

# Keausan Lapisan Nikel Tungsten Pada Baja Karbon Sedang Akibat Beban Gelinding Luncur Dengan Variasi Tebal Lapisan

Dapotan Ranto, I Made Widiyarta, I Made Parwata  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Keretaapi yang melintas dengan tekanan kontak maksimum pada setiap roda atas rel sebesar 750 Mpa dapat menyebabkan slip. Slip yang terjadi antara roda dan rel, selama gerakan kereta menambah/mengurangi kecepatan, tanjakan, dan tikungan. Hal ini dapat mengakibatkan kegagalan ausse hingga dapat mengurangi umur pemakaian rel. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan aus dengan mengubah sifat mekanik material seperti karburizing, quenching dan coating. Pada penelitian ini coating atau pelapisan dilakukan unutup meningkatkan kekerasan material rel, uji aus dilakukan dengan metode kontak duadisc, bahan yang digunakan adalah nikel tungsten (Ni-W) dengan substrat material adalah baja karbon sedang (ST -60) dengan variasi tebal lapisan 0.2-0.4, 0.45-0.6 dan 0.65-1.1 mm dan test dilakukan selama 40.000 siklus dengan rasio slip-roll 1%. Hasil eksperimen pada keausan lapisan Ni-W menunjukkan, dengan meningkatnya tebal lapisan coating dari 0.2-0.4 hingga 0.65-1.1 mm menyebabkan penurunan massa yang hilang dari 0.898gr hingga 0.293gr.

Kata kunci :Keausan, teballapisan, slip-roll ratio 1%

## Abstract

A train travels on the tracks with the maximum contact pressure of wheel over rail 750 Mpa can cause slip to occur between the wheel and the rail during the train moves accelerating, decelerating, climbing, up and curving, this can cause a failure of wear, to occur on rails material and to decrease the service life of rails, there are a few methods that can be used to increase the wear resistance of the rail material with altering the hardness of the material such as carburizing, quenching and coating. In this work, coating was chosen as the method to increase of the material and wear test was conducted on the twin-disc contact machine, the coating material used is nickel tungsten (Ni-W) with the substrate is the medium carbon steel (ST 60) the coating thickness was varying of 0.2-0.4, 0.45-0.6 and 0.65-1.1 mm and the test was performed with the loading cycles of 40.000 cycles with the slip-roll ratio of 1%. The result experiment show the wear of Ni-W coating with increasing the coating thickness from 0.2-0.4 up to 0.65-1.1 mm cause to mass loss decrease that is from 0.898 gr to 0.293 gr.

Keywords :Wear, thick layer, slip-roll ratio of 1%,

## 1. Pendahuluan

Kereta Api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan lintasan khusus yang disebut rel. Rel adalah lintasan yang terdiri dari dua buah batang baja yang berfungsi untuk mengarahkan arah gerak dari roda kereta api [1]. Faktor slip, gaya gesek, beban, dan kecepatan yang terjadi antara roda dan rel akan menimbulkan tegangan yang mengakibatkan regangan geser. Regangan geser akan terakumulasi secara fluktuatif sesuai dengan besar tegangan dan jumlah beban yang di berikan pada rel. Oleh karena itu, kekuatan luluh material rel harus mampu menghasilkan regangan geser yang mampu mengimbangi bahkan lebih besar dari besarnya regangan yang terakumulasi. Berdasarkan hal diatas maka ada beberapa cara untuk mengubah sifat mekanik material, yaitu meningkatkan kekerasan permukaan material. Salah satunya, dengan

metode pelapisan. Untuk itu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang keausan material rel yang dilapisi dengan material lebih keras dengan menggunakan mesin *twin disc*. Dimana ketebalan lapisan divariasikan (0.2-0.4, 0.45-0.6 dan 0.65-1.1) mm. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan spesimen baja karbon sedang (ST 60) yang kemudian dilapisi dengan nikel tungsten dengan ketebalan bervariasi. Adapun rumusan masalah dalam penelitian skripsi ini adalah Bagaimana pengaruh lapisan coating antara (0.2-0.4, 0.45-0.6, 0.65-1.1) mm. pada baja karbon sedang (ST 60), sebagai spesimen rel dalam proses kontak gelinding luncur terhadap laju keausan. Kemudian bagaimana perilaku material di bawah permukaan kontak akibat gesekan yang terjadi dengan ratio *slip-roll* 1%. Hal ini dapat kita ketahui setelah melakukan uji aus dengan mesin twin disc hingga 40000 rpm.

**2. Dasar teori**

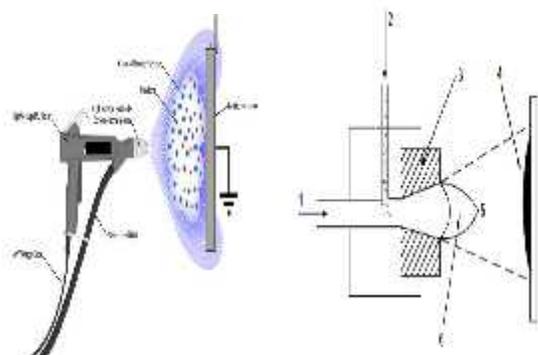
**2.1 Reldan Roda**

Roda kereta api adalah jenis roda yang dirancang khusus untuk digunakan pada rel. Komponen bergulir biasanya ditekan ke sebuah poros dan dipasang langsung pada rel atau lokomotif atau tidak langsung pada bogie. Roda dipanaskan untuk memiliki kekerasan tertentu. Rel adalah prasarana roda kereta api untuk berjalan, rel inilah yang memandu rangkaian kereta api bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain.

Dalam pengamatan secara awam, kita melihat rel sebagai jalan untuk lewat kereta api yang terdiri atas sepasang batang rel berbahan besi baja yang disusun secara paralel dengan jarak yang konstan (tetap) antara kedua sisinya. Batang rel tersebut ditambah (dikatkan) pada bantalan yang disusun secara melintang terhadap batang rel dengan jarak yang rapat, untuk menjaga agar rel tidak bergeser atau renggang dengan jalan rel dari baja. Jalan baja ini memiliki karakteristik dan syarat-syarat khusus yang berbeda dengan jalan aspal, sehingga konstruksinya lebih rumit dan melibatkan banyak komponen[1].

**2.2 Teknologi Pelapisan (Coating)**

Pelapisan (*coating*) adalah proses penambahan atau penumpukan suatu material ke suatu permukaan material lain (atau material yang sama)[2]. Pada umumnya, pelapisan diterapkan ke suatu permukaan dengan tujuan untuk melindungi, permukaan dari lingkungan yang mungkin menyebabkan korosi atau *deterioratif* (merusak). Untuk meningkatkan penampilan permukaan. Untuk memperbaiki permukaan atau bentuk suatu komponen tertentu dan lain-lain. Pelapisan terdiri dari bermacam-macam teknik pelapisan, dan pemilihannya didasarkan atas permintaan fungsional, (ukuran, bentuk, dan metalurgi dari substrat), kemampuan adaptasi material pelapis terhadap teknik yang digunakan, tingkat *adhesi* (perekatan) yang diminta, serta ketersediaan dan harga dari peralatannya.



Gambar 1. Skematik powder flame spray[5].

**2.3 Baja Karbon.**

Baja karbon rendah mengandung karbon sekitar 0.05% – 0.3% C, Baja karbon sedang mengandung karbon sekitar 0.3% - 0.6% C, Baja karbon Tinggi mengandung karbon sekitar 0,6% -1,7% C [8].

**2.4. Paduan Ni-W**

Paduan Ni-W atau Nikel tungsten sering disebut juga *wolfram* adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang W dan nomor atom 74, logam transisi yang sangat keras dan berwarna kelabu sampai putih ini ditemukan pada mineral seperti *wolframit* dan *schelit*, *wolfram* memiliki titik lebur yang lebih tinggi dibandingkan zat *Non alloy* lainnya, bentuk murni *wolfram* digunakan terutama pada perangkat elektronik. Senyawa dan aloynya digunakan secara luas untuk banyak hal, yang paling dikenal adalah sebagai filamen bola lampu, tabung sinar X dan superalloy [3].

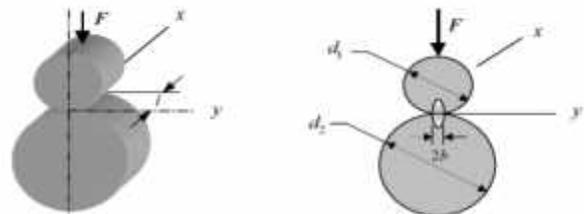
**2.5 Keausan**

Keausan adalah hilangnya massa atau partikel permukaan suatu material seperti serbuk, yang diakibatkan oleh kontak mekanik pada dua benda atau lebih, yang saling bersentuhan dan bergerak relatif.

**2.6 Mekanika Kontak**

Ilmu mekanika kontak merupakan bagian dari ilmu tribologi yang membahas mengenai deformasi dan tegangan dua benda yang bersinggungan satu sama lain (Johnson, 1985). Kontak yang terjadi antara dua benda dapat berupa titik (*point*), garis (*line*) ataupun permukaan (*surface*). Jika kontak yang terjadi diteruskan dan dikenai suatu beban kontak, maka kontak yang awalnya berupa suatu titik dapat berubah menjadi bentuk atau pun permukaan yang lain [4].

Pada hampir semua proses dan peralatan mekanik terutama saat komponennya bekerja, terjadi kontak satu sama lain yang dapat berupa *static contact*, *sliding contact*, atau *rolling contact*.



Gambar 2. Kontak antara dua buah silinder [6].

Mekanika kontak dapat dicari dengan :

$$P_o = \frac{2F}{\pi a L} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- Po = Tekanan kontak maksimum  
 a = Lebar bidang kontak  
 d1&d2 = diameter dari silinder 1 dan silinder 2  
 L = lebar dari silinder  
 F = Besar beban dari kereta dikalikan dengan gravitasi

### 2.7 High Slip-Roll Ratio

Dalam kondisi beroperasi, roda bergerak menggelinding di atas rel, atau *rolling sliding contact*. Pada saat kondisi kecepatan *idle*, kecepatan kereta relatif terhadap rel. Sehingga kecepatan rel dapat diasumsikan minus kecepatan kereta, rasio slip-roll dapat dicari dengan :

$$R = \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2 / 2} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:  $v = \omega \cdot R$  (2.9)

$$\omega = 2\pi n$$

(n = Jumlah Putaran)

### 2.8 Deformasi Material dan Gaya Yang Bekerja pada Disc

Pada saat roda dan rel saling kontak, tentunya akan terjadi perubahan atau *displacement* yang menghasilkan keuntungan atau pun kerugian. Perubahan ini disebut juga deformasi Terdapat dua jenis deformasi yang umumnya dimiliki material.

- Deformasi Elastis adalah, perubahan material pada saat diberikan tegangan atau beban sebesar  $\Delta l$ , dan jika besar tegangan dikurangi atau dihilangkan, bentuk material masih mampu kembali ke bentuk asli sebelum kontak.
- Deformasi Plastis adalah, perubahan material pada saat tegangan atau beban diberikan dan material mengalami perubahan bentuk sebesar  $\Delta l$  hingga melebihi limit proporsional material, sehingga perubahan bentuk menjadi permanen
- Gaya yang Bekerja pada Spesimen Disc  
 Adapun gaya-gaya yang bekerja antara 2 Benda berputar yang saling Kontak yaitu **Gaya sentrifugal** ( $F_s$ ) adalah gaya gerak melingkar yang berputar menjauhi pusat lingkaran dimana nilainya adalah positif. Gaya sentrifugal ini adalah kebalikan dari **gaya sentripetal**, yaitu mendekati pusat lingkaran. Gaya sentrifugal dapat kita lihat pada pompa sentrifugal, dinamakan pompa sentrifugal karena gaya atau arah putaran sudu adalah sentrifugal [9].

### 2.9 Tegangan dan Regangan Geser

Setiap roda yang melintasi rel pastinya akan membutuhkan gaya untuk melewati tiap bidang lintas rel. Oleh karena itu, muncul hambatan berupa

gaya yang bekerja disepanjang rel yang disebut gaya geser atau gaya gesek  $F_s$ . Akibat adanya gaya gesek ini, maka tegangan geser pun terjadi. Roda dan rel yang saling kontak, pasti akan mengalami regangan geser yang sesuai dengan besar tegangan yang terjadi pada bidang kontak. Karena menghasilkan deformasi, maka dilakukan pengukuran untuk memperoleh nilai regangan geser. Terdapat beberapa metode untuk memperoleh besar regangan geser ini. Berikut contoh metodenya:

- Menggunakan metode melihat pada *microscope*
- Metode Distribusi Tegangan Di bawah Permukaan Kontak[7].

### 3. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang dilakukan yaitu :

- Set benda uji pada mesin uji, material *wheel, medium carbon (disc 1)* pada posisi poros bagian bawah dan material *rail, medium carbon steel* yang dicoating (*disc 2*) pada posisi poros bagian atas.
- Set kecepatan *disc 2* (posisi atas) pada kecepatan 500 rpm
- Set kecepatan *disc 1* (posisi bawah) dengan kecepatan konstan 507 rpm
- Seting pembebanan dengan menggeser bandul ke angka pada pengukuran pengungki tuntut mencapai beban 750 MPa
- Jalankan mesin uji, jika sudah mencapai 2500 putaran rpm hentikan mesin uji, dan ambil benda uji dari mesin.
- Bersihkan benda uji dalam *ultrasonic cleaner* lalu keringkan.
- Timbang benda uji (ST 60 yang dicoating) lakukan pencatatan untuk mengetahui massa yang hilang akibat aus dan ukur diameter disc yang berkurang akibat gesekan yang terjadi.
- Set benda uji pada mesin uji kembali, selanjutnya lakukan prosedur berulang dari prosedur no 4. Dan seterusnya.
- Lakukan proses yang sama untuk *ketebalan coating* yang berbeda yaitu (0.2-0.4 0.45-0.6 dan 0.65-1.1)mm.

Penelitian dan pengujian ini mempergunakan peralatan Dan bahan sebagai berikut:

#### 3.1 Bahan Penelitian

- Baja karbosedang (ST-60)**



Gambar 3. Struktur mikro baja karbon sedang

### 3.2 Alat Penelitian Dan Mesin Penelitian

Alat penelitian:

- Jangka Sorong
- Timbangan Digital
- Ultrasonic Cleaner
- Digital Tachometer
- Timbangan Gantung Digital
- Stopwatch

Mesin Penelitian:

- Mesin Bubut
- Mesin *Twin Disc*



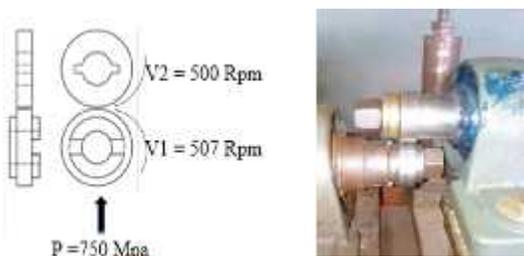
Gambar 4. Mesin Penelitian

### 4. Hasil dan Pembahasan

Setelah Spesimen selesai dicoating dan ditentukan variasi ketebalannya yaitu: 0.2-0.4 mm, 0.45-0.6 dan 0.65-1.1 mm.

Maka spesimen siap diuji dengan Slip ratio 1% dan Tekanan maksimum 750 Mpa.

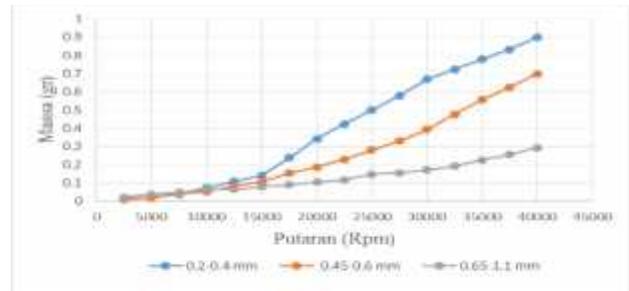
#### a. Uji Aus



Gambar 5. Pengujian spesimen

Setelah dilakukan uji Aus pada mesin Twin disc hingga 40000 putaran maka didapat hasil uji aus dari akumulasi massa yang hilang tiap variasi tebal lapisan

untuk tebal lapisan , 0.2-0.4 mm adalah 0.898 gr, 0.45-0.6 mm adalah 0.697 gr, 0.65-1.1 mm adalah 0.293 gr

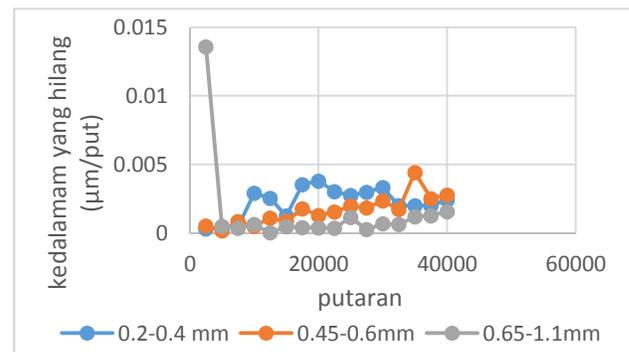


Gambar 6. Grafik hasil uji aus

Hal ini menunjukkan semakin tebal lapisan spesimen pada baja karbon sedang maka semakin sedikit keausan yang terjadi dari akumulasi massa yang hilang.

#### b. Pembahasan data kedalaman yang hilang

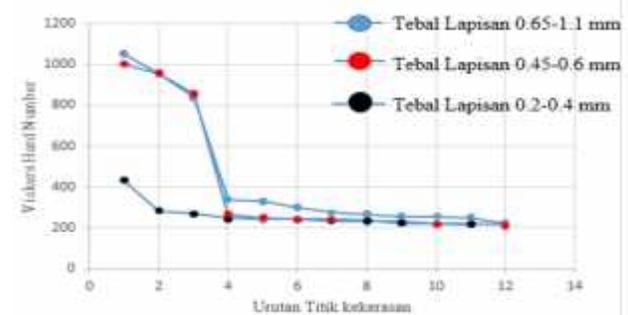
Setelah data hasil uji aus dari akumulasi massa yang hilang diperoleh, maka data tersebut diolah menjadi seperti grafik di bawah ini yaitu hasil kedalaman yang hilang pada spesimen tiap 2500 putaran.



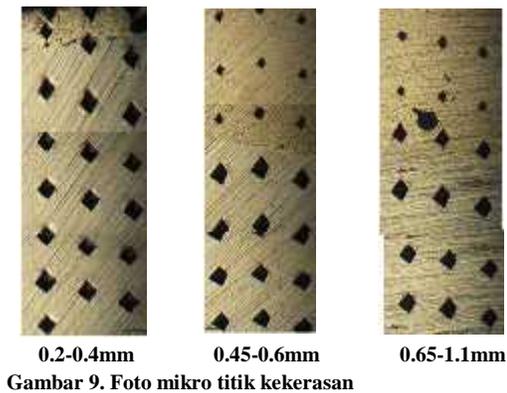
Gambar 7. Grafik kedalaman yang hilang

#### c. Uji kekerasan

Setelah dilakukan uji kekerasan maka di dapat hasilnya seperti di grafik dibawah ini dimana nilai kekerasannya spesimennya apabila lapisan coating semakin mendekati substrat material maka kekerasannya semakin menurun



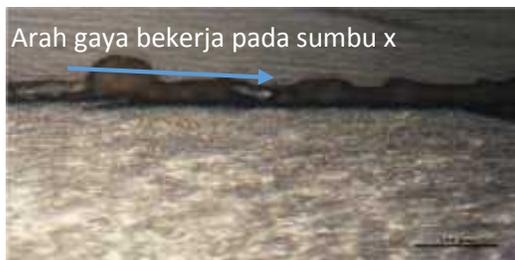
Gambar 8. Grafik hasil uji kekerasan



Gambar 9. Foto mikro titik kekerasan

a. Pengamatan Struktur mikro

Setelah dilakukan pengamatan struktur mikro pada roda dapat dilihat ada deformasi regangan yang terjadi dimana arahnya kekanan dari gambar



Gambar 10. Struktur mikro pada spesimen roda



Gambar 11. Struktur mikro spesimen rel

Jika dilihat perbedaan antara kedua spesimen regangan yang hanya terjadi pada spesimen roda sementara pada spesimen rel tidak ada regangan yang terlihat jelas hal ini dikarenakan materialnya yang berbeda begitu juga dengan sifat-sifat mekanik materialnya.

5. Kesimpulan

- Dengan pengujian sebanyak 40.000 siklus putaran, tekanan kontak 750MP ada rasio slip-roll 1%, maka diperoleh keausan rata-rata dari Akumulasi massa yang hilang untuk spesimen pada tebal lapisan 0.2-0.4mm sebanyak 0.898 gram, 0.45-0.6mm sebanyak 0.697 gram, dan 0.65-1.1mm sebanyak 0.293 gram. Hal ini memperlihatkan jika semakin tebal lapisan spesimen maka keausan yang terjadi dari akumulasi massa yang hilang juga semakin sedikit,
- Nilai kekerasan(Vhn) untuk material nikel tungsten pada baja karbon sedang apabila lapisan nikel tungsten semakin mendekati substrat material maka nilai kekerasannya semakin menurun dan Pada foto struktur mikro menunjukkan deformasi regangan hanya terjadi pada spesimen roda (baja karbon sedang, ST 60) dan spesimen rel (lapisan Nikel Tungsten) tidak ada deformasi regangan yang begitu jelas terlihat karena sifat-sifat mekanik kedua material berbeda. Dimana sifat mekanik nikel tungsten yang getas dan keras sementara sifat mekanik baja karbon sedang (ST 60) ulet ataupun ductile.

DaftarPustaka

- [1] [Http://id.wikipedia.org](http://id.wikipedia.org), *Transportasirel di indonesia*(Diaksestanggal 21 mei 2016)
- [2] Powlowsky,2008*Powderflamespray coating*,USA
- [3] N.Eliaz, T.M Sridhar, E.gliadi. 1990 *synthesis, And characterization of nikel tungsten alloys by Electrodeposition*,USA
- [4] K.L.johnson 1985 *Contact Mechanics* university Of Cambridge.
- [6] Xiaoin Zhu, (2012), *Tutorial on Hertz Contact Stress*, OPTI 421, China.
- [7] W.R. Tyfour, dkk, (1996), *Deteriorationof Rolling Contact Fatigue Life of Pearlitic Rail Steel Due to Dry-Wet Rolling-Sliding Line Contact*, Department of Engineering, University Sheffield, UK.

- [8] ASM 1993 Handbook international, Properties and Selection, American National Standart USA.
- [9] [https://id.wikipedia/wiki/ gerakmelingkar](https://id.wikipedia/wiki/gerakmelingkar)  
(Di aksestangga 18 juli 2016)