

KONSTRUKSI DAN KARAKTERISTIK

KOPLING SERBUK

Oleh :

Franciskus Ginting*

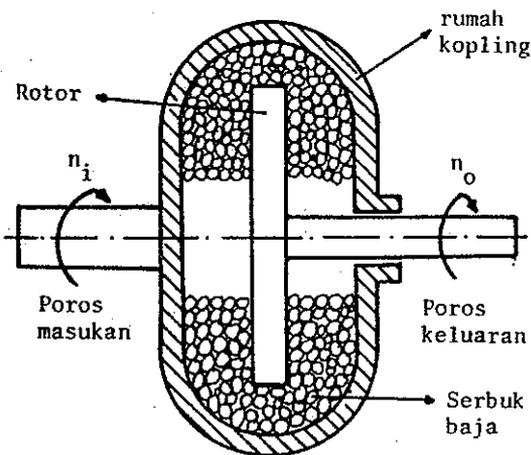
Halim Abdurrachim*

Djoko Suharto*

Kopling serbuk merupakan jenis Kopling yang relatif masih baru pemakaiannya. Berbeda dengan jenis kopling lainnya, kopling ini bekerja berdasarkan gaya inersia. Untuk dapat lebih mengenal kopling serbuk berikut ini akan dibahas berturut-turut tentang deskripsi prinsip kerja, konstruksi sebenarnya dan karakteristiknya. Tulisan ini merupakan sari dari pengujian kopling serbuk Sumitomo type K di Jurusan Mesin ITB.

1. Deskripsi dan Prinsip Kerja Kopling Serbuk.

Secara skematis, bentuk dasar kopling serbuk adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Rumah kopling yang berbentuk piringan berongga bersatu dengan poros masukan, sedangkan pelat kopling yang terletak di dalam rumah kopling bersatu dengan poros keluaran. Ruang antara rumah dan pelat kopling diisi dengan sejumlah serbuk baja yang berfungsi meneruskan daya dari rumah kopling.



Gambar 1. Skema Kopling Serbuk

Bila rumah kopling diputar, serbuk baja yang terdapat di dalamnya akan turut berputar dan bergerak ke bagian tepi rumah kopling akibat gaya

inersia. Pada putaran tertentu, gaya inersia tersebut mengakibatkan semua serbuk baja terdorong dan terpadatkan di dalam rumah kopling, sehingga serbuk-serbuk tersebut memberikan gaya tekan pada pelat kopling. Bila gaya gesek yang timbul antara pelat kopling dan serbuk baja dapat mengimbangi beban poros keluaran, maka kopling akan bekerja sehingga poros masukan dan poros keluaran berputar bersama-sama. Mudah difahami bahwa semakin tinggi putaran rumah kopling semakin besar pula torsi yang dapat diteruskan kopling serbuk, dan bila beban pada poros keluaran melebihi torsi pada pelat kopling, maka akan terjadi slip sehingga kopling serbuk ini berfungsi sebagai kopling pengaman.

Dengan prinsip kerja seperti itu, kopling serbuk dapat digunakan untuk melayani beban-beban dengan momen puntir kecil pada putaran rendah dan momen puntir yang besar pada putaran tinggi.

2. Kapasitas Torsi pada Poros Keluaran

Torsi yang dihasilkan pada poros keluaran merupakan akibat dari gaya gesek antara serbuk baja dengan pelat kopling. Gaya normal pada pelat kopling sangat ditentukan oleh putaran kopling, densitas dari serbuk baja dan jarak serbuk baja ke sumbu kopling, dan juga ukuran serbuk baja serta gesekan yang terjadi antara serbuk baja sendiri.

Melihat faktor-faktor tersebut, maka sangatlah sulit untuk menghitung gaya normal pada pelat kopling secara tepat. Untuk dapat menaksir besar gaya gesek pada pelat kopling, perlu diambil beberapa asumsi sebagai berikut :

- serbuk baja adalah homogen dan berkelakuan sebagai fluida
- gesekan-gesekan antara serbuk baja diabaikan.

Dengan mendefinisikan R_i sebagai jarak terpendek antara serbuk yang menyentuh pelat kopling dengan sumbu kopling, R_r sebagai jari-jari luar pelat

* Jurusan Mesin ITB

Kopling, μ sebagai koefisien gesek antara serbuk dengan pelat kopling serta ρ sebagai masa jenis serbuk, maka dengan menerapkan hukum hidrostatis dapat diperoleh torsi keluaran maksimum T_0 dari kopling serbuk untuk satu harga kecepatan putaran dan diameter luar kopling tertentu sebagai berikut :

$$T = 2\pi\mu\rho\Omega^2 \left[\frac{1}{5} R_r^5 - \frac{1}{3} R_2^3 R_1^2 + \frac{2}{15} R_1^5 \right]$$

di mana Ω adalah kecepatan sudut rumah kopling.

Dari persamaan T_0 tersebut dapat dilihat bahwa besar torsi keluaran sangat dipengaruhi oleh harga R_1 yang mencerminkan luas permukaan kopling yang "tercelup" di dalam serbuk baja. Ukuran diameter serbuk dan jumlah serbuk yang terdapat di dalam kopling tidak mempengaruhi persamaan T_0 secara langsung. Bila dikaji lebih lanjut ukuran diameter serbuk akan mempengaruhi sifat kefluidaan serbuk sedangkan jumlah serbuk (atau juga volume rumah kopling) akan mempengaruhi kemudahan gerak serbuk dan kapasitas penyerapan panas pada saat terjadi gesekan, serta berat total dari kopling. Hubungan ini cukup pelik untuk dianalisa dan diperlukan suatu pengalaman untuk penentuannya, agar diperoleh karakteristik yang baik.

Untuk satu kopling serbuk yang sudah tertentu dimensinya, pengaturan kapasitas torsi keluaran dapat dilakukan dengan mengubah-ubah jumlah serbuk dan ukuran serbuk di dalam rumah kopling. Semakin kecil ukuran serbuk semakin besar torsi yang dapat diteruskan dan semakin kecil R_1 (semakin besar massa serbuk) semakin besar pula torsi yang dapat diteruskan kopling.

3. Konstruksi Kopling Serbuk

Konstruksi serbuk yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini adalah konstruksi kopling serbuk produksi SUMITOMO. Kopling ini terdiri atas tiga komponen utama yaitu :

- rotor (pelat kopling), poros (hub) penggerak dan poros (hub) yang digerakkan
- rumah kopling, terdiri atas bagian kanan dan kiri
- kopling penghubung (kopling tetap) terdiri atas bagian kanan dan kiri.

3.1. Rotor, Hub Penggerak dan Hub yang digerakkan

Hub penggerak dan hub yang digerakkan dihubungkan satu dengan lainnya dengan dua buah bantalan jenis "self aligning ball bearing". Hub penggerak

mempunyai diameter luar yang cukup besar sehingga memungkinkan penyesuaian diameter dalamnya dengan poros motor penggerak (dengan cara dibubut). Hub yang digerakkan dilengkapi dengan lubang-lubang baut untuk disambungkan dengan kopling tetap (kopling penghubung bagian kanan). Pada hub yang digerakkan ini terpasang pelat kopling (rotor) dengan posisi yang miring (tidak tegak lurus sumbu kopling). Kemiringan ini dimaksudkan untuk menggerakkan serbuk pada saat terjadi slip sehingga panas yang timbul dapat terdisipasi dengan baik. Permukaan rotor selain keras, juga dibuat bergelombang untuk memperbesar luas kontak dengan serbuk-serbuk baja.

3.2. Rumah Kopling

Rumah kopling merupakan tempat untuk rotor dan serbuk baja. Rumah kopling dibuat dengan bentuk yang dapat memberikan kondisi optimum pada pasangan rotor dan serbuk baja. Material yang digunakan untuk rumah kopling adalah material yang ringan serta mempunyai konduktivitas termal yang baik. Bagian luar rumah kopling dibuat bersirip untuk memperkuat konstruksi dan mempermudah proses pembuangan panas ke udara. Rumah kopling ini terdiri dari bagian kanan dan kiri untuk mempermudah pemasangan.

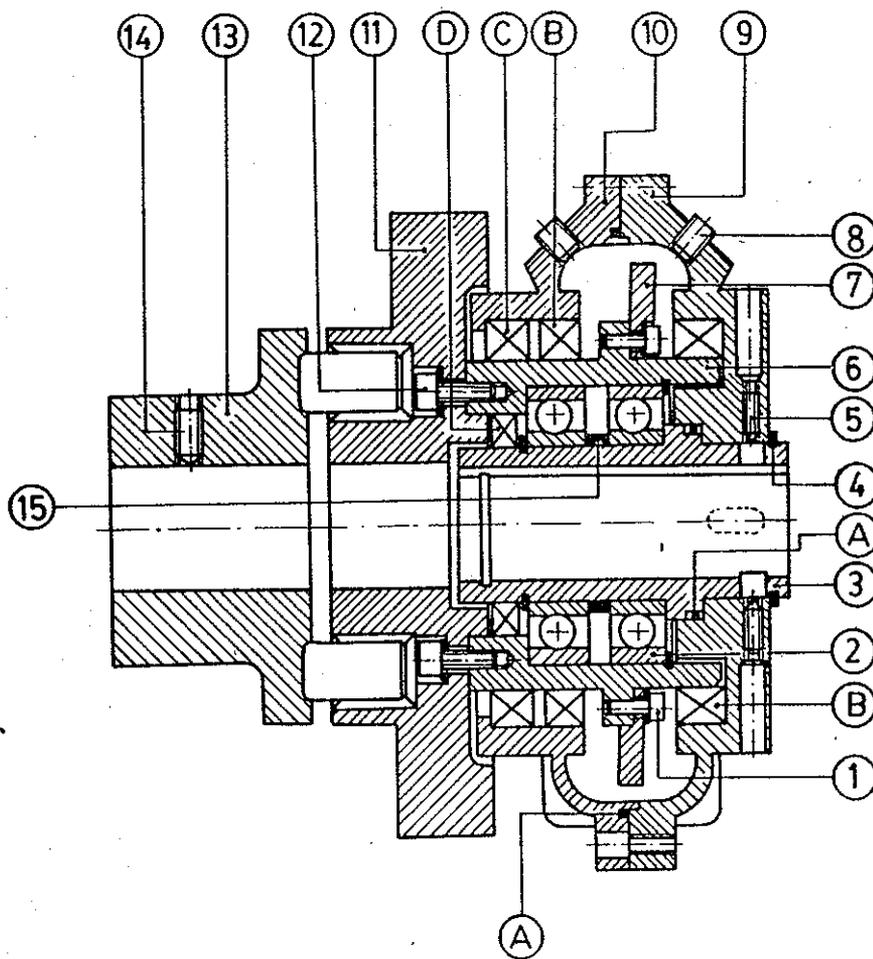
3.3. Kopling Penghubung

Bagian ini merupakan komponen penyambung antara kopling dengan poros beban yang akan digerakkan, berbentuk kopling tetap dengan penghubung karet. Dimensi poros bagian kiri dibuat besar agar masih dapat dikerjakan (dibubut) untuk disesuaikan dengan poros beban. Kopling serbuk yang dilengkapi dengan kopling penghubung dinamakan kopling serbuk type K. Cara lain untuk menghubungkan kopling dengan poros beban dapat dilakukan dengan puli dan jenis ini disebut kopling serbuk type P.

4. Karakteristik Kopling Serbuk

Dengan belum meluasnya penggunaan kopling serbuk ini, maka informasi karakteristiknya masih sangat sedikit. Untuk itu telah dilakukan rangkaian pengujian untuk melihat karakteristik kopling serbuk, antara lain,

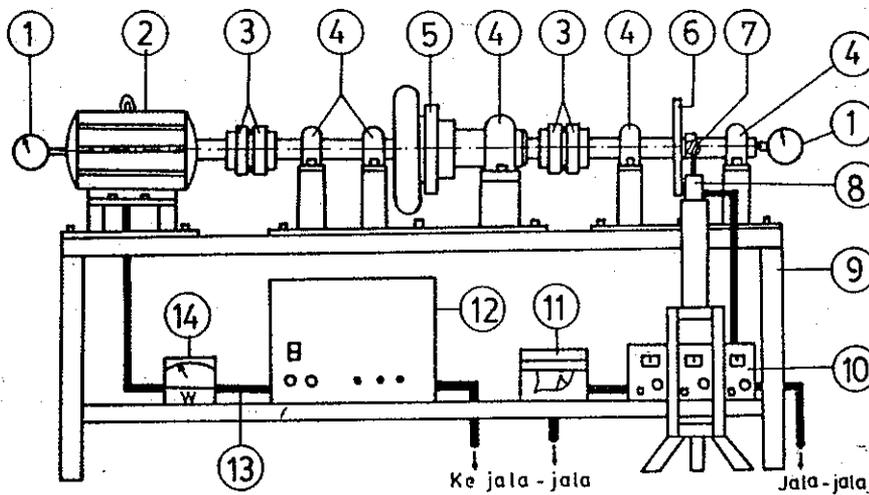
- hubungan antara putaran masukan terhadap torsi yang diteruskan pada berbagai kondisi slip
- pengaruh slip terhadap efisiensi kopling
- perubahan daya keluaran terhadap perubahan putaran poros keluaran pada satu kondisi masukan tertentu (dari motor listrik) akibat perubahan beban.



Keterangan gambar :

1. Baut
2. Bantalan
3. Poros (hub) masukan
4. Ring penahan
5. Baut pengencang
6. Poros (hub) keluaran
7. Rotor
8. Sumbat
9. Rumah Kopling Kanan
10. Rumah Kopling Kiri
11. Kopling penghubung Kanan
12. Baut
13. Kopling penghubung Kiri
14. Baut pengencang
15. Pemisah
- A. O-ring
- B, C, D = perapat oli

Gambar 2. Konstruksi Kopling serbuk



Keterangan :

1. Tachometer
2. Motor Listrik
3. Kopling tetap
4. Bantalan
5. Kopling serbuk
6. Piringan dinamometer
7. Lengan dinamometer
8. Load Cell
9. Meja pengujian
10. Strain amplifier
11. Light beam recorder
12. Frequency converter
13. Kabel
14. Wattmeter

Gambar 3. Perangkat pengujian

Set up perangkat pengujian dapat dilihat pada Gambar 3, yang terdiri atas 14 komponen (lihat Keterangan Gambar 3).

Daya masukan merupakan daya listrik yang diberikan pada motor listrik melalui frekuensi konverter dan watt meter. Daya keluaran dari motor listrik kemudian diteruskan ke poros beban yang dapat diatur pembebanannya. Daya yang diteruskan ke kopling dapat diketahui melalui dinamometer dan load cell yang dipasang pada sisi beban. Untuk satu putaran motor listrik tertentu, kopling serbuk dengan jumlah serbuk dan diameter serbuk tertentu dibebani secara bertahap dengan cara memberikan pengereman pada poros keluaran. Pada setiap tahapan beban, hal-hal berikut ini dicatat :

1. Daya yang masuk pada motor listrik, dibaca pada watt meter.
2. Putaran poros motor listrik dan putaran poros beban, dengan menggunakan tachometer.
3. Gaya pada load cell dari lengan dinamometer. Torsi keluaran merupakan hasil perkalian gaya dengan panjang lengan dinamometer.

Perlu dicatat di sini bahwa prosedur pengujian ini tidak mudah dilakukan. Pada pengujian ini selalu terjadi slip sehingga kondisi stasioner hanya berlangsung dalam waktu yang sangat singkat. Daya keluaran dari motor listrik (atau daya masukan pada kopling) tidak dapat diukur, dan untuk ini digunakan data - data hasil pengujian karakteristik motor listrik yang telah dilaksanakan secara terpisah. Walaupun demikian hasil yang diperoleh telah dapat memberikan gambaran karakteristik kopling serbuk ini.

4.1. Hubungan Antara Putaran Masukan Dengan Torsi Keluaran

Dari data hasil pengujian, torsi poros keluaran dapat dihitung dari hasil perkalian antara gaya yang terbaca pada load cell dengan panjang lengan dinamometer. Pada pengujian ini ternyata selalu terjadi slip pada kopling di mana putaran keluaran selalu lebih kecil dari putaran masukan. Untuk ini dari berbagai putaran poros masukan, dipilih kondisi slip yang sama (dalam hal ini slip 2% dan 10%). Hubungan yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Data ini sesuai dengan prediksi teoritik dimana torsi yang diteruskan merupakan fungsi kuadrat dari Ω (kecepatan putar) dan merupakan fungsi dari besar kedalaman celup pelat kopling di dalam serbuk. Berhubung harga R_1 dan μ dari

Kopling tidak dapat diukur, maka grafik teoritis tidak dapat digambarkan. Untuk berbagai kondisi slip grafik yang diperoleh mempunyai kecenderungan yang sama. Slip didefinisikan sebagai,

$$S = \frac{n_i - n_o}{n_i} \times 100\% \quad \text{menjadi}$$

n_i : putaran masukan
 n_o : putaran keluaran

4.2. Efisiensi Kopling

Efisiensi kopling didefinisikan sebagai perbandingan antara daya keluaran kopling terhadap daya masukannya. Dalam hal ini karena kesulitan pengukuran daya masukan kopling, digunakan harga daya masukan pada motor listrik yang diperkalikan dengan efisiensi motor listrik. Efisiensi kopling penghubung dianggap 100%. Dengan demikian efisiensi kopling serbuk dapat dituliskan sebagai:

$$\eta_c = \frac{D_o}{D_i \times \eta_m} \times 100\%$$

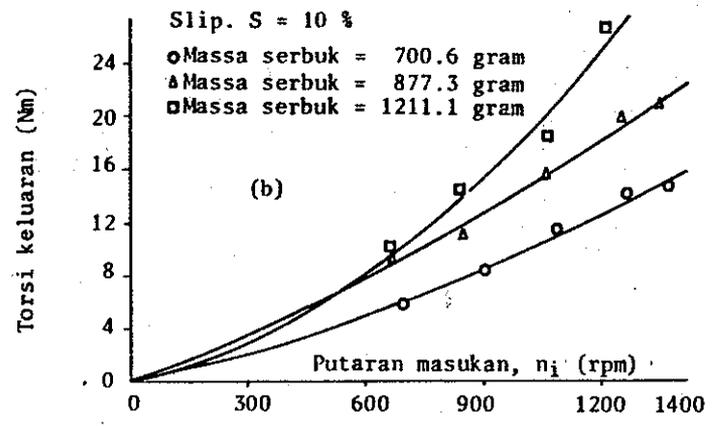
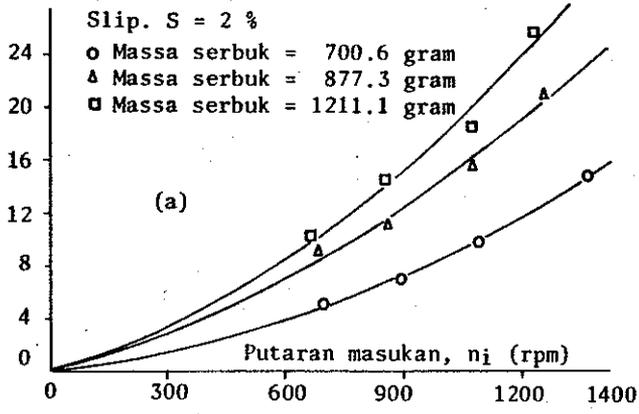
di mana :

- η_c = efisiensi kopling serbuk
- η_m = efisiensi motor listrik
- D_o = daya keluaran kopling
- D_i = daya masukan kopling.

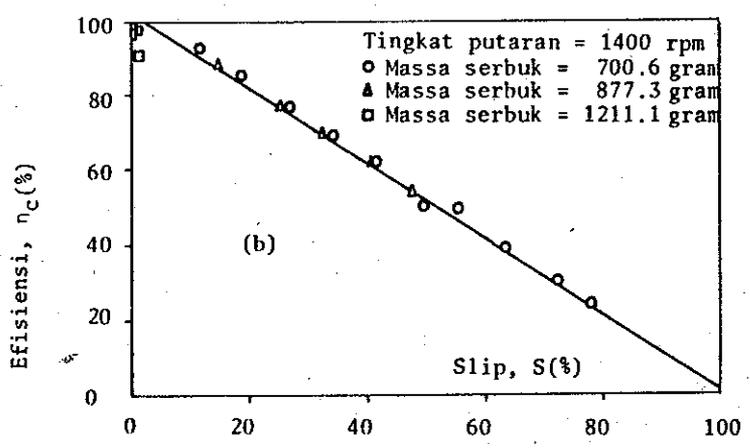
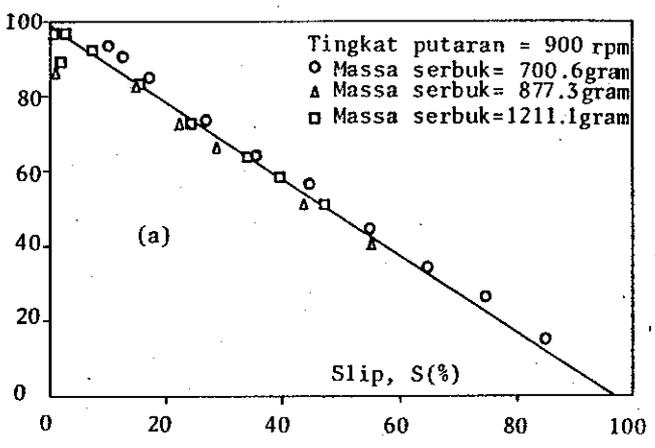
Efisiensi kopling serbuk sangat dipengaruhi oleh kondisi slip yang terjadi, di mana hubungannya ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7. Pengukuran dilakukan pada kondisi putaran motor listrik 1400 rpm dan 900 rpm, untuk berbagai harga massa serbuk baja. Hubungan η_c dengan slip ini ternyata bersifat linier pada harga slip 2 sampai 100%.

4.3. Karakteristik Daya Keluaran terhadap Putaran Keluaran

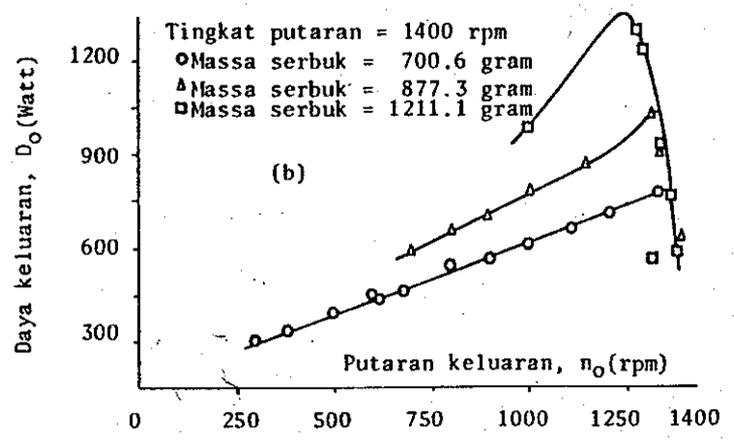
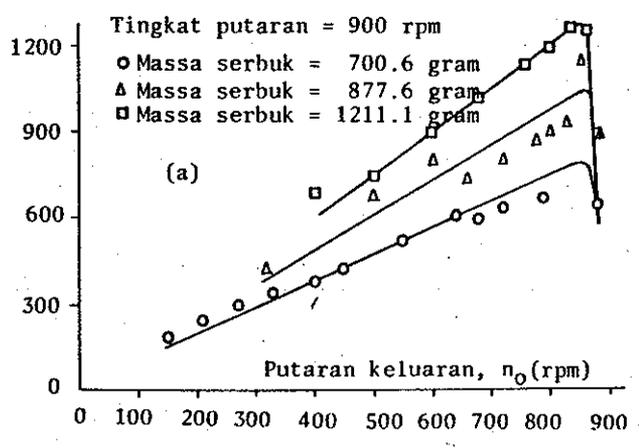
Pengujian ini dilakukan pada satu harga putaran masukan dari motor listrik yang konstan dengan beban yang diubah-ubah pada poros keluaran kopling. Dalam pengujian ini terjadi slip di dalam kopling, dan pembebanan dilakukan secara bertahap sampai poros keluaran benar-benar berhenti. Keadaan pada poros keluaran ini dicatat (rpm, dan gaya pada load-cell) kemudian dibuat grafik antara putaran dan daya yang diteruskan poros keluaran. Dalam hal ini ditunjukkan grafik untuk dua harga putaran masukan dengan 3 harga jumlah massa serbuk baja (Gambar 8 dan 9). Gambar yang diperoleh menunjukkan kenaikan daya terhadap per-



Gambar 4 dan 5. Torsi keluaran terhadap putaran masukan



Gambar 6 dan 7. Efisiensi terhadap slip



Gambar 8 dan 9. Daya keluaran terhadap keluaran putaran

tambahan putaran poros Keluaran. Pada putaran yang lebih tinggi dengan slip yang semakin kecil ternyata daya Keluaran turun kembali. Kelakuan ini perlu diteliti lebih lanjut. Nampaknya penerusan daya sebaiknya dilakukan pada kondisi puncak di mana torsi yang terjadi pada poros Keluaran maksimum. Penambahan beban pada poros Keluaran mengakibatkan turunnya putaran poros Keluaran dan daya Keluaran. Hal ini terjadi karena torsi Keluaran relatif konstan bila putaran poros masukan tidak berubah. Dengan demikian jelas bahwa bila diberikan beban yang berlebihan, torsi pada poros Keluaran tidak akan menjadi besar bahkan cenderung akan menurun sehingga poros akan tetap terhindar dari kerusakan.

Kesimpulan :

Kesimpulan yang dapat diambil dari uraian ini adalah :

1. Kopling serbuk dapat digunakan untuk beban-beban yang membutuhkan torsi

yang kecil pada putaran rendah dan torsi yang besar pada putaran tinggi, misalnya untuk pompa air.

2. Dengan kondisi kerja seperti ini torsi Kopling serbuk hanya dipengaruhi oleh putaran poros masukan (rumah Kopling) dan tidak oleh putaran poros Keluaran.
3. Untuk menyelidiki pengaruh kemiringan rotor dan pengaruh besar kecilnya volume ruang rumah Kopling terhadap serbuk masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut disertai dengan teknik pengukuran yang lebih akurat, terutama untuk pengukuran putaran dan daya Keluaran.

Referensi :

1. n. n, "Ingenious Wet Steel Shot Flow Charge Powder Coupling, Sumitomo Heavy Industries, 1983.
2. Y. Irawan, D. Suharto dan I. Nurhadi, Analisa dan Pengujian Transmisi Cyclo, Majalah Mesin, Volume V No. 3, 4, 1987.