

# PERANCANGAN ALAT BANTU PENGAMBILAN SAMPEL MATERIAL *CLINKER* BERBASIS *ELECTRO PNEUMATIC* DI PT SGB

Dewanda Putra Afsyahni <sup>1)</sup>  
Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal  
[putradewanda6@gmail.com](mailto:putradewanda6@gmail.com)

Wanda Fia Cendrawasih <sup>2)</sup>  
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal  
[wandafiac@gmail.com](mailto:wandafiac@gmail.com)

Dr. Dharmanto, S.T.,M.T <sup>3)</sup>  
Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal  
[dharmanto.mesin@gmail.com](mailto:dharmanto.mesin@gmail.com)

## ABSTRAK

*Clinker* merupakan material utama dalam pembuatan semen, material ini terdiri dari beberapa material penyusun, yaitu *limestone*, *marl & limymarl*, *iron ore*, dan *silica sand* yang kemudian di campur dan digiling pada proses *raw material grinding* dan menghasilkan material yang dinamakan dengan *raw meal*. *Raw meal* kemudian diproses lagi menuju *burning proses* yaitu proses pembakaran, material yang telah keluar dari *burning proses* inilah yang disebut dengan *clinker*. Sebagai upaya menjaga kualitas semen yang dihasilkan, PT.SGB menerapkan proses pengujian sampel material. Mulai dari material mentah hingga material menjadi semen. Untuk dapat melakukan pengujian pada material diperlukan proses pengambilan sampel material, salah satu material yang dilakukan pengujian adalah material *clinker*, material ini diambil setiap 2 jam sekali oleh *sample man* secara manual dengan menggunakan sekop. Material *clinker* yang diambil ini memiliki suhu  $\pm 100^{\circ}\text{C}$ . Tempat pengambilan sampel berada di ruangan tertutup dan berlokasi lebih rendah dari permukaan tanah. Berdasarkan masalah tersebut dibuatlah perancangan alat bantu pengambilan material *clinker* berbasis sistem *electro pneumatic*. Tujuannya untuk mempermudah *sample man* mengambil sampel serta mengurangi kontak langsung *sample man* dengan material *clinker* yang dapat membahayakan keselamatan *sample man* dalam proses pengambilan sampel.

Perancangan alat bantu pengambilan sampel *clinker* ini menggunakan aplikasi *Solidwork* sebagai sarana membuat rancangan desain alat, dan menggunakan aplikasi *Festo fluids* untuk membuat rancangan sistem *electro pneumatic*.

**Kata Kunci:** *Solidwork*, *clinker*, *electro pneumatic*, *festo fluids*,

## I. PENDAHULUAN

PT. SGB memulai rencana pembangunan pada akhir tahun 2016 dan baru terealisasi pada tahun 2018 dan masih dalam proses pembangunan hingga sekarang, merupakan satu satunya pabrik semen dan terbesar yang berada di Kabupaten Grobogan, bertempat di Desa Sugihmanik, Kecamatan Tanggunharjo, Jawa Tengah. Pabrik yang direncanakan berproduksi tahun 2021 ini memiliki beberapa blok penambang batu gamping yaitu Blok Maskumambang seluas 41,36 hektare, Blok Watudukun dengan luas 199,30 hektare, dan Blok Candra Geni dengan luas 650 hektare.

Pada proses pembuatan semen di PT. SGB memiliki lima bagian proses utama yaitu raw material preparation, raw material grinding, burning process, cement grinding, serta cement storage & dispatching. Raw material preparation merupakan proses untuk mempersiapkan material mulai dari mempersiapkan material apa saja yang diperlukan hingga mempersiapkan material dari tambang yang ukurannya cukup besar untuk diperkecil ukurannya dengan menggunakan mesin crusher. Raw material grinding merupakan proses pencampuran material yang sudah disiapkan dan penggilingan material menggunakan mesin vertical roller mill (VRM). Burning proses merupakan proses utama dalam pembuatan semen, pada bagian ini material melewati proses separasi dan kalsinasi yang suhunya mencapai  $> 800^{\circ}\text{C}$  pada preheater, material dari preheater menuju rotary kiln yang akan membuat material berubah sifat dari solid perlahan berubah menjadi liquid, perubahan ini membutuhkan suhu mencapai  $\pm 1400^{\circ}$ , material panas dari rotary kiln didinginkan di clinker cooler. Material dari clinker cooler yang disebut dengan clinker kemudian menuju proses penggilingan dan penambahan material additive, proses ini disebut dengan cement grinding. Proses terakhir dari pembuatan semen yaitu cement storage & dispatching yang meliputi penyimpanan, pengemasan, dan pengiriman semen.

Untuk menjaga kualitas dan memastikan produk sesuai dengan spesifikasi produk yang dihasilkan, perlu dilakukan pengontrolan kualitas produk dengan melakukan pengujian dari material yang masih mentah hingga produk akhir berupa semen[1]. PT. SGB memiliki 3 unit lab, yaitu lab kimia, lab fisika, dan lab proses. Lab kimia digunakan untuk menganalisa kandungan kimia material, lab fisika digunakan untuk menguji sifat fisik material, dan untuk lab proses digunakan untuk menjaga kualitas baik dari raw mill hingga cement storage sesuai dengan target, untuk dapat melakukan pengujian maupun pengontrolan produk ini perlu adanya proses pengambilan sampel. Pada proses pembuatan semen material yang telah melewati proses pembakaran pada kiln dan telah melewati tahapan pendinginan pada clinker cooler dinamakan clinker,

pada proses pengambilan sampel material clinker dilakukan secara manual dengan menggunakan sekop, cara pengambilan sampel clinker secara manual ini menimbulkan potensi udara balik dari dalam cooler yang dapat membahayakan sample man[2].

Merujuk pada permasalahan di atas dan, dilakukan perancangan pembuatan alat bantu pengambilan material clinker berbasis electro pneumatic untuk mengurangi potensi bahaya dan mempermudah pengambilan sampel serta meningkatkan keamanan dalam proses pengambilan sampel[2].

Penelitian yang dilakukan oleh Arleandro Sugraha Triasmoro, Seto Tjahyono, dan Wahyu Dwi Cahono adalah penelitian untuk mengurangi potensi bahaya pengambilan sampel secara manual dengan membuat alat pendukung yang bertujuan meningkatkan keamanan dalam pengambilan sampel [2]. Untuk mendukung alat agar lebih efektif dan efisien adalah dengan mengembangkan sistem alat dapat dengan menambahkan sistem electro pneumatic yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja alat [3].

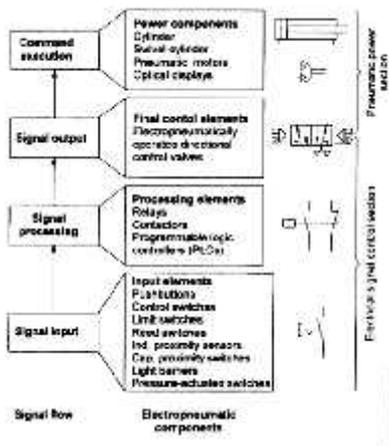
Tujuan penelitian yang dilakukan kali ini adalah merancang alat bantu pengambilan sampel material clinker dan merancang sistem kontrol alat bantu pengambilan sampel material clinker. Dengan batasan tidak membahas mengenai mesin kiln, kualitas sampel dan waktu pengambilan sampel. Dimana penelitian difokuskan pada perancangan alat yang dirancang menggunakan aplikasi solidwork serta perancangan sistem kontrol electro pneumatic dengan menggunakan aplikasi festo fluidsims.

Perancangan dapat diartikan sebagai penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa komponen yang terpisah menjadi kesatuan yang utuh, yang dapat berfungsi sebagai perancangan sistem dan dapat dirancang dalam bentuk bagan alir sistem (system flowchart) yang menunjukkan urutan urutan proses sistem. [4]

Pneumatic berasal dari Bahasa Yunani (pneuma) yang memiliki arti udara atau angin. Sistem yang menggunakan udara yang dimampatkan sebagai sumber tenaga untuk menghasilkan suatu kerja disebut dengan sistem pneumatic. Sistem pneumatic banyak diterapkan dalam otomasi pada perindustrian, mulai dari hal penyusunan, pencengkaman, pencetakan, pengaturan arah benda kerja, pemindahan atau transfer, penyortiran hingga pengepakan barang. [4].

Electro pneumatic merupakan pengembangan dari sistem pneumatic, jika pada sistem pneumatic murni sistem kontrolnya masih menggunakan katub – katub mekanik. Maka pada sistem electro pneumatic sistem kontrolnya menggunakan sinyal elektronik [5]. Pada pengontrol sinyal sistem electro pneumatic menggunakan peralatan listrik seperti relay, proximity

switch atau bisa menggunakan PLC [3]. Gambar 1 menunjukan sistem kontrol *electro pneumatic*.



Gambar 26. Sistem kontrol *electro pneumatic*

Pada sistem kontrol *electro pneumatic* juga memiliki struktur dan cara kerja kontrol *electro pneumatic*, biasa tersusun atas:

- a) Bagian pengontrol sinyal *input*  
Bagian ini akan memberikan sinyal menuju *directional control valve* yang digerakan oleh katub solenoid.
- b) *Directional control valve*  
*valve* yang akan menyebabkan *cylinder* bergerak maju
- c) Pembacaan posisi piston rod pada *cylinder* dengan menggunakan sensor akan diberikan ke pengontrol sinyal listrik.
- d) Pemrosesan sinyal pada sistem kontrol *electro pneumatic*.

Dalam pemrosesan sinyal sistem kontrol *electro pneumatic* pada dasarnya terdiri dari 3 kelompok fungsi yaitu :

1. Sinyal *input* diberikan oleh sensor, *push button* atau kontrol *switch*.
2. Pemrosesan sinyal dilakukan oleh sistem kontrol relay atau PLC.
3. Sinyal *output* akan menggerakkan *directional control valve* dengan sinyal dari solenoid [3].

**A. Rumus Menghitung Gaya Total**

Perhitungan gaya total digunakan untuk menghitung diameter *cylinder* agar ukuran sesuai dengan yang dibutuhkan serta efisien. Perhitungan gaya total diperoleh dari hukum newton II dengan rumus seperti pada persamaan (1) [6].

$$F = m \cdot a \tag{1}$$

Dimana:

$\Sigma F$  = Gaya total (N)

$m$  = Massa benda (kg)

$a$  = Percepatan benda ( $\frac{m}{s^2}$ )

Gaya total terdiri daya gaya-gaya yang terjadi pada suatu benda, gaya-gaya tersebut seperti gaya normal pada persamaan (2), gaya gesek seperti pada persamaan (3), dan gaya berat seperti pada persamaan (4) [6].

$$N = m \cdot g \tag{2}$$

Dimana:

$m$  = massa benda (kg)

$g$  = percepatan gravitasi ( $9,8 \frac{m}{s^2}$ )

Gaya gesek merupakan gaya yang sejajar dengan permukaan yang melawan pergeseran benda. Gaya gesek bergantung pada kasar halusnya permukaan benda yang dinyatakan dalam konstanta koefisien gesekan. Koefisien gesekan dibagi menjadi dua yaitu koefisien gaya gesek statis  $\mu_s$  dan kinetis  $\mu_k$  [6].

$$F = N \cdot \mu \tag{3}$$

Dimana :

$F$  = Gaya gesek (N)

$N$  = Gaya Normal (N)

$\mu$  = Koefisien gesek

Gaya berat bekerja pada benda karena benda merupakan suatu materi yang dinyatakan memiliki massa ( $m$ ) dan benda tersebut dalam pengaruh suatu medan gravitasi dengan percepatan gravitasi yang dilambangkan dengan ( $g$ )

$$W = m \cdot g \tag{4}$$

Dimana:

$W$  = Gaya berat (N)

$m$  = massa benda (kg)

$g$  = percepatan gravitasi ( $9,8 \frac{m}{s^2}$ )

**B. Rumus Perencanaan Diameter Cylinder**

Udara yang dimampatkan memiliki tekanan yang dapat menghasilkan gaya dengan asumsi aliran fluida lamiar yang dapat dinyatakan pada persamaan (5) [7].

$$F = P \times A \times \mu \tag{5}$$

Dimana :

$F$  = Gaya yang berkerja (N)

$P$  = Tekanan (Pa)

$A$  = Luas Penampang ( $m^2$ )

$\mu$  = *Load Ratio*

**C. Gaya Outstroke Cylinder**

Untuk mencari gaya *Outstroke cylinder* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) [7].

$$F_m = A_1 \cdot P \tag{6}$$

Dimana:

$F$  = Gaya yang diberikan (N)

$A_1$  = Luas penampang *cylinder* tapa batang torak ( $m^2$ )

$P$  = Tekanan udara ( $\frac{N}{m^2}$ )

luas penampang tanpa batang torak menggunakan persamaan (7) [5].

$$A_1 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \tag{7}$$

Dimana :

$A_1$  = Luas penampang *cylinder* tanpa batang torak ( $m^2$ )

$D$  = Diameter piston (mm).

#### D. Gaya Instroke Cylinder

Untuk mencari gaya *instroke cylinder* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8) [7].

$$F_m = A_2 \cdot P \quad (8)$$

Dimana :

F = Gaya yang diberikan (N)

$A_2$  = Luas penampang *cylinder* dengan batang torak ( $m^2$ )

P = Tekanan udara ( $\frac{N}{m^2}$ )

untuk mencari luas penampang dengan batang torak dengan menggunakan persamaan (9)

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 - d^2 \quad (9)$$

Dimana :

F = Gaya yang diberikan (N)

$A_2$  = Luas penampang *cylinder* dengan batang torak ( $m^2$ )

D = Diameter Piston (mm)

#### E. Aliran Debit Kompresor

Untuk mencari konsumsi aliran debit kompresor *cylinder pneumatic* dapat menggunakan persamaan (10) [7].

$$Q_s = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot V \quad (10)$$

Dimana :

$Q_s$  = Debit Kompresor ( $\frac{m^3}{M}$ )

D = Diameter *Cylinder* (mm)

V = Kecepatan Piston ( $\frac{m}{s}$ )

#### F. Daya Kompresor

Untuk mencari konsumsi daya kompresor yang digunakan pada *cylinder pneumatic* dapat menggunakan persamaan (11) [7].

$$N_s = Q_s \cdot \eta_t \quad (11)$$

Dimana:

$N_s$  = Daya kompresor (KW)

$Q_s$  = Debit kompresor ( $\frac{m^3}{M}$ )

$\eta_t$  = Efisiensi total (0,8)

#### G. Daya Aktual Kompresor

Untuk mencari konsumsi daya aktual kompresor yang digunakan dapat menggunakan persamaan (12) [8].

$$P_a = \frac{P_s \cdot Q}{6} \frac{m \cdot n}{n-1} \left[ \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{n-1}{m \cdot n}} - 1 \right] \quad (12)$$

Dimana :

Pad = daya untuk proses kompresi adiabatik (KW)

m = jumlah tingkat kompresi

$Q_s$  = volume gas ke luar dari tingkat terakhir ( $m^3$ /menit) (dikondisikan tekanan dan temperatur hisap)

$P_s$  = tekanan hisap tingkat pertama ( $N/m^2$ )

#### H. Kapasitas Benda

Untuk mencari berapa kapasitas *bucket* yang dibuat maka dapat dicari dengan persamaan (13), dimana kapasitas ini dicari dengan satuan kg [9].

$$m = V \cdot \rho \quad (13)$$

Dimana :

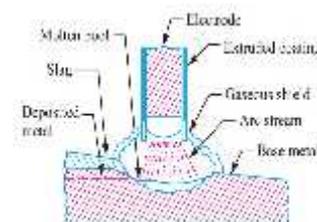
m = massa (kg)

V = Volume

= dencity ( $kg/m^3$ )

#### I. Sambungan Las

Sambungan las dibuat dengan memadukan dua tepi logam yang perlu disambung seperti pada gambar 2. Dimana akan mendapatkan hasil permanen. Agar logam dapat tersambung maka dalam pengelasan diperlukan panas, yang diperoleh dengan pembakaran gas atau busur listrik [10].



Gambar 27. Skema pengelasan

Rumus luas area sambungan las ditunjukkan pada persamaan (14) [10].

$$A = 0,707 s x l \quad (14)$$

Jika  $\sigma_t$  adalah tegangan tarik ijin untuk proses pengelasan logam, maka kekuatan tarik untuk metode pengelasan *fillet* tunggal (*single fillet weld*) dapat dicari dengan persamaan (15) [10].

$$P = 0,707 s x l x \sigma \quad (15)$$

Sedangkan kekuatan tarik sambungan las dengan menggunakan metode las *fillet* ganda (*double fillet weld*) dengan menggunakan persamaan (16) [10].

$$P = 2 x 0,707 s x l x \sigma \quad (16)$$

Jika  $\tau$  adalah tegangan geser ijin untuk proses pengelasan logam, maka diperoleh kekuatan tarik untuk metode pengelasan jenis *fillet* tunggal dapat menggunakan persamaan (17) (*single fillet weld*) yaitu [10]:

$$P = 0,707 s x l x \tau \quad (17)$$

Kekuatan geser sambungan yang diijinkan untuk metode pengelasan *fillet* ganda (*double fillet weld*) terdapat pada persamaan (18) [10].

$$P = 1,414 s x l x \tau \quad (18)$$

#### J. Tegangan Gesek Pada Baut

Tegangan geser pada baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai persamaan (19) [11]:

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c \times \tau \times n \quad (19)$$

Keterangan:

W = Gaya geser yang ditahan

$\tau$  = Tegangan geser baut ( $N/mm^2$ )

$d_c$  = Diameter mayor baut (mm)

n = Jumlah Baut

#### K. Tegangan Tarik Pada Baut

Tegangan tarik pada baut menjadi gaya luar yang bekerja segaris dengan sumbu pada baut, persamaan

(20) merupakan perhitungan untuk menghitung tegangan tarik pada baut [10].

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_L \times \sigma \quad (20)$$

Keterangan:

W = Gaya luar yang bekerja (N)

$d_L$  = Diameter dalam baut (mm)

$\sigma$  = Tegangan tarik ijin pada baut (N/mm<sup>2</sup>)

Tegangan geser yang diizinkan dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (21) (Khurmi dkk, 2005):

$$\sigma = 0,18 \sigma \quad (21)$$

Keterangan :

$\sigma$  = Tegangan geser yang diizinkan (Kg/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Kekuatan Tarik ultimate (Kg/mm<sup>2</sup>)

#### L. Factor Of Safety

*Factor of safety* dapat diartikan sebagai rasio perbandingan antara tegangan maksimum yang dimiliki oleh suatu benda dengan tegangan yang bekerja pada benda tersebut, seperti berikut [10]:

1. Perbandingan antara tegangan maksimum atau tegangan kerja aktual dengan tegangan seperti persamaan (22).

$$F = \frac{\sigma_m}{\sigma_a} \quad (22)$$

2. Perbandingan antara tegangan *ultimate* dengan tegangan izin pada persamaan (23).

$$F_s = \frac{\sigma_{ul}}{\sigma_a} \quad (23)$$

3. Tegangan tarik izin dan Tegangan geser izin Berdasarkan kode *American Society of Mechanical Engineering (ASME)* untuk desain *shaft* transmisi, tegangan kerja maksimum yang diizinkan dalam bentuk Tarik atau tekan adalah [10].

a. 112 Mpa untuk *shaft* tanpa pasak.

b. 84 Mpa untuk *shaft* dengan pasak.

Menurut spesifikasi fisik *shaft*, tegangan tarik yang diizinkan ( $\sigma_1$ ) diambil 60% dari batas elastis tarik ( $\sigma_{el}$ ), tetapi tidak boleh melebihi 36% tegangan tarik *ultimate* ( $\sigma_u$ ). Dengan kata lain, tegangan tarik yang diizinkan adalah [10].

$$\sigma_t = 0,6 \sigma_{el} \text{ atau } 0,36 \sigma_u \quad (24)$$

4. Tegangan geser maksimum yang diizinkan adalah [10] :

a. 56 Mpa untuk *shaft* tanpa pasak.

b. 42 Mpa untuk *shaft* dengan pasak.

Menurut spesifikasi fisik *shaft*, tegangan geser yang diizinkan ( $\tau$ ) diambil 30% dari batas elastis tarik ( $\sigma_{el}$ ), tetapi tidak boleh melebihi 18% tegangan tarik *ultimate* ( $\sigma_u$ ). Dengan kata lain, tegangan geser yang diizinkan adalah [10].

$$\tau = 0,3 \sigma_{el} \text{ atau } 0,18 \sigma_u \quad (25)$$

#### M. Solidwork

*Solidworks* merupakan perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*) yang digunakan untuk pembuatan, modifikasi, analisis, dan optimalisasi disain. Terdapat 3 jenis *templates* atau lembar kerja yaitu:

1. Lembar kerja *part*

Lembar kerja ini digunakan untuk membuat suatu komponen dari suatu perancangan alat atau benda (*design*)

2. Lembar kerja *assembly*

Lembar kerja ini digunakan untuk menyatukan atau menggabungkan komponen satu dengan komponen lainnya yang telah dibuat di lembar *part*.

3. Lembar kerja *drawing*

Lembar kerja ini digunakan untuk membuat gambar detail 2 dimensi lengkap dengan ukurannya..

Disain dari *Solidworks* nantinya dapat disimulasikan dan dianalisis untuk diketahui kekuatannya [12].

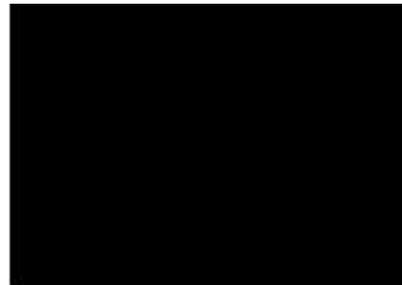
#### N. Festo fluidsim

Simulasi rangkaian sangat diperlukan dalam perancangan sebuah *system*. Hasil simulasi akan menunjukkan hasil dari rangkaian komponen yang akan digunakan. Dari hasil simulasi ini dapat dilihat apakah rangkain yang dibuat sudah sesuai dengan yang diharapkan atau masih terdapat kekurangan yang harus diperbaiki. *Festo fluidsim* merupakan aplikasi (program komputer) yang berfungsi sebagai sebuah simulasi rangkaian *pneumatic* pada operating

## II. METODE PENELITIAN

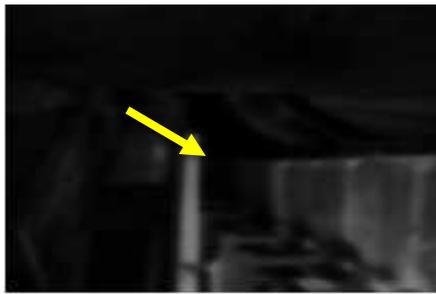
### A. Penemuan Masalah

Alat bantu pengambilan sampel material *clinker* merupakan alat yang dibuat guna membantu pengambilan material *clinker* dan mengurangi resiko terjadinya kontak langsung *sample man* dengan material yang akan diambil, dimana material yang diambil memiliki suhu  $\pm 100^\circ\text{C}$ .

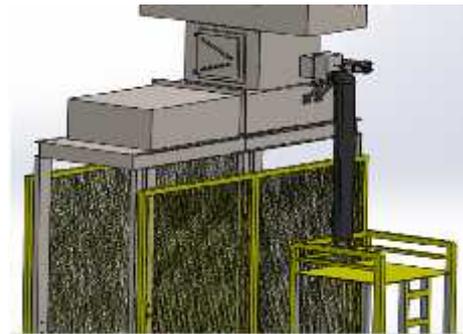


Gambar 28. Lokasi Pengambilan Sampel

Perancangan alat ini juga dengan pertimbangan tempat pengambilan sampel yang dilakukan di tempat tertutup dan berada di bawah tanah seperti terlihat pada gambar 4. Serta pengambilan sampel yang dilakukan pada *pan conveyor* seperti pada gambar 5.



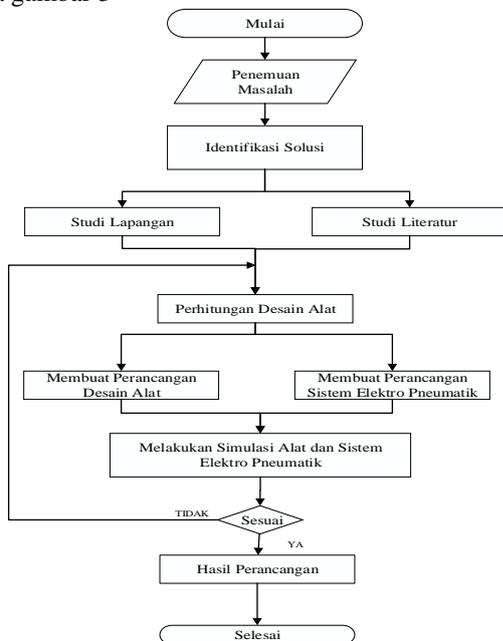
Gambar 29. Lokasi Pengambilan Sampel Pada *Pan conveyor*



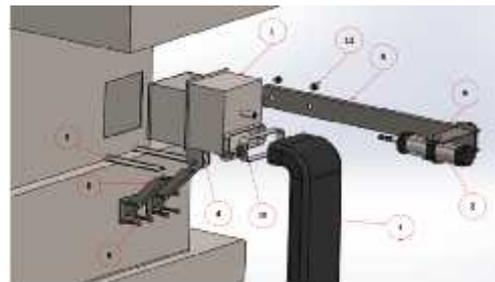
Gambar 31. Desain Alat

**B. Identifikasi Solusi**

Untuk menghindari kontak langsung *sample man* dengan material dan mesin yang bergerak serta untuk mempermudah dan mempercepat pengambilan sampel, maka solusi yang diperoleh adalah dengan merancang desain alat bantu pengambilan sampel material *clinker* berbasis *electro pneumatic*. Alur penelitian dijelaskan pada gambar 3



Gambar 30. Alur Penelitian



Gambar 32. Komponen Dan Bagian – Bagian Alat

Tabel XII. Nama Komponen Alat Beserta Fungsinya

No	Nama Koponen	Material & Spesifikasi	Fungsi
1	Bucket	ASTM 361 <i>Stainless Steel</i> ( $P x l$ 300 mm 200 mm x 200 mm tebal plat 5 mm)	Sebagai media utama untuk pengambilan sampel material <i>clinker</i> .
2	Cylinder Pneumatic	TBC 50 mm x 150 mm	Sebagai penggerak/pendorong utama Bucket.
3	Batang Penyangga	ASTM A36 ( $P x l$ = 800 mm 73 mm x 35 mm tebal besi 3 mm)	Sebagai penyangga Cylinder pneumatic.
4	Roda Bucket	ASTM A36 (Diameter 60 mm x 30 mm)	Sebagai landasan bucket dan mengurangi gesekan.
5	Rel roda bucket	ASTM A36 ( $P x l$ = 220 mm 40 mm x 30 mm tebal besi 3 mm)	Sebagai jalur atau landasan roda bucket.
6	Batang Penyangga Rel dan Bucket	ASTM A36 ( $P x l$ = 40 mm x 30 mm tebal besi 3 mm)	Sebagai penyangga rel dan Bucket
7	Selang Duct Hose	RUBBER SILICON (Panjang 1900 mm)	Sebagai saluran pengambilan material
8	Baut Dudukan Batang	AISI 304 (M10)	Sebagai sambungan antara batang penyangga rel dan Bucket

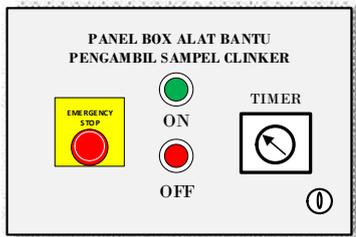
**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Perancangan Desain Alat**

Perancangan alat bantu pengambilan sampel material *clinker* terdiri dari beberapa bagian / komponen yang ditunjukkan pada gambar 7. Fungsi masing-masing komponen dijelaskan pada tabel 1. Gambar 6 merupakan gabungan dari komponen-komponen yang membentuk sistem alat bantu pengambilan sampel material *clinker ini*.

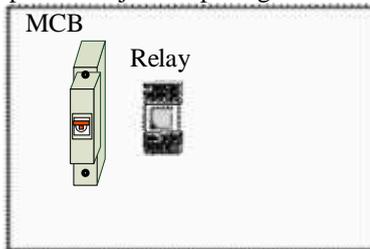
	<i>Penyangga Rel dan Bucket</i>		dengan <i>chute</i>
9	<i>Baut Dudukan Penyangga Cylinder</i>	AISI 304 (M16)	Sabagai sambungan antara batang penyangga <i>Cylinder</i> dengan <i>Cylinder</i>
10	<i>Clamp</i>	Alloy Steel	Penghubung selang duct hose dengan <i>bucket</i>
11	<i>Baut Batang Penyangga Cylinder</i>	AISI 304	Sabagai sambungan antara batang penyangga <i>Cylinder</i> dengan <i>Cylinder</i>

Alat bantu pengambilan sampel material *clinker* ini menggunakan sistem *electro pneumatic*. Sistem *electro pneumatic* ini dirangkai dalam sebuah *panel box*.



Gambar 33. *Panel box* Bagian Luar

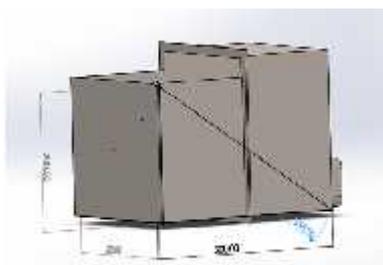
*Panel box* terdiri dari bagian luar seperti pada gambar 10 dan panel bagian dalam yang berisikan relay dan MCB seperti ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 34. *Panel box* Bagian Dalam

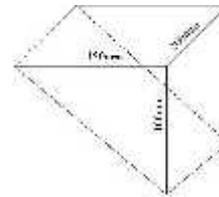
**B. Hasil Perhitungan Waktu Pengambilan Sampel**

Berdasarkan desain *bucket* yang telah dibuat, *bucket* ini memiliki ukuran seperti pada gambar 26.



Gambar 35. Ukuran *Bucket*

Berdasarkan desain *bucket* pada gambar 8 diketahui ukuran *bucket* yang secara langsung menerima sampel material *clinker* berbentuk prisma segitiga seperti pada gambar 9.



Gambar 36. Dimensi *Bucket* Pengambil Sampel Material (Prisma Segitiga).

Kapasitasnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = L \cdot a \times T$$

$$V = \left(\frac{1}{2} a \times l\right) \times t$$

$$V = \left(\frac{1}{2} 100 \text{ m} \times 150 \text{ m}\right) \times 200 \text{ m}$$

$$V = 0,0015 \text{ m}^3$$

Setelah diketahui volume *Bucket* maka kapasitas *bucket* dapat diketahui dengan persamaan (13). Diketahui massa jenis material yang akan ditampung  $1,3 \text{ t} / \text{m}^3$

$$m = V \times \rho$$

$$m = 0,0015 \text{ m}^3 \times 1,3 \text{ t} / \text{m}^3$$

$$m = 1,95 \text{ k}$$

Diketahui bahwa produksi dalam satu hari 6000 ton. Berdasarkan hal tersebut maka:

$$6000 \text{ t} : 24 \text{ j} = 250 \text{ t} / \text{p} / \text{h}$$

$$250 \text{ t} / \text{h} : 60 \text{ m} = 4,16 \text{ t} / \text{p} / \text{m}$$

$$4,16 \text{ t} : 60 \text{ d} = 0,0694 \text{ t} / \text{p} / \text{s}$$

Untuk mengetahui berapa material *clinker* yang melewati *bucket* maka dilakukan perbandingan antara luas penampang *chute* dan luas penampang *bucket* sebagai berikut :

$$\frac{M \text{ y m b}}{L \text{ p l}} =$$

$$\frac{M \text{ y m chute p d}}{L \text{ pc chute}}$$

$$\frac{M \text{ y m b}}{p \times l} = \frac{6,4 \text{ k} / \text{s}}{p \times l}$$

$$\frac{M \text{ y m b}}{8 \text{ m} \times 6 \text{ m}} = \frac{6,4 \text{ k} / \text{s}}{1 \text{ m} \times 2 \text{ m}}$$

$$\text{Material Yang melewati } b = 4,3 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan perhitungan diketahui material yang melewati *bucket* dalam satu detik adalah 4,34 kg. Dengan kapasitas *bucket* 1,95 kg dan jumlah sampel yang dibutuhkan sebesar  $\pm 5 \text{ kg}$ . Maka didapat berapa lama waktu yang dibutuhkan *bucket* berada didalam *chute* untuk memenuhi jumlah sampel yang dibutuhkan sebesar 2,56 detik. Waktu ini digunakan untuk pewaktu *timer* pada rangkaian *electro pneumatic* sehingga waktu tersebut dibulatkan menjadi 3 detik.

**C. Perhitungan Diameter Cylinder**

Dalam menentukan diameter *cylinder* dengan menggunakan persamaan (5), maka perlu diketahui terlebih dahulu gaya total yang dibiperlukan pada *cylinder* dengan menggunakan persamaan (1), maka :

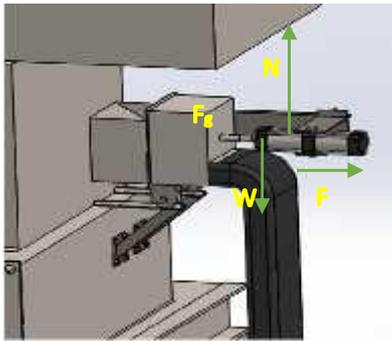
$$\sum F = m \cdot a \text{ dimana } a = 0 \text{ (benda dalam keadaan diam)}$$

Maka persamaan diatas dapat menjadi :

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_z = 0$$



Gambar 37 .Gaya-gaya yang bekerja

Keterangan gambar 12 :

F = Gaya ( N )

Fg = Gaya gesekan (N)

N = Gaya normal (N)

W = m . g = Gaya berat (N)

Pada awal desain dibuat, desain alat bantu pengambil sampel material *clinker* ini tidak menggunakan roda, dengan perhitungan diameter menggunakan persamaan (2), (3) dan (4).

$$\sum F_y = 0$$

$$N - W_b - W_D = 0$$

$$N = W_b + W_D$$

$$N = 84,28 + 31,36$$

$$N = 115,64 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F - F_g = 0$$

$$F = F_g$$

$$F = N \cdot \mu_s$$

$$F = 115,66 \text{ N} \cdot 0,74$$

$$F = 85,5 \text{ N}$$

Sehingga telah diketahui keseluruhan gaya yang bekerja pada *cylinder* adalah **85,5 N** adapun persamaan untuk menentukan diameter *cylinder* dapat dicari menggunakan persamaan (5). Dengan diketahui :

$$F = 85,5 \text{ N}$$

$$P = 5 \text{ bar} = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$\eta = 0,7$  untuk silinder dengan operasi seimbang maka:

$$F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot P \cdot \eta$$

$$85,5 = D^2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 5 \times 10^5 \cdot 0,7$$

$$D^2 = \frac{3}{10 \cdot 0}$$

$$D^2 = 0,00031192$$

$$D = 1,76 \text{ m}$$

Sehingga diketahui diameter minimal *cylinder pneumatic* yang dibutuhkan adalah **1,76 m** . Penambahan roda pada desain kedua dapat mengurangi gesekan langsung *bucket* dengan *chute*. Selain menghindari terkikisnya *bucket*, penambahan roda ini akan mengurangi gaya gesek yang ada dan menyebabkan gaya total akan berkurang dan menyebabkan ukuran diameter *cylinder* menjadi lebih kecil.

Perhitungan untuk *bucket* dengan menggunakan roda seperti pada desain dengan persamaan (1) dan menghitung gaya-gaya yang bekerja dengan persamaan (2), (3), dan (4).

$$\sum F_y = 0$$

$$N - W_b - W_R - W_D = 0$$

$$N = W_b + W_R + W_D$$

$$N = 84,28 + 11,76 + 31,36$$

$$N = 127,4 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F - F_g = 0$$

$$F = F_g$$

$$F = N \cdot \mu_s$$

$$F = 127,4 \text{ N} \cdot 0,57$$

$$F = 72,6 \text{ N}$$

Sehingga telah diketahui keseluruhan gaya yang bekerja pada *cylinder* adalah **72,6 N** adapun persamaan untuk menentukan diameter *cylinder* sebagai berikut:

$$F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot P \cdot \eta$$

$$72,618 = D^2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 5 \times 10^5 \cdot 0,7$$

$$D^2 = \frac{2 \cdot A}{10 \cdot 0}$$

$$D = 1,2 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas didapat diameter minimal *cylinder* yang dibutuhkan sebesar **16,25 mm**, pada perencanaan ini dipilih diameter *cylinder* dengan diameter *cylinder* dengan merk TBC dengan diameter *cylinder* 50 mm, diameter rod 16 mm dan Panjang langkah 150 mm dengan tipe *double acting*.

**D. Mencari Gaya Maju Cylinder**

Dengan penentuan diameter *cylinder pneumatic* 50 mm, maka dapat dicari gaya maju *cylinder* dengan persamaan (6).

$$F_m = A_1 \cdot P$$

Besar  $A_1$  atau luas penampang tanpa batang torak dengan persamaan (7).

$$A_1 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$A_1 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 50^2$$

$$A_1 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 2500$$

$$A_1 = 196,25 \text{ m}^2$$

Maka gaya maju *cylinder*

$$F_m = A_1 \cdot P$$

$$F_m = 196,25 \text{ m}^2 \cdot 5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$F_m = 981,25 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan maka gaya maju yang bekerja pada *cylinder* adalah **981,25 N**

**E. Mencari Gaya Mundur Cylinder**

Dengan penentuan diameter *cylinder pneumatic* 50 mm, maka dapat dicari gaya mundur pada *cylinder* dengan persamaan (8).

$$F_m = A_2 \cdot P$$

Dengan persamaan diatas maka perlu dicari terlebih dahulu berapa besar  $A_2$  atau luas penampang dengan diameter batang torak atau diameter rod menggunakan persamaan (9).

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2)$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot 3,14 \cdot (50^2 - 16^2)$$

$$A_2 = 0,785 \cdot (2244)$$

$$A_2 = 0,0 \text{ m}^2$$

Maka gaya mundur *cylinder* :

$$F_m = A_2 \cdot P$$

$$F_m = 0,00176154 \text{ m}^2 \cdot 5 \times 10^5 \text{ P}$$

$$F_m = 8,5 \text{ N}$$

**F. Menghitung Aliran Debit Kompresor**

Untuk menghitung aliran debit kompresor *cylinder double acting* dengan diameter 50 mm dan Panjang langkah 150 mm (*stroke*) menggunakan persamaan (10).

$$Q_s = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot V$$

$$Q_s = \frac{3,14}{4} \cdot 50^2 \cdot 50$$

$$Q_s = 98125 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_s = 5,8 \text{ L} / \text{m}$$

Sehingga debit aliran kompresor yang dibutuhkan untuk menggerakkan *cylinder pneumatic* adalah **5,8 L /m**

**G. Daya Kompresor**

Setelah menemukan aliran debit kompresor, maka daya kompresor dapat dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan(11).

$$N_s = Q_s \cdot \eta_t$$

$$N_s = 5,88 \cdot 0,8$$

$$N_s = 4,7 \text{ K}$$

Berdasarkan perhitungan daya yang diperlukan saat sistem bekerja adalah **4,7 K**

**H. Daya Aktual Kompresor**

Daya aktual pada kompresor dengan menggunakan persamaan (12). Perhitungan dilakukan dengan diketahui :

$$Q = 19,6 \text{ Nm}^3 / \text{min} = 3,4 \text{ m}^3 / \text{m}$$

$$P_s = 1 \text{ at} = 10130 \text{ P}$$

$$P_d = 0,8 \text{ M} = 8 \times 10^6 \text{ P}$$

$$n = 1,4$$

Maka :

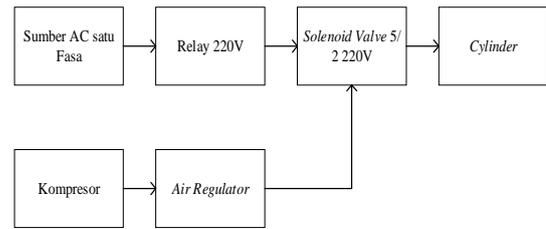
$$P_a = \frac{P_s \cdot Q}{6} \cdot \frac{m \cdot n}{n-1} \left[ \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{n-1}{m \cdot n}} - 1 \right]$$

$$P_{ad} = \frac{1}{6} \cdot \frac{3,4 \cdot 1,4 \cdot 1}{1,4-1} \left[ \left( \frac{8 \times 10^6}{10130} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4 \cdot 1}} - 1 \right]$$

$$P_a = 4,2 \text{ K}$$

**I. Mekanisme Sistem Electro pneumatic**

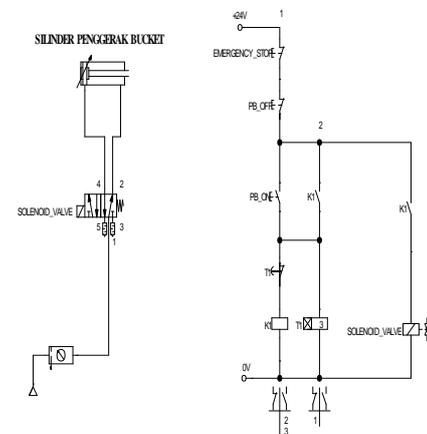
Gambar 13 dibawah menunjukkan rangkaian sistem *elektro pneumatic* yang ada pada rancangan alat bantu pengambil material *clinker*.



Gambar 38. Mekanisme Sistem *Electro Pneumatic*

**J. Sistem Electro Pneumatic**

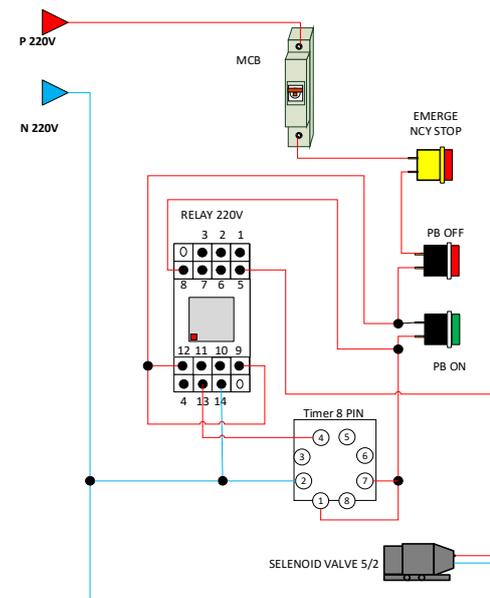
Mekanisme sistem *electro pneumatic* pada gambar 13 kemudian dibuat rangkaian *electro pneumatic* dengan menggunakan aplikasi *festo fluidsim pneumatic* dan disimulasikan untuk mengetahui rangkaian dapat bekerja sesuai dengan yang dirancang. Gambar 14 merupakan hasil rangkaian *electro pneumatic* untuk perancangan alat bantu pengambilan sampel material *clinker*.



Gambar 39. Rangkaian Festo fluidsim *Pneumatic*

**K. Wiring Diagram Sistem Electro Pneumatic**

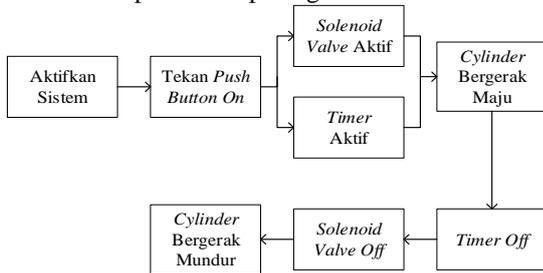
Gambar 15 merupakan wiring diagram dari rangkaian yang telah disimulasikan seperti pada gambar 16.



Gambar 40. Wiring Diagram Sistem *Electro Pneumatic*

**L. Cara Kerja Rangkaian *Electro pneumatic***

Cara kerja rangkaian yang dibuat seperti pada gambar 14 menggunakan aplikasi *festo fluids* *sim pneumatic* dapat dilihat pada gambar 16 dibawah ini.



Gambar 41. Cara Kerja Rangkaian *Electro Pneumatic*  
Penjelasan cara kerja rangkaian dari rangkaian pada gambar 14 dan cara kerja rangkaian pada gambar 16 :

1. Ketika sistem dijalankan atau *push button on* ditekan maka akan mengaktifkan K1 sekaligus mengaktifkan T1 atau *Timer*
2. Saat K1 aktif maka akan mengaktifkan relay dan menyebabkan *solenoid valve* bekerja dan *cylinder* penggerak *Bucket* akan bergerak maju
3. Disaat bersamaan K1 aktif dan mengaktifkan relay T1 akan menghitung selama 3 detik dan membuat *cylinder* berada dalam keadaan diam selama 3 detik
4. *Timer* yang telah selesai menghitung akan memutus rangkaian dan membuat relay off
5. Relay yang off akan membuat *solenoid valve* berhenti bekerja dan memuat *cylinder* penggerak *bucket* bergerak mundur karena *spring returned* pada *valve*.
6. Saat *timer* masih menghitung dan sampel yang dibutuhkan telah terpenuhi oleh *sample man* maka dapat menekan tombol *off*
7. Tombol *off* yang ditekan akan memutus rangkaian dan mematikan relay sehingga *cylinder* akan bergerak mundur karena *solenoid valve* sudah tidak aktif dan *spring returned* pada *valve* membuat *cylinder* dapat bergerak mundur.
8. Ketika tombol *emergency* ditekan maka sistem akan otomatis terputus.

**M. Perhitungan Massa Beban Datar Alat**

**a. Batang Penyangga *Cylinder***



Gambar 42. Simulasi *Solidwork* Batang Penyangga *Cylinder*

Rangka batang penyangga *Cylinder* ini dibuat dengan massa sebesar 5236,26 gram, maka untuk menentukan nilai beban pada batang penyangga *Cylinder* dapat dihitung menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$W = m \times g$$

$$W = 5,23 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 5,2 \text{ N}$$

**b. Batang Penyangga Rel Dan *Bucket***



Gambar 43 Simulasi *Solidwork* Batang Penyangga Rel dan *Bucket*

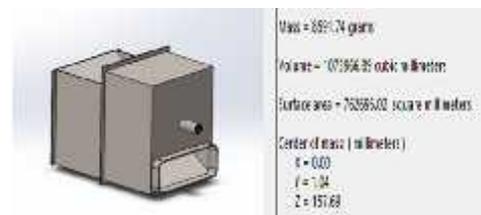
Batang penyangga rel dan *bucket* ini massanya 693,24 gram, maka untuk menentukan nilai beban pada batang penyangga rel dan *bucket* dapat ditentukan dengan persamaan (4):

$$W = m \times g$$

$$W = 0,69 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 6,7 \text{ N}$$

**c. *Bucket***



Gambar 44. Simulasi *Solidwork* *Bucket*

Massa *bucket* 8591,74 gram maka untuk menentukan nilai beban pada *bucket* dapat ditentukan dengan persamaan (4)

$$W = m \times g$$

$$W = 8,60 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 8,2 \text{ N}$$

**d. Rel**



Gambar 45. Simulasi *Solidwork* Rel

Massa rel ini 250,16 gram, maka untuk menentukan nilai beban pada rel dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,250 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 2,4 \text{ N}$$

**e. *Roda***



Gambar 46. Simulasi *Solidwork* *Roda*

Massa roda 329,29 gram, maka untuk menentukan

nilai beban pada roda dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,329 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 3,2 \text{ N}$$

**f. Cover Roda**



Gambar 47. Simulasi Solidwork Cover Roda

Massa cover roda 234,76 gram, maka untuk menentukan nilai beban pada cover roda dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,234 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 2,2 \text{ N}$$

Jadi dari hasil perhitungan diatas nilai beban pada cover roda yaitu sebesar 2,29 Newton.

**g. Bearing**



Gambar 48. Simulasi Solidwork Bearing

Bearing dengan tipe 6000 zz dengan jenis material stainless steel, dengan massa bearing 28,7 gram. Maka untuk menentukan nilai beban pada bearing dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,028 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 0,2 \text{ N}$$

**h. Cylinder Pneumatic**



Gambar 49. Simulasi Solidwork Cylinder pneumatic

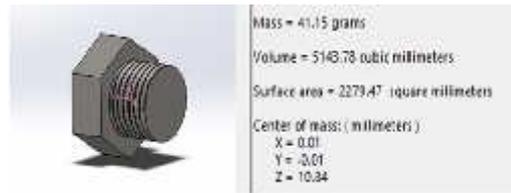
Cylinder ini memiliki massa 4307,12 gram, maka untuk menentukan nilai beban pada Cylinder pneumatic ini dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 4,30 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 4,2 \text{ N}$$

**i. Baut M16**



Gambar 50. Simulasi Solidwork Baut M20

Massa baut M20 baut 41,15 gram. Maka untuk menentukan nilai beban pada baut ini dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,041 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 0,4 \text{ N}$$

**j. Baut M10**



Gambar 51. Simulasi Solidwork Baut M10

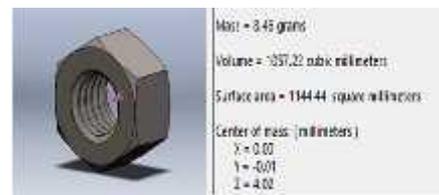
Massa baut M10 40,78 gram, maka untuk menentukan nilai beban pada baut ini dapat ditentukan dengan persamaan (2.4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,040 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 0,3 \text{ N}$$

**k. Mur M10**



Gambar 52. Simulasi Solidwork Mur M10

Massa mur M10 adalah 8,46 gram, maka untuk menentukan nilai beban pada mur ini dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,00846 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 0,0 \text{ N}$$

**l. Selang Duct Hose**



Gambar 53. Simulasi Solidwork Selang Duct Hose

Selang Duct Hose ini terbuat dari material rubberSilicon dengan Panjang 1610 mm, dengan massa selang 3256,80 gram maka untuk menentukan nilai

beban pada selang dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 3,35 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 3,8 \text{ N}$$

**m. Clamp**



Gambar 54. Simulasi Solidwork Clamp

Massa *clamp* 388,16 gram maka untuk menentukan nilai beban pada *clamp* dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,38 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 3,7 \text{ N}$$

**n. Baut M12**



Gambar 55. Simulasi Solidwork Baut M12

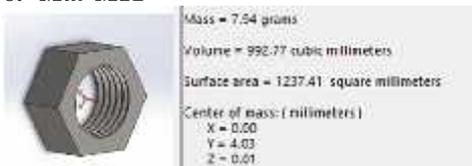
Massa baut M12 39,91 gram maka untuk menentukan nilai beban pada baut dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,03 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 0,2 \text{ N}$$

**o. Mur M12**



Gambar 56. Simulasi Solidwork Mur M12

Massa mur M12 7,94 gram maka untuk menentukan nilai beban pada mur dapat ditentukan dengan persamaan (4).

$$W = m \times g$$

$$W = 0,007 \text{ k} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 0,0 \text{ N}$$

**N. Perhitungan Kekuatan Sambungan Baut**

Jika bahan baut yang digunakan dalam perancangan ini berasal dari AISI 304 maka didapat tegangan tarik ( $\sigma$ ) yaitu sebesar 505 N/mm<sup>2</sup>. *Factor of Safety* yang digunakan dalam perancangan baut ini adalah 4 hal ini dikarenakan baut menerima beban *steady load*. Sehingga tegangan tarik izin baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan. Tegangan tarik dari material baut yang digunakan dalam perancangan alat apabila mendapatkan beban *steady load* dengan *factor safety* sebesar 4 adalah dengan persamaan (22).

$$F_s = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma}$$

$$4 = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\text{allowable } \sigma = 126,25 \text{ N/mm}^2$$

Sedangkan jika mendapatkan beban *life load* maka *factor of safety* yang digunakan adalah 8 (4). Sehingga tegangan tarik izin dari material baut yang digunakan dalam perancangan alat tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (22) sebagai berikut:

$$F_s = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma}$$

$$8 = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{8}$$

$$\text{allowable } \sigma = 63,125 \text{ N/mm}^2$$

Material baut yang digunakan pada perancangan ini adalah AISI 303 dengan nilai kekuatan Tarik ( $\sigma$ ) yaitu sebesar 505 N/mm<sup>2</sup>, dari spesifikasi material baut tegangan geser yang diizinkan ( $\tau$ ) diambil 30% dari batas elastis tarik ( $\sigma_{el}$ ), tetapi tidak boleh melebihi 18% tegangan Tarik *ultimate*, jadi untuk mencari tegangan geser yang diizinkan dapat menggunakan persamaan(21):

$$\tau = 0,18 \times \sigma$$

$$\tau = 0,18 \times 505 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 9,9 \text{ N/mm}^2$$

**O. Perhitungan Geser dan Tarik Baut**

**a. Dudukan Batang Penyangga Cylinder**

Perhitungan beban total yang diterima pada baut, Adapun perhitungana beban total yang diterima pada baut yaitu sebagai berikut:

Beban Total Baut  
 = {(W Batang Penyangga Cylinder) + (W Cylinder P<sub>1</sub> )}

Beaban Total Baut=(51,25 N + 42,20 N)  
 Beban Total Baut= 9,4 N

untuk menentukan tegangan dapat dihitung menggunakan persaman (19) sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \sigma \times l$$

$$93,45 \text{ N} = \frac{\pi}{4} \times 16^2 \times \tau \times l$$

$$93,45 \text{ N} = 0,785 \times 256 \times \tau \times 2 \text{ b}$$

$$93,45 \text{ N} = 401,92 \times \tau$$

$$\tau = 4,3 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan tegangan tarik pada baut dapat menggunakan persamaan (20) sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \sigma \times l$$

$$93,45 \text{ N} = \frac{\pi}{4} \times 16^2 \times \sigma \times l$$

$$93,45 \text{ N} = 0,785 \times 256 \times \sigma \times l$$

$$93,45 \text{ N} = 200,96 \times \sigma \times l$$

$$\sigma \times l = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai dati tegangan Tarik pada baut adalah 0,46 N/mm<sup>2</sup>.

**b. Dudukan Batang Penyangga Rel dan Bucket.**

Perhitungan beban total yang diterima pada baut, Adapun perhitungana beban total yang diterima pada baut yaitu sebagai berikut:

Beban Total baut  
 = {(W Batang Penyangga Rel Dan B  
 + (W Rel) + (W Roda) + (W Cover Roda)  
 + (W baut M10) + (W Mur M10) + (W B  
 + (W Bearing) + (W Selang Duct Hose))  
 Beban Total Bau = {(6,76 N) + (2,45 N) +  
 (3,22 N) + (2,29 N) + (0,39 N) + (0,082 N) +  
 (84,28) + (0,28 N) + (31,85)

Beban Total Baut = **1,6 N**  
 Jadi beban total yang diterima baut sebesar 99,73  
 Newton, untuk menentukan tegangan geser yang terjadi  
 maka dapat dihitung menggunakan persamaan (19)  
 sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \tau \times n$$

$$131,60 N = \frac{\pi}{4} \times 102 \times \tau \times n$$

$$131,60 N = 0,785 \times 100 \times \tau \times 4 b$$

$$\tau = 314 / 131,60$$

$$\tau = \mathbf{2,3 N/m^2}$$

Dari hasil perhitungan diatas bahwa tegangan  
 geser yang terjadi pada 4 baut yaitu sebesar 3,38 N/mm<sup>2</sup>,  
 dengan ini tegangan geser yang diterima pada setiap  
 baut adalah sebesar 0,84 N/mm<sup>2</sup>. untuk menentukan  
 perhitungan tegangan tarik pada baut dapat  
 menggunakan persamaan (20) sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \sigma$$

$$131,60 N = \frac{\pi}{4} \times 10^2 \times \sigma$$

$$131,60 N = 0,785 \times 100 \times \sigma$$

$$131,60 N = 78,5 \times \sigma$$

$$\sigma = 131,60 / 78,5$$

$$\sigma = \mathbf{1,6 N/m^2}$$

dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai  
 dari tegangan Tarik pada baut adalah 1,67 N/mm<sup>2</sup>.

**c. Dudukan Penyangga Cylinder**

Perhitungan beban total yang diterima pada baut,  
 Adapun perhitunga beban total yang diterima pada baut  
 yaitu sebagai berikut:

Beban Total Baut = (W C P<sub>1</sub>)  
 Beban Total Baut = **4,2 NN**  
 jadi beban total yang diterima baut sebesar 93,45  
 Newton, untuk menentukan tegangan geser yang terjadi  
 pada baut dudukan batang penyangga *Cylinder* jika baut  
 yang digunakan adalah M16 maka dapat dihitung  
 menggunakan persamaan (18) sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \tau \times n$$

$$42,20 N = \frac{\pi}{4} \times 162 \times \tau \times n$$

$$42,20 N = 0,785 \times 256 \times \tau \times 2 b$$

$$42,20 N = 401,92 \times \tau$$

$$\tau = 401,92 / 42,20 N$$

$$\tau = \mathbf{9,5 N/m^2}$$

Dari hasil perhitungan diatas bahwa tegangan  
 geser yang terjadi pada 2 baut yaitu sebesar 9,52 N/mm<sup>2</sup>,  
 dengan ini tegangan geser yang diterima pada setiap  
 baut adalah sebesar 4,76 N/mm<sup>2</sup>. untuk menentukan  
 perhitungan tegangan tarik pada baut dapat  
 menggunakan persamaan (20) sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \sigma$$

$$42,20 N = \frac{\pi}{4} \times 16^2 \times \sigma$$

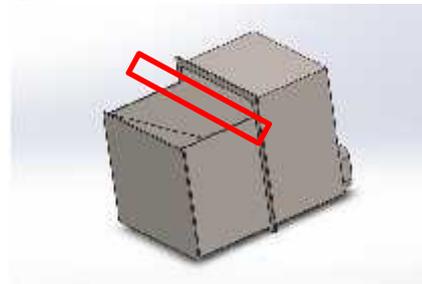
$$42,20 N = 0,785 \times 256 \times \sigma$$

$$\sigma = 42,20 / 200,96$$

$$\sigma = \mathbf{0,2 N/m^2}$$

dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai  
 dari tegangan tarik pada baut adalah 0,20 N/mm<sup>2</sup>.

**P. Perhitungan Kekuatan Sambungan Las Pada Bucket**



Gambar 57. Area Sambungan las

Perhitungan pada komponen ini dilakukan untuk  
 menghubungkan antara plat dengan plat dengan  
 spesifikasi plat panjang 200 mm dan tebal plat 3 mm,  
 dimana metode yang digunakan pada proses pengelasan  
 komponen alat ini adalah sambungan las tipe *transverse  
 fillet welded join (double fillet)*, ketebalan pengelasan  
 yang digunakan pada pengelasan ini yaitu 3 mm.

Jika beban total yang dikenakan pada sambungan  
 las sebesar total berat pengambilan material yaitu 5 kg  
 atau 49,03 Newton. Mekan harus mencari beban  
 maksimal pengelasan untuk mencari beban maksimal  
 pengelasan dapat menggunakan persamaan (18) sebagai  
 berikut:

$$P = 1,414 \times 5 \times 1 \times \sigma + 1,414 \times 5 \times 12 \times \tau$$

$$P = 1,414 \times 3 \times 194 \times 35,62 +$$

$$1,414 \times 3 \times 194 \times 76,94$$

$$P = 29.313,40 N + 63.317,61 N$$

$$P = \mathbf{9.6,0 N}$$

Dari hasil perhitungan diatas beban maksimal  
 pengelasan yaitu sebesar 92.631,01 Newton.

**Q. Menghitung Tegangan Maksimal Sambungan Las Pada Roda Dan Bucket**



Gambar 58. Area Sambungan las

Perhitunga pada komponen ini dilakukan untuk  
 menghubungkan antara roda dengan *bucket* dengan  
 Panjang area las 60 mm dan tebal plat 3 mm, dimana  
 metode yang digunakan pada proses pengelasan  
 komponen alat ini adalah sambungan las tipe *fillet join  
 (parallel fillet)*, ketebalan pengelasan yang digunakan  
 pada pengelasan ini yaitu 3 mm.

Jika beban total yang dikenakan pada sambungan las sebesar total berat pengambilan material yaitu 5 kg atau 49,03 N ditambah dengan massa *bucket* yaitu 84,28 N, jadi beban total yang diterima oleh sambungan las ini sebesar 133,31 N. Maka harus mencari beban maksimal pengelasan untuk mencari beban maksimal pengelasan dapat menggunakan persamaan (18) sebagai berikut:

$$P = 1,414 \times 5 \times 11 \times \sigma + 1,414 \times 5 \times 12 \times \tau$$

$$P = 1,414 \times 3 \times 60 \times 35,62 + 1,414 \times 3 \times 60 \times 76,94$$

$$P = 8.302,44 \text{ N} + 19.582,76 \text{ N}$$

$$P = 27.885,2 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan diatas beban maksimal pengelasan yaitu sebesar 27.885,2 Newton

**R. Menghitung Tegangan Tarik Izin**

Dalam proses pengelasan ini menggunakan jenis elektroda 6013 dimana elektroda tersebut memiliki spesifikasi tegangan tarik sebesar 60 ksi atau 427,425 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk *factor safety* yang digunakan adalah 12. Untuk menghitung tegangan tarik yang diijinkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (22) sebagai berikut:

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

$$\sigma = \frac{427,425 \text{ N/mm}^2}{12}$$

$$\sigma = 35,61875 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui bahwa tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 35,62 N/mm<sup>2</sup>.

**S. Menghitung Tegangan Geser Izin**

Untuk menghitung tegangan tarik yang diijinkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (21) sebagai berikut:

$$\tau = 0,18 \times \sigma$$

$$\tau = 0,18 \times 427,425 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 76,9365 \text{ N/mm}^2$$

**T. Uji Coba Rangkaian Electro Pneumatic**

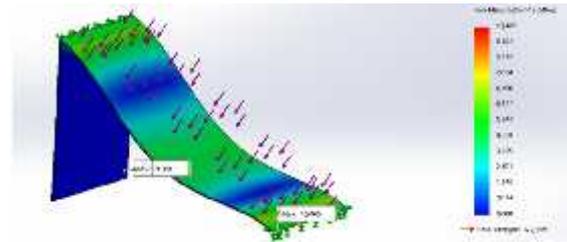
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Uji coba ini dilakukan dengan *software festo fluidsims*. Dimana hasil uji coba menunjukkan seperti pada tabel 2 dan telah berhasil.

Tabel 13. Hasil Uji Coba Rangkaian *Electro Pneumatic*

No	Bagian Yang Diuji	Uji Coba				
		1	2	3	4	5
1	Push button On					
2	Push button Off					
3	Emergency Stop					
4	Timer					

**U. Simulasi Pembebanan Bucket**

Untuk mengetahui besi plat *bucket* yang akan digunakan apakah aman atau tidak maka dilakukan simulasi pembebanan defleksi pada *bucket* menggunakan aplikasi *solidworks*.



Gambar 59. Hasil Simulasi Solidwork

Dengan simulasi *solidworks* menampilkan defleksi yang terjadi pada besi plat *bucket* defleksi yang terjadi yang disimulasikan oleh *solidworks* dengan gaya yang diberikan dari material yang diambil yaitu sebesar 5 kg yang akan diterima besi plat *bucket*, kemudian untuk mengetahui ukuran massa gaya yang akan dipakai uji pembebanan dilakukan penghitungan sebagai berikut :

$$W = m \times g$$

$$W = 5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 49 \text{ N}$$

Jadi perhitungan massa gaya yang didapat yaitu 49 Newton , kemudian dilakukan simulasi pembebanan menghasilkan defleksi sebesar 0,001048 mm. Dengan demikian defleksi yang terjadi lebih kecil dari batas defleksi yang diijinkan (*yield strength*) yaitu 0,01723 mm maka plat *bucket* masih dikategorikan aman.

**IV. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil dari perancangan alat bantu pengambilan sampel material *clinker* berbasis *electro pneumatic* maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan alat bantu pengambilan sampel material *clinker* ini menggunakan *system Bucket* yang digerakan oleh *Cylinder pneumatic* dengan spesifikasi diameter *Cylinder* yaitu 50 mm x 150 mm dengan diameter rod M16 x 1,5, dan menggunakan sistem elektro *pneumatic* dengan memanfaatkan sebuah *timer* yang diatur selama 3 detik untuk pengambilan sampel material *clinker*.
2. Dengan dibuatnya perancangan alat bantu pengambilan sampel material *clinker* berbasis *electro pneumatic* dapat mempermudah *sample man* dalam megambil sampel serta dapat mengurangi potensi bahaya akibat kontak langsung *sample man* dengan sampel material *clinker* saat pengambilan sampel.

Saran yang diberikan berdasarkan perancangan alat bantu pengambilan sampel material *clinker* berbasis *electro pneumatic*

1. Perancangan ini hanya dilakukan dengan menggunakan simulasi *software Solidwork*, sehingga penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan perancangan menggunakan *hardware*.
2. Penelitian selanjutnya dapat membahkan *load cell* maupun sensor lain yang dapat membuat sistem alat bantu pengambilan sampel material *clinker* ini

dapat bekerja secara otomatis dengan menambahkan PLC sebagai sistem otomasinya.

3. Penelitian selanjutnya juga dapat membuat jalur yang otomatis akan membawa sampel material dari tempat pengambilan sampel menuju ke tempat pengujian sampel saat sistem dijalankan

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Renty, M. Puteri, and M. B. Setiadi, "PERANCANGAN ALAT SAMPLING PASIR SILICA DALAM PROSES," pp. 1–5, 2018.
- [2] A. S. Triasmoro, S. Tjahyono, and W. Dwi, "Rancang Bangun Alat Sampling Manual *Clinker*," pp. 309–318, 2019.
- [3] S. M. E. S. Nandiwardana Muhammad Kahfi, "Rancang Bangun Mesin Hot Embossing Pneumatik Planning Build for Hot Embossing Paper," 2016.
- [4] B. R. M. Iqbal Nur Fahmi, Wahyudi, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PELIPAT BAJU DENGAN PENGONTROL SISTEM ELEKTRO PNEUMATIK DAN PLC UNTUK INDUSTRI KONVEKSI 1,a," *J Mater.*, vol. 1, no. 2, pp. 46–55, 2017.
- [5] R. Destu, "Pembuatan Alat Peraga Pneumatik Dengan Sistem Kontrol Elektropneumatik," 2015.
- [6] B. Parapak, C. Balance, A. Of, D. Rate, and M. Brachytherapy, "ANALISIS KESEIMBANGAN KONSTRUKSI," vol. 8, no. November, pp. 89–93, 2011.
- [7] F. T. P. H. Yuke Lutfi Bahtiar, "Mesin pengepres plastik dengan sistem penggerak pneumatik," 2018.
- [8] N. Gusnita and K. S. Said, "Analisa Efisiensi dan Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Alsthom Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Kapasitas 20 Mw," *Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 14, no. 2, pp. 209–218, 2017.
- [9] E. Septianto, M. Krisnawati, U. Jenderal, and S. Purwokerto, "DESAIN LAYOUT OPEN YARD STORAGE BATUBARA Eko Septianto, Maria Krisnawati Program Studi D3 Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto," pp. 39–48, 2013.
- [10] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *Machine Design*, 5th ed., no. I. New Delhi: Eurasia Publishing House, 2005.
- [11] A. R. Sukma and A. Ramadhan, "Modifikasi Lorry Sebagai Alat Pengangkut Bead Finish Di Area Bead Grommet Plant D&K PT GTR," Politeknik Gajah Tunggal, 2019.
- [12] N. P. Aryana G. Adi, Dewi, "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS VIDEO ANIMASI SOFTWARE SOLIDWORKS 2014 DAN ADOBE FLASH CS3 PADA MATA PELAJARAN TEKNOLOGI DASAR

OTOMOTIF ( TDO )," vol. 7, no. 3, pp. 99–110, 2019.