

MONITORING TORSI DAN FAKTOR KEAMANAN PENGGUNAAN DISK COUPLING PADA POMPA SENTRIFUGAL

Muhammad Badaruz Zaman¹, Wisma Soedarmadji¹, Malihul Karim¹, Muhammad Yudha Darly Syawaldi¹

¹Universitas Yudharta Pasuruan
Email korespondensi: mbz@yudharta.ac.id

Abstrak

Keandalan pompa sentrifugal yang merupakan aset vital industri sangat bergantung pada *disk coupling*. Penelitian ini bertujuan memverifikasi Faktor Keamanan (*Safety Factor*) aktual dari *disk coupling* pada 30 pompa sentrifugal di PT X untuk mendukung monitoring berbasis keandalan. Dengan metode deskriptif kuantitatif, torsi sistem T_{System} dihitung dari daya motor P dan kecepatan putar ω , kemudian dibandingkan dengan kapasitas torsi kopling T_{Rating} . Hasil menunjukkan T_{System} berkisar antara 35,63 Nm hingga 240,86 Nm. Sistem memiliki nilai Faktor Keamanan antara 5,03 hingga 8,55. Nilai tersebut jauh melampaui batas minimum standar industri. Menurut ISO 10441 dan API Std 671 Faktor Keamanan yang diizinkan tidak kurang dari 1,25. Hal ini mengartikan bahwa *disk coupling* yang digunakan pada masing-masing sistem memiliki margin keamanan yang sangat tinggi, meskipun berpotensi *over-engineered* dan kurang ekonomis.

Kata kunci: Torsi, Faktor Keamanan, Disk Coupling, Pompa Sentrifugal

Abstract

The disc coupling has a major impact on the dependability of centrifugal pumps, which are essential industrial assets. This study intends to support precision-based monitoring by confirming the actual Safety Factor (SF) of the disc coupling on 30 centrifugal pumps at PT X. The coupling torque capacity T_{Rating} is compared with the system torque T_{System} , which is determined from the motor power P and rotational speed ω using a quantitative descriptive method. The T_{System} range, according to the results, is 35.63 Nm to 240.86 Nm. The systems have a Safety Factor value between 5.03 and 8.55. This value is significantly higher than the industrial standard's lowest limit. ISO 10441 and API Std 671 both state that a safety factor of at least 1.25 is acceptable. This indicates that even though the disc couplings used in each system may be over-engineered and less cost-effective, they have a very high safety margin.

Keywords: Torque, Safety Factor, Disk Coupling, Centrifugal Pump

PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal merupakan komponen vital dalam berbagai industri, mulai dari minyak, gas, petrokimia, hingga pengolahan air. Pompa bertugas memindahkan fluida secara efisien (Rangatama, dkk. 2020), (Siregar, dkk. 2020). Kinerja dan keandalan pompa sangat bergantung pada kondisi sambungan mekanisnya, terutama pada sistem transmisi daya antara penggerak utama dan pompa itu sendiri. Dalam konteks ini, *disk coupling* sering dipilih karena kemampuannya mengakomodasi ketidaksejajaran sambil mentransmisikan torsi dengan presisi tinggi. Namun, kegagalan pada kopling dapat menyebabkan downtime yang mahal, kerusakan mesin, dan potensi bahaya operasional.

Monitoring torsi yang ditransmisikan melalui *disk coupling* adalah langkah krusial untuk memastikan sistem beroperasi di bawah batas kapasitas desain yang aman. Torsi yang berlebihan baik akibat *misalignment*, beban kejut, atau masalah operasional lainnya dapat menyebabkan fatik, retak, atau kegagalan total pada elemen kopling. Dengan mengukur torsi secara real-time, deteksi kondisi beban abnormal dapat diprediksi sejak dini. Pencegahan sebelum terjadi kerusakan pada komponen transmisi daya dapat dilakukan.

Proses monitoring torsi tidak lepas dari faktor keamanan). Faktor keamanan didefinisikan sebagai rasio antara kekuatan maksimum dari disk coupling T_{Rating} terhadap tegangan atau torsi maksimum yang diprediksi akan dialami selama operasi T_{system} . Dalam desain rekayasa, menetapkan dan memverifikasi faktor keamanan yang memadai sangat penting untuk menanggapi ketidakpastian dalam sifat material, toleransi manufaktur, dan kondisi operasional tak terduga. Nilai faktor keamanan yang terlalu rendah berisiko pada kegagalan dini, sementara nilai yang terlalu tinggi dapat mengarah pada desain yang terlalu besar (*over-engineered*) dan kurang ekonomis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan dan menganalisis data operasional dari disk coupling pada pompa sentrifugal guna menghitung dan memverifikasi faktor keamanan aktual dalam berbagai skenario operasional. Hasil perhitungan dikembangkan untuk monitoring yang efektif, memastikan bahwa penggunaan *disk coupling* tetap berada dalam batas keamanan yang ditetapkan, sehingga meningkatkan keandalan, memperpanjang umur komponen, dan meminimalkan risiko kegagalan tak terduga pada sistem pompa sentrifugal secara keseluruhan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan fokus pada analisis desain teknik. Evaluasi kelayakan dan keamanan suatu komponen mesin atau sistem berdasarkan perhitungan dan standar yang berlaku. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan nilai Torsi (*Torque*) dan Faktor Keamanan (*Safety Factor*) untuk penggunaan *disk coupling* pada pompa sentrifugal.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. *Pertama* diawali dengan studi literatur, berfokus pada pengumpulan data teoritis mengenai karakteristik operasional pompa sentrifugal, prinsip kerja dan spesifikasi desain disk coupling, serta standar industri terkait seperti ISO dan API yang mengatur perhitungan torsi dan faktor keamanan. Data teknis spesifik mengenai daya motor, kecepatan putar, dan parameter geometri kopling akan dikumpulkan pada tahap ini, yang tercantum pada tabel 1.

Kedua dilakukan perhitungan torsi untuk menentukan beban yang sebenarnya dialami oleh kopling. Perhitungan torsi T atau momen puntir yang dihasilkan sistem dengan menggunakan Persamaan 1. Persamaan tersebut menyatakan interaksi antara daya P dengan kecepatan sudut ω untuk mendapatkan nilai torsi T . (Buyung, 2018), (Perkasa, dkk., 2020), (Benshaw, 2021).

$$P_{Watt} = T_{Nm} \cdot \omega_{Rad/s} \quad (1)$$

Dengan adanya korelasi antara kecepatan putar n dengan kecepatan sudut ω dalam Persamaan 2 berikut

$$\omega_{Rad/s} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{RPM}}{60}, \quad (2)$$

maka didapatkan

$$T_{Nm} = \frac{P_{Watt} \cdot 60}{2 \pi \cdot n_{RPM}}. \quad (3)$$

Ketiga adalah Perhitungan *Safety Factor*. Langkah ini membandingkan kapasitas torsi kontinu maksimum T_{Rating} yang dimiliki oleh *disk coupling* yang sesuai dengan spesifikasi pabrikan atau standar dengan torsi sistem T_{System} yang telah dihitung, dituliskan dalam Persamaan 4 berikut.

$$SF = \frac{T_{Rating}}{T_{System}} \quad (4)$$

Safety Factor yang diizinkan sesuai dengan ISO 10441 yang mengacu pada API Std 671 yaitu *Safety Factor* tidak kurang dari 1.25 (ISO, 2007), (API, 2007).

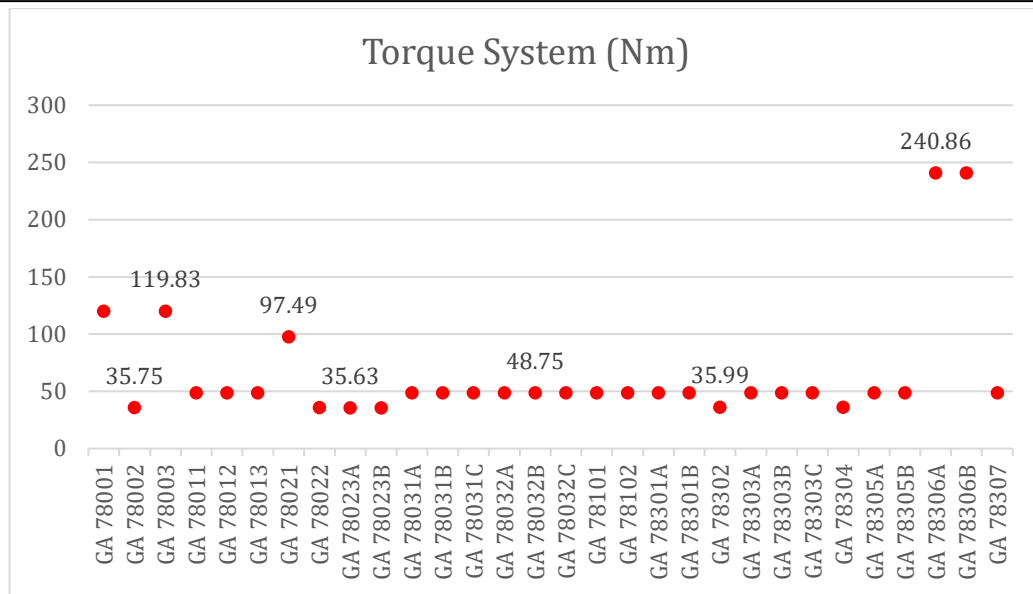
Tahap terakhir yaitu analisa hasil perhitungan. Analisis ini melibatkan pemeriksaan kritis terhadap nilai faktor keamanan yang diperoleh. apakah nilai tersebut memenuhi batas minimum yang disyaratkan oleh standar rekayasa, dan apakah kopling yang dipilih mampu beroperasi dengan aman dan andal di bawah kondisi desain sistem.

Tabel 1 Data monitoring *disk coupling* pada pompa sentrifugal di PT X (Karim, 2024), (Syawaldi, 2024), (SKF, 2024)

No	Type Equipment	Tag Number	Service Name	Motor		Coupling		Torque Rating (Nm)
				n (rpm)	Power (KW)	Jenis	Size	
1	Centrifugal Pump	GA 78001	BROTH STORIGE TRANSFER PUMP	1475	18.5	Disc Coupling	30F	775
2	Centrifugal Pump	GA 78002	BROTH RECEIVING TRANSFER PUMP	1470	5.5	Disc Coupling	20F	245
3	Centrifugal Pump	GA 78003	BROTH COOLING PUMP	1475	18.5	Disc Coupling	30F	775
4	Centrifugal Pump	GA 78011	MS #1 1ST STAGE FEED TRANSFER PUMP	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
5	Centrifugal Pump	GA 78012	MS #1 2ND STAGE FEED TRANSFER PUMP	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
6	Centrifugal Pump	GA 78013	MS #1 RET TRANSFER PUMP	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
7	Centrifugal Pump	GA 78021	HPH FEED CIRCULATION PUMP	1470	15	Disc Coupling	30F	775
8	Centrifugal Pump	GA 78022	HPH RET TRANSFER PUMP	1470	5.5	Disc Coupling	20F	245
9	Centrifugal Pump	GA 78023A	HPH FEED ADJUST TRANSFER PUMP A	2950	11	Disc Coupling	20F	245
10	Centrifugal Pump	GA 78023B	HPH FEED ADJUST TRANSFER PUMP B	2950	11	Disc Coupling	20F	245
11	Centrifugal Pump	GA 78031A	MS #2 FEED TRANSFER PUMP A	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
12	Centrifugal Pump	GA 78031B	MS #2 FEED TRANSFER PUMP B	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
13	Centrifugal Pump	GA 78031C	MS #2 FEED TRANSFER PUMP C	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
14	Centrifugal Pump	GA 78032A	MS #2 RET TANK A TRANSFER PUMP	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
15	Centrifugal Pump	GA 78032B	MS #2 RET TANK B TRANSFER PUMP	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
16	Centrifugal Pump	GA 78032C	MS #2 RET TANK C TRANSFER PUMP	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
17	Centrifugal Pump	GA 78101	HRET STORAGE PUMP	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
18	Centrifugal Pump	GA 78102	TS ADJ/DECO/DEPRO TRANSFER PUMP	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
19	Centrifugal Pump	GA 78301A	SDC 1ST STAGE FEED PUMP A	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
20	Centrifugal Pump	GA 78301B	SDC 1ST STAGE FEED PUMP B	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
21	Centrifugal Pump	GA 78302	SDC 1ST STAGE ML PUMP	1460	5.5	Disc Coupling	20F	245
22	Centrifugal Pump	GA 78303A	SDC 1ST STAGE SLURRY PUMP A	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
23	Centrifugal Pump	GA 78303B	SDC 1ST STAGE SLURRY PUMP B	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
24	Centrifugal Pump	GA 78303C	SDC 1ST STAGE SLURRY PUMP C	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
25	Centrifugal Pump	GA 78304	SDC 2ND ML PUMP	1460	5.5	Disc Coupling	20F	245
26	Centrifugal Pump	GA 78305A	SDC 2ND STAGE SLURRY PUMP A	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
27	Centrifugal Pump	GA 78305B	SDC 2ND STAGE SLURRY PUMP B	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245
28	Centrifugal Pump	GA 78306A	FILTER PRESS FEED TANK PUMP A	1785	45	Disc Coupling	40F	2059
29	Centrifugal Pump	GA 78306B	FILTER PRESS FEED TANK PUMP B	1785	45	Disc Coupling	40F	2059
30	Centrifugal Pump	GA 78307	FILTER PRESS ML TANK PUMP	1470	7.5	Disc Coupling	20F	245

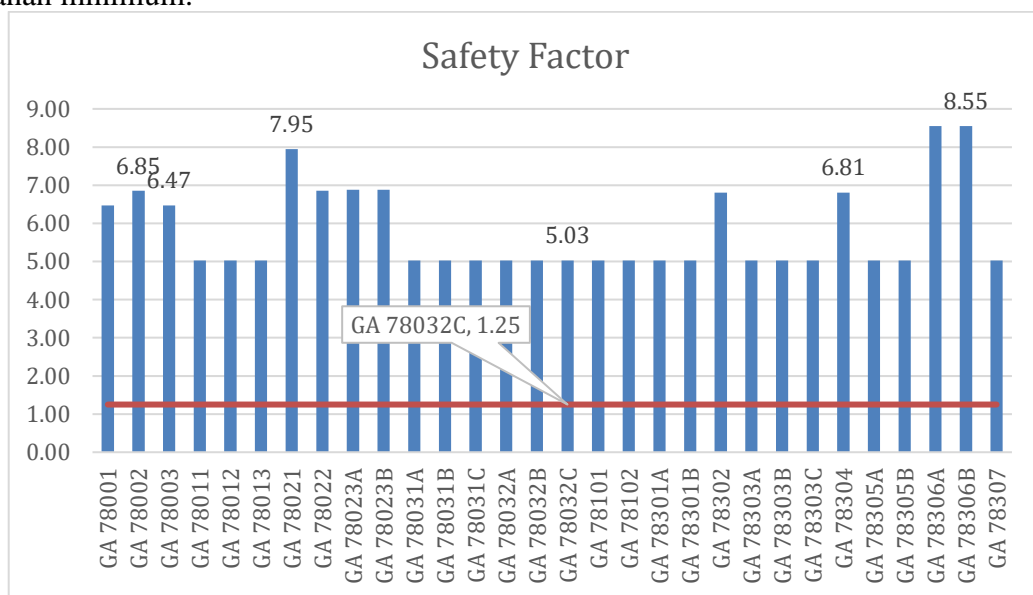
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan torsi dengan menggunakan Persamaan 3 ditampilkan pada Gambar 1. Terlihat torsi sistem dari *disk coupling* yang terpasang pada 30 pompa sentrifugal di PT X bervariasi. Mayoritas torsi sistem berada pada nilai torsi yang relatif *rendah*, yaitu dalam rentang 35,63 – 48,75 Nm. Nilai torsi *sedang* berada pada 3 lokasi yaitu pada GA 78001, Broth Storige Transfer Pump sebesar 119,83 Nm; GA 78003, Broth Cooling Pump senilai 119,83 Nm; dan GA 78021, HPH Feed Circulation Pump sejumlah 97,49 Nm. Nilai torsi tinggi sebesar 240,86 Nm berada pada GA 78306A, Filter Press Feed Tank Pump A dan GA 78306B, Filter Press Feed Tank Pump B.



Gambar 1 Hasil perhitungan Torsi sistem

Hasil perhitungan faktor keamanan dengan menggunakan Persamaan 4 tercantum dalam Gambar 2. Nilai faktor keamanan minimum yang disarankan digambarkan dengan garis warna merah yaitu sebesar 1.25, nilai tersebut merupakan nilai minimum yang diizinkan, mengacu pada ISO 10441:2007 serta API Std 671:2007. Secara keseluruhan, *disk coupling* yang terpasang pada 30 pompa sentrifugal di PT X menunjukkan nilai Faktor Keamanan di atas batas minimum yang disarankan. Nilai faktor keamanan dalam kategori rendah sebesar 5.03 terdapat dalam 19 sistem. Dalam kategori sedang (6.47 – 6.88) terdapat dalam 8 sistem. Terdapat tiga system dengan kategori tinggi yaitu diatas 7, yaitu GA 78021, HPH Feed Circulation Pump sebesar 7.95; GA 78306A, Filter Press Feed Tank Pump A dan GA 78306B, Filter Press Feed Tank Pump B masing-masing sejumlah 8.55. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar sistem kopling yang terpasang pada 30 pompa di PT X memenuhi atau melebihi persyaratan keamanan minimum.



Gambar 2 Hasil perhitungan faktor keamanan

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa hasil monitoring torsi dan faktor keamanan penggunaan *disk coupling* pada pompa sentrifugal pada 30 sistem operasional di PT X didapatkan Torsi sistem berada dalam 35,63 Nm hingga 240,86 Nm dengan faktor keamanan berada di atas ambang batas yang direkomendasikan ISO 10441 serta API Std 671 yaitu tidak kurang dari 1.25, Faktor keamanan senilai 5.03 hingga 8.55.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada tim peneliti atas dedikasi, ketelitian, dan integritas tinggi, menghasilkan temuan yang dapat berkontribusi pada kemajuan bidang teknik.

DAFTAR PUSTAKA

- API (2007) *Special Purpose Couplings for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services*. API Standard 671, Fourth Edition. American Petroleum Institute. Washington, D.C.
- Benshaw (2021) *Get Your Motor Running: Understanding Starting Torque*. Benshaw, Inc.
- Buyung, S. (2018) *Analisis Perbandingan Daya Dan Torsi Pada Alat Pemotong Rumput Elektrik (Apr)*. Jurnal Voering 3(1), pp. 19 - 22. Politeknik Katolik Saint Paul Sorong.
- ISO (2007) *Flexible couplings for mechanical power transmission*. Petroleum, petrochemical and natural gas industries. ISO 10441, Second edition. Switzerland.
- Karim, M. (2024) *Karakteristik kopling Pompa Sentrifugal di PT X Kabupaten Pasuruan*. Laporan PKN. Universitas Yudharta Pasuruan.
- Perkasa, S. B., Sukmadi, T. & Ginting, D. (2020) *Analisa Perbandingan Daya Dan Torsi Pada Perancangan Purwarupa Mobil Listrik*. Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro 9(4), pp. 636-643.
- Ranggatama, G. dan Pranoto, H. (2020) *Analisis Perancangan Pompa Sentrifugal pada Perancangan Shower Tester Booth di PT X*. Jurnal Teknik Mesin 9(2), pp. 88 - 95. Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Siregar, M. A. dan Damanik, W. S. (2020) *Pengaruh Variasi Sudut Keluar Impeler Terhadap Performance Pompa Sentrifugal*. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi 3(2), pp. 166 - 174. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- SKF (2024) *SKF Couplings Catalogue*. SKF Group.
- Syawaladi, M. Y. D. (2024) *Dasar Penggunaan Kopling Pada Hph Feed Circulation Pump Dan Evaluasi Torsi Kopling di PT X Kabupaten Pasuruan*. Laporan PKN. Universitas Yudharta Pasuruan.