

Keausan Baja Karbon Sedang Akibat Variasi Beban Gesek Pada Suhu Permukaan Kontak 300°C

Dewa Made Riswandha Putra, I Made Widiyarta dan I Made Parwata
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pemanfaatan baja sebagai bahan komponen sebuah mesin sudah sangat umum, terutama komponen yang menerima beban cukup besar, mengalami kontak dan gesekan dalam operasinya. Pemilihan baja sebagai bahan komponen tersebut karena baja memiliki kekuatan dan ketahanan aus yang baik sehingga umur pemakaian komponen tersebut dapat cukup lama. Kegagalan yang terjadi pada komponen yang mengalami kontak tersebut umumnya berupa kegagalan aus. Keausan yang terjadi ditunjukkan dengan hilangnya material dari permukaan benda dan bila semakin banyak permukaan mengalami aus, maka permukaan benda akan mengalami perubahan bentuk. Selama dua komponen mengalami proses sliding, panas akan muncul dipermukaan kontak akibat gesekan. Bila panas yang timbul akibat beban gesek tersebut cukup tinggi, panas tersebut mungkin dapat menurunkan kekuatan material. Hal ini dapat mempercepat kegagalan terjadi pada material tersebut, sehingga keausan pada material tersebut akan meningkat. Beban gesek yang cukup besar ditambah dengan melemahnya kekuatan material akibat panas yang timbul akan menyebabkan kegagalan permukaan material terjadi lebih cepat lagi, dan tentunya akan meningkatkan keausan. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian keausan baja karbon sedang pada suhu permukaan 300°C dengan variasi beban yaitu 25 Newton, 30 Newton dan 35 Newton. Nilai keausan material baja ST60 dengan naiknya beban pada rentang pembebanan 25N, 30N dan 35N masih sangat kecil bahkan mengalami penurunan dengan naiknya beban. Hal ini mungkin diakibatkan karena terbentuknya lapisan oksida pada permukaan spesimen (dalam bentuk Fe_3O_4 dan Fe_2O_3) dan juga pembebanan yang diberikan tidak cukup besar untuk mengikis lapisan permukaan spesimen uji. Mekanisme aus yang terjadi pada beban 25N hingga 35N yaitu keausan oksidasi, keausan abrasif dan keausan lelah.

Kata kunci: keausan, baja karbon sedang ST 60, variasi suhu, variasi beban

Abstract

The use of steel as a component material for a machine is very common, especially components that receive a large load, experience contact and friction in their operation. The choice of steel as a component material is because of steel has good strength and wear resistance so that the service life of these components can be quite long. Failures that occur in components that have contact are generally in the form of wear failure. The wear that occurs is indicated by the loss of material from the surface of the object and when more and more surface material is worn, the surface of the object will change shape. As long as the two components undergo a sliding process, heat will appear on the surface of the contact due to friction. If the heat generated by the frictional load is high enough, it may reduce the strength of the material. This can accelerate failure to occur in the material, so that the wear on the material will increase. The large frictional load coupled with the weakening of the material strength due to the heat that arises will cause the material surface to fail to occur even faster, and of course will increase wear. In this study, a medium carbon steel wear test was carried out at a surface temperature of 300 °C with a load variation, namely 25 Newton, 30 Newton and 35 Newton. The value of ST60 steel material wear with increasing loads in the 25N, 30N and 35N loading ranges is still very small and even decreases with increasing loads. This may be due to the formation of an oxide layer on the surface of the specimen (in the form of Fe_3O_4 and Fe_2O_3) and also the loading applied is not large enough to erode the surface layer of the test specimen. The wear mechanisms that occur at 25N to 35N loads are oxidation wear, abrasive wear and fatigue wear.

Key words: wear, medium carbon steel ST 60, temperature variations, load variation

1. Pendahuluan

Pemanfaatan baja sebagai bahan komponen sebuah mesin sudah sangat umum, terutama komponen yang menerima beban cukup besar, mengalami kontak dan gesekan dalam operasinya. Pemilihan baja sebagai bahan komponen tersebut karena baja memiliki kekuatan dan ketahanan aus yang baik sehingga umur pemakaian komponen tersebut dapat cukup lama. Sebagai contoh proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan

(hardening), yaitu proses pemanasan baja hingga temperatur di area krusial atau diatas area krusial dilanjutkan dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quench* [1]. Aus adalah proses kegagalan permukaan material yang dapat mempengaruhi kinerja material karena perubahan profil permukaan [2]. Selama dua komponen mengalami proses sliding, panas akan muncul dipermukaan kontak akibat gesekan. Bila panas yang timbul akibat beban gesek tersebut cukup tinggi, panas tersebut mungkin dapat menurunkan kekuatan material. Baja karbon diketahui dapat

mengalami perubahan sifat mekanik menjadi lebih lemah bila baja karbon berada pada suhu diatas 250°C [3]. Bila baja karbon berada pada kondisi di atas suhu tersebut, kegagalan dapat terjadi pada baja karbon akan semakin cepat, sehingga keausan pada material tersebut akan meningkat. Beban gesek yang cukup besar ditambah dengan melemahnya kekuatan material akibat panas yang timbul akan menyebabkan kegagalan permukaan material terjadi lebih cepat lagi, dan tentunya akan meningkatkan keausan.

Dalam penelitian ini dikaji bagaimana keausan terjadi pada baja karbon pada suhu permukaan 300°C dengan memberi beban gesek yang bervariasi.

Beberapa batasan yang dimaksud adalah:

1. Kontak yang terjadi adalah kering dan partikel debu atau benda asing pada saat melakukan pengujian dianggap tidak ada.
2. Sifat mekanik material dapat diasumsikan sama.

2. Dasar Teori

2.1 Klasifikasi Baja

Baja (steel) adalah suatu produk besi yang mempunyai kadar karbon berkisar 1,7%. Produk ini telah memenuhi syarat sebagai baja karbon (carbon steel) [4]. Baja dan Besi saat ini menempati peringkat pertama logam yang paling banyak pemakaiannya, besi dan baja mempunyai kandungan unsur utama yang sama yaitu Fe, hanya kadar karbon yang membedakan besi dan baja, penggunaan besi dan baja dewasa ini sangat luas mulai dari peralatan yang sepele seperti jarum, peniti sampai alat – alat dan mesin berat [5]. Baja Karbon (*carbon steel*), dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) dengan kandungan karbon 0,05 % - 0,30 % C. Sifatnya sangat mudah ditempa dan mudah dimesin. Penggunaannya: 0,05 % - 0,20 % C : *automobile bodies, buildings, pipes, chains rivets, screws, nails*. 0,20% - 0,30 % C: *gears, shafts, forgings, bridges, buildings*.
2. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) dengan kandungan karbon 0,30 % - 0,60 % C. Mempunyai kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Sifatnya susah untuk dibengkokkan, dilas, dan dipotong. Penggunaan: 0,30 % - 0,40 % C : *connecting rods, crank pins, axles*. 0,40 % - 0,50 % C *car axles, crankshafts, rails, boiler, auger bits, screwdrivers*. 0,50 % - 0,60 % C : *hammers dan sledges*.
3. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*). Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Kandungan 0,60 % - 1,50 % C. Penggunaan : *screwdriver, blacksmith hammers, tables knives, drills.tools for turning brass anf wood, reamers, tools for turning hard metal, saw for cutting steel, wire drawing dies, fine cutters*.

2.2 Keausan

Keausan (*wear*) ialah terkikisnya materi dari permukaan benda padat sebagai efek dari gesekan mekanik [6]. Definisi lain dari keausan adalah

lenyapnya bahan dari permukaan atau perpindahan bahan dari permukaannya ke bagian yang berbeda atau Bergeraknya bahan pada permukaan [7]. Keausan adalah hilangnya massa atau partikel permukaan suatu material seperti serbuk, yang disebabkan karena kontak mekanik pada dua benda dan lebih, yang saling kontak dan bergerak relatif [8]. Pada kondisi rel dan roda yang saling kontak, mengalami interaksi gerak sliding dan dibebani mengakibatkan regangan geser, proses inilah yang mengakibatkan kegagalan aus. Rekayasa permukaan material telah banyak dilakukan untuk meningkatkan ketahanan aus, sehingga umur rel menjadi lebih panjang dan dapat terminimalisir dari kemungkinan aus.

3.1 Metode Penelitian

Uji keausan akan dilakukan dengan metode pengujian keausan *ball on flat* sesuai dengan standar ASTM G133-05 (2010). Tahap-tahap pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan dan memeriksa alat uji yang akan digunakan.
2. Menyiapkan spesimen pengujian. Dan pastikan kekasarnya seragam untuk semua spesimen.
3. Melakukan penimbangan awal pada spesimen sebelum proses pengujian keausan dilakukan.
4. Kecepatan putar pada 300 rpm dan panjang langkah 10 mm.
5. Melakukan pemasangan spesimen pada landasan dan bola baja yang diatur pada pembebanan 25N, 30N, dan 35N.
6. Atur suhu permukaan kontak hingga mencapai 30°C, 100°C, 200°C, dan 300°C
7. Setelah semua persiapan selesai, dilakukan pengujian keausan dan pengambilan data jarak tempuh yang digunakan.
8. Setelah selesai, lepaskan spesimen dan bersihkan menggunakan wash bensin agar material sisa yang menempel terlepas.
9. Timbang berat spesimen setelah pengujian.
10. Ulangi langkah 5 sampai 9 pada spesimen berikutnya.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Uji Keausan

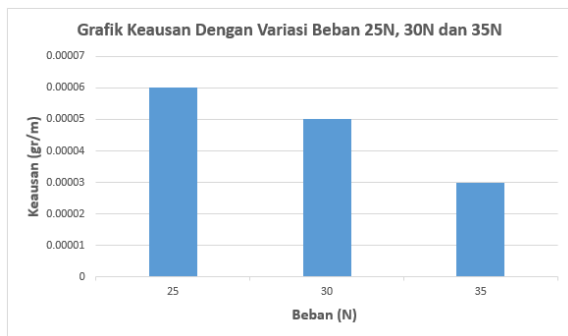
Dalam penelitian ini juga dilakukan uji keausan pada baja karbon sedang ST 60 dengan rentang suhu pengujian 300°C.

Tabel 1 Tabel Pengambilan Data Uji Keausan dengan suhu permukaan 300°C, beban bervariasi W= 25, 30 dan 35 N; L = 10 mm; f = 5 Hz

Beban (N)	25	30	35
Keausan (gr/m)	0.00006	0.00005	0.00003

Tabel 1 menunjukkan hasil uji keausan baja karbon sedang ST60 pada suhu permukaan kontak 300°C dengan variasi beban 25N, 30N dan 35N dengan 5000 siklus pembebanan (± 16 menit 40 detik). Pada pembebanan 25N keausan rata-rata baja

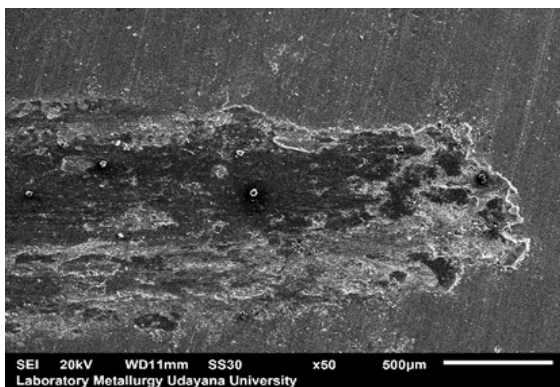
karbon sedang ST60 bernilai 0.00006 gr/m. Pada pembebanan 30N keausan rata-rata baja karbon sedang ST60 bernilai 0.00005 gr/m. Pada pembebanan 35N keausan rata-rata baja karbon sedang ST60 bernilai 0.00003 gr/m.



Gambar 1. Grafik rata-rata keausan baja karbon sedang ST60 pada beban 25, 30 dan 35 N dengan suhu permukaan 300°C.

Gambar 1 merupakan grafik gambaran dari tabel 1 yang menunjukkan nilai keausan rata-rata baja karbon sedang ST60. Semakin meningkatnya beban, tidak menjamin nilai keausan rata-rata semakin meningkat atau menurun. Dalam rentang beban 25 N hingga 35 N, material baja karbon sedang ST60 memiliki nilai keausan dengan *trending* menurun.

4.2 Hasil Uji SEM

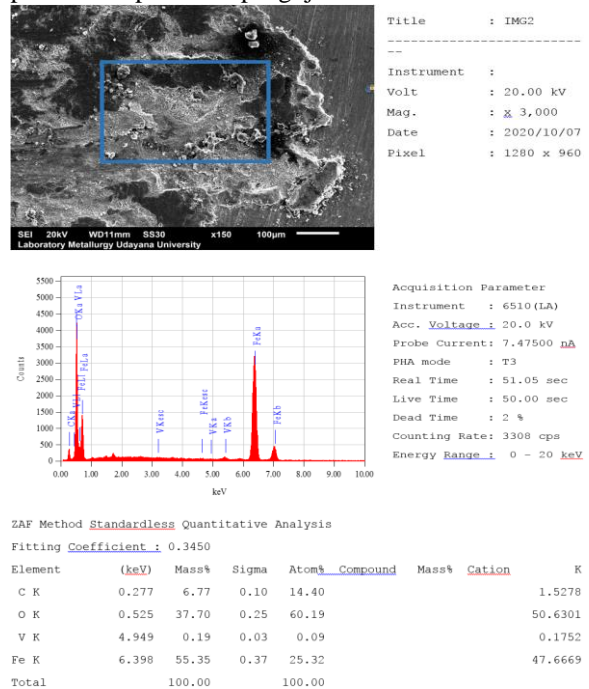


Gambar 2 SEM hasil uji keausan baja karbon sedang ST60 dengan beban 35 N pada suhu 300°C pembesara 50x.

Gambar 2 merepresentasikan hasil SEM pada baja ST60 hasil uji aus dengan beban 35 N pada suhu permukaan 300°C. Terlihat adanya jejak keausan yang sangat jelas. Jejak keausan berupa goresan-goresan atau flek-flek kecil, dimana lapisan material di permukaan terlihat terkompresi dan mengalami deformasi geser ke arah gaya geser, hal ini menunjukkan bahwa baja ST60 bersifat ulet. Inisiasi keausan dimulai dari retakan pada lapisan permukaan akibat tekanan dan gaya geser yang kemudian terlepas dari permukaan berupa partikel aus. Keausan yang terjadi pada suhu 300°C dapat di golongkan sebagai keausan abrasif dan oksida.

Gambar 3 menunjukkan hasil EDS pada permukaan hasil uji keausan baja karbon sedang ST60 dengan beban 35 N pada suhu permukaan kontak 300°C. Berdasarkan data tersebut terdapat

unsur O sebesar 37,70% dan Fe sebesar 55,35 % pada area pengamatan. Hal itu menunjukkan terdapat lapisan oksida yang terbentuk selama proses pemanasan pada saat pengujian aus.



Gambar 3. EDS hasil uji aus dengan beban 35 N pada Suhu 300°C

Ketika suhu di bawah 570°C, secara termodinamika FeO tidak stabil, lapisan oksida hanya terdapat dalam bentuk Fe₃O₄ dan Fe₂O₃. Kemungkinan lapisan oksida permukaan baja karbon sedang ST60 pada pengujian 100°C hingga 300°C berada dalam bentuk Fe₃O₄ dan Fe₂O₃. Munculnya lapisan oksida dan ketebalan lapisan oksida tidak dapat dikontrol sehingga berpengaruh terhadap laju keausan tidak terprediksi, lapisan oksida yang masih melekat pada permukaan aus berperan dalam peningkatan massa spesimen uji setelah dilakukannya proses uji keausan. Akibat retakan mikro maupun makro, oksigen akan masuk melalui retakan lapisan oksida dan kemudian mengoksidasi baja karbon. Lapisan oksida yang tebal akan memproteksi baja karbon dari lapisan oksida berikutnya. Lapisan oksida juga dapat sebagai penghalang terjadinya kontak langsung antara material indentor dan material spesimen uji, sehingga dapat berfungsi sebagai penghambat terjadinya keausan pada material.

4.3 Pembahasan

Setelah dilakukan pengamatan SEM terlihat semakin tinggi proses pemanasan semakin banyak juga area gelap yang terlihat pada foto SEM, terlihat jelas keausan pada hasil pengamatan SEM baja karbon sedang ST60 lebih kecil. Hal ini diakibatkan oleh munculnya lapisan oksida pada permukaan baja karbon sedang ST60 dalam bentuk Fe₃O₄ dan Fe₂O₃. Pembebanan pada proses uji keausan belum cukup untuk mengikis permukaan baja karbon sedang ST60 karena sebagian besar keausan yang terjadi

kemungkinan berasal dari pengikisan lapisan oksida yang muncul saat proses pemanasan spesimen. Lapisan oksida juga dapat menurunkan koefisien gesek (f_s) yang berperan menjadi lapisan pembatas diantara indenter dan spesimen, dan juga mempunyai sifat yang lebih keras. Munculnya lapisan oksida pada saat proses pemanasan terjadi secara alamiah sehingga tidak dapat dikontrol. Melalui proses EDS dapat dibuktikan kemunculan unsur kimia Fe dan unsur kimia O, persentasenya cukup tinggi. Terbentuknya lapisan oksida di atas permukaan baja karbon sedang ST60 dapat melindungi spesimen dari keausan pada uji aus dengan suhu 300°C.

Uji keausan versi *ball on flat* dengan langkah bolak-balik terindikasi permukaan baja karbon sedang ST60 telah menerima beban berulang-ulang yang kemungkinan telah terjadi mekanisme aus lelah. Pada proses pengujian suhu permukaan kontak 300°C kemungkinan tidak menyebabkan terjadinya mekanisme keausan lelah dikarenakan titik lebur baja karbon sedang ST60 lebih tinggi dari 1000°C. Dalam penelitian ini dapat kita simpulkan bahwa keausan yang terjadi pada baja karbon sedang ST60 adalah keausan abrasif dan keausan oksida.

5. Kesimpulan

Secara umum, nilai keausan material baja ST60 dengan naiknya beban pada rentang pembebanan 25N, 30N dan 35N masih sangat kecil bahkan mengalami penurunan dengan naiknya beban. Hal ini mungkin diakibatkan karena terbentuknya lapisan oksida pada permukaan spesimen (dalam bentuk Fe_3O_4 dan Fe_2O_3) dan juga pembebanan yang diberikan tidak cukup besar untuk mengikis lapisan permukaan spesimen uji. Keausan yang relatif kecil ini berasal dari terkikisnya lapisan oksida yang timbul pada saat proses pemanasan spesimen uji. Dan juga lapisan oksida dapat menurunkan koefisien gesek (f_s) dan juga dapat berperan sebagai pembatas terjadinya kontak langsung antara material bola indenter dan spesimen yang mungkin berperan dalam menurunkan keausan. Lapisan oksida yang bersifat lebih keras dan mengakibatkan terkikisnya lapisan oksida terlebih dahulu dan memerlukan waktu untuk mengikis seluruh lapisan oksida sebelum lapisan permukaan kontak spesimen uji mulai tergerus. Mekanisme aus yang terjadi pada beban 25N hingga 35N yaitu keausan oksidasi, keausan abrasif dan keausan lelah.

Daftar Pustaka

- [1] Djafri Sriati, 1987, *Metalurgi Mekanik, Terjemahan dari Mechanical Metallurgy*. Erlangga, Jakarta.
- [2] Dwipayana, 2018, *Mekanisme dan laju aus lapisan Ni-Cr akibat gesekan dengan perubahan suhu permukaan kontak*, Tesis Program Studi Mesin Pascasarjana Universitas Udayana.

- [3] Jean Marc Franssen dan Pala Vila Real, 2012, *Carbon Steel Properties at Elevated Temperature*, European Convention for Constructional Steelwork, ECCS.
- [4] Jensen dan Chenoweth, 1992, *Kekuatan Bahan Terapan*, Erlangga, Jakarta.
- [5] ASM handbook, 1993, *Properties and Selection ; iron Steel and Hidup performance alloys*, Metals handbook volume 1, pp.329.
- [6] Rabinowicz, E., 1995, *Friction and wear of material*, John Willey & sons, Inc.Singapore.
- [7] Almen, J.O., 1950, *Mechanical Wear (ed. J.T Burnwell)*, American Society for Metals, pp. 229-288.
- [8] Dapotan Ranton, I Made Widiyarta, I Made Parwata, 2017, *Keausan Lapisan Nikel Tungsten Pada Baja Karbon Sedang Akibat Beban Gelinding Luncur Dengan Variasi Tebal Lapisan*, Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA Vol.6 No.1, pp. 132-137.

