

PERANCANGAN ALAT SAMPLING HOTMEAL PADA CYCLONE 5 DI AREA PREHEATER DENGAN METODE ANTROPOMETRI

Darmawan

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
darmawan050802@gmail.com

Bibit Hartono

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
B12thartono@gmail.com

Puguh Elmiawan³⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
elmiawan@gmail.com

Dharmanto³⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
dharmanto.mesin@gmail.com

Keywords :

*Cyclone
Hotmeal
Finite Element Analysis*

Abstract :

The better the quality of cement products, the higher customer satisfaction, therefore it is important to check the materials that will be processed into cement, including in the preheater area. In the preheater area there is a cyclone in which there is material that will be checked in the lab whether the material meets predetermined standards or not. Inside this cyclone it has a temperature of $\pm 600^{\circ}\text{C}$, where this temperature is very hot and dangerous, especially for operators who will take samples in this area.

To reduce the risk of harm to operators who take samples in this preheater area, researchers took the initiative to design a tool that is more safety and to make it easier for operators to take samples in a cyclone. This tool will be designed with an ergonomics approach, namely the anthropometric method and for the design of the tool will be designed with the solidworks application

PENDAHULUAN

PT Semen Grobogan merupakan satu – satunya pabrik industri semen di daerah kabupaten Grobogan, yang mana PT Semen Grobogan mulai dibangun pada tahun 2017 dan mempunyai tiga tambang batu kapur, yaitu Watu Dukun, Maskumambang, dan Condro Geni yang diperkirakan mampu menyediakan stok batu kapur hingga dua puluh tahun mendatang. PT Semen Grobogan mulai menghasilkan produk berupa semen curah dan semen kemasan pada tahun 2021 dan mulai melakukan penjualan dalam kota dan atau penjualan luar kota. Proses-proses pengolahan batu kapur yang diterapkan oleh PT Semen Grobogan yaitu *raw mill*, *coal mill*, *kiln*, *cement mill*, dan *cement packing*. Proses penggilingan material awal disebut proses *raw material* atau *raw mill* yang mana proses ini bertujuan

untuk memperkecil ukuran bahan utama pembuatan semen; *limestone*, *iron sand*, silika, *marl* dan *limymarl*. Proses penggilingan batu bara menjadi serbuk halus disebut proses *coal mill*. Serbuk batu bara tersebut akan menuju *burner* yang akan menghasilkan panas pembakaran untuk proses kiln. Proses *kiln* merupakan proses pembuatan *clinker* yang berasal dari hasil *raw mill* yang telah melewati *homogenizing silo* dan *suspension preheater*. Proses penggilingan *clinker* dan bahan tambahan disebut proses *cement mill* yang menghasilkan material halus berupa serbuk semen. Serbuk semen tersebut dikemas dalam *bag* pada proses *cement packing* yang merupakan proses akhir dari produksi semen untuk penjualan semen kemasan PCC tipe 40KG dan 50KG atau diproses untuk penjualan semen curah tipe OPC

dan PCC. Proses-proses tersebut dipantau melalui monitor di CCR (*Central Control Room*).

Pada PT Semen Grobogan terdapat proses yang bernama *preheater*. *Preheater* suspensi adalah pengaturan dari empat tahap siklon dan *calciner* yang disusun dalam sebuah *string*. *Preheater* mempunyai fungsi utama yaitu pemanasan awal klinker dan proses menghilangkan kadar air bebas sebelum proses kalsinasi. Pada *preheater* terdapat beberapa *cyclone* antara lain *cyclone 5A* dan *cyclone 5B*. Pada *cyclone 5A* dan *5B* tersebut memiliki suhu yang tinggi yaitu $\pm 600^{\circ}\text{C}$.



Gambar 1 *Cyclone 5 Preheater*

Pada *cyclone 5* ini dilakukan pengambilan sampel material untuk dilakukan pengujian oleh QC. Dimana pada proses pengambilan sample tersebut operator diharuskan membuka tutup saluran untuk mengambil sampel. Yang mana hal ini cukup berbahaya karena untuk mengambil sample tersebut. Karena suatu waktu udara panas dalam *cyclone* tersebut dapat balik (*back pressure*) yang menyebabkan udara panas dari dalam *cyclone* keluar melalui lubang itu sehingga sangat berbahaya bagi operator yang mengambil sampel serta kurangnya efisiensi pada proses pengambilan sampel. Karena pada proses pengambilan sampel operator membutuhkan waktu yang lebih lama dikarenakan :

1. Operator diharuskan membuka tutup pada bagian *cyclone 5* secara manual untuk mengambil sampel *hot meal*.

2. Operator tidak bisa langsung mengambil sampel tersebut di karenakan harus menunggu terlebih dahulu untuk memastikan tidak adanya angin balik (*back pressure*).

3. Operator diharuskan menutup kembali lubang tersebut setelah selesai mengambil sampel. Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat dari judul yang diangkat.



Gambar 2 tempat pengambilan sampel



Gambar 3 Proses Pengambilan Sampel

Dapat di lihat pada gambar 3 bahwa dalam proses pengambilan sampel operator masih kurang dalam hal keamanan. Oleh karena itu diperlukan perancangan sebuah alat untuk mengambil sampel di area *preheater* yang lebih *safety* agar tidak terjadi hal – hal yang membahayakan operator ketika mengambil sampel serta meningkatkan efisiensi waktu dalam pengambilan sampel. Peneliti akan merancang desain alat sampling dengan pendekatan ergonomi dan menggunakan *software solidworks*. Gambaran alat yang akan kami rancang yaitu alat akan menempel pada *cyclone* dan menggunakan *close system* sehingga operator saat mengambil sampel tidak perlu membuka tutup terlebih dahulu dan tidak akan terkena hawa panas yang berasal dari dalam *cyclone*. Cara kerja dari alat yang akan kami buat sangat sederhana, yaitu operator hanya perlu mendorong tuas yang ada, kemudian tunggu beberapa saat sampai sampel yang di ambil di dapatkan, kemudian tarik tuas ke atas kemudian putar agar material yang sudah terkumpul jatuh ke wadah yang sudah di sediakan, kemudian siap di bawa ke ruang QC.

1. Rumusan Masalah

Masalah-masalah yang penulis rumuskan adalah:

1. Terdapat resiko bahaya atau *Hazard* terhadap operator ketika mengambil sampel material di area *preheater*.
2. Diperlukan adanya perancangan ulang desain alat sampling guna meningkatkan efisiensi dan mengurangi resiko bahaya terhadap operator ketikan mengambil sampel material.

2. Batasan Masalah

1. Penelitian hanya dilakukan pada *cyclone 5 preheater* di PT Semen Grobogan

2. Penelitian hanya menggunakan *software solidworks 2019*.
3. Perancangan yang dilakukan hanya menggunakan metode antropometri.
4. Terkait kualitas dari *hotmeal* tidak dibahas lebih difokuskan kepada alat sampelnya.

3. Tujuan

Tujuan dari penulisan ini yaitu sebagai berikut :

1. Melakukan perancangan alat sampling *hotmeal* dengan metode antropometri.
2. Merancang desain alat sampling *hormeal* dengan menggunakan *software solidworks 2019*.

4. Manfaat penulisan

Penelitian ini bermanfaat untuk :

1. Menurunkan resiko operator cedera karena panas dari *hot meal*.
2. Meningkatkan efisiensi.
3. Mempermudah operator dalam pengambilan

TINJAUAN PUSTAKA

1. Studi Pustaka

Tahun	Judul	Hasil Kajian
2021	Analisis Perancangan Frame Gokart dari Pengaruh Pembebanan dengan Menggunakan CAD Solidworks 2016	Perancangan menggunakan <i>software solidworks</i>
2022	Optimasi Desain Mesin Punch Menggunakan Metode Finite Element Analysis	Simulasi alat yang telah di rancang menggunakan metode finite element analysis

2.Landasan Teori

2.1 Preheater

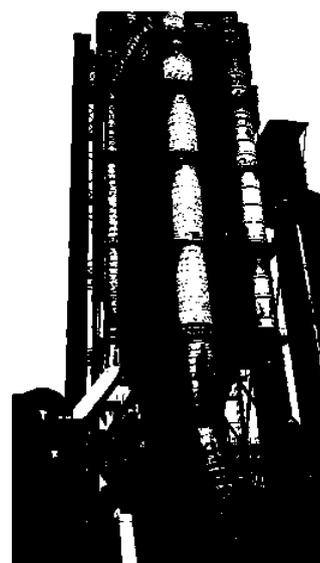
Preheater suspensi adalah pengaturan dari empat tahap siklon dan *calciner* yang disusun dalam sebuah string. *Preheater* mempunyai fungsi utama yaitu pemanasan awal klinker dan proses menghilangkan kadar air bebas sebelum proses kalsinasi.

Jenis *preheater* yang digunakan yaitu jenis 4 stage double string *preheater* dengan ILC dan SLC *calciner*s. Arah material berlawanan dengan arah udara panas atau disebut sebagai counter flow. Umpan kiln masuk melalui atas siklon, sedangkan gas panas mengalir melalui bawah siklon. Pada tahap

pertama dipasang pemisah siklon ganda, tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi pemisahan gas panas dan material di *preheater*. Dengan demikian, tahap I hingga III digunakan sebagai pemanas awal *kiln feed*, sedangkan tahap IV digunakan untuk memisahkan produk yang dikalsinasi dari *calciner* (Mahfud, 2018)

Proses pemanasan pada *kiln feed* terdiri dari tahap I ke tahap III terjadi karena adanya perpindahan panas antara gas panas yang keluar dari kiln dan *calciner* pada saat *kiln feed* masih dingin. Suhu pada umpan kiln yang memasuki riser dari tahap pertama adalah sekitar 50-60°C. *kiln feed* yang masih dingin memasuki riser, di mana ia bercampur dengan aliran gas panas dan memasuki pemisah siklon. Dalam *kiln siklon*, *kiln feed* dipisahkan dari campuran gas dan material. Campuran antara kiln feed dan gas panas memasuki pemisah siklon secara tangensial, yang menciptakan pusaran. Pusaran menciptakan gaya angkat sentrifugal, gravitasi, dan gas dalam pemisah siklon. Gravitasi dan gaya sentrifugal lebih penting untuk bahan kasar. Gaya sentrifugal menyebabkan material menabrak dinding siklon, menyebabkannya jatuh ke pipa bawah oleh gravitasi. Untuk material yang licin, gas lift penting, menyebabkan material tersebut terangkat keluar dari siklon (Mahfud, 2018).

Kiln feed memasuki siklon *downcomer* tahap II dan kemudian melalui proses yang sama seperti tahap I. Hal yang sama juga terjadi pada Fase III dan Fase IV. Bahan dari Tahap III akan masuk ke kalsiner ILC dan SLC dan setidaknya telah terkalsinasi 90%. Material tersebut selanjutnya akan terbawa aliran udara menuju *cyclone stage IV* dan dibuang melalui *standpipe* sebelum diumpankan ke kiln (Mahfud, 2018). Gambar *preheater* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 preaheter di perusahaan semen

Sumber : PT semen grobogan

2.2 Software Solidworks

Solidworks juga dikenal sebagai "parametrik" permodelan yang digunakan tujuan pemodelan desain 3D. Parameter itu sendiri berarti bahwa dimensi dapat dihubungkan satu sama lain dan dapat diubah selama proses desain dan secara otomatis mengubah part solid dan dokumen terkait (Akin, 2014).

Solidworks adalah program 3D mechanical CAD (computer-aided design) yang berjalan di Microsoft Windows. File *Solidworks* menggunakan penyimpanan Format File Terstruktur Microsoft (Akin, 2014).

Keunggulan *Solidworks* dibanding software CAD lainnya yaitu:

1. dapat membuat sketsa 2D yang dapat diupdate menjadi 3D.
2. mudah digunakan karena dirancang khusus untuk menggambar objek yang sederhana atau bahkan kompleks.

2.3 Finite Element Analysis

Metode *Finite Element Analysis* (FEA) adalah metode analisis eksperimental yang berasal dari kompleksitas fenomena mekanik, yang kemudian ditransformasikan menjadi visualisasi virtual menggunakan perangkat lunak berbasis *Computer Aided Design* (CAD). Pencarian data dan pengukuran dimensi dilakukan dengan alat ukur sebelum pemodelan 3D desain (Puguh Elmiawan, 2022).

Penelitian ini menggunakan pemodelan 3D dan simulasi finite element analysis (FEA), dimana pengukuran dilakukan pada mesin kemudian digambarkan pada aplikasi CAD/CAM/CAE seperti *Solidworks 2019* (Puguh Elmiawan, 2022).

2.4 Tegangan

Tegangan adalah besaran vector yang selain memiliki nilai juga memerlukan arah. Nilai dari tegangan didefinisikan sebagai gaya (F) persatuan luas (A). pada suatu system pemipaan teori tegangan secara umum merupakan pengembangan dari teori tegangan yang sudah ada. Tegangan yang terjadi pada pemipaan disebabkan oleh tekanan yang terjadi pada internal, eksternal, beban dan beban ekspansi akibat terjadinya temperatur. Secara sederhana tegangan dapat didefinisikan sebagai besaran gaya yang bekerja pada satu satuan luas permukaan benda yang dikenakan oleh gaya. Secara matematis definisi tegangan dapat dituliskan sebagai berikut (Iqbal, 2019):

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = \sigma_y / s_f$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (mm²)

s_f = Safety factor

σ_y = Tegangan bahan (N/mm²)

2.5 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah – daerah tersebut. Hal ikhwal aliran panas bersifat universal yang berkaitan dengan tarikan gravitasi. (Dr. Aqli Mursadin, 2016)

Secara umum ada tiga cara perpindahan panas yang berbeda yaitu : konduksi (*conduction* ; dikenal dengan istilah hantaran), radiasi (*radiation*) dan konveksi (*convection* ; dikenal dengan istilah ilian). Jika kita berbicara secara tepat, maka hanya konduksi dan radiasi dapat digolongkan sebagai proses perpindahan panas, karena hanya kedua mekanisme ini yang tergantung pada beda suhu. Sedangkan konveksi, tidak secara tepat memenuhi definisi perpindahan panas, karena untuk penyelenggaraanya bergantung pada transport massa mekanik pula. Tetapi karena konveksi juga menghasilkan pemindahan energi dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah, maka istilah “perpindahan panas dengan cara konveksi” telah diterima secara umum (Dr. Aqli Mursadin, 2016).

2.6 Sambungan Las

Sambungan las adalah jenis sambungan dengan metode pengelasan sehingga dua ujung pipa dapat tersambung dan fluida di dalam pipa dapat teralirkan menuju titik tujuan aliran (Mulyadi, 2020).

Jenis-jenis sambungan pengelasan diantaranya seperti di bawah ini untuk menyambung dua bagian menjadi satu:

1) Butt Joint

Sambungan pengelasan ini adalah sambungan sebidang berbentuk tumpul sehingga biasa digunakan untuk menyambung plat datar dengan ketebalan yang hampir sama.

2) T Joint

Sambungan pengelasan ini sering digunakan untuk pengelasan bagian atap dan berfungsi untuk menciptakan penampang serta bentuk pengelasannya tegak lurus berbentuk seperti huruf T.

3) Corner Joint

Sambungan pengelasan ini dikhususkan pada pengelasan penampang seperti kotak segi empat

dengan momen puntir besar dan nyaris serupa dengan sambungan T.

4) *Edge Joint*

Sambungan pengelasan ini dilakukan pada ujung plat tanpa alur dimana sisi keduanya sejajar satu dengan lainnya sehingga kedudukan posisi arah vertikal dalam posisi yang sama atau arah horizontal dalam posisi yang sama dan searah atau sejajar satu dengan lainnya.

5) *Lap Joint*

Sambungan ini adalah sambungan pengelasan dengan ujung kedua plat saling berhimpitan sehingga posisi salah satu plat lebih tinggi dan yang satu lebih rendah (Mulyadi, 2020).

		1	2	3	4	5	6
1	Observasi						
2	Pengumpulan data						
3	Pengujian dan Pengolahan data						
4	Melakukan perancangan						
5	Melakukan simulasi alat						
6	Hasil perancangan						

METODOLOGI PENELITIAN

1. Alur Penelitian

Alur penelitian berisikan tahapan dalam penelitian. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



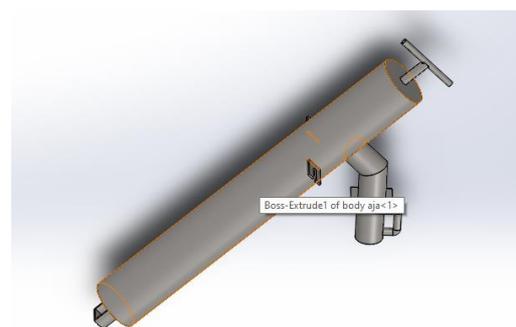
2. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan Ke
----	----------	----------

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Desain Alat Sampling

Pada tahap ini membuat desain alat menggunakan *software solidworks 2019*. Gambaran umum alat sampling hotmeal secara umum dan keseluruhan dapat di lihat pada gambar 5 yang meliputi bagian *cover* luar atau *body* yang berbentuk tabung, kemudian bagian batang alat sampling kemudian yang terakhir yaitu wadah untuk menampung material sampling.



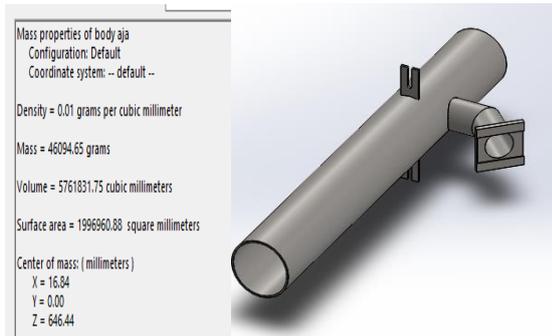
Gambar 5 Desain Alat Sampling

2. Perhitungan Massa Rangka Tiap Komponen

2.1. Body (Cover)

Hasil simulasi yang telah dilakukan pada body dengan menggunakan aplikasi *solidworks* menunjukkan

bahwa massa rangka dalam gram sebesar 46094.65 gram.



Gambar 6 Body (cover)

Body (cover) terbuat dari material steel AISI 304 SS. Berdasarkan massa yang diperoleh dari simulasi sesuai Gambar , diperoleh perhitungan dengan menggunakan persamaan 3 seperti berikut ini:

$$W = m \times g$$

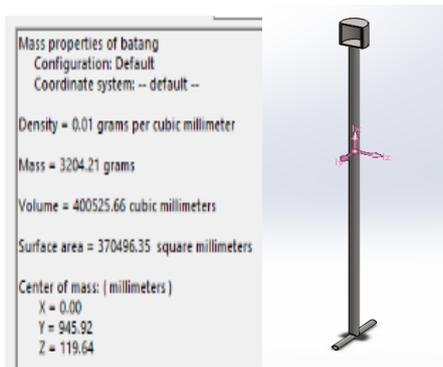
$$W = 46.09465 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 451.72757 \text{ N}$$

Jadi, massa rangka dalam newton sebesar 451.72757 newton.

2.2. Batang

Hasil simulasi yang telah dilakukan pada batang alat sampling dengan menggunakan aplikasi *solidworks* menunjukkan bahwa massa rangka dalam gram sebesar 3204.21 gram.



Gambar 7 Batang alat sampling

Batang alat sampling terbuat dari material steel AISI 304 SS. Berdasarkan massa yang diperoleh dari simulasi sesuai Gambar , diperoleh perhitungan dengan menggunakan persamaan 3 seperti berikut ini:

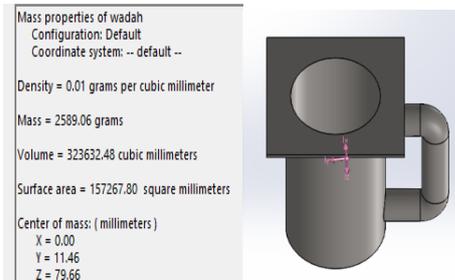
$$W = m \times g$$

$$W = 3.20421 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$W = 31.401258 \text{ N}$ Jadi, massa rangka dalam newton sebesar 31.401258 newton.

2.3. Wadah Material

Hasil simulasi yang telah dilakukan pada wadah penampung material dengan menggunakan aplikasi *solidworks* menunjukkan bahwa massa rangka dalam gram sebesar 2589.06 gram.



Gambar 8 Wadah Material

Wadah penampung material terbuat dari material steel AISI 304 SS. Berdasarkan massa yang diperoleh dari simulasi sesuai Gambar , diperoleh perhitungan dengan menggunakan persamaan 3 seperti berikut ini:

$$W = m \times g$$

$$W = 2.58906 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

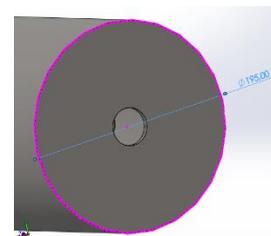
$$W = 25.372788 \text{ N}$$

Jadi, massa rangka dalam newton sebesar 25.372788 newton

3. Perhitungan Pengelasan

Perhitungan pengelasan untuk menyambung komponen demi komponen sehingga menjadi satu alat dengan penggunaan elektroda yang sesuai dapat memberikan cara pemilihan metode sambungan dan hasil yang kuat dan tepat. Salah satu contoh perhitungan pengelasan yaitu sebagai berikut

Pengelasan Corner Joint Kerangka



Gambar 9 Corner Joint Penghubung Cover Atas dan Body

- a. Diketahui:
- $p = 195 \text{ mm}$
- $t = 6 \text{ mm}$

Dua Pelat yang akan dilakukan pengelasan mempunyai tebal (t) sebesar 6 mm sehingga memberikan ukuran pengelasan dengan ketebalan las yang direkomendasikan untuk tebal 6 mm adalah 5 mm berdasarkan lampiran 1.

b. Menghitung Tegangan Tarik Izin

Dalam proses pengelasan ini menggunakan jenis elektroda 6013 dimana elektroda tersebut memiliki spesifikasi tegangan tarik sebesar 60 ksi atau 414 N/mm² berdasarkan lampiran 2. Factor safety yang digunakan adalah 8.

$$\begin{aligned}\sigma_{izin} &= \sigma_t / FS \\ \sigma_{izin} &= (414) / 8 \\ \sigma_{izin} &= 51.75 \text{ [N/mm]}^2\end{aligned}$$

c. Beban Maksimal Pengelasan

$$\begin{aligned}F &= p \times t \times \sigma_{izin} \\ F &= 195\text{mm} \times 5\text{mm} \times 51.75 \text{ [N/mm]}^2 \\ F &= 50456.25 \text{ N}\end{aligned}$$

Jadi, beban maksimal yang mampu diterima sambungan las sebesar 50456.25 newton.

3.1. Pembahasan Pengelasan

Hasil perhitungan pengelasan dari seluruh komponen telah dilakukan dan didapatkan hasil pengelasan seperti yang terlihat pada Tabel seperti berikut ini.

Pada tabel di bawah ini dapat di lihat bahwa jika dilakukan pengelasan dengan menggunakan perhitungan di atas, pengelasan dinyatakan aman untuk semua komponen.

Tabel 1 Perhitungan Pengelasan

Item	Joint	F Mks. N	F Akt. N	Keterangan
Cover Atas - Body	Corner	50456.25	451.73	AMAN
Saluran Material - Body	Tee	15525	451.73	AMAN
Batang Pengunci - Body	Tee	15525	451.73	AMAN
Penahan Tengah - Body	Corner	47351.25	451.73	AMAN
Saluran Material - Slide gate	Tee	15525	451.73	AMAN
Slide gate Atas - Samping	Corner	23206.5	451.73	AMAN
Slide gate Samping - Bawah	Corner	23206.5	451.73	AMAN
Pegangan - Batang Bagian Samping	Tee	5773.75	31.401	AMAN
Pegangan - Batang Bagian Atas	Butt	3448.1	31.401	AMAN
Batang Alat - Wadah Material	Tee	4929.19	31.401	AMAN
Wadah Material Samping - Tengah	Corner	27690.4	31.401	AMAN
Wadah Material Bawah - Tengah	Corner	27690.4	31.401	AMAN
Slide gate - Tabung Wadah	Tee	15525	25.37	AMAN
Pegangan - Tabung Wadah	Tee	13230.4	25.37	AMAN
Tabung - Bawah Wadah	Corner	15525	25.37	AMAN

4. Tegangan Pada Alat

Perhitungan tegangan longitudinal pada alat sampling. Tegangan longitudinal terdiri dari beberapa tegangan yaitu aksial (*axial stress*), tekuk (*bending stress*) dan longitudinal tekanan (*pressure stress*).

Tegangan longitudinal akibat gaya aksial (σ_{ax}) adalah tegangan yang ditimbulkan oleh gaya aksial (F_{ax}), yang bekerja searah dengan sumbu pipa.

- Untuk Tegangan aksial yang terjadi pada alat tersebut adalah 4191,393
- Untuk Tegangan dalam internal adalah 3998,53
- Untuk tegangan akibat momen tekuk adalah 0,499

Jadi untuk menghitung tegangan longitudinal keseluruhan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_L = F_{ax}/A + M_b/Z + P d o / 4 t$$

$$\sigma_L = 4191,393 + 0,499 + 3998,53$$

$$\sigma_L = 8190,422$$

Jadi nilai tegangan longitudinal keseluruhan adalah

$$\sigma_L = 8190,422$$

5. Perpindahan Panas pada Alat

Perhitungan laju konduksi panas yang melalui silinder berpenampang lingkaran yang berlubang dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$q_k = \frac{T_i - T_o}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} \frac{2\pi k l}{r_i}$$

Sebelum menggunakan persamaan tersebut, terlebih dahulu kita identifikasi besaran-besaran apa saja yang sudah diketahui, kemudian menyetarakan satuan-satuannya.

Di sini kita memilih bekerja dengan satuan SI, sehingga kita memiliki data berikut:

Konduktivitas termal AISI 304, $k = 14 \text{ W/m.K}$

Total panas $1d9,95 \text{ W}$ yang harus dihilangkan

Temperatur dalam pipa,

$$T_i = 600^\circ\text{C} = (600 + 273,15) \text{ K} = 873,15 \text{ K}$$

Temperatur luar pipa,

$$T_o = 100^\circ\text{C} = (100 + 273,15) \text{ K} = 373,15 \text{ K}$$

Panjang pipa, $L = 1,5 \text{ m}$

Jari jari dalam pipa,

$$r_i = 188\text{mm}/2 = 94 \text{ mm} = 0,094 \text{ m}$$

Jari jari luar piap,

$$r_o = 200\text{mm}/2 = 100\text{mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$(T_i - T_o) = 873,15\text{K} - 373,15\text{K} = 500 \text{ K}$$

$$\ln(r_o/r_i) = 0,1\text{m}/0,094\text{m} = 0,19$$

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan:

$$q_k = \frac{T_i - T_o}{2\pi k l \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}$$

$$19,95 = \frac{873,15 \text{ K} - 373,15 \text{ K}}{2 \cdot 3,14 \cdot 14 \cdot 19,95}$$

$$L = \frac{500}{2 \cdot 3,14 \cdot 14 \cdot 19,95}$$

$$L = \frac{2631,58}{1754}$$

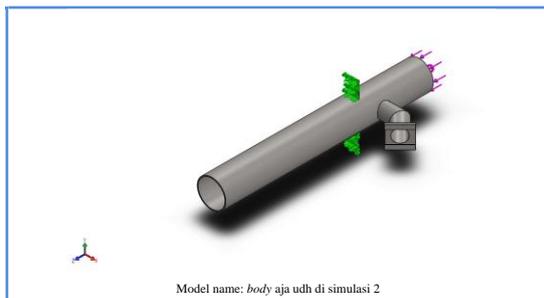
$$L = 1,5003 \text{ m}$$

Jadi panjang yang diperlukan agar alat tersebut suhu terluarnya sebesar 100°C adalah 1,5003 meter

6. Thermal Analysis

Thermal Analysis pada alat sampling hotmeal dilakukan menggunakan software Solidworks 2019. Berikut adalah hasil dari thermal analysis yang sudah dilakukan pada alat sampling hotmeal.

6.1. Model Information



Model name: body aja udh di simulasi 2
Current Configuration: Default

Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Boss-Extrude12	Solid Body	Mass:46,0952 kg Volume:0,00576183 m³ Density:8.000,1 kg/m³ Weight:451,733 N	E:\Darmawan\body aja udh di simulasi 2.SLDPRT Jun 9 09:34:08 2023

6.2. Mesh Information

Study name	Static 1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	From thermal study
Input thermal study:	Thermal 1
Time Step	1
Zero strain temperature	25 Celsius
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Automatic
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (E:\Darmawan\Hasil Simulasi)

6.3. Material Propertise

Model Reference	Properties	Components
	Name: ALSI 304 Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 206,807 N/mm² Tensile strength: 517,017 N/mm² Elastic modulus: 190.000 N/mm² Poisson's ratio: 0,29 Mass density: 8 g/cm³ Shear modulus: 75.000 N/mm² Thermal expansion coefficient: 1,8e-05 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude12)(body aja)
Curve Data:N/A		

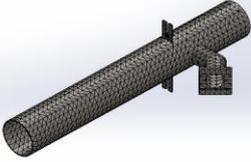
6.4. Load and Fixture

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-0,0283203	0,0078125	-451,462	451,462
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 face(s), 1 plane(s) Reference: Front Plane Type: Apply force Values: ---; ---; 46,0947 kgf

6.5. Mesh Information – Detail

Total Nodes	16294
Total Elements	8051
Maximum Aspect Ratio	20,85
% of elements with Aspect Ratio < 3	1,03
% of elements with Aspect Ratio > 10	1,63
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:06
Computer name:	



6.6. Forced Result

6.6.1. Reaction Force

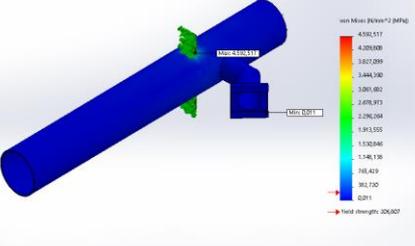
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-0,0283203	0,0078125	-451,462	451,462

6.6.2. Reaction Moment

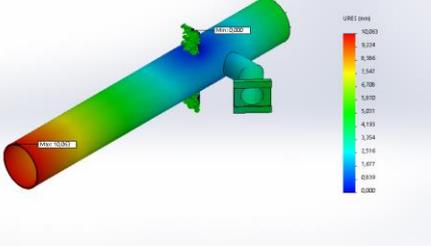
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

6.7. Study Result

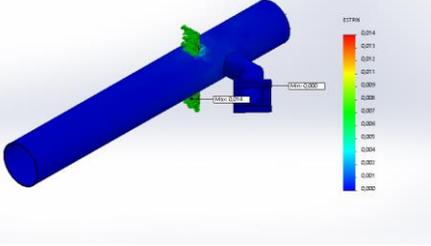
Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0,011 N/mm ² (MPa) Node: 2960	4,592,517 N/mm ² (MPa) Node: 8643



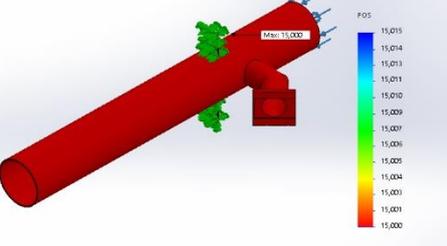
Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0,000 mm Node: 4	10,063 mm Node: 1307



Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	0,000 Element: 6004	0,014 Element: 2384



Name	Type	Min	Max
FOS	Factor of Safety	15,000	15,015



Dari hasil simulasi di atas dapat dikatakan bahwa alat yang dibuat sudah aman karena FOS(Factor Of Safety) pada alat tersebut melebihi 1.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan alat sampling hotmeal dengan metode antropometri dan *solidworks*, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software solidworks* 2019 dengan massa alat yang dibuat sebesar 46094.65 gram dan dikenakan perlakuan panas atau thermal sebesar 600°C serta pembebanan sebesar 46,09465 kgf pada alat yang di

buat dihasilkan nilai *stress*, *displacement*, *strain* dan *factor of safety* yang bagus sehingga alat yang dirancang dinyatakan aman.

2. DAFTAR PUSTAKA

3. Akin, J. E. (2014). Finite Element Analysis Concepts: Via SolidWorks. Rise University: World scientific Publishing.
4. Dr. Aqli Mursadin, S. M. (2016). Bahan Ajar Perpindahan Panas I HMKK 453. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat.
5. Iqbal, M. (2019). Analisa Tegangan Pipa Pada Jalur Perpipaan Minyak Mentah Dari Sumur B ke Manifold Sumur Pada PT Sarana Pembangunan Riau (SPR) Langgak Dengan
6. Perangkat Lunak Caesar II 2019. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
7. Kurmi. (2018). A Text of Machine Design. Yogyakarta.
8. Mahfud, Z. Z. (2018). Industri Kimia Indonesia,. yogyakarta: Deepublish publisher.
9. Mulyadi, S. M. (2020). TEKNOLOGI PENGELASAN. Sidoharjo: UMSIDA Press.
10. Puguh Elmiawan, F. P. (2022). Optimasi Desain Mesin Punch Menggunakan Metode Finite Element Analysis. J-Proteksion.
11. Safitri, R. H. (2018). Analisa Sensitisasi Pada Baja Tahan Karat Tipe AISI 304 Menggunakan Laku Panas Normalizing Dengan Variasi Waktu Penahanan. Departemen Teknik Mesin Industri.