



## Analisis Ketahanan Abrasi Material *Hopper* pada Sistem *Loading* Batubara ke *Bunker*

Muhammad Rifqi Surianto Putra<sup>1</sup>, Sabiqunassabiqun<sup>1,\*</sup>, dan Rizal Nazarrudin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brodjonegoro, No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung 35145, Indonesia

\*) e-mail Corresponding : [sabiqun11@eng.unila.ac.id](mailto:sabiqun11@eng.unila.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

### ABSTRAK

#### Article history:

Publisherd : 17-05-2025

#### Kata Kunci:

Abrasion;

AISI1045;

Hopper;

Maxiferi460;

Electric steam power plant (PLTU)

*Coal handling* merupakan komponen penting dalam proses pembangkitan listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Di PLTU berbahan bakar batubara Sebalang, batubara yang digunakan sebagai bahan bakar utama harus melalui serangkaian proses, termasuk pembongkaran, pengangkutan, dan penyimpanan sementara di *bunker*. Salah satu komponen vital dalam sistem ini adalah *hopper*, yaitu wadah penerima batubara yang berfungsi sebagai media transisi sebelum batubara masuk ke bunker atau unit pembakaran. Dalam operasinya, *hopper* terus-menerus bersentuhan langsung dengan batubara yang keras dan bersifat abrasif. Kondisi ini menyebabkan terjadinya abrasi material secara signifikan, yang dapat mengurangi umur pakai *hopper* serta meningkatkan frekuensi perawatan dan biaya operasional. Oleh karena itu, pemilihan material *hopper* dengan ketahanan abrasi yang tinggi sangat penting untuk memastikan keandalan dan efisiensi sistem pemuatan batubara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses pemuatan batubara ke *bunker*, mengetahui ketahanan material *hopper* terhadap abrasi, serta mengetahui parameter material yang memengaruhi aliran batubara. Penelitian ini juga menganalisis ketahanan dan perbandingan karakteristik baja karbon 45 (AISI 1045) dengan *Maxiferi 460* sebagai material *hopper*.

### 1. Pendahuluan

Semakin pesatnya perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dewasa ini, dan seiring dengan itu kebutuhan akan energi listrik memegang peranan yang sangat penting, baik dipakai dikalangan industri-industri maupun peralatan-peralatan rumah tangga. Bertambahnya jumlah penduduk berbanding lurus dengan penggunaan listrik. Apabila kita bandingkan dengan energi bentuk lain, maka energi listrik sangat efisien, ekonomis dan praktis penggunaannya. Listrik telah menjadi kebutuhan penting untuk mendorong pembangunan. Menanggapi peningkatan permintaan listrik, terutama di Sumatera Bagian Selatan, PT PLN (Persero) Pembangkit Sumbagsel berupaya meningkatkan kualitas, keandalan, dan efisiensi pembangkitan listrik di sistem interkoneksi Sumbagsel [1].

Sistem energi ini terdiri dari jaringan pembangkit listrik dan gardu induk yang terhubung melalui jaringan transmisi, yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik di suatu wilayah tertentu. Selanjutnya perkataan Sistem Tenaga Listrik disingkat dengan perkataan "Sistem". Karena alasan

ekonomi dan untuk menjamin keandalan sistem, maka subsistem-subsistem tersebut saling berhubungan sehingga menghasilkan sistem yang saling terhubung seperti pada jaringan listrik Sumatera Selatan-Lampung [2].

Sistem pembangkit listrik bertujuan untuk mengubah sumber energi utama, seperti tenaga air, bahan bakar minyak, dan gas, menjadi energi listrik, yang selanjutnya disalurkan kepada konsumen melalui sistem distribusi listrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang aman, andal, dan berkelanjutan, Perusahaan Listrik Negara (PLN), sebagai operator tunggal sektor kelistrikan, mengelola berbagai pembangkit listrik, termasuk yang memanfaatkan uap untuk menggerakkan turbin yang terhubung ke generator [3].

Pembangunan PLTU Sebalang dimulai pada tahun 2002 dan diresmikan beroperasi pada tahun 2016. Upaya ini merupakan bagian dari strategi pemerintah Indonesia, yang dijalankan oleh PT PLN Nusantara Power, untuk membangun pembangkit listrik non-minyak yang memanfaatkan batubara kalori rendah. Pembangkit Listrik Tenaga Batubara (PLTU) Sebalang terdiri dari dua unit pembangkit dengan

total kapasitas 2 x 100 MW. Listrik disalurkan melalui jaringan 150 kV ke Gardu Induk (GI) Sebalang Baru dan selanjutnya ke Gardu Induk Kalianda, Sutami, dan Sribawono. Pembangkit listrik ini memanfaatkan batubara sebagai bahan bakar di ruang bakar boiler untuk menghasilkan uap. Uap tersebut dialirkan ke turbin, yang beroperasi pada tekanan dan suhu yang telah ditentukan. As turbin terhubung langsung pada as generator, sehingga perputaran medan magnet dalam kumparan menghasilkan listrik yang kemudian dialirkan pada transformator untuk distribusi lebih lanjut [4], [5].

### 1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan uap untuk menggerakkan turbin guna menghasilkan listrik. PLTU adalah fasilitas yang generator listriknya ditenagai oleh uap. PLTU menggunakan uap yang dihasilkan oleh boiler. Proses konversi energi dalam PLTU melibatkan boiler yang mengumpulkan energi termal dari pembakaran, kemudian menguapkan air untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi.

PLTU adalah fasilitas yang mengubah energi kimia bahan bakar, seperti batu bara, menjadi uap bersuhu tinggi untuk menggerakkan turbin dan generator guna menghasilkan listrik. PLTU merupakan metode pembangkitan listrik termal yang umum, dikenal karena biaya bahan bakarnya yang minimal dan kemampuannya menghasilkan energi dalam jumlah besar. PLTU adalah peralatan yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi Listrik [6].

PLTU memanfaatkan proses siklus yang disebut siklus Rankine. Siklus Rankine adalah siklus cair-uap yang menjadi dasar sistem pembangkit listrik tenaga uap. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menggunakan uap sebagai fluida kerja dalam siklus tertutup. Siklus tertutup menunjukkan penggunaan fluida yang sama secara berulang.

PLTU Sebalang merupakan pembangkit listrik tenaga uap yang memanfaatkan panas hasil pembakaran batubara untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi sebagai media penggerak turbin. Uap dari boiler dialirkan melalui demister, lalu digunakan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator sehingga menghasilkan energi listrik. Sisa uap dari turbin kemudian dikondensasikan kembali menjadi air melalui kondensor dengan bantuan air pendingin, dan selanjutnya dialirkan kembali ke boiler. Sistem ini bekerja secara tertutup dan berkesinambungan dengan menerapkan siklus Rankine serta menggunakan boiler Circulating Fluidized Bed (CFB) [7].

Komponen utama yang menunjang kinerja PLTU Sebalang antara lain turbin, boiler, kondensor, dan transformator. Turbin berfungsi mengubah energi kinetik uap menjadi energi mekanik untuk memutar generator. Boiler CFB digunakan untuk memanaskan air hingga menjadi uap jenuh dan uap super panas melalui penyerapan panas gas buang pada pipa-pipa air. Kondensor bertugas mendinginkan uap bekas dari turbin menjadi air kembali agar dapat digunakan ulang dalam siklus, sedangkan transformator berperan mengatur tegangan listrik yang dihasilkan generator, baik dengan menaikkan tegangan untuk transmisi maupun menurunkannya untuk distribusi ke beban. Dengan sinergi komponen tersebut, PLTU Sebalang mampu menghasilkan energi listrik secara kontinu dan efisien.

### 1.2. Sistem dan Siklus PLTU

Aliran batubara dimulai dengan pembongkaran batubara dari kapal di dermaga batubara, kemudian dilanjutkan dengan pengerukan menggunakan *unloader crane*. Batubara kemudian diangkut oleh *conveyor threstle 1* ke fasilitas penyimpanan sementara (*coal stockyard*). Batubara diangkut dari gudang penyimpanan ke gudang batubara kering dengan *crane*. Fasilitas penyimpanan batubara kering ini memungkinkan pemuatan batubara ke dalam *bunker* batubara. Batubara diangkut ke *coal crusher house* untuk digiling melalui *conveyor threstle 2*. Batubara selanjutnya diangkut melalui *conveyor threstle 3* ke pembangkit listrik utama. Di pembangkit listrik utama, *conveyor threstle 4* mengangkut batubara ke *bunker* batubara, yang kemudian diarahkan ke pengumpan batubara yang mengontrol aliran ke tungku boiler ruang bakar [8].

Di *furnace*, batubara dicampur dengan *material bed* (partikel halus seperti pasir kuarsa dan *bottom ash*), batubara berkecepatan tinggi, dan udara, yang kemudian terbakar, mengubah air di *waterwall* menjadi uap. Tungku pembakaran membakar di atas lapisan material panas yang tersuspensi, didorong oleh aliran udara berkecepatan tinggi di dalam tungku. Material yang terbakar naik ke puncak tungku karena massanya yang berkurang dan kemudian memasuki pemisah

siklon melalui bagian transisi, memungkinkan pemisahan gas buang dan abu terbang. Padatan yang tidak terbakar kembali masuk ke kerucut keluaran siklon dibantu oleh udara dari blower udara fluidisasi, kemudian bergerak ke bak penampung, di mana padatan tersebut diinjeksikan kembali melalui saluran balik bak penampung ke dalam ketel uap. Prosedur ini diulang beberapa kali

Gas buang dan abu terbang yang dihasilkan selama pembakaran dikeluarkan dari ketel uap oleh kipas angin induksi dan diarahkan melalui *electric precipitator* (ESP), yang menangkap 99.5% abu terbang dan debu melalui sistem elektroda sebelum dilepaskan ke cerobong asap atau cerobong asap. Bersamaan dengan itu, abu dasar dikumpulkan dalam silo abu dan diangkut dengan kendaraan ke fasilitas penyimpanan abu

Aliran air/uap di PLTU Sebalang dimulai dari pengambilan air laut yang disaring, dipompa melalui pipa pendingin (CW), lalu sebagian digunakan untuk air demineralisasi dan sisanya sebagai pendingin kondensor. Air demineralisasi dipompa ke boiler, melewati ekonomiser, drum uap, hingga pipa dinding air untuk dipanaskan menjadi uap jenuh. Uap dipisahkan di drum, lalu dialirkan ke superheater hingga menjadi uap super panas sebelum masuk turbin untuk menghasilkan energi mekanik yang memutar generator.

Uap keluar turbin kemudian dikondensasikan kembali di kondensor menggunakan air laut dari *Circulating Water Pump* (CWP). Kondensat dipompa melalui pemanas tekanan rendah, deaerator untuk menghilangkan oksigen, lalu pompa air umpan boiler menyalurkannya ke pemanas tekanan tinggi dan ekonomiser sebelum kembali ke *boiler*.

Siklus kerja PLTU mengikuti Siklus Rankine, di mana air dikompresi, dipanaskan dalam boiler hingga menjadi uap super panas, diekspansikan di turbin untuk menghasilkan kerja, lalu dikondensasikan kembali menjadi cairan jenuh sebelum memasuki pompa [9].

Secara operasional, PLTU menjalankan siklus tertutup air-uap-air, di mana uap yang menggerakkan turbin dikondensasikan kembali menjadi air, dipompa, dipanaskan, dan dialirkan kembali ke boiler. Proses ini berlangsung berulang-ulang untuk menghasilkan energi listrik secara berkesinambungan.

### 1.3. Hopper Feeder

*Hopper feeder* di PLTU Sebalang merupakan komponen penting dalam sistem penanganan batubara yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara sebelum material dialirkan ke sistem pembakaran. *Hopper* ini menerima suplai batubara dari *conveyor* atau dump truck dan secara bertahap mengalirkan material ke vibrating feeder atau belt *conveyor* menuju coal crusher dan silo. Desain *hopper feeder* di PLTU Sebalang dirancang agar mampu menampung material dalam jumlah besar, biasanya dilengkapi sudut kemiringan dinding tertentu (sekitar 55–65°) agar batubara dapat mengalir lancar dan tidak tertahan di dalam. Material konstruksinya menggunakan baja tahan abrasi seperti *Maxiferi 460* untuk mengatasi efek gesekan dan benturan akibat batubara yang keras dan kasar. Keandalan *hopper feeder* ini sangat penting untuk menjaga kontinuitas suplai batubara ke boiler serta meminimalkan potensi gangguan operasional pada unit pembangkit [4].



Gambar 1. Bagian dalam Hopper

*Hopper* pada PLTU Sebalang dilengkapi sensor level otomatis untuk memantau kapasitas isi agar terhindar dari kondisi overloading maupun kekosongan material. Di bagian bawah *hopper* terdapat vibrating feeder yang mengatur kecepatan aliran batubara sesuai kebutuhan boiler sekaligus mencegah terjadinya bridging atau penggumpalan material. Karena batubara bersifat abrasif, *hopper* didesain menggunakan material baja tahan aus dengan tambahan liner pelindung untuk memperpanjang umur pakai. Pemasangan *hopper feeder* yang terintegrasi dengan sistem kontrol sangat memengaruhi efisiensi pembakaran dan kestabilan pasokan energi listrik. Gambar teknis "*General Arrangement of Vibrating Coal Feeder*" menunjukkan tata letak feeder yang mengalirkan batubara dari *hopper* ke belt *conveyor*, lengkap dengan dimensi utama, posisi pemasangan, dan penampang memanjang. Adapun komponen utama *hopper feeder* meliputi *hopper* sebagai wadah penampung sementara, feeder sebagai pengatur laju aliran, sistem getaran atau penggerak yang memastikan material tidak terhambat, rangka penopang untuk menjaga

kestabilan struktur, serta liner pelindung di bagian dalam *hopper* yang mengurangi abrasi akibat kontak langsung dengan batubara.

### 1.4. Siklus Hopper Feeder

Proses pengisian *hopper* di PLTU diawali dengan persiapan awal berupa pengecekan kesiapan peralatan seperti belt *conveyor*, vibrating feeder, crusher, dan *hopper feeder*, serta inspeksi visual untuk memastikan tidak ada material sisa. Operator ruang kontrol melakukan pengecekan sistem SCADA/DCS dan berkoordinasi dengan petugas lapangan sebelum pengisian dimulai. Selanjutnya, belt *conveyor* utama diaktifkan bertahap dari hilir ke hulu, diikuti dengan pengoperasian vibrating feeder untuk mengatur laju aliran batubara, sementara sensor level *hopper* memastikan kapasitas terpantau otomatis. Batubara dari area stok atau dump truck dialirkan melalui *conveyor* ke *hopper feeder* dan ditampung sesuai kapasitas desain, kemudian laju aliran diatur oleh sistem kontrol berdasarkan kebutuhan boiler. Setelah *hopper* penuh, batubara disalurkan melalui *conveyor* ke crusher atau langsung ke coal silo, lalu menuju pulverizer sebelum masuk ke boiler. Selama proses berlangsung, operator memantau level *hopper*, getaran feeder, dan kecepatan *conveyor* melalui panel kontrol, serta menghentikan proses jika terjadi gangguan seperti *overload* atau *bridging* material. Setelah pengisian selesai, sistem *feeder* dimatikan secara bertahap, dilakukan pembersihan sisa material.

### 1.5. Material Existing Hopper Feeder

Baja Karbon 45, atau sering disebut sebagai medium carbon steel AISI 1045, merupakan salah satu material yang umum digunakan dalam konstruksi komponen mekanis termasuk pada *hopper feeder*. Material ini memiliki kandungan karbon sekitar 0,45%, yang memberikan keseimbangan antara kekuatan tarik, kekerasan, dan keuletan. Dalam aplikasi *hopper feeder* di PLTU, Baja Karbon 45 sering digunakan pada bagian struktur utama dan elemen pendukung yang membutuhkan ketahanan terhadap beban mekanis dan getaran berulang. Keunggulan Baja Karbon 45 terletak pada kemampuannya untuk di-*heat treatment*, seperti proses *quenching* dan *tempering*, sehingga dapat meningkatkan kekerasan permukaan dan ketahanan terhadap keausan. Namun, dalam lingkungan abrasi tinggi seperti aliran batubara, Baja Karbon 45 memiliki keterbatasan dalam ketahanan aus jika tidak dilapisi pelindung tambahan seperti *hardfacing* atau liner tahan abrasi. Oleh karena itu, meskipun secara struktural kuat, material ini perlu dipadukan dengan perlakuan permukaan atau penggunaan lapisan tambahan agar umur pakainya lebih optimal dalam sistem *hopper feeder* [5].

Baja Karbon 45 banyak digunakan pada *hopper feeder* karena memiliki kekuatan mekanik baik, mampu menahan beban dinamis, serta mudah difabrikasi dan ditingkatkan sifatnya melalui *heat treatment*. Namun, material ini memiliki kelemahan dalam ketahanan abrasi dan korosi, sehingga cepat aus saat kontak langsung dengan batubara abrasif dan rentan terhadap lingkungan lembap. Keterbatasan ini menyebabkan meningkatnya frekuensi perawatan dan *downtime*. Oleh karena itu, material eksisting perlu di-upgrade ke baja tahan aus atau dilapisi *hardfacing* untuk meningkatkan ketahanan abrasi, korosi, dan umur pakai *hopper*.

## 2. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah AISI 1045 dan *Maxiferi* 460. Sebagaimana komposisi kimianya ditampilkan pada Tabel 1 dan 2.

**Tabel 1.** Komposisi kimia AISI 1045

| No. | Unsur           | Kisaran (%) |
|-----|-----------------|-------------|
| 1   | C (Karbon)      | 0,43 – 0,50 |
| 2   | Mn (Mangan)     | 0,60 – 0,90 |
| 3   | Si (Silikon)    | 0,15 – 0,35 |
| 4   | P (Fosfor,maks) | ≤ 0,040     |
| 5   | S (Sulfur,maks) | ≤ 0,050     |
| 6   | Fe (Besi)       | Balance     |

**Tabel 2.** Komposisi kimia *Maxiferi* 460

| No. | Unsur           | Kisaran (%) |
|-----|-----------------|-------------|
| 1   | C (Karbon)      | 0,20 – 0,25 |
| 2   | Mn (Mangan)     | 1,00 – 1,60 |
| 3   | Si (Silikon)    | 0,20 – 0,50 |
| 4   | Cr (Krom)       | 0,50 – 1,20 |
| 5   | Mo (Molibdenum) | 0,20 – 0,40 |
| 6   | Ni (Nikel)      | 0,20 – 0,80 |
| 7   | Fe (Besi)       | Balance     |

## 3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa pendekatan untuk memperoleh data dan informasi yang diperlukan. Pertama, dilakukan observasi lapangan, yaitu pengamatan langsung terhadap kondisi operasional sistem dan peralatan yang menjadi objek kajian. Observasi mencakup identifikasi proses, alur kerja, karakteristik material, serta kondisi operasional aktual untuk memastikan data yang diperoleh bersifat faktual dan representatif.

Kedua, dilakukan studi literatur dengan menelaah berbagai sumber ilmiah seperti buku teks, jurnal penelitian, standar teknis, serta publikasi akademik yang relevan. Studi literatur ini digunakan sebagai dasar teori untuk memperkuat analisis serta memberikan pemahaman mendalam mengenai konsep teknis dan fenomena yang berkaitan dengan abrasi, karakteristik material, serta sistem penanganan batubara.

Selanjutnya, dilakukan analisis dokumen teknis, meliputi peninjauan terhadap data spesifikasi peralatan, parameter operasional, serta laporan teknis yang dikeluarkan oleh unit terkait. Dokumen tersebut memberikan gambaran objektif mengenai kondisi desain, material penyusun, dan kinerja operasional komponen yang diteliti.

Terakhir, diterapkan analisis komparatif untuk membandingkan sifat mekanik dan karakteristik dua jenis material yang digunakan pada hopper, yaitu baja karbon 45 (AISI 1045) dan *Maxiferi* 460. Analisis ini dilakukan berdasarkan data empiris, hasil pengujian material yang telah tersedia, serta referensi ilmiah mengenai ketahanan abrasi dan karakteristik mekaniknya.

Pendekatan-pendekatan tersebut dipilih untuk menghasilkan evaluasi yang komprehensif, objektif, serta dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

## 4. Hasil dan pembahasan

### 4.1 Analisis tabel

Dari segi kekuatan tarik ( $R_m$ ) dan luluh ( $R_e$ ), *Maxiferi* 460 jauh lebih unggul dibandingkan dengan AISI 1045, baik dalam kondisi *as-rolled* maupun *heat-treated*. Nilai kekerasan

(HB) *Maxiferi* 460 juga hampir dua kali lipat dari AISI 1045 HT, sehingga memberikan ketahanan aus yang lebih tinggi. Namun, keunggulan ini diikuti dengan penurunan keuletan, di mana *Maxiferi* 460 menjadi lebih kuat tetapi lebih getas dibandingkan AISI 1045 *as-rolled*. Sementara itu, rasio  $R_e/R_m$  *Maxiferi* 460 mendekati AISI 1045 HT (0,77 vs 0,75), yang menunjukkan sifat plastisnya masih terkendali dengan baik sehingga material ini cocok untuk menahan beban tanpa mengalami deformasi besar.

Karakteristik mekanis ini membuat *Maxiferi* 460 sangat unggul dalam menahan abrasi berulang dan gesekan langsung tanpa mudah mengalami deformasi plastis atau kerusakan permukaan. Selain itu, baja ini memiliki tingkat ketangguhan (*toughness*) yang tinggi, yang memungkinkan komponen tetap utuh meskipun mengalami benturan berulang akibat jatuhnya batubara dari ketinggian, Sebagaimana perbandingan sifat mekanik AISI 1045 dan *Maxiferi* 460 pada Tabel 3.

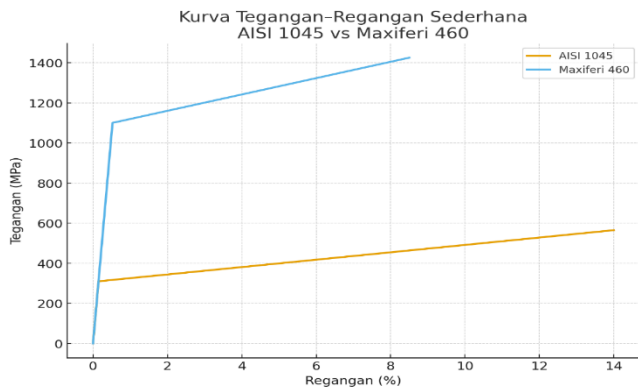
**Tabel 3.** Perbandingan sifat mekanik AISI 1045 (*as-rolled&heat-treated*) dengan *maxiferi* 460

| Parameter                     | AISI 1045<br>( <i>as-rolled</i> ) | AISI 1045<br>(HT) | <i>Maxiferi</i><br>460 |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------|------------------------|
| $R_m$ (Tensile Strength, MPa) | 635                               | 900               | 1425                   |
| $R_e$ (Yield Strength)        | 335                               | 675               | 1100                   |
| HB (Kekerasan Brinell)        | 190                               | 250               | 455                    |
| Elongation)                   | 18                                | -                 | 8,5                    |
| $R_e/R_m$ (Rasio)             | 0,53                              | 0,75              | 0,77                   |

*Maxiferi* menunjukkan performa mekanik yang jauh lebih tinggi dibandingkan AISI 1045. Kekuatan tariknya tercatat sekitar 58% lebih tinggi dari AISI 1045 dalam kondisi *heat-treated*, bahkan hampir tiga kali lipat dari AISI 1045 *as-rolled*. Dari sisi kekerasan, *Maxiferi* memiliki nilai hampir dua kali lebih tinggi dibandingkan AISI 1045 HT, sehingga menawarkan ketahanan aus yang lebih baik. Namun, peningkatan kekuatan ini diikuti dengan penurunan keuletan, di mana *Maxiferi* menjadi sekitar 55% lebih getas dibandingkan AISI 1045 *as-rolled*. Meski demikian, *Maxiferi* memiliki rasio  $R_e/R_m$  yang lebih tinggi, sehingga memberikan keamanan lebih baik terhadap deformasi plastis.

### 4.2 Pengamatan gambar

Kurva tegangan-regangan untuk AISI 1045 dan *Maxiferi* 460, AISI 1045 memiliki *yield* rendah (~310 MPa) tapi regangan putus lebih panjang (~14%), sehingga lebih ulet. *Maxiferi* 460 memiliki *yield* sangat tinggi (~1100 MPa) dan UTS lebih dari 1400 MPa, tapi regangan putus lebih kecil (~8.5%), sehingga lebih kuat tapi lebih getas. Kurva ini memperlihatkan bahwa *Maxiferi* 460 mampu menahan beban lebih tinggi, sedangkan AISI 1045 lebih mampu mengalami deformasi plastis sebelum patah sebagaimana gambar 1 [3].



Gambar 2. Kurva tegangan-regangan AISI 1045 vs Maxiferi 460

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ketahanan material *hopper* terhadap abrasi pada sistem loading batubara ke bunker di PLTU Sebalang, dapat disimpulkan bahwa proses loading batubara merupakan tahapan penting yang melibatkan pengangkutan, penampungan di *hopper*, hingga pengaliran ke bunker sebagai penyimpanan sementara sebelum pembakaran, di mana *hopper* feeder berperan krusial dalam mengatur laju aliran material agar distribusi berjalan lancar. Ketahanan material *hopper* terhadap abrasi menjadi faktor utama karena batubara yang abrasif dapat mempercepat keausan, terutama pada baja karbon biasa seperti AISI 1045, sehingga pemilihan material dengan ketahanan aus tinggi seperti Maxiferi 460 diperlukan untuk memperpanjang umur pakai dan mengurangi *downtime*. Selain itu, parameter material seperti kekerasan, kekasaran permukaan, koefisien gesekan, kekuatan tarik, dan sifat termal sangat memengaruhi kelancaran aliran batubara di dalam *hopper*; material yang keras dan halus akan mencegah penempelan serta penyumbatan, meminimalkan gesekan, dan menjaga kontinuitas aliran. Dengan memahami alur proses, karakteristik abrasi, serta parameter material yang berpengaruh, maka perancangan dan pemilihan material *hopper* dapat dilakukan lebih tepat sasaran untuk mendukung keandalan dan efisiensi sistem loading batubara

#### Daftar pustaka:

- [1]. A. T. Hakim, Z. Arifin, and A. Faidlon, "Studi Sistem Kendali Mesin Coal Feeder di PLTU Tanjung Jati B Jepara," *Majamecha e-Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 219–231, Jun. 2025, Universitas Islam Nadhatul Ulama, Jepara.
- [2]. Fuhong Forge, *Application & Performance of C45 Steel in Modern Industry*, Technical Report, Fuhong Forge Co., Ltd., China, 2024.
- [3]. R. J. Riley, "The magnetically stabilized fluidized bed as a solid/liquid separator," M.S. Thesis, University of Michigan, U.S.A., 1987.
- [4]. H. Abbas, Jamaluddin, and M. Arif, "Analisis Pembangkit Tenaga Listrik dengan Tenaga Uap di PLTU," *ILTEK: Jurnal Teknologi*, vol. 15, no. 2, pp. 103–115, 2020, Universitas Islam Makassar, Makassar, Sulawesi Selatan.
- [5]. M. A. Makhdoom, F. Ahmad, I. A. Channa, A. Inam, F. Riaz, S. H. Siyal, M. A. Shar, and A. Alhazza, "Effect of Multiple Thermal Cycles on the Microstructure and Mechanical Properties of AISI 1045 Weldments," vol. 7, pp. 42313–42319, 2022, Institute of Metallurgy and Materials Engineering, University of the Punjab, Lahore, Pakistan.
- [6]. R. T. Wahyuni and Zulkifli, "Analisis Dampak Penerapan Sistem Proteksi Plugging pada Chute Conveyor berbasis PLC di PLTU Tenayan," *INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*, vol. 24, no. 1, pp. 51–58, 2022, Politeknik Caltex Riau, Riau.
- [7]. T. Janoszek and M. Rotkegel, "Coupled CFD-FEM analysis of the damage causes of the retention bunker: a case study at hard coal mine," *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, p. 14189, Jun. 2024, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65034-z>
- [8]. M. Szala, M. Szafran, J. Matijošius, and K. Drozd, "Abrasive Wear Mechanisms of S235JR, S355J2, C45, AISI 304, and Hardox 500 Steels Tested Using Garnet, Corundum and Carborundum Abrasives," *Advances in Science and Technology – Research Journal*, vol. 17, pp. 147–160, 2023, <https://doi.org/10.12913/22998624/161277>.
- [9]. A. N. Wiczorek, I. Jonczy, K. Filipowicz, M. Kuczaj, A. Pawlikowski, D. Łukowiec, M. Staszuk, and A. Gerle, "Study of the Impact of Coals and Claystones on Wear-Resistant Steels," *Materials*, vol. 16, p. 2136, 2023, <https://doi.org/10.3390/ma16062136>.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY).