998), *pack carburizing* dapat memberikan pelapisan karbon hingga 1,2% pada permukaan bahan. Sedangkan Amstead (1979) menyatakan bahwa ketebalan lapisan karbon yang terbentuk dengan proses karburisasi padat ini dapat mencapai 0,75-4mm.

2.3. Umur Fatik Material

Fatik merupakan menempati urutan utama sebagai penyebab kegagalan sebuah material. Penelitian Nishida (1985) menunjukkan bahwa sekitar 85%, penyebab kegagalan material adalah fatik. Fatik dapat dipicu oleh adanya konsentrasi tegangan pada material, seperti: kekasaran permukaan, porositas, perubahan dimensi komponen, adanya alur atau perlakuan mekanis lainnya.

Ada beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan umur fatik material. Dalam penelitiannya, Ferdous dan Makabe (2012) memberikan perlakuan plastis pada Aluminium A2024 dengan

indentasi. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa, pemberian indentasi dan ekspansi dapat meningkatkan umur fatik material.

Perlakuan ion nitriding mampu meningkatkan umur fatik material baja 4340 hingga mencapai 91% (Sirin et.al., 2008). Penelitian de Castro et.al. (2010) menunjukkan bahwa kandungan Posphor (P) memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap sifat impak baja SAE 5160. Dari riset yang sama ditemukan bahwa kandungan P masih kurang dari 0.03wt%. Suhu quenching 850°C dan tempering 530°C memiliki umur fatik yang lebih baik.

Kondisi pemotongan pada benda kerja yang dibubut memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap umur fatik material (De Castro, 2010). Terdapat perbedaan umur lelah material yang dikerjakan dengan mesin bubut ataupun digerinda. Hal ini dapat menjadi indikasi bahwa proses manufaktur memiliki pengaruh terhadap kualitas material yang dihasilkan.

2.4. Kekasaran Permukaan Poros

Kekasaran permukaan merupakan hasil proses manufaktur. Perbedaan proses manufaktur akan menghasilkan kekasaran permukaan yang berbeda. Demikian pula material perkakas potong, parameter proses manufaktur dan pengerjaan akhir ikut menentukan kualitas permukaan material. Kekasaran permukaan dapat menjadi inisiasi retakan terutama ketika material tersebut menerima pembebanan berulang dan berfluktuasi.

Perilaku lelah material pada spesimen pada siklus lelah rendah $N < 10^5$ dengan siklus fatik tinggi $N > 10^5$ tidak memiliki perbedaan yang mencolok. Spesimen dengan permukaan yang halus memiliki umur lelah material yang lebih lama (Alang et. Al., 2011). Dari riset ini pula diperoleh pernyataan bahwa inisiasi retakan meningkat seiring dengan kekasaran spesimen yang meningkat.

Kokavec (2011) menyatakan bahwa kondisi permukaan memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap sifat lelah bahan. Hal ini ditunjukkan oleh permukaan yang digerinda halus memiliki perilaku dan umur fatik yang lebih baik. Permukaan hasil coran menunjukkan perilaku lelah material yang buruk. Pemberian *shot-blasting*

treatment tidak dapat meningkatkan kekuatan lelahnya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Material

Material yang digunakan dalam riset ini adalah baja karbon sedang JIS S45C. kandungan karbon baja ini sekitar 0.45%. pengujian komposisi kimia dilakukan dengan spectrometri. Beberapa sifat penting material ini antara lain:

Tabel 1. Sifat mekanis baja JIS S45C

Designation	Yield Point (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
S45C	339	499	34

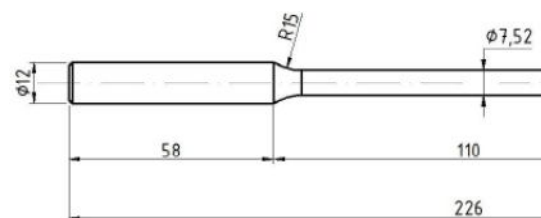
3.2. Preparasi Spesimen

Spesimen dibuat dengan menggunakan mesin bubut konvensional dengan mengelompokkan spesimen ke dalam tiga derajat kekasaran. Untuk memperoleh kekasaran yang berbeda digunakan parameter proses yang berbeda. Setelah itu spesimen diberikan perlakuan panas berupa *pack carburizing*.

Pack carburizing dimaksudkan untuk meningkatkan kekerasan permukaan. Material dipanaskan hingga suhu 850°C dengan *holding time* 3 jam. Kekasaran permukaan yang diperoleh dari proses manufaktur adalah 0.82 μm , 2.07 μm dan 4.77 μm .

3.3. Uji Lelah Siklus Rendah

Pada penelitian ini digunakan uji lelah siklus rendah, sehingga tegangan yang diberikan cukup tinggi 250, 341 dan 455 MPa. Spesimen yang digunakan dalam uji lelah material ini merujuk pada standar JIS Z 2274 dengan ukuran sebagai berikut:



Gambar 1. Spesimen uji lelah JIS Z 2274

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Komposisi Kimia

Terdapat 18 unsur kimia yang terdeteksi pada uji komposisi kimia ini. Pada paper ini hanya ditampilkan beberapa unsur saja yang memiliki prosentase cukup tinggi. Perubahan prosentase unsur kimia pada

proses *pack carburizing* dapat ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

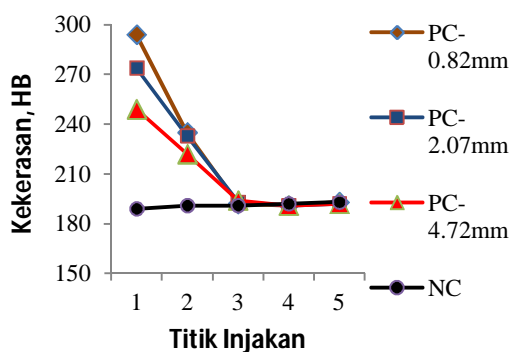
Tabel 2. Unsur kimia sebelum dan sesudah *pack carburizing*

Unsur Kimia	Sebelum Treatment	Setelah Treatment
C	0.440	1.890
Si	0.308	0.297
Mn	0.759	0.745
S	0.014	0.016
Cu	0.253	0.251
Ni	0.101	0.104
Cr	0.204	0.203

Dari Tabel 2 terlihat bahwa terjadi peningkatan unsur karbon pada permukaan material. Sedangkan untuk unsur-unsur yang lain relatif tidak mengalami perubahan berarti. Peningkatan unsur karbon ini akan mempengaruhi sifat mekanis material.

4.2. Distribusi Kekerasan Permukaan

Perlakuan *pack carburizing* memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap peningkatan kekerasan permukaan hingga mencapai 55.6% dari spesimen tanpa perlakuan panas. Hal ini mengindikasikan difusi atom karbon ke spesimen terjadi cukup baik. Dari Gambar 2 juga dapat dilihat bahwa distribusi kekerasan pada setiap titik uji menunjukkan perbedaan. Artinya pada permukaan memiliki kekerasan yang cukup tinggi, dan semakin mendekati titik inti spesimen kekerasan mengalami penurunan.

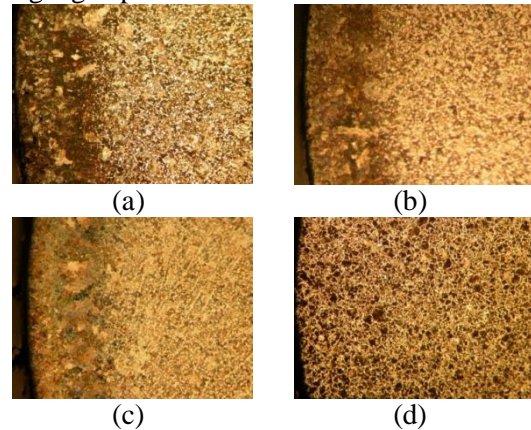


Gambar 2. Distribusi kekerasan permukaan

Yang menarik untuk dicermati adalah kekasaran permukaan dapat mempengaruhi tingkat kekerasan spesimen. Semakin halus kekasaran permukaan, maka distribusi kekerasan pada sisi terluar semakin tinggi. Hal ini disebabkan difusi atom ke dalam

material terjadi secara seragam pada kedalaman yang sama.

Deposisi dan kedalaman kekerasan dipengaruhi oleh kekasaran permukaannya, seperti terlihat pada Gambar 3 di bawah ini. Spesimen yang diberikan perlakuan *pack carburizing* menunjukkan terjadinya deposisi atom carbon yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan material tanpa perlakuan. Penumpukan unsur karbon pada permukaan dapat menyebabkan getas dan tegangan permukaan.



Gambar 3. Struktur mikro material dengan *pack carburizing* pada kekasaran (a) 0.82? m, (b) 2.07? m, (c) 4.77? m dan (d) non-treatment

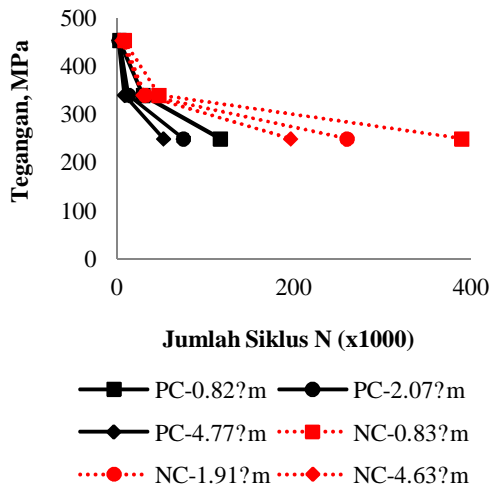
4.3. Pengaruh Pack Carburizing dan Kekasaran Permukaan Terhadap Umur Lelah Bahan

Umur lelah material dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain adanya konsentrasi tegangan, perlakuan permukaan, perubahan dimensi material atau struktur mikro material lainnya. Dari pengujian lelah dapat dibuktikan bahwa kekasaran permukaan sangat berpengaruh terhadap umur lelahnya.

Dari Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi kekasaran permukaan material, semakin cepat material mengalami kegagalan. Hal ini disebabkan oleh adanya konsentrasi tegangan permukaan pada alur-alur bekas pemotongan. Alur pada permukaan material dapat memicu terjadinya retakan awal. Adanya beban yang terus menerus bekerja pada material akan menyebabkan terjadinya pertumbuhan retak hingga patah.

Kekasaran permukaan dari hasil proses manufaktur sangat menentukan umur lelah material. Semakin halus permukaan

material, semakin panjang umur lelahnya. Untuk itu diperlukan proses finishing yang baik agar umur material dapat optimal.

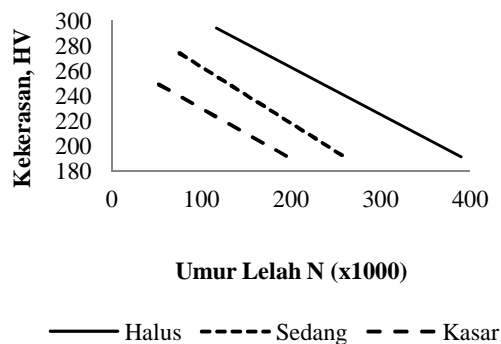


Gambar 4. Pengaruh kekasaran permukaan dan pack curbaurizing terhadap umur material

Dari Gambar 4 juga terlihat bahwa *pack carburizing* yang diberikan pada material ikut berkontribusi terjadinya penurunan umur lelah material. Peningkatan kekerasan permukaan tidak selalu linier dengan peningkatan keuletan bahan. Justru peningkatan kekerasan tersebut dapat menjadi pemicu retakan awal pada permukaan bahan.

4.4. Hubungan Antara Kekerasan dan Umur Lelah Material

Kekerasan permukaan material memiliki pengaruh terhadap umur lelah material. Perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan tidak selalu diiringi oleh peningkatan umur lelah material. Berikut adalah hubungan antara kekerasan material dengan umur lelahnya.



Gambar 5. Hubungan antara Kekerasan dan Umur Lelah Material

Dari Gambar 5 terlihat bahwa *pack carburizing* menyebabkan penurunan umur lelah pada semua tingkatan kekasaran permukaan. Semakin tinggi nilai kekerasan material, semakin rendah umur lelahnya. Hal ini dapat menjadi indikasi bahwa peningkatan kekerasan tidak selalu diikuti oleh kekuatan tarik material. Peningkatan kekerasan material dapat menyebabkan material menjadi lebih getas dan tegangan permukaan dapat memicu terjadinya inisiasi retakan.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Pack carburizing* yang diberikan pada material memberikan dampak kekerasan yang cukup signifikan. Material tanpa perlakuan memiliki kekerasan 191.2 HV, sedangkan setelah diberikan *pack carburizing* kekerasan permukaan dapat mencapai 294 HV.
2. Semakin kasar permukaan spesimen, maka semakin rendah umur lelah material.
3. Perlakuan *pack carburizing* memberikan dampak penurunan terhadap umur lelahnya, meskipun terjadi peningkatan kekerasan.
4. Semakin tinggi kekerasan material, semakin rendah umur lelah materialnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ferdous, M.D.S. dan Makabe, C., 2012, *Improvement of Fatigue Life of a Holed Specimen of Aluminum-Alloy 2024-T3 by Indentation and Hole Expansion*, Advanced Materials Development and Performance (AMDP2011), International Journal of Modern Physics: Conference Series, Vol. 6, pp. 336-342.
2. Sirin, S.Y., Sirin, K. dan Kaluc, E., 2008, *Effect of the Ion Nitriding Surface Hardening Process on Fatigue Behavior of AISI 4340 Steel*, Materials Characterization 59, pp. 351-358.
3. De Castro, D.B., Ventura, J.M., Rucket, C.O.F.T., Spinelli, D., dan Filho, W.W.B., 2010, *Influence of Phosphorus Content and Quenching/Tempering Temperatures on Fracture Toughness*

- and Fatigue Life of SAE 5160 Steel*,
Materials Research 13 (4), pp. 445-455.
4. Alang, N.A., Razak, N.A. dan Miskam, A.K., 2011, *Effect of Surface Roughness on Fatigue Life of Notched Carbon Steel*, International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol. 11 No. 01, pp. 160-163.
 5. Kokavec, M., Konecna, R., dan Nicoletto, G., 2011, *Influence of Surface Quality on Fatigue Behavior of Nodular Cast Iron*, Acta Metallurgica Slovaca, Vol. 17, No.2, pp. 99-105.