

Pemilihan Ulang Material Poros Saringan Gram Roll Grinding Machine#4 Hot Strip Mill (Hsm) Pt. Krakatau Steel (PERSERO) Tbk.

Febli Huda^{1*}, Zikri Pratama²

Fakultas Teknik, Universitas Riau, Riau, Indonesia

*Corresponding E-mail: feblil.huda@eng.unri.ac.id

ABSTRAK

Kegagalan material poros akibat dari pembebanan berlebihan sering kali terjadi pada dunia industri. Kegagalan tersebut biasanya berupa *defleksi* (lendutan) yang berdeformasi secara plastis. Pemilihan material ulang poros perlu dilakukan agar kegagalan serupa tidak kembali terjadi pada poros saringan gram roll grinding machine#4. Pemilihan ulang material poros saringan gram ini dilakukan menggunakan metode ashby dengan mempertimbangkan indeks dari material tersebut. Didapatkan bahwa awalnya poros menggunakan material AISI 1015 dengan yield Strength sebesar 300 MPa. Sementara itu tegangan maksimum yang terjadi pada poros akibat beban gram sebesar 318 Mpa, sehingga poros terdeformasi secara plastis. Material baru yang dipilih adalah Low Carbon Steel AISI 1022, namun dapat pula dipertimbangkan menggunakan Medium Carbon Steel AISI 1045. Pemilihan ini didasarkan dari tujuan pemilihan material poros yang selain kuat, namun juga relatif ringan dan juga relatif murah.

Kata Kunci: Defleksi, Tegangan, Carbon Steel, Metode Ashby

ABSTRACT

Shaft material failure due to excessive loading often occurs in the world industry. The failure is usually a plastically deformed deflection. Re-selection of the shaft material needs to be done so that a similar failure does not occur again in the shaft of the chips separator roll grinding machine#4. The re-selection of the gram sieve shaft material was carried out using the ashby method by considering the index of the material. It was found that initially the shaft used AISI 1015 material with a yield strength of 300 MPa. Meanwhile, the maximum stress that occurs on the shaft due to the gram load is 318 MPa, so that the shaft is deformed plastically. The new material chosen is Low Carbon Steel AISI 1022, but you can also consider using Medium Carbon Steel AISI 1045. This choice is based on the purpose of selecting a shaft material which apart from being strong, is also relatively light and also relatively inexpensive.

Keywords: Deflection, Stress, Carbon Steel, Ashby Method

I. PENDAHULUAN

Kegagalan material poros akibat dari pembebanan berlebihan sering kali terjadi pada dunia industri. Kegagalan tersebut biasanya berupa *defleksi* (lendutan) yang berdeformasi secara plastis. Hot Strip Mill (HSM) sebagai salah satu unit yang diperlukan dalam industri baja yang berpengaruh terhadap keberhasilan dan kualitas produksi baja [1], [2], [3] dan [4]. Hot strip mill memiliki fungsi mengolah atau melakukan pembetulan baja yaitu Slab Baja menjadi Baja Lembaran dengan teknik pengerolan (canai) pada material baja dalam kondisi panas, dimana itu merupakan faktor penting produksi baja [5].

PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. merupakan BUMN yang bergerak di bidang produksi baja. Perusahaan yang beroperasi di Cilegon, Banten ini mulanya dibentuk sebagai wujud pelaksanaan Proyek Baja Trikora yang diinisiasi oleh Presiden Soekarno pada tahun 1960 untuk memiliki pabrik baja yang mampu mendukung perkembangan industri nasional yang mandiri, bernilai tambah tinggi, dan berpengaruh bagi pembangunan ekonomi nasional. PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. Merupakan perusahaan dengan produksi baja terbesar dan pertama di Indonesia, bahkan telah menjadi salah satu perusahaan baja terbesar di kawasan Asia Tenggara. PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. mengolah bahan baku dari bijih besi menjadi produk akhir berupa baja kasar (slab),

billet, baja lembaran panas (HRC), baja lembaran dingin (CRC), dan batang kawat (WR).

Hot Strip Mill Plant #1 (HSM#1) merupakan salah satu unit yang berada di PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. Hot Strip Mill (HSM) adalah proses pengelolaan slab (baja kasar) dengan proses pemanasan sampai temperatur ±1250°C yang dilakukan di reheating furnace hingga menjadi produk berupa Hot Rolled Coil (HRC). Pada proses yang berlangsung pada temperatur dan beban kerja yang tinggi pada workroll menyebabkan timbulnya crack dan bruise yang dapat menyebabkan kegagalan workroll. sehingga dibutuhkan proses roll grinding dalam rangka menghaluskan permukaan workroll dan menghilangkan crack serta bruise.

Dalam Proses roll grinding, terjadi proses pengikisan permukaan workroll oleh roll grinding machine. Proses pengikisan tersebut dibutuhkan air sebagai media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan benda kerja dan alat potong pada saat proses pengikisan. Coolant digunakan pula untuk melumasi alat potong sehingga memiliki umur pakai yang lebih lama. Proses pengikisan tersebut menghasilkan gram (chips) bercampur air yang dialirkan ke suatu penampungan (bak separator)

Pada bak separator, Gram dan air dipisahkan dengan tujuan agar air dapat digunakan kembali sebagai media pendingin. Pada proses pemisahan tersebut, terdapat saringan yang ditopang oleh poros yang berputar. Poros tersebut telah mengalami kegagalan dalam waktu yang relatif singkat akibat beban yang berlebihan yang sangat merugikan dalam hal biaya perawatan, sehingga dibutuhkan proses perancangan ulang agar dapat menahan beban yang ada serta tidak mengalami kegagalan. Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk melakukan perancangan serta pemilihan bahan ulang poros roll grinding machine 4 yang mengalami kegagalan dalam operasinya. Sehingga, laporan Penelitian ini berjudul, Pemilihan Ulang Material Poros Saringan Gram Roll grinding machine 4 Hot Strip Mill (HSM) PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk.

II. METODE PENELITIAN

Metode Ashby dilakukan untuk penentuan material index dengan cara screening material awal, menggunakan Software Material Selection dalam pencarian alternatif material yang mempunyai karakteristik seragam dengan material awal. Ashby adalah merupakan nama orang, dan beliau juga seorang penulis buku tentang pemilihan material, sekaligus juga pencipta software pemilihan material Ces Edupack. Yang dimaksud dengan, menggunakan metode ashby adalah mengikuti langkah-langkah atau prosedur dalam pemilihan material, lalu dikhususkan menggunakan Ces Edupack [6].

Sifat material membatasi kinerja komponen permesinan. Sifat material dapat ditampilkan pada diagram batang, kinerja komponen tergantung tidak hanya

pada satu sifat tetapi kombinasi dari sifat-sifat penting lainnya. itu diperlukan pemetaan sifat material yang dimiliki oleh masing-masing kelas material dan sub bidang material yang ditempati oleh material tunggal. Sifat material teknik memiliki jangkauan karakteristik nilainya. Salah satu cara untuk menampilkan sifat-sifat tersebut adalah dengan menggunakan diagram batang. Setiap batang menunjukkan sifat material tunggalnya. Tinggi batang menunjukkan rentang sifatnya. Setiap kelas material menunjukkan rentang karakteristik: logam yang memiliki konduktivitas tinggi, polimer rendah, keramik memiliki rentang nilai yang luas dari rendah ke tinggi.

Strategi Pemilihan Material

Tahapan pertama adalah translasi yaitu menguji kebutuhan desain untuk mengidentifikasi kendala (*constraint*) sehingga dapat menentukan material yang cocok. Material yang ada di sekitar kita sangat banyak, untuk itu perlu dilakukan pemilihan melalui penyaringan (*screening*) dan pemeringkatan (*ranking*) atas material kandidat yang memiliki kemampuan dan kinerjanya yang maksimal. Kriteria untuk penyaringan dan pemeringkatan diturunkan dari kebutuhan desain setiap komponen dengan melakukan analisis fungsi (*function*), kendala (*constraint*), tujuan (*objective*) dan variabel bebas. [7]

1. Translasi

Setiap komponen keteknikan selalu memiliki satu fungsi atau lebih, misalnya: mendukung beban, menahan tekanan, dan meneruskan panas. Kondisi ini dapat dicapai dengan menentukan kendalanya, seperti dimensinya yang jelas, mampu menahan beban atau tekanan tanpa mengalami kegagalan, apakah bersifat isolator atau konduktor, dapat berfungsi pada lingkungan dan rentang suhu tertentu. Fungsi dan kendala, tujuan dan variabel bebas adalah kondisi batas pemilihan material [7].

Tabel 2.1 Fungsi, Kendala, Tujuan dan Variabel Bebas

Function	What does the component do?
Constraints	What nonnegotiable condition must be met?
	What negotiable but desirable condition must be met?
Objective	What is to be maximized or minimized?
Free Variable	Which parameters of the problem is the designer free to change?

2. Penyaringan: Keterbatasan Atribut Material

Dalam pemilihan material mengharuskan bahwa semua material dianggap sebagai kandidat sampai terbukti sebaliknya. Penyaringan (*screening*) adalah menghilangkan kandidat yang tidak dapat melakukan fungsi sama sekali karena satu atau lebih atribut mereka berada di luar batas yang ditetapkan oleh kendala. Sebagai contoh, jika material harus memiliki persyaratan "komponen harus berfungsi dalam air mendidih", atau "komponen harus transparan" menunjukkan batas yang jelas pada atribut suhu layanan maksimum dan transparansi optik yang harus dipenuhi kandidat material. [7]

3. Indeks Material

Kriteria optimasi ditentukan dengan indeks material yang mengukur seberapa baik kandidat yang telah melalui penyaringan. Kinerja material kadang-kadang dibatasi oleh satu atau kombinasi sifatnya. Misalnya, pelampung memerlukan densitas (ρ) dan konduktifitas termal yang terendah (λ). Untuk heat exchanger, maka dibutuhkan konduktifitas termal yang terbesar. Dengan memaksimalkan atau meminimalkan satu properti dapat memaksimalkan kinerja (Ashby, 2011)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Roll grinding machine merupakan salah satu komponen penting dalam Roll & Bearing Preparation. Roll grinding machine berfungsi mengurangi permukaan workroll yang terdapat crack ataupun bruise yang muncul akibat dari proses operasi rolling mill. Dalam Proses grinding tersebut menghasikan gram (chips) yang merupakan material permukaan workroll yang dikikis. Pada proses pengikisan permukaan tersebut, dibutuhkan media pendingin (coolant) berupa air agar memperpanjang umur dari grinding tool. Sehingga, gram dan air bercampur dalam saluran pembuangan grinding tool tersebut. Selanjutnya, pemisahan gram dan air dilakukan agar air dapat digunakan kembali sebagai media pendingin dan kemudian gram akan dikumpulkan pada bak penampungan gram dan dilakukan proses penanganan selanjutnya. Pemisahan gram dan air tersebut dilakukan pada komponen bak separator yang ditopang oleh poros yang berputar.

Kerap kali poros penopang tersebut mengalami kegagalan material akibat dari overload dari gram itu sendiri. Sehingga dibutuhkan perancangan ulang poros tersebut agar kegagalan tersebut tidak terjadi dan juga dapat memprediksi umur (masa pakai) dari poros tersebut

Data Pengamatan

Setelah melakukan observasi dan survei lapangan pada mesin 4, didapatkan data sebagai berikut:

- Poros terdefleksi maksimum sebesar 15mm
- Poros diputar oleh motor dengan daya 16 HP; 850 RPM yang ditransmisikan oleh sistem Roller Chain dengan jumlah 15 teeth sprocket pada bagian poros
- Poros memiliki panjang 1055 mm dan tidak dapat dimensinya tidak dapat diubah. Perubahan dimensi hanya dapat dilakukan pada diameter penampang poros (apabila dibutuhkan). Diameter poros sebesar 24mm
- Material poros diketahui merupakan ST 37 (AISI 1015) dengan material mechanical properties sebagai berikut:
 - Young Modulus (E): 205 GPa
 - Yield Strength (Ys): 300 MPa
 - Ultimate Tensile Strength (UTS): 80 MPa

Terdapat beban terdistribusi dari gram pada sepanjang poros, namun tidak diketahui total beban yang ditanggung oleh poros. Sehingga dapat beban dapat ditentukan kemudian menggunakan perhitungan dengan parameter lendutan yang terjadi.

Pemecahan Masalah

Berdasarkan data pengamatan yang telah dilakukan, maka dilakukan proses perhitungan sebagai berikut

3.1 Perhitungan Beban Poros

Poros saringan gram mengalami defleksi (δ) sebesar 15mm sehingga dapat digunakan persamaan defleksi maksimum untuk menentukan besar beban yang ditanggung poros

$$\delta = \frac{5wl^4}{384 EI}$$

Dimana (E) merupakan modulus elastis dari material, (w) merupakan besaran beban terdistribusi, (l) merupakan panjang dari poros dan I merupakan inersia dari penampang poros. Sehingga dalam mencari nilai beban terdistribusi dapat dilakukan sebagai berikut:

$$w = \frac{384 EI \delta}{5l^4}$$

$$w = \frac{384 (205 \text{ GPa}) \left(\frac{\pi}{64} (24 \text{ mm})^4\right) (15 \text{ mm})}{5 (1055 \text{ mm})^4}$$

$$w = 0.0031 \text{ kN/mm}$$

$$w = 0.0031 \text{ kN/mm}$$

$$w = 0.0031 \text{ kN/mm}$$

3.2 Stress Analysis Poros

Setelah mendapatkan besarnya beban terdistribusi yang ditanggung oleh poros, maka dilakukan perhitungan tegangan maksimum yang terjadi.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} C_{max}}{I}$$

$$M_{max} = \frac{wl^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{(0.0031 \text{ kN/mm})(1055 \text{ mm})^2}{8}$$

$$M_{max} = 431.71 \text{ kNmm}$$

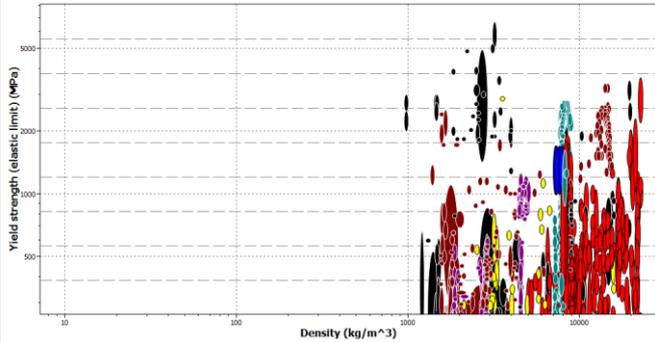
$$\sigma_{max} = \frac{(431.71 \text{ kNmm})(12 \text{ mm})}{\frac{\pi}{64} (24 \text{ mm})^4}$$

$$\sigma_{max} = 318 \text{ MPa}$$

3.3 Pemilihan Material Baru Poros

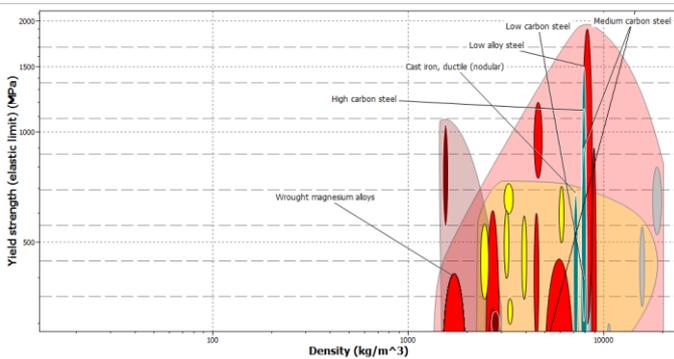
Pada proses pemilihan material baru poros dilakukan dengan menggunakan metode Ashby. Objektif yang akan dicapai pada pemilihan material ini adalah

selain memilih material yang dapat menahan beban sebesar 3.27 kN tanpa mengalami deformasi plastis, namun juga ringan agar mempermudah dalam proses pemasangan poros yang masih menggunakan tenaga manusia.



Gambar 3.1 Diagram Ashby Yield Strength vs Density Gambar di atas merupakan diagram ashby dengan parameter *Strength* dan densitas. Dengan menggunakan diagram Ashby, dapat diseleksi material-material yang memenuhi kriteria mampu menahan tegangan sebesar 318 Mpa. Namun material tersebut harus diseleksi lagi agar mendapatkan poros yang kuat, namun ringan. Berdasarkan [8] untuk mendapatkan poros yang kuat namun ringan dapat digunakan persamaan indeks material

$$\frac{1}{m} = \frac{\sigma^2}{\rho}$$



Gambar 3.1 Kandidat Material yang Akan Dipilih

Indeks dari material-material tersebut ditampilkan pada tabel berikut

N O	Jenis Material	Yield Strength (MPa)	Density (Kg/m ³)	Material Indeks $\frac{\sigma^2}{\rho}$	Relative Cost/Vol $\frac{\sigma^2}{CR\rho}$
1.	Medium Carbon Steel (AISI 1045)	335	7800	6.18E-03	1.15E-06

	(CK 45)				
2.	Low Carbon Steel (AISI 1022)	320	7800	6.00E-03	1.12E-06
3.	Low Alloy Steel (AISI 9255)	520	7800	8.29E-03	1.60E-06
4.	Nodular Cast Iron (ASTM A536)	471	7150	9.11E-03	9.39E-06
5.	High Carbon Steel (AISI 1095)	450	7800	7.53E-03	1.40E-06

3.4 Analisis

Berdasarkan data serta perhitungan yang didapatkan diketahui poros motor saringan gram menanggung beban sebesar 333.71 Kg dengan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 318 MPa. Poros motor saringan gram sebelumnya berbahan dasar low carbon Steel dengan yield strength sebesar 300MPa. Adanya tegangan yang melebihi nilai dari yield strength menyebabkan suatu material akan terdeformasi secara plastis. Artinya, apabila poros tersebut mengalami lendutan akibat beban lateral, poros tersebut tidak akan kembali ke bentuk semula. Hal ini yang terjadi pada poros saringan gram mesin 4.

Proses pemilihan bahan dilakukan dengan metode ashby dengan menggunakan parameter membandingkan nilai yield strength dan Densitas yang bertujuan selain mendapatkan material yang mampu menahan beban 318MPa tanpa mengalami deformasi plastis, namun juga didapatkan material yang secara relatif ringan agar memudahkan proses manufaktur dan pemasangan yang masih konvensional.

Proses seleksi material tahap pertama yaitu menyeleksi material dengan nilai yield strength di atas dari 318 MPa, sehingga material yang memiliki nilai yield strength di bawah dari 318 MPa tidak akan dipertimbangkan. Jenis Material yang didapatkan relatif banyak diantaranya Magnesium Alloy, High Carbon Steel, Medium Carbon Steel, Low Carbon Steel, Low Alloy Steel serta Nodular Cast Iron. Kemudian magnesium tidak

dipertimbangkan lebih lanjut dikarenakan magnesium memiliki nilai modulus elastis yang sangat kecil yaitu 45 GPa yang mana mengindikasikan material tersebut bersifat elastis sehingga defleksi yang terjadi akan sangat besar meskipun akan kembali ke bentuk semula.

Proses selanjutnya yaitu pemilihan material terbaik berdasarkan indeks dan harga relatif materialnya. Didapatkan bahwa nodular cast iron mendapatkan nilai indeks tertinggi dalam perbandingan yield strength dan densitas. Sehingga nodular cast iron merupakan material paling kuat serta paling ringan dibandingkan dengan keempat kandidat material lainnya.

Apabila hanya mempertimbangkan faktor indeks kuat dan ringan, nodular cast iron merupakan kandidat material yang paling cocok diterapkan pada poros saringan gram. Namun apabila mempertimbangkan faktor ekonomis yang membandingkan antara indeks beserta nilai ekonomis relatif material, maka low alloy Steel merupakan kandidat terbaik untuk menjadi material poros saringan gram. Nodular cast iron merupakan relatif lebih ringan dibandingkan low alloy Steel, namun low alloy Steel lebih murah dan tetap memenuhi kriteria yield strength minimum meskipun tidak seringan nodular cast iron

IV. KESIMPULAN

Adapun simpulan dari hasil analisis yang dilakukan selama Penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Workroll merupakan alat yang digunakan untuk alat yang digunakan untuk mereduksi penampang suatu logam pada proses pembentukan baja lembar panas. Roll Grinding merupakan proses pengikisan permukaan workroll untuk menghaluskan permukaan serta menghilangkan cacat berupa crack dan bruise yang dapat menyebabkan kegagalan.
- 2) Kerusakan poros yang terjadi diakibatkan oleh adanya pembebanan yang terlalu besar pada poros yang besar tegangannya melebihi nilai yield strength dari material sehingga poros mengalami lendutan sekaligus terdeformasi secara plastis.
- 3) Kegagalan material tersebut dapat diatasi dengan melakukan perancangan serta pemilihan material ulang yang cocok untuk kondisi yang dialami poros saringan gram. Material yang paling cocok untuk poros saringan gram yaitu Low Alloy Steel AISI 9255

REFERENSI

- [1] O. Kurpe, V. Kukhar, R. Puzyr, V. Burko, E. Balalayeva, and E. Klimov, "Electric Motors Power Modes at Synchronization of Roughing Rolling Stands of Hot Strip Mill," in *Proceedings*

- [2] I. Mattik, P. Amorim, and H. O. Günther, "Hierarchical scheduling of continuous casters and hot strip mills in the steel industry: A block planning application," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 52, no. 9, pp. 2576–2591, 2014, doi: 10.1080/00207543.2013.860248.
- [3] Y. A. W. Shardt *et al.*, "Modelling the strip thickness in hot steel rolling mills using least-squares support vector machines," *Can. J. Chem. Eng.*, vol. 96, no. 1, pp. 171–178, 2018, doi: 10.1002/cjce.22956.
- [4] Q. Dong, Z. Wang, Y. He, L. Zhang, F. Shang, and Z. Li, "The effect of shifting modes on work roll wear in strip steel hot rolling process," *Ironmak. Steelmak.*, vol. 50, no. 1, pp. 67–74, 2023, doi: 10.1080/03019233.2022.2083929.
- [5] C. Zhang, K. Peng, J. Dong, X. Zhang, and K. Yang, "Exergy-related process monitoring for hot strip mill process based on improved support tensor data description," *Energy*, vol. 284, p. 129372, 2023, doi: 10.1016/j.energy.2023.129372.
- [6] E. Erwin, A. R. Ramandhan, and R. D. Andayani, "Pemilihan Material Ring Pada Illizarov Ring External Fixation," *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 6–11, 2016, [Online]. Available: <https://journal.ubb.ac.id/machine/article/view/433>
- [7] M. F. Ashby, *Material Selection in Mechanical Design*. Oxford: Elsevier Ltd., 2011.
- [8] S. Klaten, "Pemilihan Material Dan Proses," pp. 1–226, 2021.