DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik

ANALISIS KERUSAKAN, PERBAIKAN, DAN REKOMENDASI MATERIAL BARU UNTUK *SLIDING GATE SAND BLOW OUT* DI MB 23 PT. IKPP PERAWANG

Donitua Panggabean *[1]
Bambang Dwi Haripriadi [2]

[1,2] Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bengkalis
*e-mail: Donipanggabean2003@Gmail.com, bambang@polbeng.ac.id

Abstrak

Sliding Gate Sand Blow Out pada sistem boiler tipe fluidized bed di MB 23 PT. IKPP Perawang mengalami kerusakan berulang akibat paparan suhu tinggi ±800 °C dan tekanan abrasif pasir panas, yang menyebabkan pelengkungan plat (deformasi plastis) serta keausan permukaan. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab kerusakan, mengusulkan metode perbaikan di lapangan, dan melakukan simulasi pemilihan material alternatif menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Metode yang digunakan berupa studi kasus saat Magang Vokasi Dual System, meliputi inspeksi visual, pengukuran ketebalan plat, metode reper (pemanasan dan pelurusan), penggerindaan permukaan, serta pemodelan 3D Sliding Gate untuk simulasi suhu dan tekanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa material eksisting (1023 Carbon Steel) memiliki yield strength terendah (282.7 MPa), tegangan maksimum mendekati batas elastis, dan perpindahan serta strain tinggi, yang mengonfirmasi ketidakcocokannya untuk kondisi operasi ekstrem. Sebagai alternatif, AISI H13 Tool Steel menunjukkan yield strength jauh lebih tinggi (1.400 MPa), perpindahan dan strain terendah, serta koefisien muai panas lebih kecil, menjadikannya lebih stabil pada suhu tinggi. Stainless Steel 310 juga memiliki ketahanan panas dan korosi baik namun deformasi lebih besar. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan AISI H13 direkomendasikan sebagai solusi jangka panjang untuk Sliding Gate Sand Blow Out guna meningkatkan keandalan operasi boiler, mengurangi frekuensi perawatan, serta mendukung efisiensi pemeliharaan industri pulp dan kertas.

Kata Kunci: *Boiler Fluidized Bed, Material Selection, Sliding Gate, Sand Blow Out, SolidWorks Simulation*

Abstract

The Sliding Gate Sand Blow Out system on the fluidized bed boiler at MB 23 PT. IKPP Perawang experiences recurrent damage due to exposure to high temperatures of approximately 800 °C and the abrasive pressure of hot sand, resulting in plate bending (plastic deformation) and surface wear. This study aims to analyze the causes of damage, propose on-site repair methods, and conduct simulation-based material selection using SolidWorks software. The method employed is a case study during the Dual System Vocational Internship Program, comprising visual inspections, plate thickness measurements, the reper method (heating and flattening), surface grinding, and 3D modeling of the Sliding Gate for thermal and mechanical load simulation. Simulation results show that the existing material (1023 Carbon Steel) has the lowest yield strength (282.7 MPa), maximum stress approaching its elastic limit, and high displacement and strain, confirming its unsuitability for extreme operating conditions. Alternatively, AISI H13 Tool Steel demonstrates significantly higher yield strength (1,400 MPa), the lowest displacement and strain, and a lower coefficient of thermal expansion, making it more dimensionally stable at high temperatures. Stainless Steel 310 also offers good heat and corrosion resistance but exhibits greater deformation. Based on these findings, the use of AISI H13 is recommended as a long-term solution for the Sliding Gate Sand Blow Out to enhance boiler operational reliability, reduce maintenance frequency, and support maintenance efficiency in the pulp and paper industry.

Keyword: *Boiler Fluidized Bed, Material Selection, Sliding Gate, Sand Blow Out, SolidWorks Simulation*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri modern menuntut ketersediaan tenaga kerja yang tidak hanya menguasai teori di bangku perkuliahan, tetapi juga memiliki keterampilan praktis yang relevan dan siap menghadapi tantangan nyata di lingkungan kerja. Perguruan tinggi vokasi berperan penting dalam

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik

mempersiapkan lulusan yang kompeten secara teknis dan profesional melalui program pembelajaran yang terintegrasi dengan dunia industri. Salah satu upaya untuk menjembatani kebutuhan tersebut adalah melalui program magang berbasis dual system yang memungkinkan mahasiswa belajar langsung di industri dalam jangka waktu yang lebih panjang.

Politeknik Negeri Bengkalis merespons kebutuhan ini melalui program Magang Vokasi Dual System, yang pada Batch 3 menjalin kerja sama dengan PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk (IKPP) Perawang. Program ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk terlibat langsung dalam kegiatan operasional perusahaan sesuai dengan kompetensi program studi. Mahasiswa tidak hanya mengamati, tetapi juga melakukan pemeliharaan, perbaikan, dan analisis kerusakan peralatan industri, sehingga memperoleh pemahaman mendalam tentang prosedur kerja teknis, standar keselamatan kerja, dan sistem organisasi pemeliharaan di industri berskala besar.

Salah satu masalah nyata yang diidentifikasi selama pelaksanaan magang adalah kerusakan pada komponen *Sliding Gate Sand Blow Out* pada sistem boiler tipe *fluidized bed*. Komponen ini memiliki fungsi penting dalam sistem pembuangan pasir, namun sering mengalami kerusakan akibat paparan suhu tinggi dan tekanan abrasif. Kerusakan berulang pada komponen tersebut berpotensi mengganggu efisiensi operasi boiler dan meningkatkan biaya perawatan. Hal ini menuntut analisis mendalam terkait penyebab kerusakan, metode perbaikan, serta pemilihan material yang lebih tahan terhadap kondisi kerja ekstrem.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab kerusakan komponen *Sliding Gate Sand Blow Out* pada sistem *boiler fluidized bed*, mengusulkan metode perbaikan yang tepat, dan melakukan simulasi pemilihan material alternatif menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan keandalan peralatan, mengurangi frekuensi kerusakan, serta mendukung efektivitas program Magang Vokasi Dual System sebagai media pembelajaran berbasis masalah nyata di dunia industri.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan melalui program Magang Vokasi Dual System di PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk (IKPP) Perawang, khususnya pada unit Power Boiler 3 (PB3) bagian *Mechanical Maintenance Power Plant* (MMP) Divisi Korektif. Kegiatan dilaksanakan dengan pendekatan studi kasus, yang berfokus pada analisis kerusakan, perbaikan, dan pengusulan material baru untuk komponen *Sliding Gate Sand Blow Out* pada sistem *boiler fluidized bed*. Penelitian ini bersifat terapan dengan tujuan menghasilkan rekomendasi yang dapat diimplementasikan langsung dalam kegiatan pemeliharaan industri.

Pelaksanaan penelitian diawali dengan tahap identifikasi masalah di lapangan melalui kegiatan pemeliharaan rutin di Divisi Korektif. Penulis terlibat langsung dalam proses inspeksi visual, pencatatan gejala kerusakan, pengecekan histori perbaikan, serta pengumpulan data kondisi operasional komponen. Analisis penyebab kerusakan dilakukan dengan mendiskusikan hasil temuan bersama teknisi senior dan supervisor, untuk menentukan sumber kerusakan dominan seperti overheating, korosi, abrasi, maupun kegagalan sambungan mekanis.

Proses perbaikan komponen dilakukan sesuai standar operasi dan prosedur keselamatan kerja industri. Tahapan perbaikan meliputi pembongkaran komponen, pemeriksaan dimensi dan kondisi fisik, pengelasan dengan mesin las SMAW, pemotongan atau penyesuaian bentuk menggunakan gerinda dan gas mixer (blender), serta perakitan ulang dengan memastikan kualitas sambungan mekanis yang presisi. Apabila komponen tidak memungkinkan untuk diperbaiki karena melewati batas toleransi kerusakan, dilakukan penggantian dengan suku cadang sesuai spesifikasi teknis yang direkomendasikan. Seluruh aktivitas dilaksanakan dengan menerapkan prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD), prosedur Lock Out Tag Out (LOTO), dan koordinasi antar divisi terkait.

Untuk mendukung analisis lebih lanjut dan menyusun rekomendasi perbaikan jangka panjang, dilakukan simulasi desain menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Perangkat lunak ini

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik

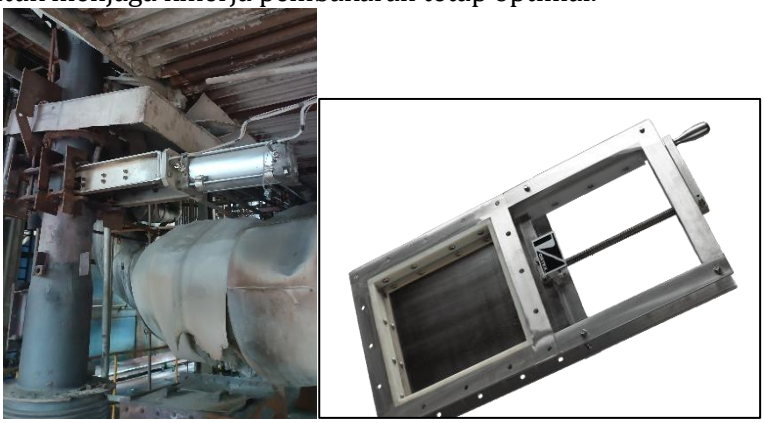
digunakan untuk membuat model tiga dimensi komponen, menganalisis tegangan dan distribusi temperatur, serta mengevaluasi alternatif material yang lebih tahan terhadap kondisi kerja ekstrem. Selain itu, perangkat lunak Microsoft Excel dan Microsoft Word digunakan untuk mendokumentasikan hasil inspeksi, mencatat data suhu, tekanan, ketebalan pipa, serta menyusun laporan yang sistematis.

Penelitian ini juga memperhatikan berbagai kendala yang dihadapi selama pelaksanaan di lapangan, seperti keterbatasan waktu shutdown untuk perbaikan, koordinasi dengan divisi lain, kondisi lingkungan kerja yang ekstrem, serta risiko keselamatan kerja yang tinggi. Dengan memahami kendala-kendala tersebut, metode yang diterapkan dalam penelitian diupayakan tetap realistis, aplikatif, dan sesuai dengan prosedur operasional yang berlaku di industri. Hasil dari kegiatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan keandalan operasi boiler dengan mengurangi frekuensi kerusakan, serta menjadi acuan untuk perbaikan berkelanjutan melalui pemilihan material yang lebih sesuai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Sistem *Sand Blow Out* dan *Sliding Gate*

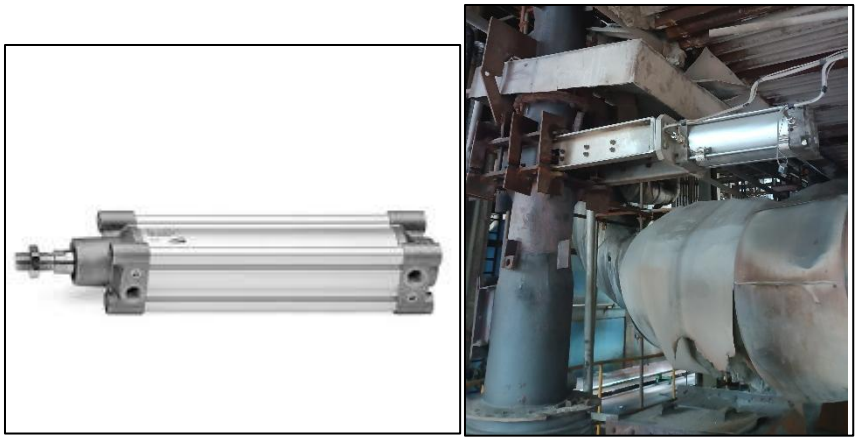
Sand Blow Out merupakan salah satu sistem penting pada boiler tipe *fluidized bed* yang berfungsi untuk mengeluarkan pasir panas yang sudah tidak layak digunakan lagi dalam proses pembakaran. Pada *fluidized bed boiler*, pasir digunakan sebagai media pendukung pembakaran untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas. Seiring waktu, pasir mengalami degradasi akibat pemanasan berulang, pencampuran dengan abu, dan reaksi kimia lain sehingga kualitasnya menurun. Oleh karena itu, pembuangan pasir yang sudah tidak efektif melalui sistem *Sand Blow Out* menjadi penting untuk menjaga kinerja pembakaran tetap optimal.



Gambar 1. *Sand blow out* A MB. 23 dan *Sliding Gate*

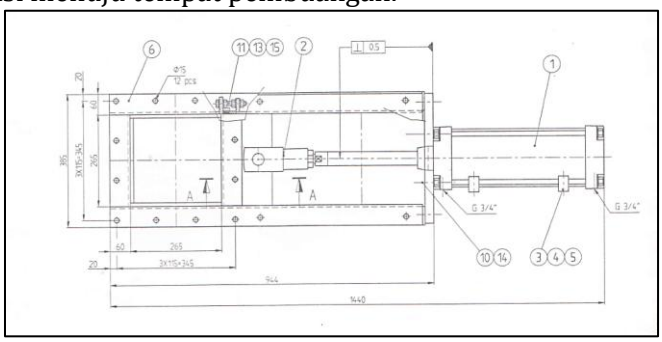
Struktur utama sistem Sand Blow Out terdiri dari beberapa komponen penting. Komponen utama adalah *Sliding Gate***,** yaitu katup geser yang mengatur buka-tutup aliran pasir panas dari dalam boiler ke saluran pembuangan. *Sliding Gate* digerakkan oleh *Pneumatic Actuator*, yang menerima sinyal perintah untuk membuka atau menutup katup secara otomatis. Selain itu, terdapat **Pipa Transportasi** yang menghubungkan hopper atau penampung pasir dengan lokasi pembuangan akhir atau sistem pengangkutan abu, memastikan aliran material panas berjalan aman dan terkontrol.

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik



Gambar 2. *Pneumatic Actuator* dan *Pipa Transportasi*

Proses kerja *Sliding Gate Sand Blow Out* diawali ketika sensor level mendeteksi bahwa ketinggian pasir panas di dalam furnace sudah melebihi batas optimal. Sensor ini mengirimkan sinyal ke sistem kendali seperti PLC (*Programmable Logic Controller*) atau operator panel. Setelah diproses, sistem memberikan perintah ke pneumatic actuator untuk membuka Sliding Gate. Ketika pintu geser terbuka, pasir panas mengalir keluar secara gravitasi atau dengan bantuan tekanan pneumatik melalui pipa transportasi menuju tempat pembuangan.



Gambar 3. *Sliding Gate*

Setelah level pasir kembali normal, sensor mendeteksi kondisi tersebut dan memerintahkan actuator untuk menutup Sliding Gate. Sistem ini dilengkapi limit switch untuk memastikan posisi katup benar-benar terbuka atau tertutup sesuai perintah. Keseluruhan proses berjalan otomatis, mendukung operasi boiler yang efisien dan aman dengan mengurangi risiko penumpukan material yang tidak efektif.

2. Penyebab Kerusakan *Sliding Gate* dan Metode Perbaikannya

Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa *Sliding Gate Sand Blow Out* pada MB 23 mengalami permasalahan serius yang memengaruhi performa operasionalnya. Saat dilakukan pengoperasian rutin, gerakan buka-tutup Sliding Gate terdeteksi terasa berat dan tidak mulus, disertai suara bising yang berasal dari gesekan internal pada area katup. Kondisi ini menandakan adanya gangguan mekanis yang menghambat kinerja aktuator pneumatik dan mengurangi kecepatan respons sistem.

Setelah dilakukan pembongkaran untuk pemeriksaan lebih lanjut, ditemukan bahwa *plate Sliding Gate* mengalami pelengkungan signifikan ke arah bawah. Pelengkungan ini disebabkan oleh tekanan statis pasir panas yang terus-menerus menekan permukaan plat, dikombinasikan dengan efek suhu operasi tinggi yang mencapai sekitar 800 °C. Siklus pemanasan berulang membuat material mengalami pemuaian termal yang melebihi batas elastisnya, sehingga material kehilangan bentuk semula dan tidak mampu kembali ke kondisi lurus saat mendingin.

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik

Gambar 4. Penyebab utama Kerusakan *Sliding Gate*

Selain pelengkungan, permukaan plate juga menunjukkan tingkat keausan yang tinggi dan kondisi kasar akibat abrasi yang terus-menerus oleh pasir panas dan debu hasil pembakaran. Gesekan konstan dengan partikel abrasif pada suhu tinggi mempercepat degradasi permukaan material, membentuk alur dan retakan mikro yang semakin melemahkan struktur plat. Kerusakan kombinasi berupa pelengkungan dan keausan abrasif ini menghasilkan efek kebocoran signifikan saat Sliding Gate berada dalam posisi tertutup. Celah-celah akibat distorsi bentuk mencegah penutupan rapat, memungkinkan pasir panas lolos dari sistem pembuangan dengan tidak terkendali. Kebocoran ini bukan hanya mengganggu kinerja sistem blow out, tetapi juga meningkatkan risiko keselamatan kerja dan potensi kerusakan pada komponen downstream lainnya.

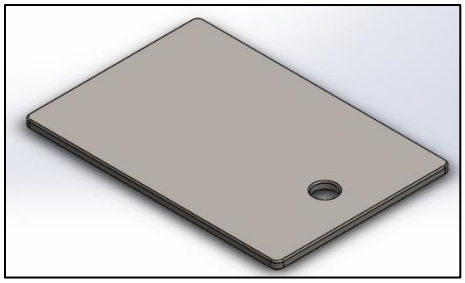
Langkah pertama dalam perbaikan adalah melakukan inspeksi ketebalan plat Sliding Gate untuk memastikan apakah komponen masih berada dalam batas toleransi penggunaan. Hasil pengukuran menunjukkan ketebalan awal plat sebesar 12 mm telah berkurang menjadi sekitar 11.85 mm akibat proses abrasi dan keausan termal yang terjadi secara berulang. Nilai tersebut dinilai masih dalam batas aman untuk digunakan kembali setelah dilakukan perbaikan bentuk dan permukaan. Untuk mengatasi masalah pelengkungan pada plate, metode reper diterapkan sebagai solusi praktis di lapangan. Teknik reper dilakukan dengan memanaskan area plat menggunakan gas mixer (blender) untuk melepaskan tegangan sisa akibat deformasi termal. Setelah mencapai suhu yang cukup, plat dipukul perlahan menggunakan palu untuk meluruskan kembali bentuknya mendekati kondisi semula. Proses ini menuntut ketelitian tinggi agar hasil pelurusan seragam dan tidak menimbulkan retak atau kerusakan tambahan pada material.

Selain pelurusan bentuk, perbaikan juga dilakukan pada permukaan plat yang mengalami keausan dan menjadi kasar akibat gesekan pasir panas. Penggerindaan diterapkan untuk menghaluskan permukaan, menghilangkan alur-alur abrasif, dan memastikan kontak rapat saat Sliding Gate ditutup. Proses penggerindaan ini penting untuk mengurangi potensi kebocoran pasir panas selama operasi, sehingga meningkatkan kembali efektivitas fungsi sealing Sliding Gate. Meskipun metode perbaikan ini dapat memulihkan fungsi Sliding Gate untuk sementara, sifat perbaikan bersifat sementara karena tidak menghilangkan masalah utama berupa kelelahan material akibat siklus termal berulang. Oleh karena itu, perbaikan lapangan ini lebih diarahkan sebagai tindakan mitigasi jangka pendek sembari mempersiapkan strategi penggantian material yang lebih tahan panas dan abrasi untuk jangka panjang.

3. Analisis dan Simulasi Material Eksisting

Untuk memahami penyebab utama kerusakan Sliding Gate pada sistem Sand Blow Out, dilakukan analisis berbasis simulasi menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Analisis ini bertujuan mengevaluasi kemampuan material eksisting, yaitu 1023 Carbon Steel Sheet, dalam menghadapi kondisi kerja suhu tinggi dan tekanan abrasif di dalam boiler tipe fluidized bed. Simulasi numerik memberikan gambaran mendetail mengenai distribusi tegangan, deformasi, dan potensi kegagalan plastis akibat siklus termal berulang yang menjadi penyebab utama kerusakan.

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik



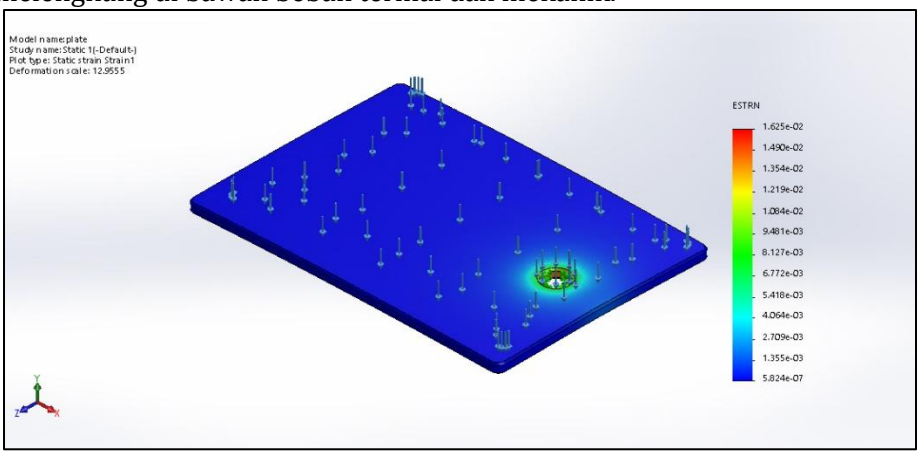
Gambar 5. 1023 *Carbon Steel Sheet*

Pemodelan 3D *Sliding Gate* dibuat berdasarkan dimensi aktual dan karakteristik geometri penting untuk mendekati kondisi lapangan. Proses setup simulasi pada SolidWorks Simulation melibatkan studi termal untuk menganalisis distribusi suhu pada plat katup yang terpapar suhu operasi sekitar 800 °C, serta studi statik untuk menghitung respons material terhadap tekanan mekanik dari akumulasi pasir panas. Parameter simulasi mencakup yield strength material, efek termal, tekanan permukaan, serta mesh detail yang memungkinkan analisis presisi pada area kritis.

Tabel 1. ***Setup1023 carbon steel sheet***

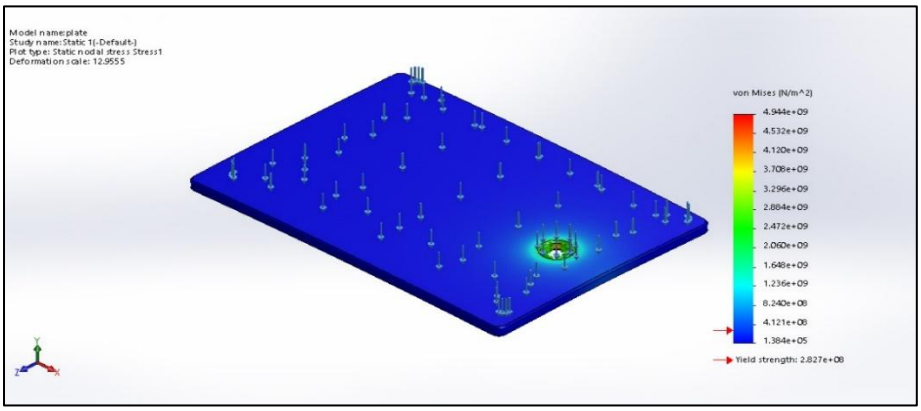
No.	Parameter	Keterangan
1	Jenis Simulasi	*Static* (dengan pengaruh termal)
2	Material	1023 *Carbon Steel Sheet*
3	*Yield Strength*	282.7 MPa
4	Tekanan	981 N/m^2
5	Efek Suhu	Diaktifkan (*Thermal Study*)
6	*Mesh*	*Solid Mesh*
7	Jumlah Elemen	268.506 elemen
8	Jumlah *Node*	406.150 *node*
9	Ukuran Elemen	3 mm

Hasil simulasi pada material 1023 Carbon Steel menunjukkan tegangan maksimum (von Mises) sebesar 4.944 MPa, dengan perpindahan maksimum mencapai 3.288 mm dan strain maksimum 1.625%. Tegangan yang mendekati yield strength 282.7 MPa mengindikasikan bahwa material bekerja sangat dekat dengan batas elastisnya, meningkatkan risiko deformasi plastis permanen. Visualisasi distribusi tegangan dan perpindahan menunjukkan konsentrasi tegangan di area tertentu yang rentan melengkung di bawah beban termal dan mekanik.

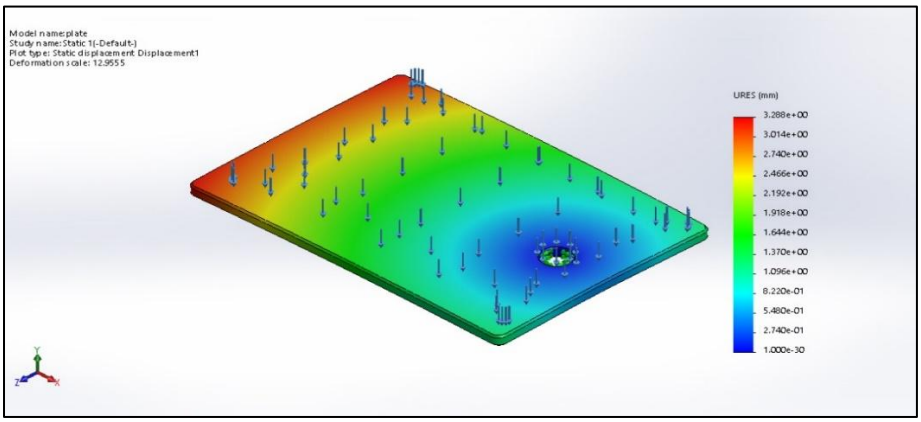


Gambar 6. *Static strain strain 1023 Carbon Steel Sheet*
Sumber: Aplikasi *Solidword* 2019

Vol. 2, No. 4 Juli 2025, Hal. 170-183
DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik



Gambar 7. *Static nodal stress 1023 Carbon Steel Sheet*
Sumber: Aplikasi *Solidword* 2019



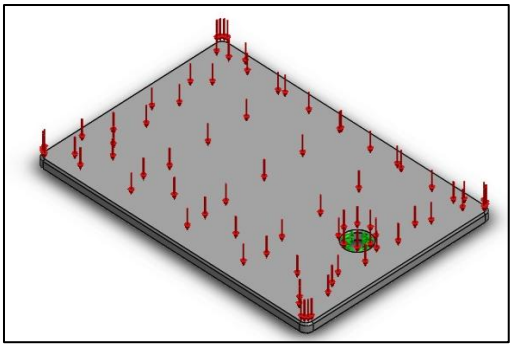
Gambar 8. *Static displament 1023 Carbon Steel Sheet*
Sumber: Aplikasi *Solidword* 2019

Analisis ini mengonfirmasi hasil observasi lapangan yang menemukan plate Sliding Gate mengalami pelengkungan ke arah bawah serta keausan abrasif pada permukaan akibat paparan pasir panas. Deformasi plastis yang terjadi pada suhu tinggi membuat bentuk plat tidak dapat pulih saat pendinginan, sehingga menimbulkan kebocoran saat katup menutup. Berdasarkan hasil simulasi, 1023 Carbon Steel dinilai kurang optimal untuk aplikasi dengan kondisi kerja bersuhu tinggi dan tekanan abrasif yang intens. Material ini hanya layak digunakan sebagai solusi sementara dengan risiko perbaikan berulang dan waktu operasi yang lebih singkat.

4. Simulasi dan Evaluasi Material Alternatif

Setelah simulasi pada material eksisting menunjukkan performa yang kurang optimal, dilakukan analisis lanjutan untuk mengevaluasi dua material alternatif yang memiliki potensi lebih baik dalam menghadapi suhu tinggi dan tekanan abrasif. Kandidat material yang dipilih adalah **Stainless Steel 310** dan **AISI H13 Tool Steel**, yang keduanya dikenal memiliki ketahanan termal dan sifat mekanik unggul berdasarkan literatur teknis dan diskusi dengan praktisi industri. Analisis ini dilakukan menggunakan SolidWorks Simulation dengan setup identik untuk memastikan perbandingan yang adil dan objektif.

Vol. 2, No. 4 Juli 2025, Hal. 170-183
DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik

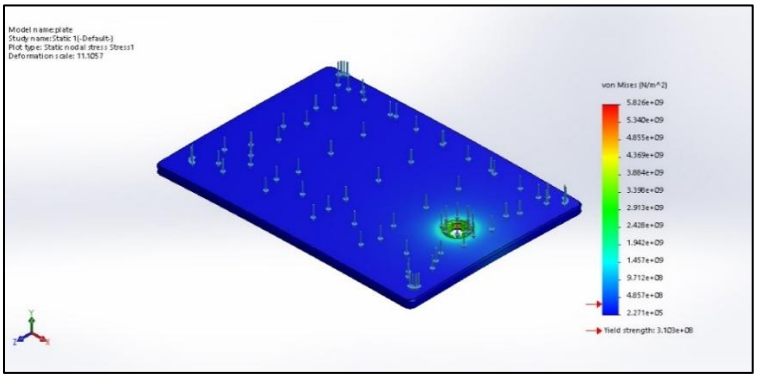


Gambar 9. *Material Stainless Steel 310*
Sumber: Aplikasi *Solidword* 2019

Untuk **Stainless Steel 310**, simulasi menunjukkan yield strength sebesar 310.3 MPa dengan tegangan maksimum (von Mises) mencapai 5.826 MPa. Perpindahan maksimum tercatat 3.833 mm dan strain maksimum 1.891%. Hasil ini menunjukkan bahwa Stainless Steel 310 memiliki ketahanan panas dan korosi yang baik, namun tetap mengalami deformasi elastis yang lebih besar dibandingkan material lain. Sifat ini membuatnya cocok untuk aplikasi bersuhu tinggi yang juga memerlukan ketahanan terhadap korosi, meskipun perlu memperhatikan toleransi deformasi pada desain mekanik.

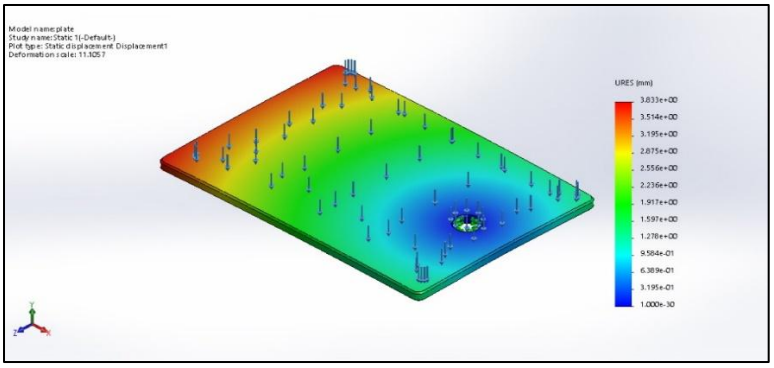
Tabel 2. Setup AISI H13

No	Parameter	Nilai
1	Jenis Simulasi	*Static* (dengan pengaruh termal)
2	Material	*AISI H*13 *Tool Steel*
3	*Yield Strength*	1.400 MPa (1.4 GPa)
4	Tekanan	981 N/m^2
5	Efek Suhu	Diaktifkan (*Thermal Study*)
6	*Mesh*	*Solid Mesh*
7	Jumlah Elemen	268.506
8	Jumlah Node	406.150
9	Ukuran Elemen	3 mm

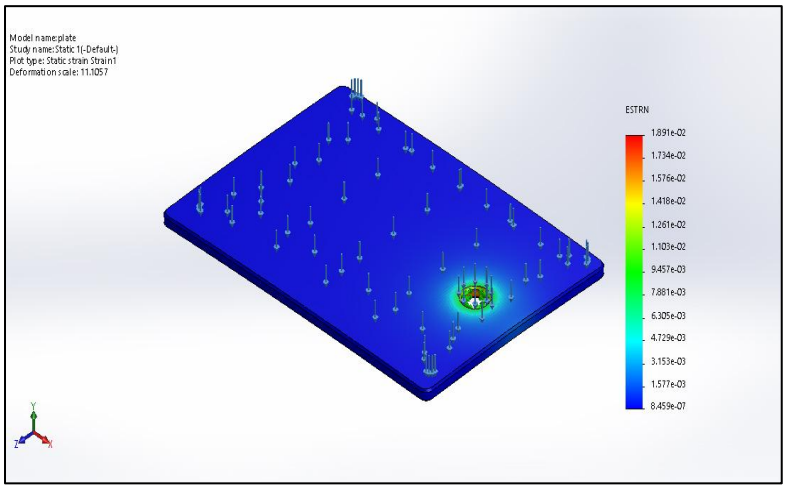


Gambar 10. *Static strain Stainless Steel 310*
Sumber: Aplikasi *Solidword* 2019

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik



Gambar 11.*Static nodal stress Stainless Steel 310*
Sumber: Aplikasi *Solidword* 2019



Gambar 11. *Static displament Stainless Steel 310*
Sumber: Aplikasi *Solidword* 2019

Untuk **AISI H13 Tool Steel**, simulasi menunjukkan performa mekanik yang jauh lebih unggul. Dengan yield strength mencapai 1.400 MPa, tegangan maksimum tercatat 4.642 MPa, perpindahan maksimum hanya 3.015 mm, dan strain maksimum 1.490%. Material ini menunjukkan deformasi paling kecil dalam kondisi suhu tinggi dan tekanan abrasif, menjadikannya sangat stabil pada siklus termal berulang. AISI H13 dirancang untuk aplikasi industri berat yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap panas dan beban mekanik, sehingga sangat sesuai untuk kondisi kerja Sliding Gate Sand Blow Out yang ekstrem.

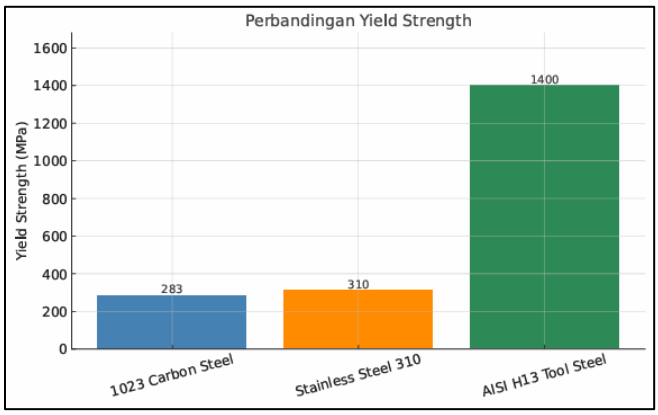
Tabel 3. Hasil Simulasi Perbandingan Material *Sliding Gate*

No	Parameter	1023 *Carbon Steel*	*Stainless Steel* 310	*AISI H13 Tool Steel*
1	*Yield Strength* (MPa)	282.7	310.3	1400
2	Tegangan Maksimum (*von Mises)* (MPa)	4.944	5.826	4.642
3	Perpindahan Maksimum (mm)	3.288	3.833	3.015
4	Strain Maksimum (%)	1.625	1.891	1.490
5	Koefisien Muai Panas (/K)	1.2×10^{-5}	1.4×10^{-5}	1.1×10^{-5}
6	Densitas (kg/m^3)	7,858	8,027.17	7,800
7	Ketahanan Termal	Rendah	Tinggi	Sangat Tinggi
8	Biaya	Murah	Sedang	Tinggi

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik

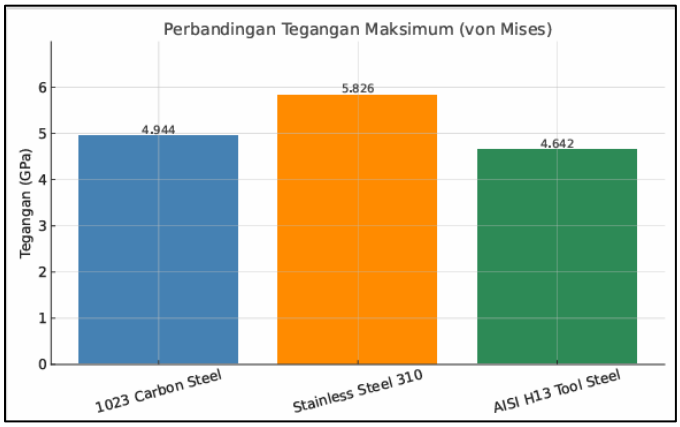
9	Keterangan Umum	Gagal total (plastik)	Stabil, layak pakai	Sangat kuat dan stabil

Tabel di atas memperlihatkan bahwa 1023 Carbon Steel memiliki tegangan dan deformasi mendekati batas yield dengan strain tinggi, menunjukkan kegagalan plastis yang mudah terjadi. Stainless Steel 310 memiliki ketahanan suhu tinggi dan sifat anti-korosi yang baik, meskipun deformasinya lebih besar. Sementara itu, AISI H13 Tool Steel menampilkan kombinasi optimal dari yield strength tinggi, deformasi minimum, dan koefisien muai panas rendah, yang membuatnya sangat stabil pada kondisi kerja suhu tinggi.



Gambar 12.. *Grafik Yield Strength (MPa)*
Sumber : Dokumen Pribadi

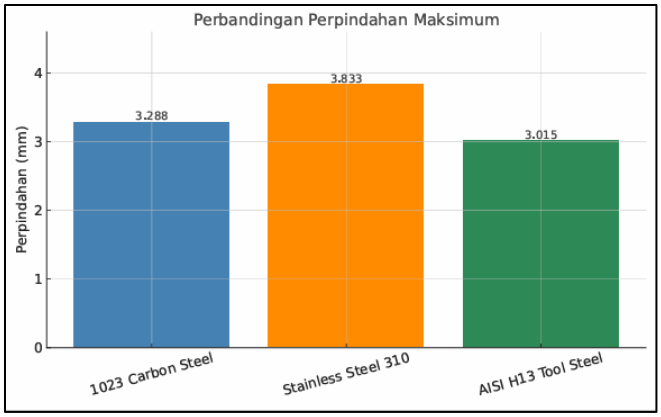
Grafik di atas menunjukkan perbandingan yield strength ketiga material yang disimulasikan. 1023 *Carbon Steel* memiliki yield strength terendah yaitu 282.7 MPa, yang membuatnya rentan mengalami deformasi plastis pada suhu tinggi. Stainless Steel 310 memiliki *yield strength* menengah sebesar 310.3 MPa, sedangkan AISI H13 Tool Steel memiliki nilai tertinggi yaitu 1400 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa AISI H13 mampu menahan beban mekanik jauh lebih besar tanpa mengalami deformasi permanen, sehingga lebih unggul untuk aplikasi bersuhu tinggi dan bertekanan abrasif seperti Sliding Gate Sand Blow Out.



Gambar 13. *Grafik Tegangan Maksimum (von Mises) (GPa)*
Sumber : Dokumen Pribadi

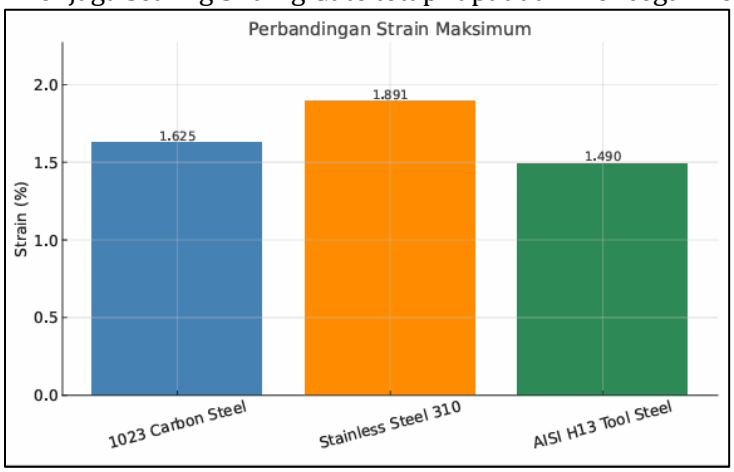
Gambar di atas membandingkan tegangan maksimum (von Mises) pada ketiga material hasil simulasi SolidWorks. Tegangan maksimum yang muncul pada Stainless Steel 310 tercatat sebesar 5.826 MPa, lebih tinggi daripada 1023 Carbon Steel (4.944 MPa) dan AISI H13 (4.642 MPa). Meskipun perbedaan nilai ini relatif kecil, penting dicatat bahwa material dengan yield strength lebih tinggi akan memiliki margin keamanan lebih besar terhadap kegagalan plastis. Hal ini mendukung pilihan AISI H13 sebagai material yang lebih tahan pada kondisi kerja berat.

Vol. 2, No. 4 Juli 2025, Hal. 170-183
DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik



Gambar 14. *Grafik Strain Maksimum*
Sumber : Dokumen Pribadi

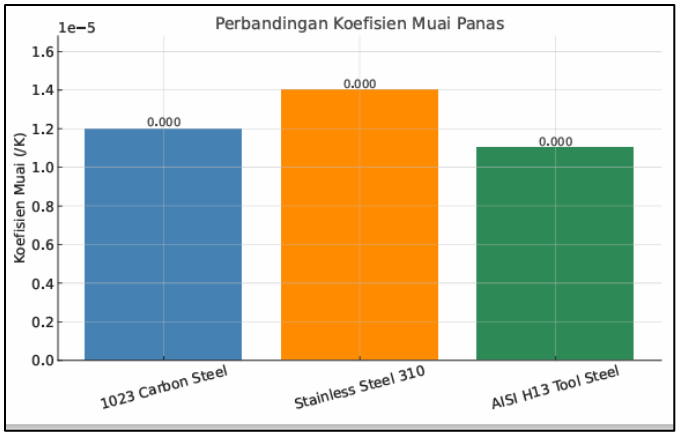
Merujuk sajian grafik di atas menunjukkan hasil perpindahan maksimum pada simulasi beban kombinasi suhu tinggi dan tekanan. 1023 Carbon Steel menunjukkan perpindahan maksimum 3.288 mm, Stainless Steel 310 lebih besar pada 3.833 mm, sedangkan AISI H13 hanya 3.015 mm. Nilai perpindahan yang lebih kecil pada AISI H13 mengindikasikan stabilitas bentuk yang lebih baik, yang sangat penting untuk menjaga sealing Sliding Gate tetap rapat dan mencegah kebocoran pasir panas.



Gambar 15. *Grafik Strain Maksimum (%)*
Sumber : Dokumen Pribadi

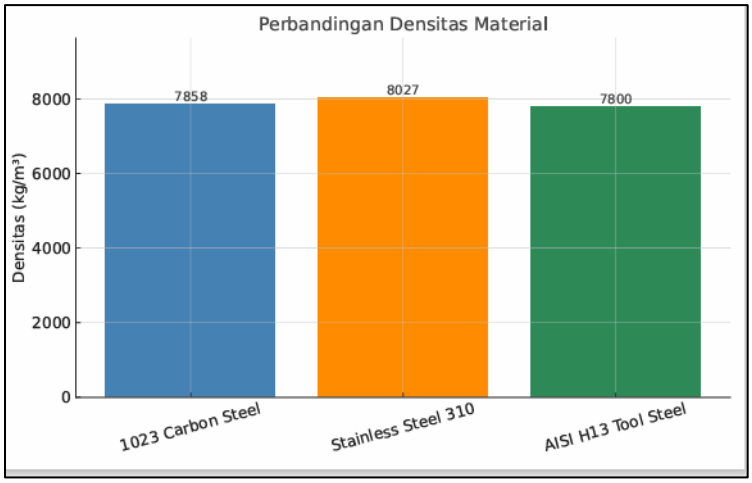
Grafik di atas membandingkan strain maksimum ketiga material. 1023 Carbon Steel memiliki strain maksimum 1.625%, Stainless Steel 310 mencapai 1.891%, sedangkan AISI H13 hanya 1.490%. Nilai strain yang lebih kecil pada AISI H13 menunjukkan deformasi elastis yang lebih terbatas, sehingga mengurangi risiko bentuk plat melengkung secara permanen setelah siklus pemanasan dan pendinginan berulang di boiler.

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik



Gambar 16. *Grafik Koefisien Muai Panas (/K)*
Sumber : Dokumen Pribadi

Berikutnya membandingkan koefisien muai panas ketiga material. AISI H13 memiliki koefisien muai panas terendah yaitu 1.1×10^{-5}/K, lebih rendah dibandingkan Stainless Steel 310 (1.6×10^{-5}/K) dan 1023 Carbon Steel (1.4×10^{-5}/K). Koefisien muai panas yang lebih rendah berarti AISI H13 mengalami pemuaian lebih sedikit pada suhu tinggi, sehingga lebih stabil dalam menjaga bentuk dan mencegah celah pada sambungan katup.



Gambar 17. *Grafik Densitas (kg/m^3)*
Sumber : Dokumen Pribadi

Grafik di atas menunjukkan perbandingan densitas ketiga material. 1023 Carbon Steel memiliki densitas 7.85 g/cm^3, Stainless Steel 310 sedikit lebih tinggi pada 7.90 g/cm^3, sementara AISI H13 memiliki densitas 7.80 g/cm^3. Perbedaan densitas ini relatif kecil dan kurang signifikan dalam penentuan performa Sliding Gate, namun tetap perlu dipertimbangkan untuk estimasi bobot komponen dan biaya produksi. Hasil perbandingan pada grafik-grafik tersebut menegaskan bahwa AISI H13 Tool Steel menawarkan kombinasi paling unggul dalam hal kekuatan mekanik, deformasi minimum, dan stabilitas termal. Stainless Steel 310 juga menunjukkan performa yang baik dengan keunggulan ketahanan korosi, namun mengalami deformasi lebih besar. Sementara itu, 1023 Carbon Steel yang saat ini digunakan terbukti memiliki batas mekanik dan termal yang kurang memadai untuk operasi jangka panjang di area Sliding Gate Sand Blow Out.

5. Rekomendasi Material untuk Sliding Gate

Berdasarkan hasil analisis observasi lapangan, perbaikan di lapangan, serta simulasi berbasis SolidWorks terhadap ketiga material yang dibandingkan, disimpulkan bahwa **AISI H13 Tool Steel**

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik

merupakan material yang paling direkomendasikan untuk aplikasi Sliding Gate Sand Blow Out pada MB 23 PT. IKPP Perawang. AISI H13 menunjukkan kombinasi sifat mekanik dan termal yang sangat baik, dengan yield strength tinggi sebesar 1.400 MPa, perpindahan dan strain maksimum terendah, serta koefisien muai panas paling kecil. Karakteristik ini memastikan deformasi yang minimal pada siklus pemanasan dan pendinginan berulang, sehingga mampu mempertahankan bentuk dan sealing plat secara konsisten di bawah kondisi operasi bersuhu tinggi dan abrasif.

Selain AISI H13, **Stainless Steel 310** juga dinilai layak dipertimbangkan sebagai alternatif material dengan biaya lebih ekonomis. Stainless Steel 310 memiliki ketahanan suhu tinggi yang baik dan sifat anti-korosi yang unggul, meskipun menunjukkan nilai deformasi yang lebih besar pada simulasi. Pilihan ini dapat menjadi opsi kompromi untuk pengendalian biaya investasi tanpa mengabaikan peningkatan kinerja dibandingkan 1023 Carbon Steel.

Sementara itu, material **1023 Carbon Steel** yang saat ini digunakan terbukti tidak memadai untuk aplikasi Sliding Gate Sand Blow Out. Analisis simulasi menunjukkan tegangan dan deformasi mendekati batas yield strength, yang menjelaskan kecenderungan kerusakan berupa pelengkungan dan kebocoran pada kondisi operasi sebenarnya. Dengan risiko perbaikan berulang, downtime yang lebih sering, dan potensi penurunan keselamatan kerja, penggunaan 1023 Carbon Steel sebaiknya dihentikan untuk aplikasi bersuhu tinggi dan abrasif.

Rekomendasi implementasi pergantian material ke AISI H13 atau Stainless Steel 310 diharapkan dapat menurunkan frekuensi kerusakan, memperpanjang umur pakai komponen, serta meningkatkan efisiensi dan keandalan operasi boiler di unit Power Boiler 3. Pemilihan material yang lebih tepat menjadi langkah strategis untuk mendukung keberhasilan program perawatan prediktif dan pengendalian biaya pemeliharaan jangka panjang di lingkungan industri pulp dan kertas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis kerusakan, metode perbaikan di lapangan, serta simulasi pemilihan material menggunakan SolidWorks pada komponen Sliding Gate Sand Blow Out di MB 23 PT. IKPP Perawang, dapat disimpulkan bahwa kerusakan utama disebabkan oleh kombinasi tekanan mekanik pasir panas dan pengaruh suhu tinggi sekitar 800 °C. Hal ini memicu deformasi plastis berupa pelengkungan plat serta keausan abrasif pada permukaan material. Material eksisting yaitu 1023 Carbon Steel terbukti tidak mampu bertahan optimal dalam kondisi operasi ekstrem tersebut meskipun masih dapat digunakan untuk jangka pendek dengan risiko perawatan lebih sering. Perbaikan sementara di lapangan melalui metode reper dan penggerindaan hanya bersifat korektif jangka pendek tanpa menyelesaikan akar masalah terkait keterbatasan sifat mekanik material.

Hasil simulasi SolidWorks menunjukkan bahwa AISI H13 Tool Steel menawarkan performa terbaik dengan tegangan maksimum rendah, perpindahan minimum, dan yield strength tinggi yang menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi suhu tinggi dan tekanan abrasif berulang. Stainless Steel 310 juga menunjukkan ketahanan baik terhadap suhu dan korosi, meskipun mengalami deformasi lebih besar sehingga kurang stabil dalam jangka panjang. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, penggantian material Sliding Gate dari 1023 Carbon Steel ke AISI H13 Tool Steel sangat disarankan untuk memperpanjang umur pakai komponen, mengurangi frekuensi perawatan, serta meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasi boiler secara keseluruhan.

Sebagai saran, implementasi penggunaan AISI H13 Tool Steel diusulkan sebagai solusi jangka panjang untuk Sliding Gate Sand Blow Out guna menghadapi kondisi kerja bersuhu tinggi dan abrasif dengan lebih andal. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan uji eksperimental langsung di lapangan guna memvalidasi hasil simulasi, serta mengembangkan studi mengenai pengaruh pelapisan permukaan atau perlakuan panas (heat treatment) terhadap performa material dalam upaya lebih lanjut meningkatkan keandalan komponen.

DOI: https://doi.org/10.62017/tektonik

DAFTAR REFERENSI

Budinski, K. G., & Budinski, M. K. (2010). *Engineering Materials: Properties and* (*9th ed.). Pearson Education.*

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (10th ed.). Wiley.

Dassault Systèmes. (2022). *SolidWorks Simulation: User Guide*. Retrieved from https://www.solidworks.com

PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk. (2024). Dokumen Teknik Divisi Mekanik *Maintenance Power Plant*. Perawang.

AZoM. (2012). *H13 Tool Steel - Chromium Hot-Work Steels*. *Retrieved from https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=9107AZoM+1Hudson Tool Steel+1*

Hot Tool Steel. (n.d.). *H13 Technical Data*. *Retrieved from https://www.hudsontoolsteel.com/technical-data/steelh3Carpenter Technology+2Hudson Tool Steel+2AZoM+2*

Interlloy. (n.d.). *H13 Tool Steel (X40CrMoV5-1)*. *Retrieved from https://www.interlloy.com.au/our-products/tool-steel/h13-tool-steel-x40crmov5-1/interlloy.com.au*