

ANALISIS PENAMBAHAN ROLLER BEARING PADA FRAME DRIVE PLATE CROSSBAR COOLER DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Didik Isdarmadi¹, Margianto², Ismi Choirotin, S.T., M.T., M.Sc.³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik.

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang.

Jl.M.T Haryono 193 Dinoyo – Lowokwaru – Malang.

21921052121@unisma.ac.id

Abstrak

Clinker Cooler adalah salah satu peralatan yang memiliki fungsi sangat penting dalam industri semen. *Cooler* berfungsi sebagai pendingin material yang keluar dari kiln (terak) sehingga fungsinya sangat penting dan critical untuk kelangsungan produksi terak di Pabrik Tuban Semen Indonesia. Keahlian *clinker cooler* sangat diperlukan karena apabila dalam operasinya *cooler* ini mengalami gangguan sedikit saja, maka konsekuensinya dapat berupa kiln harus stop atau dapat mengganggu operasi lainnya seperti mengganggu operasi pada daerah *finish mill*. *Clinker cooler* yang digunakan pada plant Tuban II merupakan peralatan yang memiliki teknologi terbaru. *Cooler* ini baru beroperasi selama kurang lebih enam bulan dan merupakan hasil modifikasi dari *cooler* generasi sebelumnya. Permasalahan dalam *clinker cooler* selama beroperasi adalah ditemukan berbagai macam masalah yang terjadi salah satunya *Drive Plate* yang bending. Tujuan analisa ini adalah untuk menganalisa *drive plate cooler* terhadap pembebanan yang diterima sehingga bisa menentukan jenis bantalan yang tepat pada *roller plate*.

Kata kunci : *clinker cooler, kiln, finish mill, drive plate, roller plate, bending.*

PENDAHULUAN

Di Indonesia produsen semen terbesar dipegang oleh PT Semen Indonesia. PT Semen Indonesia juga menjadi produsen semen terbesar di Asia Tenggara dengan kapasitas terpasangnya sebesar 30 ton/tahun. Pada akhir tahun 2013 PT Semen Indonesia berhasil melakukan pembangunan pabrik Tuban IV dan Tonasa V dan mengakuisisi perusahaan semen Vietnam Thang Long Cement Company.

Secara garis besar proses pembuatan semen pada unit Tuban 1 dimulai dari pengambilan bahan baku, pembuatan klinker, penggilingan semen dan diakhiri dengan packing semen. *Clinker cooler* menjadi alat yang digunakan dalam proses produksi semen dikarenakan banyaknya equipment yang digunakan. (Ibrahim, 2004).

Clinker cooler atau mesin pendingin terak digunakan sebagai pendingin terak (*clinker*) yang keluar dari mesin pemanas (*kiln*). Proses pendinginan terak ini dimulai dari keluarnya *clinker* dari mesin pemanas (*kiln*) kemudian dikirim menuju mesin penggiling (*hammer crusher*) melalui papan silang (*crossbar*) yang digerakkan oleh batang berjalan (*driver plate*) yang terletak berjajar diatas *cooler*. Pada komponen *driver plate* sangat dibutuhkan komponen yang bersifat keras dan memiliki ketangguhan yang tinggi. Hal ini dikarenakan kondisi terak (*clinker*) yang memiliki

temperature tinggi akibat proses pemanasan kiln.

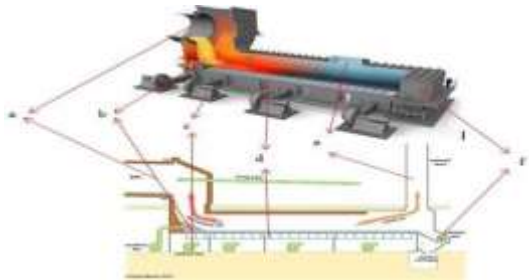
Driver Plate pada *clinker cooler* sempat mengalami perubahan bentuk (*deformation*) pada Januari 2017. Deformasi yang terjadi pada komponen *driver plate* dikarenakan adanya beban yang terlalu besar dan bekerja secara terus menerus. Hal ini mengakibatkan henti jalan pada equipment *clinker cooler* karena lepasnya komponen lain. *Driver plate* memiliki tandar kapasitas material yaitu hardox 500 atau hardox 600.

Pengertian Clinker Cooler

Proses pemanasan terak (*clinker*) pada mesin pemanas (*rotary kiln*) dengan temperatur $\pm 1800^{\circ}\text{C}$ kemudian diturunkan dari temperatur $\pm 1450^{\circ}\text{C}$ sampai *clinker* dengan temperature $\pm 100\div 250^{\circ}\text{C}$ yang selanjutnya akan dihancurkan oleh mesin penggiling (*hammer crusher*).

Proses pendinginan *clinker cooler* dimulai dengan mengalirkan udara dari fan, yang kemudian disalurkan pada papan silang (*crossbar*). Setelah disalurkan pada *crossbar* kemudian digerakkan menuju ke *hammer crusher*. Untuk menjalankan proses pendinginan tersebut dibutuhkan alat yang disebut *grate cooler*. *Grate cooler* digunakan untuk melakukan proses pendinginan *clinker* yang dimulai dari mengalirkan udara dari fan yang kemudian disalurkan pada celah-celah landasan (*grate*).

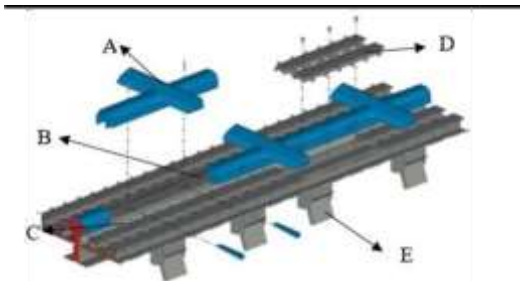
Landasan *grate* ini kemudian bergerak untuk mengantarkan *clinker* menuju ke *grinder* untuk melakukan proses selanjutnya. (Anwar, 2011)



Gambar 1. Komponen utama Clinker Cooler
(Sumber: FLSmidth, 2014)

Pada desain *clinker cooler* memiliki kapasitas 7800 ton/hari, akan tetapi luas permukaan efektifnya 160.6 m². Pada *clinker cooler* memiliki 3 section yaitu *inlet*, *exisiting*, dan *extended*. (Firdaus, 2007)

Proses pendinginan *clinker* adalah proses yang sangat penting dalam produksi semen, hal ini dikarenakan ketika proses pendinginan *clinker* yang telah melewati proses pemanasan dalam *rotary kiln* menjadi faktor penting dalam menghasilkan *clinker* yang berkualitas sesuai dengan harapan. (Silika ratio: 2.44, Alumina ratio: 1.54, Lime saturation: 96.2). (Anwar, 2011)



Gambar 2. Komponen Cooler (Sumber: FLSmidth Komponen, 2014)

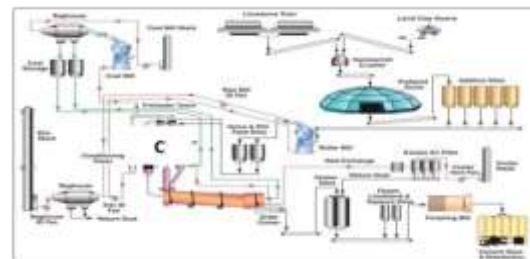
Dipaparkan pada gambar 2.2 bahwa komponen *cooler* dibagi menjadi tiga bagian antara lain: 1) *Cooling chamber* digunakan sebagai tempat proses pendinginan *clinker*. 2) *Cooler drive* digunakan sebagai alat transportasi *clinker* menuju ke *cooler hammer* sebelum di proses menjadi bahan bakum pembuat semen. *Cooler drive* ini terdiri dari *drive plate* dan *actuator*. 3) *Cooler hammer*.

Grate Cooler

Proses pendinginan dimulai dari *clinker* yang telah dipanaskan oleh *rotary kiln* dengan ketentuan temperature $\pm 1800^{\circ}\text{C}$ kemudian suhu

diturunkan dari $\pm 1450^{\circ}\text{C}$ hingga *clinker* menjadi $\pm 90^{\circ}\text{C}$ yang kemudian akan pecah oleh *grinder*. Alat yang digunakan dalam proses pendinginan adalah *grate cooler*. Proses pendinginan dengan *grate cooler* dimulai dengan mengalirkannya udara dari fan, kemudian disalurkan melalui celah-celah landasan (*grate*). Landasan *grate* ini kemudian bergerak untuk mengantarkan *clinker* menuju ke *grinder* untuk melakukan proses selanjutnya.

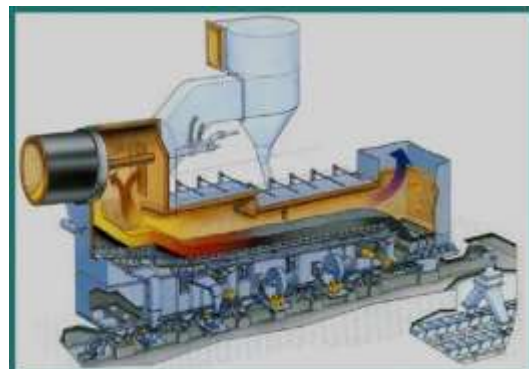
Proses yang terjadi selanjutnya adalah udara pendingin dimasukkan ke dalam ruang bakar (*kiln*) yang digunakan untuk udara sekunder sebagai pemanasan awal pada proses pembakaran. Selain proses tersebut juga dialirkan pada *calciner*, *coal mills*, dan *dryers*. Setelah itu, udara yang lainnya akan dilepaskan ke atmosfer sebagai hasil pendinginan. (Anwar, 2011)



Gambar 3. Skema umum Grate Cooler
(Sumber: FLSmidth Komponen, 2014)

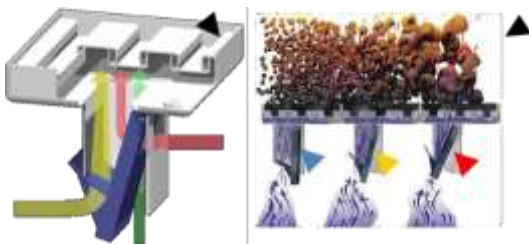
Komponen Clinker Cooler

Plant 2 pabrik PT Semen Indonesia menggunakan *clinker cooler* jenis *cross bar type* buatan FL Smidth. Cooler ini adalah keluaran terbaru yang telah menggunakan teknologi canggih pendinginan material *clinker*. Cooler ini telah digunakan selama kurang lebih 6 (enam) bulan oleh PT Semen Indonesia yang mana merupakan alat baru yang telah di modifikasi dari *cooler lama* (tipe *grate plate*).



Gambar 4. Clinker Cooler

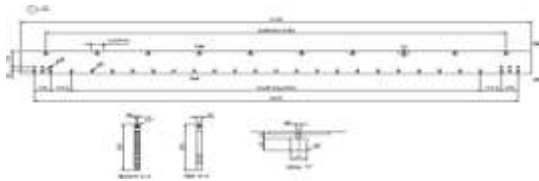
Proses pendinginan material pada cooler dengan tipe ini terjadi akibat perpindahan panas pada material yang melalui cross bar dan ADP (Air Distribution Plate). Udara dalirkan melalui kompartemen untuk kemudian didistribusikan melalui ADP sebagai media pendinginan. Selain itu, pada bagian bawah dari ADP terdapat MFR (Mechanical Flow Regulator) yang berfungsi untuk memberikan efek distribusi kecepatan udara yang masuk ke dalam ADP agar memiliki nilai yang sama. Perpindahan panas yang terjadi diharapkan maksimal dengan adanya MFR sehingga proses pendinginan (quenching) terhadap clinker dapat berjalan dengan baik.



Gambar 5. Mechanical Flow Regulator.

2.3.3. Drive Plate

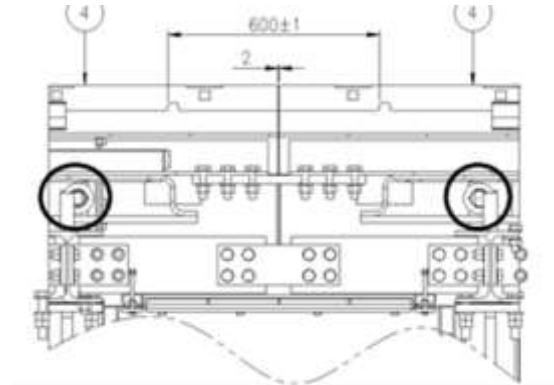
Drive plate merupakan suatu pelat baja dengan ketebalan tertentu yang berfugsi penggerak cooler. Drive plate akan digerakkan oleh actuator yang selanjutnya akan diteruskan oleh drive plate ke cross bar. Drive plate terhubung dengan kaset dan dijepit oleh C profile untuk mencegah material pada bagian atas turun ke bawah (kompartemen).



Gambar 6. Drive Plate

2.3.4. Roller

Roller digunakan sebagai tumpuan dari drive plate pada saat bergerak maju ataupun mundur. Roller terhubung dengan kaset melalui beam yang ada. Kekuatan pada bantalan harus dipertimbangkan sesuai dengan berat beban yang diterima oleh roller akibat massa material dan drive plate. Jenis bearing yang digunakan pada roller di cooler ini adalah FAG NUTR 4090.



Gambar 7. Roller

Tegangan

Tegangan memiliki definisi sebagai besaran pengukuran gaya yang timbul karena persatuan luas. Tegangan memiliki dua macam antara lain *engineering stress* dan *true stress*. Dalam praktiknya, gaya biasanya diberikan dalam satuan *pound* atau *newton* dengan luas yang menahannya dalam *inch²* atau *mm²*. Biasanya tegangan dilambangkan dalam *pound/inch²* yang disingkat *psi* atau *newton/mm²* (MPa).

Tegangan dihasilkan dari gaya yang bekerja dan dalam praktiknya tegangan memiliki dua definisi yaitu:

- Tegangan satuan merupakan tegangan yang dihasilkan dari gaya per satuan luas atau intensitas tegangan.
- Tegangan total merupakan gaya yang dihasilkan dalam total suatu batang tunggal. Ketika benda menerima beban sebesar P kg, maka benda akan bertambah panjang sebesar ΔL mm. Saat itu pada material bekerja tegangan yang dapat dihitung dengan rumus (*engineering stress*):

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Keterangan:

σ = tegangan (pascal, N/m²)

F = beban yang diberikan (Newton, dyne)

A_0 = luas penampang mula - mula (mm²)

Sedangkan *true stress* adalah tegangan hasil pengukuran intensitas gaya reaksi yang dibagi dengan luas permukaan sebenarnya (*actual*). True stress dapat dihitung dengan:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = True stress (MPa)

F = Gaya (N)

A = Luas permukaan sebenarnya (mm²)

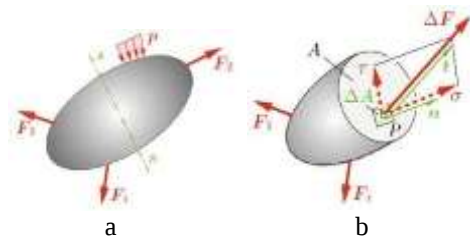
Tegangan normal dianggap positif jika menimbulkan suatu tarikan (*tensile*) dan

dianggap negative jika menimbulkan penekanan (compression).

Salah satu yang menjadi masalah utama dalam lingkup mekanika bahan adalah penyelidikan terhadap tahanan dalam dari suatu benda untuk mengetahui gaya yang ada di dalam benda yang mengimbangi gaya yang ada di luar benda. Perlunya menentukan intensitas dari gaya-gaya ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bahan tersebut. Intensitas gay aini biasanya diuraikan menjadi sejajar dengan irisan yang dibuat dan tegak lurus. Gambar 2.10 menjelaskan terjadinya penguraian intensitas gaya pada luas kecil yang tak terhingga. Tegangan normal (*normal stress*) pada suatu titik adalah

intensitas gaya tegak lurus dengan irisan.

Tegangan geser (*shearing stress*) merupakan komponen lain dari intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang luas elementer.



Gambar 8. Metode irisan sebuah benda

Secara matematis komponen dari tegangan normal dan tegangan geser didefinisikan sebagai:

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{AF}{\Delta A}$$

$$\tau = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

Keterangan:

σ = tegangan normal ($\frac{N}{m^2}$)

τ = tegangan geser ($\frac{N}{m^2}$)

ΔA = luas (m^2)

F = gaya tegak lurus terhadap potongan ($kg \cdot \frac{m}{s^2}$ atau N)

ΔV = gaya sejajar terhadap potongan ($kg \cdot \frac{m}{s^2}$ atau N)

Regangan (Strain)

Dalam istilah regangan merupakan suatu perubahan Panjang dari material yang dibagi Panjang awal akibat gaya Tarik maupun gaya tekan pada material. Sifat elastis memiliki Batasan antara perbandingan regangan dengan tegangan akan linier dan berakhir pada titik mulur. Hubungan tegangan dan regangan tidak lagi linier pada saat material mencapai batasan

antara lain: *engineering strain* dan *true strain*. *Engineering strain* merupakan regangan yang dihitung berdasarkan dimensi benda aslinya (panjang awal) untuk mengetahui besarnya regangan yang terjadi adalah dengan membagi perpanjangan dengan panjang semula.

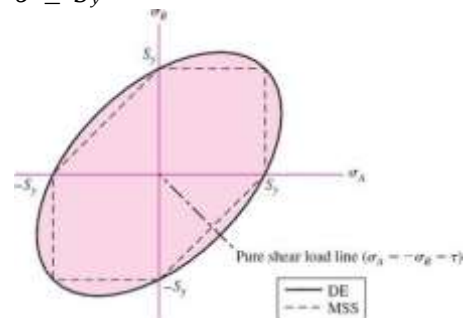
Tegangan Von Mises

Berdasarkan teori ini perkiraan kegagalan mengalah dalam tegangan geser yang lebih besar dari yang telah diperkirakan oleh tegangan geser maksimal. Secara analisis yang pernah dilakukan perancangan akan lebih mudah apabila menggunakan tegangan Von Mises yaitu: (Persamaan yang berkaitan dengan suatu tegangan dalam tiga sumbu) adalah:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2}{2}}$$

Hal ini akan terjadi kegagalan jika:

$$\sigma' \geq S_y$$



Gambar 9. Perbandingan teori tegangan geser maksimum dengan distorsi energy

Dari berbagai percobaan yang telah ada, teori energi distorsi (Von Mises) telah memperkirakan kegagalan dengan ketelitian

tertinggi pada semua kuadran.

fase sifat plastis. Regangan memiliki dua macam

Metoda Elemen Hingga

Pengertian Metode Elemen Hingga merupakan suatu metode numeris yang menyelesaikan masalah Teknik dari fisika matematis. Masalah tersebut diantaranya adalah *heat transfer*, Analisa struktur, elektromagnetik, aliran fluida, dan perpindahan massa. Untuk permasalahan kompleks dari pembebanan, geometri, dan sifat material, pada umumnya sulit untuk menyelesaikan dengan cara matematis.

Penyelesaian matematis merupakan penyelesaian yang menggunakan persamaan matematis untuk menghasilkan informasi/penyelesaian dari nilai yang tidak diketahui di setiap lokasi dibagian struktur/objek. Penyelesaian Metode Elemen Hingga menghasilkan persamaan dari masalah yang

dianalisa dalam sistem persamaan serentak yang harus diselesaikan.

Penyelesaian ini memberikan hasil/penyelesaian pendekatan dari nilai yang tidak diketahui pada titik tertentu dalam sistem yang kontinyu. Sistem yang kontinyu adalah istilah dari kondisi struktur/objek yang sebenarnya.

Pemodelan Sistem

Diskritisasi (discretization) adalah proses pemodelan dari struktur/ objek dengan membaginya dalam elemen-elemen kecil (finite elemen atau elemen hingga) yang terhubung oleh titik-titik (nodes) yang digunakan oleh elemen-elemen tersebut dan sebagai batas dari struktur/objek. Dalam metode elemen hingga persamaan dari seluruh sistem dibentuk dari penggabungan persamaan elemen-elemennya. Untuk masalah struktur, penyelesaian yang didapat adalah deformasi (displacement) pada setiap titik (nodes) yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan besaran regangan (strain) dan tegangan (stress). Untuk masalah bukan struktur:

- Heat transfer: temperatur akibat flux temperatur.
- Fluid flow: tekanan fluida akibat flux fluida.

Metode elemen hingga (finite element method) telah berkembang selama 35 tahun bersamaan dengan perkembangan teknologi komputer.

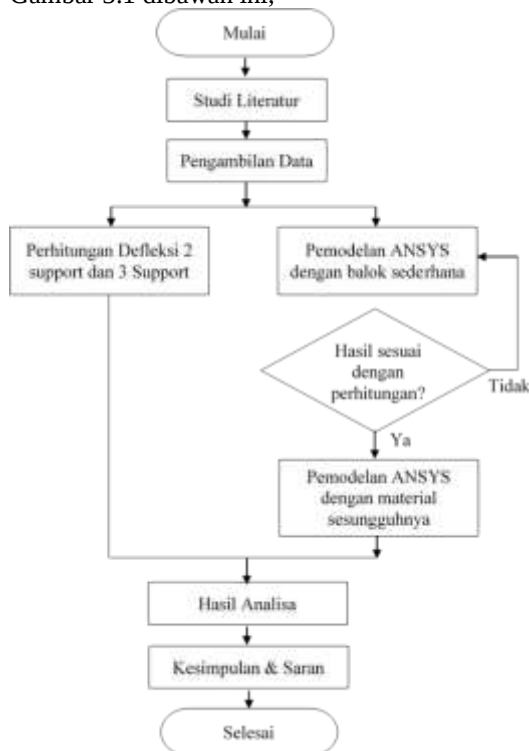
Penyelesaian dari metode elemen hingga (MEH) umumnya menggunakan metode matriks. Penyelesaian MEH memerlukan perhitungan yang sangat banyak dan berulang-ulang dari persamaan yang sama, sehingga diperlukan sarana komputer dan bahasa pemrogramannya. Matriks kekakuan elemen dinyatakan dalam [k] dan matriks kekakuan global sistem struktur dinyatakan dalam [K]. Persamaan dari kesetimbangan sistem struktur dinyatakan dalam: $F = K d$. Keuntungan dari metode elemen hingga:

- Memodelkan bentuk yang kompleks.
- Menyelesaikan kondisi pembebanan umum.
- Memodelkan objek/struktur dengan jenis material yang banyak (karena persamaan pada tingkat elemen).
- Memodelkan banyak macam syarat batas.
- Dengan mudah menggunakan bermacam ukuran elemen dalam meshing/diskritisasi.
- Menyelesaikan model dengan mudah dan murah.

- Dapat memodelkan efek dimanis.
- Menyelesaikan kelakuan tidak linier dari geometri dan material.

Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan beberapa pengujian seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.1 dibawah ini,



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan dalam penelitian kali ini antara lain studi lapangan, pengujian dan studi literature. Adapun hal-hal yang mencakup penelitian antara lain:

1. Studi lapangan
Metode ini mengacu pada pencarian informasi tentang komponen yang akan diteliti beserta informasi tentang kegagalan yang terjadi pada komponennya dengancara terjun langsung ke lapangan yaitu PT. Semen Indonesia, dan berdiskusi dengan dosen mata kuliah, dosen pembimbing, dan pihak PT. Semen Indonesia yang ahli dibidangnya.
2. Studi Literatur
Metode studi literatur mengacu pada buku-buku, jurnal- jurnal penelitian, dan situs industri yang mempelajari tentang permasalahan analisa kegagalan pada driver plate.
3. Pemodelan

Metode ini dilakukan dengan membuat modeling drive plate. Pada bagian ini drive plate akan disimulasikan dengan menggunakan software Ansys. Adapun pemodelan akan dibagi 2 modeling yaitu drive plate dengan 2 tumpuan bearing dan drive plate dengan 3 tumpuan bearing.

Material Dan Geometri

Material yang akan di input pada software Ansys adalah material dengan jenis HARDOX 500. Dimana akan dimasukan data dari material HARDOX 500 dengan properties pada tabel berikut:

Tabel 3. 1 Sifat Mekanik ASTM A709 (ASTM A709, 1999)

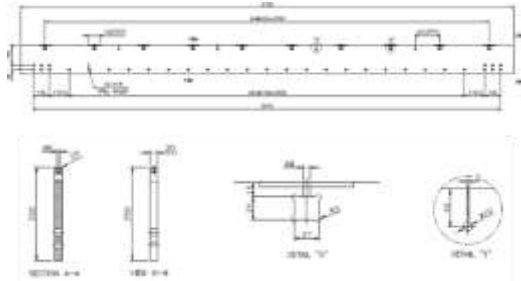
Sifat	Metric (MPa)	Imperial (psi)
Ultimate tensile strength	450	65400
Yield tensile strength	345	50000
Modulus of elasticity	20.5×10^3	29700

Selain sifat mekanik yang dimiliki oleh material ASTM A709 ini, terdapat sifat fisiknya yang perlu juga untuk diketahui. Pada Tabel 3.2 dijelaskan tentang macam-macam sifat fisik dari material ASTM A709 ini.

Tabel 3. 2 Sifat fisik ASTM A709 (ASTM A709, 1999)

Sifat	Metric	Imperial
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³

Untuk geometri yang akan dimasukan dalam software Ansys mengacu pada gambar di bawah ini



Pembebanan Driving Plate

Beban yang diterima oleh drive plate pada setiap bagian (kompartemen) di cooler adalah sama besarnya. Kondisi pembebanan yang diterima merupakan beban ideal (hanya berasal dari berat material *clinker* dan *cross bar* saja).

Untuk pembebanan yang dialami cooler, diambil data pada saat *kiln* dalam kondisi operasi normal. Berdasarkan data produksi pada Desember 2014, rata-rata produksi mencapai 8364 ton per hari. Data bulan ini diambil karena merepresentasikan kondisi operasi normal *kiln* selama 1 bulan. Jika dianggap pembebanan pada tiap kompartemen di cooler adalah sama, maka perhitungan beban di drive plate menjadi:

$$m_{\text{material}} = \frac{\text{Cap. produksi clinker} \cdot L_{\text{total cooler}}}{\text{Panjang stroke cooler per jam}}$$

$$m_{\text{material}} = \frac{\text{Cap. produksi clinker} \cdot L_{\text{total cooler}}}{\text{Panjang stroke cooler per jam}}$$

$$\text{massa material} = \frac{348 \text{ T/h} \cdot 39.6}{153.9 \text{ m/h}}$$

$$\text{massa material} = 1,12 \text{ Ton} = 1120 \text{ Kg}$$

Maka:

Berat pembebanan drive plate

$$= (1120/8) + (5 \times 48 \text{ kg}) + 80 \text{ kg} = 460 \text{ Kg}$$

Gaya Reaksi Drive Plate dengan 2 tumpuan roller

Diketahui bahwa massa yang diterima oleh drive plate adalah 460 Kg. Maka, gaya yang diterima untuk beban terdistribusi merata adalah :

$$L = 4195 \text{ mm} = 4,195 \text{ m}$$

$$m = 460 \text{ Kg}$$

$$a = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = m \cdot a$$

$$F = 460 \cdot 9,8$$

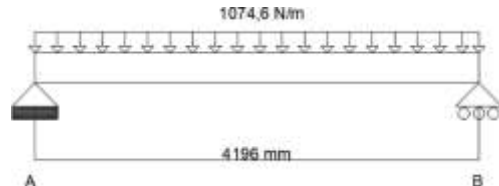
$$F = 4508 \text{ N}$$

$$F$$

$$q = \frac{F}{L}$$

$$q = \frac{4508}{4,195}$$

$$q = 1074,6 \text{ N/m}$$



Pembebanan Drive

Plate dengan 2 Tumpuan

Maka :

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_{AV} \cdot L - (q \cdot L) \cdot \frac{1}{2} \cdot L = 0$$

$$R_{AV} \cdot 4,195 - (1074,6 \cdot 4,195) \cdot \frac{1}{2} \cdot 4,195 = 0$$

$$R_{AV} \cdot 4,195 - 4507,9 \cdot 2,0975 = 0$$

$$R_{AV} \cdot 4,195 - 9455,4 = 0$$

$$R_{AV} \cdot 4,195 = 9455,4$$

$$R_{AV} = \frac{9455,4}{4,195}$$

$$R_{AV} = 2253,98 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_{BV} \cdot L + (q \cdot L) \cdot \frac{1}{2} \cdot L = 0$$

$$-R_{BV} \cdot 4,195 + (1074,6 \cdot 4,195) \cdot \frac{1}{2} \cdot 4,195 = 0$$

$$-R_{BV} \cdot 4,195 + 4507,9 \cdot 2,0975 = 0$$

$$-R_{BV} \cdot 4,195 + 9455,4 = 0$$

$$-R_{BV} \cdot 4,195 = -9455,4$$

$$R_{BV} = \frac{9455,4}{4,195}$$

$$R_{BV} = 2253,98 \text{ N}$$

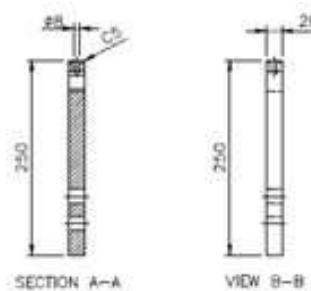
Defleksi Drive Plate

Untuk mengetahui defleksi maksimum pada drive plate, maka digunakan rumus sebagai berikut

$$\delta_{\max} = \frac{5 q L^4}{384 E I}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} q &= 1074,6 \text{ N/m} = 1,0746 \text{ N/mm} \\ L &= 4,195 \text{ m} = 4195 \text{ mm} \\ E &= 20,5 \cdot 10^4 \text{ Mpa} = 20,5 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



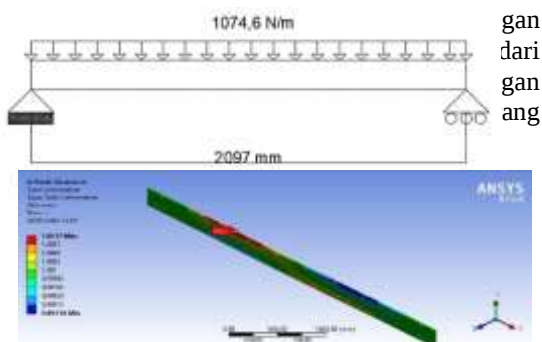
Gambar Cross Section Drive Plate

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \cdot B \cdot H^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 250^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 5000 \\ &= 20.041.667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &= \frac{5 w L^4}{384 E I} \\ \delta_{\max} &= \frac{5 \cdot 1,0746 \cdot 4195^4}{384 \cdot 205000 \cdot 20041667} \\ \delta_{\max} &= 0,81 \text{ mm} \end{aligned}$$

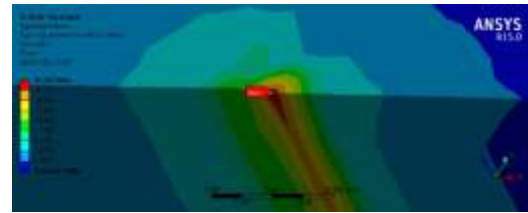
Analisa Statik Drive Plate



Gambar 11. Total Deformasi Drive Plate dengan 2 Support

Total deformasi yang dialami drive plate sebesar 1 mm yang terletak pada bagian tengah drive

sebesar 25,56 MPa terletak pada tumpuan drive plate.



Gambar 12. Tegangan Von Misses pada bagian cekungan

Gaya Reaksi Drive Plate dengan 2 tumpuan roller

Diketahui bahwa massa yang diterima oleh drive plate adalah 460 Kg. Maka, gaya yang diterima untuk beban terdistribusi merata adalah:

$$\begin{aligned} L &= 4195 \text{ mm} = 4,195 \text{ m} \\ m &= 460 \text{ Kg} \\ a &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ F &= m \cdot a \\ F &= 460 \cdot 9,8 \\ F &= 4508 \text{ N} \\ q &= \frac{F}{L} \\ q &= \frac{4508}{4,195} \\ q &= 1074,6 \text{ N/m} \end{aligned}$$

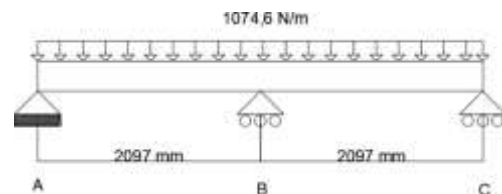


plate. Tegangan Von Misses yang dialami

Pembebanan Drive Plate dengan 3 Tumpuan

Maka :

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_{AV} \cdot L - (q \cdot L) \cdot \frac{1}{2} \cdot L = 0$$

$$R_{AV} \cdot 2,0975 - (1074,6 \cdot 2,0975) \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,0975 = 0$$

$$R_{AV} \cdot 2,0975 - 2253,97 \cdot 1,049 = 0$$

$$R_{AV} \cdot 2,0975 - 2364,4 = 0$$

$$R_{AV} \cdot 2,0975 = 2364,4$$

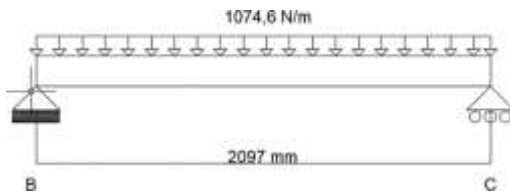
$$R_{AV} = \frac{2364,4}{2,0975}$$

$$R_{AV} = \mathbf{1127,25 \text{ N}}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_{BV} \cdot L - (q \cdot L) \cdot \frac{1}{2} \cdot L = 0$$

$$\begin{aligned}
 R_{BV} \cdot 2,0975 - (1074,6 \cdot 2,0975) \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,0975 &= 0 \\
 R_{BV} \cdot 2,0975 - 2253,97 \cdot 1,049 &= 0 \\
 R_{BV} \cdot 2,0975 - 2364,4 &= 0 \\
 R_{BV} \cdot 2,0975 &= 2364,4 \\
 R_{BV} &= \frac{2364,4}{2,0975} \\
 R_{BV} &= 1127,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$



Maka :

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_B &= 0 \\
 R_{CV} \cdot L - (q \cdot L) \cdot \frac{1}{2} \cdot L &= 0 \\
 R_{CV} \cdot 2,0975 - (1074,6 \cdot 2,0975) \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,0975 &= 0 \\
 R_{CV} \cdot 2,0975 - 2253,97 \cdot 1,049 &= 0 \\
 R_{CV} \cdot 2,0975 - 2364,4 &= 0 \\
 R_{CV} \cdot 2,0975 &= 2364,4 \\
 R_{CV} &= \frac{2364,4}{2,0975} \\
 R_{CV} &= 1127,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Defleksi Drive Plate

Untuk mengetahui defleksi maksimum pada drive plate, maka digunakan rumus sebagai berikut

$$\delta_{\max} = \frac{5 q L^4}{384 E I}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 q &= 1074,6 \text{ N/m} = 1,0746 \text{ N/mm} \\
 L_{AB} &= 2,0975 \text{ m} = 2097,5 \text{ mm} \\
 L_{BC} &= 2,0975 \text{ m} = 2097,5 \text{ mm} \\
 E &= 20,5 \cdot 10^4 \text{ Mpa} = 20,5 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2 \\
 I &= \frac{1}{12} \cdot B \cdot H^3 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 250^3 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 5000 \\
 &= 20.041.667 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

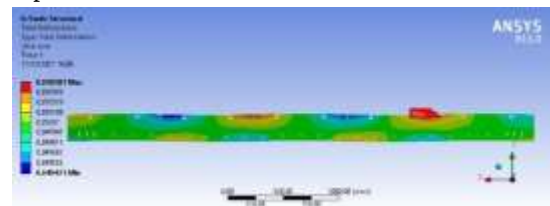
Maka :

$$\delta_{\max AB} = \frac{5 w L^4}{384 E I}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{\max AB} &= \frac{5 \cdot 1,0746 \cdot 2097,5^4}{384 \cdot 205000 \cdot 20041667} \\
 \delta_{\max AB} &= 0,05 \text{ mm} \\
 \delta_{\max BC} &= \frac{5 w L^4}{384 E I} \\
 \delta_{\max BC} &= \frac{5 \cdot 1,0746 \cdot 2097,5^4}{384 \cdot 205000 \cdot 20041667} \\
 \delta_{\max BC} &= 0,05 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

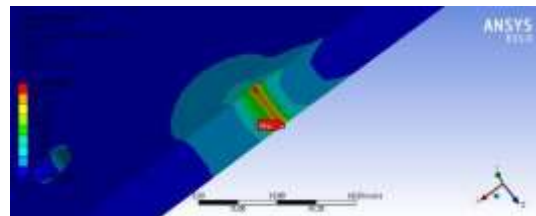
4.3.3 Analisa Statik Drive Plate

Analisa statik pada drive plate dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan material dari drive plate. Setelah melakukan simulasi dengan menggunakan software, berikut hasil yang diperoleh:



Gambar 13. Total Deformasi Drive Plate dengan 2 Support

Total deformasi yang dialami drive plate sebesar 0,05 mm yang terletak pada bagian tengah drive plate. Tegangan Von Mises yang dialami sebesar 4,78 MPa terletak pada cekungan atas drive plate.



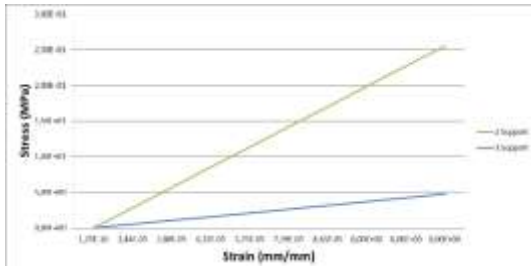
Gambar 14. Tegangan Von Mises pada bawah (Landasan Roller)

Analisa Hasil Keseluruhan

Bila di rangkum, dari hasil simulasi dan perhitungan besarnya tegangan dari material HARDOX 500 dapat dilihat pada Table 4.1 dibawah ini.

Table Hasil simulasi dan pehitungan besarnya tegangan pada 2 supporting dan 3 supporting

	Stress (Mpa)	Reaksi Tumpuan (N)	δ Max (mm)
2 Supporting	25,57	2253,98	1
3 Supporting	4,78	1127,25	0,05
Pengurangan (Reducing)	20,79	1126,73	0,95
% Reducing	81%	50%	95%



Grafik 1. Stress Strain 2 dan 3 support

Dilihat dari tabel 4.1 diatas, *drive plate* dengan memakai 3 tumpuan dapat mengurangi stress pada material sebesar 81%. Untuk gaya reaksi yang dihasilkan, *drive plate* dengan 3 tumpuan dapat mengurangi 50% lebih kecil dari gaya reaksi yang dihasilkan oleh 2 tumpuan.

KESIMPULAN

Bila di rangkum, dari hasil simulasi dan perhitungan besarnya tegangan dari material HARDOX 500 dapat dilihat serta dari hasil simulasi dan perhitungan besarnya tegangan pada 2 supporting dan 3 supporting:

1. Besarnya stress yang diterima oleh Drive Plate dengan menggunakan 2 supporting sebesar 1165,8 MPa, sedangkan Drive Plate dengan menggunakan 3 supporting sebesar 4,78 Mpa.
2. Reaksi pada tumpuan yang dihasilkan apabila menggunakan 2 supporting adalah 2253,98 N, dan untuk 3 supporting adalah sebesar 1127,25 N

SARAN

1. Melakukan perubahan pada clinker cooler dengan memberikan penambahan supporting sehingga stress pada drive plate lebih kecil.
2. Melakukan pemilihan material yang lebih baik sesuai dengan kemampuan material dalam menerima beban kerja saat operasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Mohamad Miftah Fadlika Makmur, 2017. Analisa kegagalan Komponen Drive Plate dalam Cooler Clinker Pada Unit Tuban 1 PT. Semen Indonesia Tbk.
<https://yasincapar.com/engineering-stress-strain-vs-true-stress-strain/> Diakses pada tanggal 10 November 2021
<https://www.simscale.com/blog/2016/10/what-is-finite-element-method/> Diakses pada tanggal 10 November 2021
<https://www.aeroengineering.co.id/2021/05/jenis-jenis-mesh-pada-cfd/> Diakses pada tanggal 10 November 2021
 SSAB Technology. 2016. Data Sheet Hardox500 Sheet. Sweden: Greencoat

Budi Setiyana. 2007. Analisa Unjuk Kerja Grate Clinker Cooler Pada Proses Produksi Semen. Jakarta: UPN Press.

Sonief, Arief. 2005. Diktat Metode Elemen Hingga. Malang: Universitas Brawijaya

Zhang, Lu, dan P. Michaleris. 2004. "Investigation of Lagrangian and Eulerian finite element methods for modelling the laser forming process".