

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pengembangan (*High Pressure Grinding Rolls*) HPGR terkait dengan studi fundamental penumbukan antar partikel dilakukan oleh Schönert pada tahun 1979[1]. Dalam penelitiannya, Schönert menyimpulkan bahwa, memecahkan partikel dengan kompresi menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi, juga kerusakan lapisan terkompresi menghasilkan efisiensi energi yang jauh lebih tinggi daripada yang dapat dilakukan oleh *turbular mill*. terlepas dari efisiensi energi yang lebih tinggi dalam memecahkan partikel tunggal dengan kompresi, kerusakan lapisan terkompresi menghasilkan efisiensi energi yang jauh lebih tinggi daripada yang diperoleh pada *turbular mill*. Aplikasi praktis dari penelitian ini adalah desain yang terdiri dari dua rol yang digabungkan dengan struktur kaku. Salah satu rol berputar dalam posisi tetap, sedangkan rol lainnya berputar sekaligus bergerak linear yang digerakan sistem tekanan hidrolis. Ketika diumpankan di antara rol, partikel memasuki daerah pra-penggilingan dan kemudian mencapai daerah di mana kerusakan antar partikel terjadi pada lapisan saat kondisi kompresi tinggi. Pemindahan tersebut ditandai dengan pemadatan dan gesekan partikel, yang menghasilkan massa jenis hingga 70% dari massa jenis semula. Pada akhir proses, tekanan berkurang dan partikel keluar dari peralatan dalam bentuk serpihan (*flakes*)[2]. HPGR terdiri atas beberapa komponen mesin salah satunya yaitu kopling pengaman atau yang umum dikenal dengan pembatas torsi.

Kopling digunakan untuk meneruskan daya antara dua poros. Sambungan positif antara elemen kopling memastikan transmisi torsi 100% aktif tetapi terkadang poros keluaran mungkin mengalami kelebihan beban secara tiba-tiba yang dapat membuat motor penggerak atau mesin berhenti. Juga menyebabkan pemadaman motor listrik. Dalam kasus ekstrim kelebihan ini akan menyebabkan kerusakan elemen penggerak atau kopling itu sendiri. Untuk menghindari kerusakan elemen transmisi, perlu agar poros input dan output terputus di kasus kelebihan beban secara tiba-tiba[3].

Pembatas torsi adalah perangkat keamanan beban berlebih yang memberikan perlindungan kelebihan beban yang andal. Ketika terjadi kemacetan atau pembebanan berlebih, pembatas torsi akan cepat dilepaskan untuk mencegah kerusakan sistem[4].

Penelitian sebelumnya mengenai pembatas torsi dapat dilihat pada Tabel 1.1

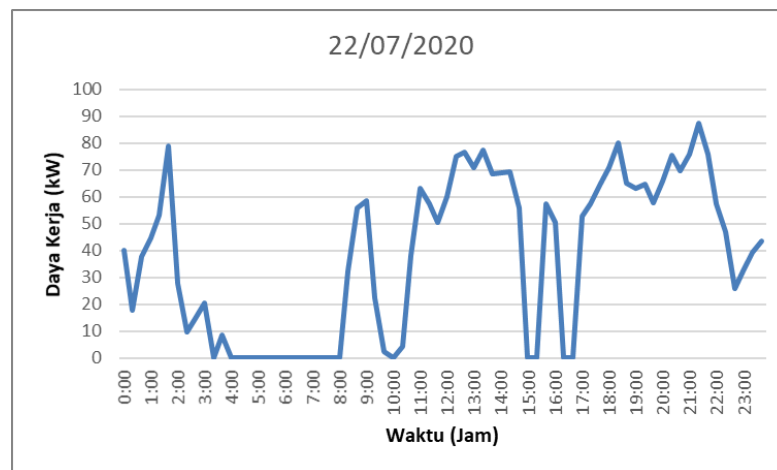
**Tabel 1.1** Penelitian kopling pengaman / pembatas torsi

Tahun	Penemu	Jenis Kopling	Hasil
2007	Eftime E.	<i>Safety clutches with ball</i>	Pemodelan kinematik dan statik dari <i>safety clutch</i> [5]
2009	Lee W. Choi J. Kang S.	Pembatas torsi berdasarkan pegas dan mekanisme CAM	Penggunaan praktis prinsip desain dan kinerja spring-clutch sebagai mekanisme sambungan untuk manipulasi keamanan[6]
2013	Eftimie E.	<i>Elastic and Safety Clutch with frontal active rabbets</i>	Desain kopling sederhana yang dapat mencapai lebih banyak fungsi, serta karakteristik dari kopling pengaman dan elastis[7]
2014	Labade K. Devarapalli R.	<i>Torque limiter tipe spring-ball clutch</i>	Desain dan pengembangan uji-rig dan Pengujian drive untuk mendapatkan karakteristik kinerja[8]
2015	Popa S. Eftimie E. Moldovean G.	<i>Safety clutches with balls and spherical rabbet</i>	Menganalisis beban pada elemen aktif kopling pengaman, selama proses pelepasan ketika bola bersentuhan dengan bentuk rabbets melingkar[9]
2016	Maznev E. Malashchenko V. Borys A.	<i>Torque limiter tipe spring-ball clutch</i>	Torsi maksimum yang yang didapat dari hubungan terhadap diameter kawat pegas tidak linear[10]
2016	Gawas N. Patkar M. Gawade P. et al.	<i>Self-releasing safety spring-ball clutch</i>	Saat terlepas <i>torque limiter</i> menyambung kembali dengan sendirinya setelah pembebanan tak lagi berlebih[11]

PT. Semen Padang merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur yang memanfaatkan HPGR untuk menggiling klinker semen yang sangat keras, sehingga mempermudah kerja berikutnya oleh *ball mill*. Jika klinker semen yang telah digiling pada HPGR diumpankan ke dalam *ball mill*, maka

konsumsi daya yang dibutuhkan oleh *ball mill* akan lebih sedikit sehingga dapat menekan konsumsi daya spesifik dari keseluruhan sistem pabrik.

Pada bulan Juli 2020 terdapat permasalahan berulang yang terjadi pada peralatan penggiling HPGR 4Z2 Indarung IV dimana salah satu komponennya yaitu kopling pengaman sering terlepas yang menyebabkan HPGR 4Z2 berhenti beroperasi beberapa kali. Berhentinya HPGR 4Z2 beroperasi pada bulan Juli tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Trend HPGR 4Z2 Indarung IV

Pada Gambar 1.1 dapat dilihat daya kerja HPGR 4Z2 bernilai nol di jangka waktu tertentu, yang menyatakan bahwa HPGR 4Z2 berhenti beroperasi dalam jangka waktu tersebut. Dari pengamatan beberapa tenaga kerja Indarung IV, terdapat kopling pengaman dari HPGR 4Z2 mengalami pemutusan lebih awal sebelum pembebanan optimal tercapai sehingga menyebabkan HPGR 4Z2 tidak mentransmisikan daya dan dibutuhkan penyambungan kembali pada kopling pengaman. Hal ini memakan waktu yang mengakibatkan penurunan produksi yang berdampak pada kerugian perusahaan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Kopling pengaman dirancang terlepas begitu mengalami pembebanan berlebih untuk mencegah kerusakan sistem. Penting untuk mengetahui batasan dari pembebanan maksimum yang dapat ditahan oleh kopling pengaman dan menyesuaikannya dengan pembebanan maksimum sistem sehingga sistem tetap aman dan beroperasi secara optimal.

### 1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai pada tugas akhir ini adalah:

1. Menentukan pembebanan optimal *safety element* kopling pengaman terhadap defleksi awal pegas dan sudut bahu pin menggunakan metode elemen hingga.
2. Menentukan pembebanan optimal *safety element* kopling pengaman terhadap defleksi awal pegas dan sudut bahu pin menggunakan perhitungan eksak dengan alat bantu komputasi.

### 1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini adalah mengurangi frekuensi *breakdown* yang terjadi pada HPGR 4Z2.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Kopling pengaman yang digunakan merujuk pada Kopling Pengaman Malmedie tipe *Safety Element* (SE)
2. Komponen kopling pengaman terbuat dari baja paduan dengan massa jenis  $7850\text{kg/m}^3$  dan rasio poisson 0.3.
3. Modulus elastisitas pegas cakram kerucut adalah 206 GPa
4. Kondisi material linear dan homogen
5. Desain belum mempertimbangkan pengaruh *safety factor* pelepasan kopling

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini diuraikan dalam lima bab. Pada bab pertama menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir. Pada bab dua menjelaskan tentang tinjauan pustaka yang menjadi rujukan dalam tugas akhir ini. Selanjutnya pada bab tiga menjelaskan metodologi penelitian. Pada bab empat menjelaskan tentang hasil dan pembahasan data penelitian. Selanjutnya pada bab lima menjelaskan tentang kesimpulan yang diperoleh serta saran untuk penelitian berikutnya.