

# Studi Karakteristik Kopling Plat Gesek Tunggal Pada Kondisi Transient

Joni Dewanto

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra

Fransiskus Jeffry Budiman

Alumni Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra

## Abstrak

Pada kondisi *transient* kedua plat gesek kopling belum menempel sepenuhnya sehingga pemindahan daya terjadi karena gaya gesek kinetik. Gaya ini berubah tergantung dari normal dan koefisien gaseknya. Kopling sering dioperasikan pada kondisi *transien* untuk menjaga laju dan tenaga kendaraan karena dalam kondisi ini putaran mesin dapat ditingkatkan.

Studi tentang karekteristik tersebut dilakukan dengan membuat sebuah kajian teoritik dan eksperimen dan menggunakan model uji sebuah kopling gesek plat tunggal. Variabel pengujian meliputi beban, kecepatan putar dan gaya normal penekanan.

Hasil kajian ini menunjukkan bahwa terjadi kenaikan torsi dan daya secara linear pada kecepatan putar relatif yang makin tinggi. Hal ini disebabkan karena makin tingginya kecepatan akan menimbulkan panas yang makin tinggi pada plat gesek sehingga besarnya koefisien gesek meningkat.

Kata kunci: kopling gesek, *dry friction*.

## Abstract

*In the transient state both of the friction plates of clutch are not yet fully connected so the power is transmited by kinetic friction force. This force change depend on normal and their kinetic friction. For maintain the speed and power of vehicle the clutch is often operated in the transient state because in this state the engine revolution can be increased.*

*Study about this characteritics is done by an experiment and theoretical analysis on a single friction plate clutch model. The experiment variable consist of load, speed of revolution and normal pressing force.*

*The result of this analysis shows that the torsion and power is increase linearly when the relatif speed of revolution increace. Because higher speed produce higher heat on friction plat so the the kinetic friction coeffisien is increace too.*

Keywords: *friction clutch, dry friction.*

## Daftar Notasi

$F_s$	gaya gesek tangensial
$\mu_s$	koefisien gesek statik plat kopling
$N$	gaya normal yang bekerja pada plat kopling
$D_1$	diameter luar plat gesek
$D_2$	diameter poros
$T_s$	torsi gesek
$D$	daya
$n$	putaran poros in/out put
$D_{in}$	daya pada poros input
$D_{out}$	daya pada poros output
$Q$	panas karena gesekan tiap satuan waktu

## 1. Pendahuluan

Kopling gesek banyak dijumpai sebagai elemen pemindah daya pada kendaraan bermotor, letaknya diantara *fly wheel* dan *gear box*. Jika pedal kopling dilepas maka kopling akan terkopel sehingga daya mesin dapat dipindahkan ke roda penggerak. Sedang kondisi sebaliknya terjadi jika pedal kopling ditekan penuh. Sebelum kopling berhasil terkopel dengan baik maka akan terjadi gesekan diantara kedua bidang gaseknya sehingga hanya sebagian daya mesin dapat dipindahkan. Kejadian ini merupakan kondisi *transient* dari mekanisme kerja kopling yang tentu tidak dapat dihindari. Dalam keadaan jalan normal umumnya kondisi transient tersebut hanya terjadi beberapa saat.

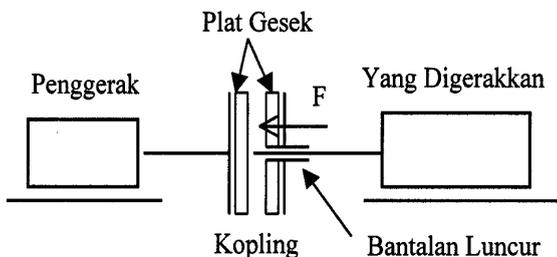
**Catatan** : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 4 Nomor 2 Oktober 2002.

Ketika melewati jalan yang menanjak tajam pengendara sering memanfaatkan kopling untuk mengatur agar mesin dapat menghasilkan daya yang sesuai dengan daya yang diperlukan kendaraan. Upaya ini dilakukan dengan cara mengoperasikan kopling dalam keadaan tidak terkopel penuh. Dengan demikian mesin tidak mati dan bahkan kendaraan tetap dapat bergerak atau tidak meluncur ke belakang.

Tulisan ini menyampaikan kajian teoritik dan eksperimen tentang karakteristik kopling pada kondisi *transient* tersebut. Pengujian dilakukan dengan menggunakan model uji berupa kopling gesek plat datar piringan tunggal. Variabel pengujian meliputi kecepatan putar, beban dan gaya tekan kopling.

## 2. Cara Kerja Kopling Gesek

Secara umum kopling gesek dipakai pada suatu sistem dimana sistem penggerak dan sistem yang digerakkan harus dihubungkan dan atau dilepas ketika sistem tersebut sedang bekerja. Peralatan ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu dua buah plat/bidang gesek yang masing-masing dihubungkan dengan poros *input* dan poros *output*. Poros *input* berhubungan dengan sistem penggerak sedang poros *output* dengan sistem yang digerakkan.



Gambar. 1 Komponen Utama Kopling Plat Gesek Tunggal

Pemindahan daya tidak terjadi manakala kedua bidang gesek tidak terpel. Ketika kedua plat gesek belum terkopel sepenuhnya maka akan terjadi gaya gesek tangensial aksi dan reaksi yang sama besar pada kedua permukaan plat serta menimbulkan torsi putar pada kedua poros. Dalam kondisi demikian putaran poros *input* tidak sama dengan putaran poros *output* karena daya poros belum dapat sepenuhnya dipindahkan oleh kopling. Besarnya gaya gesek yang terjadi meningkat dengan makin besarnya gaya normal pada permukaan plat. Ketika torsi yang terjadi karena meningkatnya gaya gesek sama dengan torsi beban maka kedua poros akan berputar dengan kecepatan yang sama

sehingga kedua plat tidak lagi saling bergesekan.

Kopling untuk kendaraan bermotor pada umumnya direncanakan dengan kondisi normal yang terkopel dan menggunakan pegas untuk menghasilkan gaya normal yang dibutuhkan. Oleh karena operasional pemakaian kopling di kendaraan berlawanan dengan penjelasan di atas. Untuk melepas kopling justru diperlukan gaya untuk melawan gaya pegas tersebut dan sebaliknya tidak diperlukan gaya luar untuk menekan plat kopling.

## 3. Dasar Teori dan Studi Kasus

Kopling gesek bekerja dengan memanfaatkan gaya gesek yang terjadi pada kedua plat geseknya ketika keduanya saling ditekan. Besarnya gaya gesek tangensial yang terjadi ketika kedua plat gesek terkopel sepenuhnya  $F_s$ , dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_s = \mu N \quad (1)$$

Jika gaya gesek tersebut diasumsikan bekerja pada jari-jari rata plat kopling (lihat gambar 1) maka besarnya torsi gesek yang terjadi  $T_s$  dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T_s = F_s \left( \frac{D_1}{4} + \frac{D_2}{4} \right) \quad (2)$$

Oleh karena pada kondisi ini tidak ada slip diantara kedua plat kopling maka besarnya daya yang dipindahkan ke poros *output* sama dengan daya poros *input*. Besarnya daya tersebut dapat dihitung dari hasil kali antara torsi dan putaran poros input atau poros output. Secara matematika besarnya daya ( $D$ ) ditulis sebagai berikut :

$$D = T_s \cdot n \quad (3)$$

Ketika kondisi kopling slip rumusan gaya, torsi dan daya di atas pada prinsipnya sama akan tetapi koefisien gesek yang digunakan adalah koefisien gesek kinetik. Untuk membedakan kedua kondisi maka indek "s" pada rumus-rumus tersebut diganti dengan "k". Hal yang berbeda dari kedua kondisi adalah bahwa pada kondisi kopling slip daya yang dipindahkan pada poros input lebih kecil dari daya pada poros output karena sebagian akan berubah menjadi energi panas. Keseimbangan daya tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$D_{in} = D_{out} + Q \quad (4)$$

Secara umum gesekan terjadi karena adanya deformasi, permukaan yang tidak halus, dan gaya tarik molekular. Deformasi dapat mem-

bentuk ruang tahanan yang mempersulit gerakan. Tidak ubahnya seperti ketika roda masuk di dalam parit maka gerakan roda akan tertahan dan sulit bergerak. Kondisi permukaan yang kasar juga menimbulkan gesekan yang tinggi karena ada semacam deformasi-deformasi mikro pada permukaan tersebut. Sedangkan gaya tarik molekular dipengaruhi oleh sifat material yang berkaitan dengan muatan dan ikatan antar atom-atomnya.

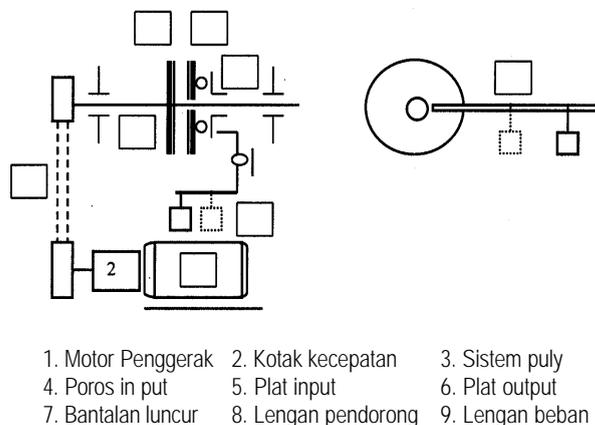
Beberapa literatur menyebutkan bahwa besarnya koefisien gesek suatu material adalah tetap. Akan tetapi mengacu dari teori di atas nampaknya kedua hal terakhir ini dapat menimbulkan perubahan harga koefisien gesek pada kondisi *transient* karena adanya panas yang timbul. Dengan demikian daya yang dipindahkan kopling dapat berubah karena perubahan harga  $\mu$ . Bila perubahan koefisien gesek kinetik ini dikaitkan dengan panas yang timbul maka  $\mu$  akan berubah secara linear terhadap kecepatan karena besarnya panas yang terjadi sebanding dengan kecepatan gesek relatifnya.

#### 4. Perencanaan dan Cara Kerja Alat Uji

Peralatan uji yang diperlukan terdiri dari dua bagian utama yaitu komponen penggerak dan komponen yang digerakkan (beban). Masing-masing mempunyai variasi kecepatan dan pembebanan. Skema gambar dari peralatan uji yang dirancang ditunjukkan pada gambar 2. Komponen penggerak terdiri dari motor listrik, kotak kecepatan, sistem pully, plat gesek dan rumahnya serta poros *input* dimana keduanya merupakan satu *rigid body*. Kotak kecepatan dan sistem pully keduanya berfungsi sebagai pengatur tingkat kecepatan. Komponen yang digerakkan terdiri dari plat gesek dan rumahnya yang dihubungkan dengan tuas beban dan tuas pendorong untuk memberi gaya tekan pada plat kopling tersebut serta bantalan luncur. Plat kopling dan tuas beban merupakan satu bodi kaku akan tetapi dapat bergerak relatif terhadap tuas pendorong. Baik tuas pendorong maupun tuas beban masing-masing mempunyai beberapa pilihan tempat untuk menggantungkan beban sesuai dengan yang keperluannya.

Ketika motor berputar pada awalnya plat *output* belum dihubungkan dengan plat *input*. Selanjutnya pembebanan dilakukan dengan cara mengkopelkan plat *output* ke plat *input* secara perlahan. Dalam kondisi pengujian yang sudah stabil poros *input* berputar pada kecepatan tertentu sementara plat *output* tidak

bergerak dengan posisi lengan beban yang terangkat. Besarnya gaya pengkopelan sebanding dengan besarnya beban yang digantungkan. Sedangkan besarnya beban torsi gesek yang terjadi dihitung dari hasil kali antara lengan torsi dengan beban yang dipasang.

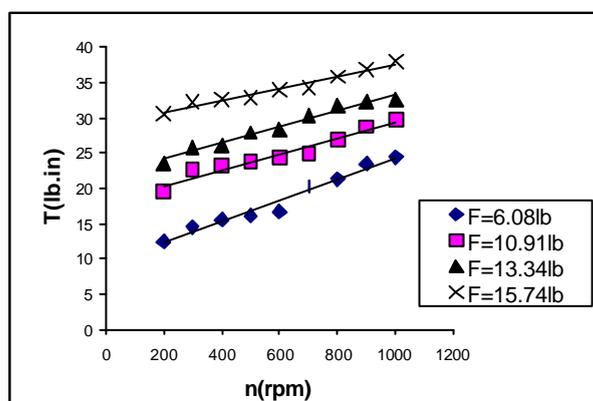


Gambar 2. Skematika Peralatan Uji

#### 5. Hasil Pengujian dan Analisa

Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan putar, gaya penekanan dan pembebanan. Pengambilan data untuk setiap kondisi dilakukan sebanyak tiga kali. Selanjutnya data yang diolah adalah harga rata-rata dari data tersebut yang pada umumnya tidak menunjukkan perbedaan harga yang cukup berarti.

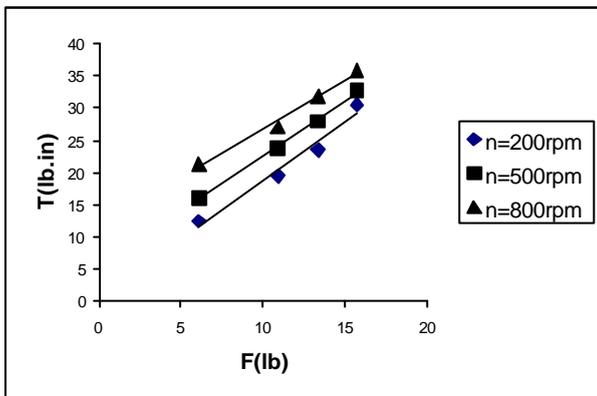
Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan maka kurva hubungan antara putaran ( $n$ ) dan torsi ( $T$ ) yang dipindahkan pada kondisi penekanan tertentu dapat ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva Karakteristik Hubungan antara Torsi dan Putaran

Data dari tiap kurva diperoleh pada pengujian dengan gaya penekanan tetap yang

berbeda. Masing-masing menunjukkan peningkatan torsi pada putaran yang makin cepat. Kecepatan yang makin besar menimbulkan panas dan kekasaran permukaan yang makin besar pula akibat pemuaiannya. Masing-masing data ternyata dapat diregresi linier dengan varian penyimpangannya sangat kecil yaitu sekitar 0,97. Slop dari keempat kurva tersebut juga tidak menunjukkan perbedaan yang cukup berarti dimana nilai rata-ratanya adalah 0,011. Dengan demikian persamaan yang mewakili keempat kurva dapat ditulis sebagai berikut :  $T = a \times 0.11 n$ . Mengacu pada persamaan 3 maka kurva pada gambar 3 juga menunjukkan pola karakter dimana daya meningkat terhadap peningkatan putaran.



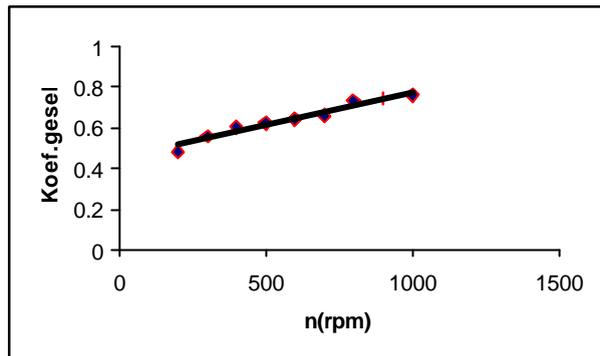
Gambar 4. Kurva Karakteristik Hubungan antara Torsi dan Gaya Penekanan

Dalam kondisi operasional pada kendaraan beban mesin dapat dikurangi dengan cara sedikit melepas kopling sebagian. Dengan demikian putaran mesin dapat ditingkatkan sementara dengan penigkatan putaran tersebut daya yang dipindahkan kopling ke roda menjadi lebih besar. Oleh karena itu akan terjadi keseimbangan daya sehingga kendaraan dapat terus melaju.

Hasil pengujian pada putaran (n) tetap dan gaya tekan yang berubah di ditampilkan pada gambar 4. Pada putaran tetap torsi yang dipindahkan berubah secara linear terhadap perubahan gaya penekanan. Hal ini menunjukkan bahwa pada putaran tetap maka besarnya koefisien gesek kinetik tidak berubah. Bila ketiga kurva tersebut dibandingkan untuk harga gaya penekanan yang sama maka di sini juga terbukti bahwa harga koefisien gesek kinetik berubah makin besar pada kecepatan putar yang makin besar.

Besarnya koefisien gesek kinetik pada suatu kondisi dapat dihitung dari persamaan 1. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5, untuk gaya tekan yang tetap ( $F = 6 \text{ lb}$ ) harga

koefisien gesek berubah linear terhadap perubahan kecepatan putar.



Gambar 5. Kurva karakteristik Hubungan antara Koefisien Gesek dan Putaran

## 6. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan uraian di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Koefisien gesek kinetik berubah makin besar secara linear pada kecepatan gesek yang makin besar.
- Dengan gaya penekanan yang tetap daya yang dipindahkan melalui kopling dapat meningkat dengan putaran yang makin cepat.
- Peningkatan daya yang dipindahkan dapat dilakukan melalui tiga mekanisme yaitu dengan meningkatkan putaran yang sekaligus akan meningkatkan koefisien geseknya dan meningkatkan gaya penekanan kopling.
- Penyesuaian antara daya yang diperlukan dan daya yang dihasilkan mesin agar mesin tidak mati dapat dilakukan dengan kondisi pengkoplingan sebagian.

## Daftar Pustaka

1. Bowdwn, F. P, et al, *Friction And Lubrication*, Methuen & Co, London 1960.
2. Beer, Fernidan P., *Mechanics for Engineers*, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1987.
3. Spotts, M.F, and Shoup, T.E., *Design of Machine Elements*, Prentice-Hall International Inc. New York. 1998.
4. Hamrock, Bernard, J, et al., *Fundamental of Machine Element*, McGraw Hill International, New York, 1999.

5. Friction. [www.Che.utexas.edu/twmce/presentation 0299/mcnabb/sldoll.htm](http://www.Che.utexas.edu/twmce/presentation0299/mcnabb/sldoll.htm)
6. Force and Motion II. [www.google.com/ais=yes&ask=dry+friction.edu](http://www.google.com/ais=yes&ask=dry+friction.edu)
7. Proposal of friction model.  
<http://www.pc65.frontier.osrhe.edu>