TUGAS AKHIR – VM 180629

PERENCANAAN MESIN SANGRAI KERUPUK PASIR TINJAUAN TERHADAP MODE GERAK *CATARACTING*

PRAYOGI FAJAR MUKTI
NRP 10211500000011

Dosen Pembimbing
Ir. Nur Husodo, M.S.
NIP 19610421 198701 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

TUGAS AKHIR – VM 180629

PERENCANAAN MESIN SANGRAI KERUPUK PASIR TINJAUAN TERHADAP MODE GERAK *CATARACTING*

PRAYOGI FAJAR MUKTI
NRP 10211500000011

Dosen Pembimbing
Ir. Nur Husodo, M.S.
NIP 19610421 198701 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

FINAL PROJECT – VM 180629

SAND FRYING CRACKER MACHINE DESIGN WITH OBSERVATION THE CATARACTING MOTION

PRAYOGI FAJAR MUKTI
NRP 10211500000011

COUNSELLOR LECTURER
Ir. Nur Husodo, M.S.
NIP 19610421 198701 1 001

INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty Of Vocational
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN MESIN SANGRAI KERUPUK PASIR TINJAUAN TERHADAP MODE GERAK *CATARACTING*

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada Bidang Studi Manufaktur
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
PRAYOGI FAJAR MUKTI
NRP. 10211500000011

Disetujui oleh :

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

Ir. Nur Husodo, M.S.
NIP. 19610421 198701 1 001

Surabaya, Januari 2019

Scanned by CamScanner

PERENCANAAN MESIN SANGRAI KERUPUK PASIR TINJAUAN TERHADAP MODE GERAK *CATARACTING*

Nama Mahasiswa : Prayogi Fajar Mukti
NRP : 10211500000011
Jurusan : Departemen Teknik Mesin Industri
Dosen Pembimbing : Ir. Nur Husodo, M.S.

ABSTRAK

Seiring dengan kemajuan teknologi, UKM kerupuk pasir dimana dalam proses produksi sudah menggunakan mesin penyangraian. Dalam proses penyangraian kerupuk menggunakan media pasir, mesin yang memiliki tungku penyangraian yang berbentuk silinder diperlukan suatu perencanaan kecepatan putaran tungku tertentu agar pasir dan kerupuk terjadi kontak secara terus. Desain mesin yang digunakan di UKM terbilang sederhana dimana panas proses sangrai terbuang ke lingkungan sekitar mesin sehingga operator mesin juga merasakan panas secara langsung dari proses sangrai. Maka dilakukan perencanaan mesin sangrai kerupuk pasir yang disesuaikan dengan kondisi UKM.

Dalam merencanakan mesin sangrai yang dilakukan adalah dimulai dengan observasi mesin di UKM dan observasi mesin yang sudah dibuat pada Tugas Akhir sebelumnya. Kemudian, dilanjutkan membuat desain mesin dengan konsep yang sudah ditentukan agar dapat digunakan oleh semua golongan UKM. Lalu, merencanakan mode gerak cataracting serta percobaan mode gerak.

Hasil perencanaan ini didapatkan mesin sangrai kerupuk dengan ulir pada tungku penggorengan dilengkapi pembalik putaran serta tempat penjemuran kerupuk. Untuk menghasilkan mode gerak cataracting diperlukan $n < 44{,}16$ rpm. Hasil perhitungan percobaan mode gerak dengan silinder berdiameter 320 mm dan tinggi 400 mm serta media pasir dengan massa 1 Kg didapat mode gerak cataracting pada $n < 55{,}71$ rpm yaitu pada

kecepatan 52,1 rpm. Mode gerak centrifuging pada kecepatan 141,9 rpm.

Kata Kunci : Kerupuk pasir, ulir, pembalik putaran, mode gerak cataracting

SAND FRYING CRACKER MACHINE DESIGN WITH OBSERVATION THE CATARACTING MOTION

Name of Student : Prayogi Fajar Mukti
NRP : 10211500000011
Departement : Industrial Mechanical Engineering
Counsellor Lecturer : Ir. Nur Husodo, M.S.

ABSTRACT

Along with technological advances, the sand cracker home industry where in the production process has been using a sand frying machine. In the process of roasting crackers using machine and sand as a media of roasting which has a cylindrical furnace, it is necessary to plan the rotation speed of the furnace so that the sand and crackers occur in direct contact. The design of the machine used is fairly simple where the heat frying process is wasted into the environment around the machine so the operator also feels heat directly from the frying process. Then, machine planning is needed.

The first step to planning the machine is doing observation in the UKM and machine observations that have been made in the previous Final Project. Then, it was continued to design machines with a predetermined concept that could be used by all UKM groups. Then, planning the cataracting motion and motion mode experiments.

The results of this plan obtained sand frying machine with screw on a frying pan equipped with a rotating turnover and drying place for crackers. To produce a cataracting motion mode it is required $n < 44.16$ rpm. The calculation results of the motion mode experiment with cylinders with a diameter of 320 mm and a height of 400 mm and sand media with a mass of 1 Kg obtained the cataracting motion mode at $n < 55.71$ rpm which is at a speed of 52 rpm. Centrifuging mode at speed of 141,9 rpm.

Keywords : Sand chips, threads, turnover for rotation, cataracting motion

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul:

"Perencanaan Mesin Sangrai Kerupuk Pasir Tinjauan Terhadap Mode Gerak *Cataracting* "

Tugas akhir ini merupakan persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Teknik Mesin Industri ITS sesuai untuk menyelesaikan studinya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan tentunya dengan dukungan dan bantuan banyak pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Ir. Nur Husodo, MSc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, motivasi dan nasihat.
2. Bapak Ir.Joko Sarsetiyanto, MT selaku dosen wali yang telah memberi arahan dari awal masuk kuliah hingga akhir masa studi.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, M.Sc sekalu Koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
5. Dosen dan karyawan Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
6. Bapak Ainul Yakin selaku pemiliki *Home Industry* UD. AYRYN JAYA (085100034381) yang berlokasi di Desa Tlasih, RT 02/RW 01, Kec. Tulangan, Sidoarjo Jawa Timur sebagai tempat observasi untuk Tugas Akhir ini.
7. Orang tua, dan kakak beserta keluarga lainya yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, arahan dan nasihat bagi penulis.
8. Pakde Kadir dan Budhe Tutik yang telah banyak membantu dalam hal apapun.

9. Syaiful Purwanto dan Muhammad Nur Kholis yang telah mengizinkan penulis untuk melanjutkan Tugas Akhirnya serta membantu dalam hal saran-saran.
10. Mandor, Tambi, Gudel, Wicak, Medan, Bakir, Botol, Fikri, dan Mbah atas bantuannya selama melakukan percobaan.
11. Teman-teman seperjuangan D3MITS angkatan 2015 yang selalu bisa menghadirkan tawa dalam kesulitan.
12. Serta semua pihak yang tak mungkin saya sebutkan satu persatu saya ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.

Penulis menyadari bahwa buku tugas akhir ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan dari penulis. Untuk itu kritik, saran, dan masukan yang membangun sangat diharapkan demi kebermanfaatan buku tugas akhir ini

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Tinjauan Pustaka 5
2.2 Komponen Penyusun Mesin Penyangraian 6
2.3 Konduktivitas Thermal Bahan 17
2.4 Perencanaan Mode Gerak Pada Pasir 18
2.4.1 Persamaan Mode Gerak *Cataracting*..... 22

BAB III METODOLOGI 25
3.1 Diagram Alir (*Flowchart)* 25
3.2 Gambar Desain Perencanaan 27
3.3 Cara Kerja Mesin Penyangraian Kerupuk Pasir 28

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN 31
4.1 Desain Mesin Sangrai Kerupuk Pasir 31
4.2 Menentukan Kecepatan Rotasi Tungku 32
4.2.1 Menentukan Nilai R 33
4.2.2 Menentukan Kecepatan Putaran Tungku 37

4.3 Percobaan Mode Gerak 39
4.3.1 Metode Percobaan 39
4.3.2 Menghitung Kecepatan Putaran Tungku 39
4.3.3 Hasil Percobaan 45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 49
5.1 Kesimpulan 49
5.2 Saran 50

DAFTAR PUSTAKA..... 51

LAMPIRAN..... 53

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tungku Penyangraian	6
Gambar 2.2	Motor Sinkron	7
Gambar 2.3	Motor Induksi	8
Gambar 2.4	*Roller* Penyangga	8
Gambar 2.5	Ulir pada Tungku Penyangraian	9
Gambar 2.6	*Glasswool*	10
Gambar 2.7	*Cam Starter*	10
Gambar 2.8	Poros	11
Gambar 2.9	Pasak	13
Gambar 2.10	*Gearbox Reducer*	13
Gambar 2.11	Bantalan	14
Gambar 2.12	Komponen Bantalan Gelinding	15
Gambar 2.13	Transmisi Rantai dan Sproket	17
Gambar 2.14	Enam Mode Gerak pada Silinder Berotasi	18
Gambar 2.15	Permainan Hamster	19
Gambar 2.16	*Rotary Kiln*	19
Gambar 2.17	*Raw Mill*	20
Gambar 2.18	Mesin Pencampur Semen	21
Gambar 2.19	Mesin Pengering Pakaian	21
Gambar 2.20	Diagram Benda Bebas Pasir dengan Sudut Kemiringan α	22
Gambar 2.21	Diagram Benda Bebas Pasir Dalam Silinder Berotasi dengan Kecepatan Sudut ω	23
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2	Desain Perencanaan	27
Gambar 3.3	Mesin Sangrai Kerupuk	28
Gambar 4.1	Hasil Desain Mesin	31
Gambar 4.2	Membuat Pola Silinder	33
Gambar 4.3	Hasil Silinder	33
Gambar 4.4	Silinder dengan Kemiringan 5°	34
Gambar 4.5	Membuat Pola Pasir	34
Gambar 4.6	Hasil Pasir pada Silinder	35
Gambar 4.7	Pengaturan *Centre of Mass*	35

Gambar 4.8 *Centre of Mass* pada Silinder 36
Gambar 4.9 Mencari Nilai R 36
Gambar 4.10 Diagram Benda Bebas Pasir (Perencanaan) . 37
Gambar 4.11 Diagram Benda Bebas Pasir (Percobaan)..... 39
Gambar 4.12 Membuat Pola Silinder 40
Gambar 4.13 Hasil Silinder 40
Gambar 4.14 Silinder dengan Kemiringan 5° 41
Gambar 4.15 Membuat Pola Pasir..... 41
Gambar 4.16 Hasil Pasir pada Silinder 42
Gambar 4.17 Pengaturan *Centre of Mass*..... 42
Gambar 4.18 *Centre of Mass* pada Silinder 43
Gambar 4.19 Mencari Nilai R 43
Gambar 4.20 Hasil Percobaan (*Cataracting*)..... 45
Gambar 4.21 Pengukuran Kecepatan (*Cataracting*) 46
Gambar 4.22 Hasil Percobaan (*Centrifuging*)..... 47
Gambar 4.23 Pengukuran Kecepatan (*Centrifuging*) 47

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerupuk pasir merupakan produk olahan kerupuk dimana dalam proses penggorengannya menggunakan pasir sebagai media kontak penghantar panas. Kerupuk pasir dikenal luas oleh seluruh kalangan masyarakat karena kerupuk ini lebih menyehatkan jika dibanding dengan olahan kerupuk yang dimasak menggunakan minyak. Kerupuk pasir juga lebih awet jika dibanding dengan kerupuk yang dimasak menggunakan minyak. Dalam proses penggorengan kerupuk menggunakan minyak mengalami penyerapan minyak sebesar 18% (*Soekarto, 1997*). Sedangkan untuk penggorengan bahan berpati mengalami penyerapan minyak sebsar 15% (*Supriyanto, 2007*). Hal ini menyebabkan olahan yang digoreng menggunakan minyak menjadi mudah tengik jika dalam penyimpanannya terjadi kontak dengan oksigen (*Siswantoro, 2008*). Selain itu, media penghantarnya (pasir) mudah untuk dididapat dengan harga yang terjangkau.

Saat ini banyak UKM kerupuk yang memilih kerupuk pasir sebagai produk utama. Sebagai contoh adalah beberapa UKM yang terdapat di Desa Tlasih, Kec. Tulangan, Sidoarjo Jawa Timur. Berdasarkan pengamatan yang penulis lakukan, dalam proses produksi kerupuk pasir terdapat dua variasi mesin sangrai yang digunakan yaitu menggunakan tenaga penggerak manusia dan motor listrik. Media pemanas yang digunakan kedua mesin untuk memanaskan tungku sangrai adalah LPG. Untuk mendapatkan kerupuk yang matang sempurna diperlukan gerakan pasir yang selalu kontak dengan kerupuk dimana untuk mendapatkan gerakan pasir yang diinginkan diperlukan kecepatan putaran tungku tertentu sehingga diperlukan perencanaan kecepatan putaran tungku tersebut. Selain itu, Untuk mengoperasikan mesin operator harus berada di depan mesin untuk proses memasukkan kerupuk mentah dan mengeluarkan kerupuk yang sudah matang, dimana

posisi tersebut mengakibatkan operator juga merasakan panas dari mesin selama proses penyangraian.

Oleh karena itu, untuk mendapatkan putaran tungku yang dapat mengakibatkan kontak antara kerupuk dengan pasir secara terus menerus serta untuk meminimalisir panas yang diterima oleh operator dan memudahkan proses *unloading* selama proses penyangraian, dilakukan perencanaan mesin penyangraian kerupuk pasir dengan tenaga penggerak motor dilengakapi dengan ulir pada tungku penyangraian berfungsi untuk proses *unloading* kerupuk matang. Disamping itu, panas dari proses penyangraian dimanfaatkan untuk proses penjemuran kerupuk dengan menambahkan tempat penjemuran diatas mesin penyangraian. Harapannya proses penyangraian kerupuk menjadi praktis dan operator lebih nyaman serta mudah dalam mengoperasikan mesin serta proses penjemuran kerupuk tidak hanya bergantung pada sinar matahari.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam Tugas Akhir Perencanaan Mesin Sangrai Kerupuk Pasir antara lain :

1. Bagaimana desain perencanaan mesin sangrai kerupuk yang dapat diterapkan di UKM untuk mengatasi permasalahan yang ada?
2. Mode gerak apa yang cocok digunakan untuk proses penyangraian kerupuk dengan pasir?
3. Berapakah kecepatan putaran tungku yang diperlukan untuk mendapatkan mode gerak tersebut?

1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan desain perencanaan mesin sangrai kerupuk yang dapat mengatasi permasalahan yang ada.
2. Untuk mengetahui mode gerak yang cocok digunakan untuk proses penyangraian kerupuk dengan pasir.
3. Untuk mengetahui kecepatan putaran tungku yang diperlukan untuk mendapatkan mode gerak tersebut?

1.4 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini diperlukan batasan masalah untuk memperkecil ruang lingkup dan mempermudah menganalisa masalah agar pembahasan tidak meluas antara lain :

1. Massa pasir yang digunakan sebagai media kontak dengan kerupuk adalah 3 Kg (proses perencanaan).
2. Massa pasir yang digunakan sebagai media kontak dengan kerupuk adalah 1 Kg (proses percobaan).
3. Proses analisa mode gerak *cataracting*, tungku diasumsikan tegak lurus sumbu vertikal.
4. Perhitungan mode gerak hanya difokuskan pada mode gerak *cataracting.*
5. Tidak dilakukan perhitungan pada batas bawah mode gerak cataracting yaitu mode gerak *slipping.*
6. Perpindahan panas tidak dihitung.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini memuat latar belakang masalah, rumusan masalah yang akan dibahas, tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan

BAB 2 DASAR TEORI

Pada bab ini dijelaskan tentang teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang diangkat dalam tugas akhir dan berfungsi sebagai pedoman agar penulisan tidak menyimpang dari tujuan awal.

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini memuat langkah-langkah yang akan ditempuh dalam perencanaan ulang mesin penggorengan kerupuk dan diagram alir penulisan tugas akhir.

BAB 4 HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dipaparkan perhitungan daya motor yang diperlukan dan gaya-gaya yang bekerja pada mesin penggorengan kerupuk.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini memuat kesimpulan singkat tentang hasil perhitungan yang diperoleh sesuai dengan tujuan Tugas Akhir yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa tinjauan pustaka yang dipakai dalam merencanakan mesin penyangraian kerupuk pasir ini antara lain sebagai berikut : Syaiful Purwanto dan Muhammad Nur Kholis (2018) " Alat Penggorengan Kerupuk Pasir dengan *Screw* Dilengkapi Pembalik Putaran " digerakkan oleh motor 1 HP dengan putaran 38.5 rpm. Kapasitas penggorengan kerupuk 16 Kg/jam. Dengan dimensi mesin 950 x 1850 x 1750. Ditinjau dari dimensi mesin penggorengan ini terlihat bahwa ukurannya terlalu besar jika dipakai untuk UKM menengah kebawah sehingga memerlukan tempat yang cukup besar.

Steven dan Agung Prijo Budijono (2015) " Rancang Bangun Mesin Penggoreng Kerupuk Pasir Semi Otomatis Dilengkapi Pengatur Suhu" digerakkan oleh motor 0.5 HP. Kapasitas yang dihasilkan 50 Kg/jam. Dengan dimensi mesin 580 x 1300 x 1100. Ditinjau dari desain mesin penyangraian ini tempat pemanasan tungku menggunakan kompor gas dibiarkan terbuka sehingga panas dari proses pemanasan akan menimbulkan hawa panas di sekitar tempat penyangraian. Selain itu, pemanasan dari tungku penyangraian akan menjadi kurang maskimal karena tidak adanya ruangan yang dapat menjaga panas tetap didalam area tungku penyangraian.

Berdasarkan tinjauan diatas maka dilakukan perencanaan mesin penyarangraian kerupuk dengan ulir penggerak pada tungku dengan tenaga penggerak berupa motor listrik dilengkapi pembalik putaran menggunakan *cam starter*. Dengan dimensi mesin 736 x 1022 x 1200 memiliki ruang pemanasan tungku dengan kompor gas yang didesain tertutup sehingga hawa panas disekitar mesin akibat proses pemanasan tungku dapat diminimalisir. Selain itu, panas yang tetap terjaga didalam ruang pemanasan tungku dapat dimanfaatkan untuk proses penjemuran kerupuk dengan menambahkan tempat penjemuran kerupuk pada bagian atas mesin

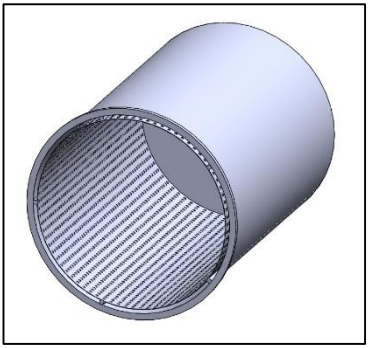
sehingga proses penjemuran kerupuk tidak hanya bergantung pada matahari. Harapannya proses penyangraian kerupuk menjadi praktis dan operator lebih nyaman serta mudah dalam mengoperasikan mesin. Selain itu, dari hasil perencanaan ini dapat direalisasikan wujud mesinnya dan dapat diterapkan di UKM penyangraian kerupuk pasir.

2.2 Komponen Penyusun Mesin Penyangraian

Beberapa komponen utama yang terdapat pada mesin penyangraian kerupuk pasir adalah sebagai berikut :

1. Tungku penyangraian

Tungku penyangraian berbentuk tabung yang merupakan tempat proses penyangraian kerupuk berlangsung. Terdiri dari dua lapis dimana lapisan dalam yang kontak dengan kerupuk terbuat dari stainless steel agar tidak mudah berkarat sehingga aman jika digunakan untuk menyangrai kerupuk sedangkan bagian luar terbuat dari baja.



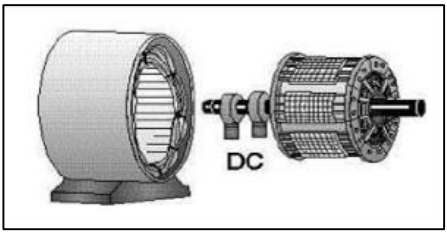
Gambar 2.1 Tungku Penyangraian

2. Motor Listrik

Motor listrik yang digunakan sebagai tenaga penggerak pada mesin penyangraian ini adalah motor AC. Motor AC sendiri terbagi atas motor sinkron dan motor induksi. Berikut adalah sedikit penjelasannya :

a. Motor Sinkron

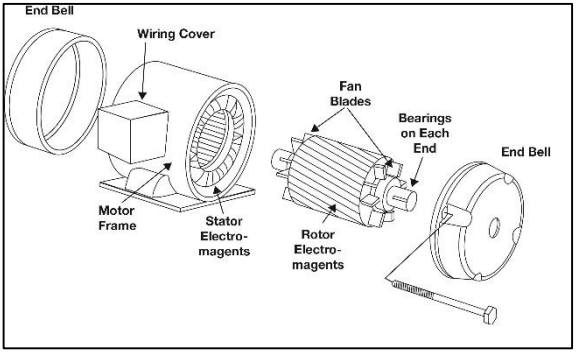
Motor sinkron adalah motor AC yang bekerja pada kecepatan tetap pada sistim frekwensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torsi awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistim yang menggunakan banyak listrik.



Gambar 2.2 Motor Sinkron

b. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.



Gambar 2.3 Motor Induksi

3. *Roller* Penyangga Tungku

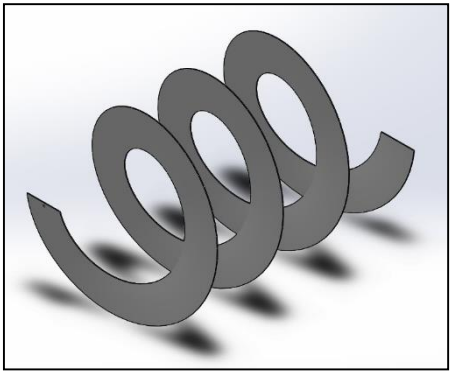
Roller yang dipakai merupakan *roller* yang sering dipakai pada pagar rumah untuk menyangga tungku penyangraian yang berputar. *Roller* ini mempunyai bentuk U *groove* disesuaikan dengan yang terdapat dipasaran.

Gambar 2.4 Roller Penyangga

4. Ulir Penggerak

Ulir penggerak digunakan untuk meneruskan gerakan secara halus dan merata, disamping itu juga untuk menghasilkan gerakan linear yang berasal dari gerakan rotasi. Kinematika ulir penggerak sama dengan mur dan baut, bedanya terletak pada bentuk geometrisnya. Ulir penggerak mempunyai geometris yang

aplikasinya untuk menghasilkan gerakan oleh karena itu ulir penggerak termasuk alat penggerak (*motion devices*), sedangkan mur-baut mempunyai geometris yang aplikasinya sebagai pengikat dua bagian benda (*as fastening devices*). Ulir pada mesin penyangraian ini berfungsi untuk proses *unloading* (proses mengeluarkan kerupuk yang sudah matang dari tungku penyangraian).



Gambar 2.5 Ulir pada Tungku Penyangraian

5. *Glasswool*

Glasswool disini berfungsi sebagai peredam panas akibat dari proses sangrai kerupuk yang berasal dari kompor berbahan bakar LPG. Dengan adanya *glasswool* ini diharapkan panas proses sangrai tetap terjaga di dalam mesin yang didesain tertutup menggunakan plat dan tidak terbuang ke lingkungan sekitar mesin sehingga operator merasa nyaman ketika menjalankan proses sangrai kerupuk.

Gambar 2.6 *Glasswool*

6. *Cam Starter*

Cam starter atau lebih dikenal sebagai saklar *handle* yang digunakan adalah jenis DPDT (*Double Pole Double Throw*). DPDT adalah jenis saklar yang digunakan untuk memindahkan 2 arus listrik pada dua sambungan sekaligus. Cara kerjanya sama dengan saklar tukar. Namun, terdapat kelebihan jika dibanding dengan saklar tukar yaitu pada DPDT terdapat posisi dimana kontak hubung tidak terhubung pada bagian kontak penghubung lain atau posisi *off*.

Gambar 2.7 Cam Starter

7. Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros. Poros untuk meneruskan daya dibagi menjadi beberapa macam menurut pembebanannya sebagai berikut :

a. Poros Transmisi

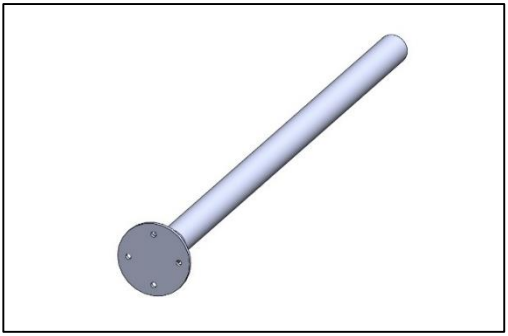
Poros macam ini mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk, atau sproket rantai.

b. Spindel

Poros spindel merupakan poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut spindel. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

c. Gandar

Poros seperti yang dipasang diantara roda-roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang tidak boleh berputar, disebut gandar. Gandar ini hana mendapat beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga.



Gambar 2.8 Poros

Dalam merencanakan poros harus meperhatikan hal-hal sebagai berikut :

a. Kekuatan Poros

Suatu poros dapat mengalami beban puntir atau lentur atau gabungan antara puntir dan lentur. Juga ada poros yang mendapat beban tarik atau tekan seperti poros baling-baling kapal atau turbin, dll. Sebuah poros harus direncanakan dengan baik hingga cukup kuat untuk menahan beban-beban yang terjadi.

b. Kekakuan Poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup besar, tetapi jika lenturan puntirannya terlalu besar akan mengakibatkan getaran dan suara (contoh pada turbin dan kotak roda gigi). Karena itu,kekuatan poros terhadap puntir juga diperhatikan dan sdisesuaikan dengan macam beban mesin yang akan ditopang poros tersebut.

c. Putaran Kritis

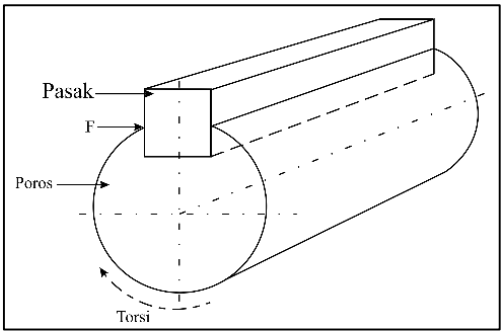
Putaran kritis yaitu ketika putaran mesin dinaikkan dan terjadi getaran yang cukup besar. Oleh sebab itu poros harus direncanakan sedemikian rupa sehingga putaran poros lebih rendah dari putaran kritis.

d. Korosi

Bahan–bahan yang dipilih yakni yang bersifat tidakkorosif karena ini akan menyebabkan kekuatan pada poros melemah karena korosi/karat dan memperpendek umur komponen.

8. Pasak

Seperti halnya baut dan sekrup, pasak digunakan untuk membuat sambungan yang dapat dilepas yang berfungsi untuk menjaga hubungan putaran relatif antara poros dengan elemen mesin yang lain seperti : roda gigi, *pulley*, *sprocket*, impeller dan lain sebagainya.



Gambar 2.9 Pasak

9. *Gearbox*

Gearbox merupakan suatu peralatan yang dipergunakan dalam menggerakan mesin camshaft pada putaran tertentu. *Gearbox* berfungsi mengubah torsi dan kecepatan yang dihasilkan motor penggerak. *Gearbox* bekerja dengan cara mengurangi besar putaran atau dengan menambah putaran yang berasal dari motor. Dalam perencanaan mesin penyangraian ini digunakan *gearbox reducer* yang berfungsi untuk mengurangi besarnya putaran dari motor listrik.

Gambar 2.10 *Gearbox Reducer*

10. Bantalan

Bantalan (*bearing*) adalah elemen mesin yang digunakan untuk menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak balik dari poros dapat berlangsung secara halus, aman, dan berumur panjang.

Gambar 2.11 Bantalan

Bantalan diklasifikasikan menjadi beberapa jenis antara lain sebagai berikut :

a. Bantalan Luncur

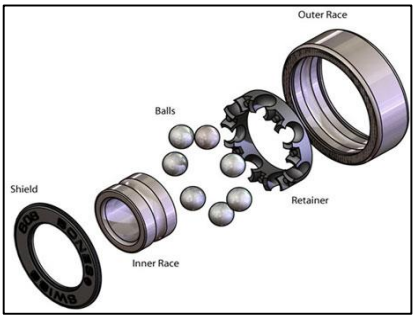
Bantalan luncur mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban yang besar. Bantalan ini memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dibuat dan dipasang dengan mudah. Bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar karena gesekannya yang besar pada waktu mulai jalan. Pelumasan pada bantalan ini tidak begitu sederhana, gesekan yang besar antara poros dengan bantalan menimbulkan efek panas sehingga memerlukan suatu pendinginan khusus. Dengan adanya lapisan pelumas, bantalan ini dapat meredam tumbukan dan getaran sehingga hampir tidak bersuara. Tingkat ketelitian yang diperlukan tidak setinggi bantalan gelinding sehingga harganya lebih murah.

b. Bantalan Gelinding

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum dan rol bulat. Bantalan gelinding pada umumnya lebih cocok untuk beban kecil daripada bantalan luncur. Tergantung pada bentuk elemen gelindingnya. Putaran pada bantalan ini dibatasi oleh gaya sentrifugal yang timbul pada elemen gelinding tersebut.

Karena konstruksinya yang sukar dan ketelitian yang tinggi maka bantalan gelinding hanya dapat dibuat oleh pabrik-pabrik tertentu saja. Adapun harganya pada umumnya lebih mahal daripada bantalan luncur. Untuk menekan biaya pembuatan serta memudahkan pemakaian, bantalan gelinding diproduksikan menurut standar dalam berbagai ukuran dan bentuk.

Keunggulan bantalan ini dalah pada gesekannya yang rendah. Pelumasannya pun sangat sederhana cukup dengan gemuk, bahkan pada macam yang memakai sil sendiri tidak perlu pelumasan lagi. Meskipun ketelitiannya sangat tinggi namun karena adanya gerakan elemen gelinding dan sankar, pada putaran tinggi bantalan ini agak gaduh dibandingkan dengan bantalan luncur. Pada waktu memilih bantalan, ciri masing-masing masih harus dipertimbangkan sesuai dengan pemakaian, lokasi dan macam beban yang akan dialami.



Gambar 2.12 Komponen bantalan gelinding

11. Rantai dan Sproket

Sproket adalah roda gigi yang berpasangan dengan rantai, track atau benda panjang yang bergerigi lainnya. Sproket berbeda dengan roda gigi, sproket tidak pernah bersinggungan dengan sproket lainnya dan tidak pernah cocok. Sproket juga berbeda dengan pulley dimana sproket memiliki gigi, sedangkan pulley pada umumnya tidak memiliki gigi.

Rantai adalah elemen transmisi daya yang tersusun sebgai sebuah deretan penghubung dengan sambungan pena. Rancangan ini menyediakan fleksibilitas selain itu jug memungkinkan rantai mentransmisikan gaya tarik yang besar. Ketika mentransmisikan daya antara poros-poros yang berputar. Rantai berhubungan terpadu dengan roda bergerigi yang diseut sproket.

Pada umumnya roda gigi memiliki beberapa jenis antara lain sebagai berikut :

a. *Spur gear*

Spur gear merupakan roda gigi paling sederhana yang terdiri dari silinder dengan gigi-gigi yang terbentuk secara radial. Ujung roda gigi-gigi lurus dan tersusun paralel terhadap aksisi rotasi. Roda gigi ini hanya bisa dihubungkan secara paralel.

b. *Helix gear*

Roda gigi yang ujung roda gigi-giginya tersusun miring pada derajat tertentu, gigi-gigi yang bersudut menghasilkan pergerakan roda gigi menjadi halus dan sedikit getaran

c. *Bevel gear*

Roda gigi yang ujung roda gigi-giginya berbentuk seperti kerucut terpotong. *Bevel gear* dapat berbentuk lurus seperti *spur gear* atau spiral seperti *helix gear*. Keuntungan menggunakan *bevel gear* oergerakan roda gigi halus dan sedikit getaran.

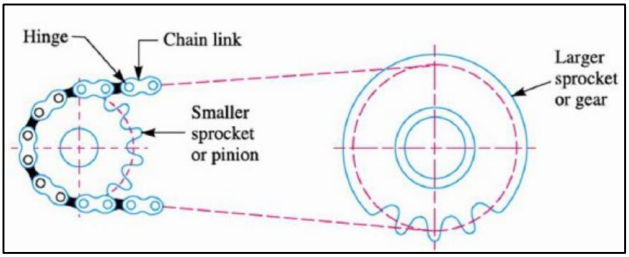
d. *Worm gear*

Bentuk dari *worm gear* menyerupai *screw* berbatang yang dipasangkan dengan *spur gear*. *Worm gear* pada umumnya digunakan untuk mendapatkan rasio torsi yang

tinggi dan kecepatan rendah. Kerugian menggunakan *worm gear* adalah adanya gesekan yang menyebabkan efisiensi rendah sehingga membutuhkan pelumasan.

e. *Pinion gear*

Pasangan *pinion gear* terdiri dari roda gigi yang disebut pinion dan batang bergerigi yang disebut *rack.* Perpaduan *rack* dan *pinion* menghasilkan mekanisme transmisi torsi yang berbeda, ketika *pinion* berputar, *rack* akan bergerak lurus. Mekanisme ini digunakan pada beberapa jenis kendaraan untuk mengubah rotasi dari setir kendaraan menjadi pergerakan ke kanan dan ke kiri dari *rack* sehingga roda berubah arah.



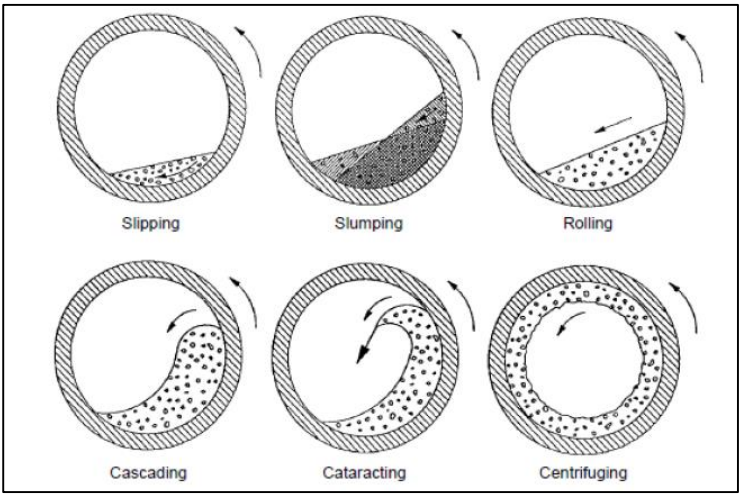
Gambar 2.13 Transmisi Rantai dan Sproket

2.3 Konduktivitas Thermal Bahan

Nilai kondukitivitas thermal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Konduktivitas thermal kebanyakan bahan merupakan fungsi suhu, dan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering kali diabaikan. Jika nilai konduktivitas thermal suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, bahan yang harga *k*-nya besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila *k*-nya kecil bahan tersebut merupakan isolator. (Lampiran 1. Konduktivitas Thermal Bahan)

2.4 Perencanaan Mode Gerak pada Pasir

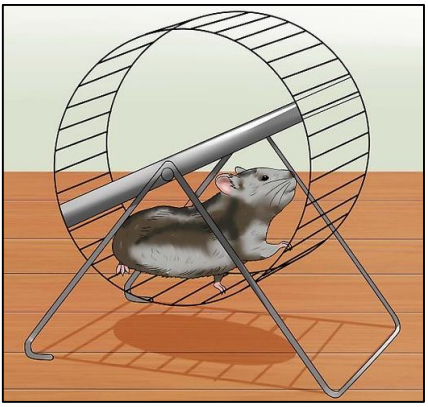
Suatu partikel butiran yang terdapat pada silinder yang berputar vertikal akan mengalami bentuk gerakan yang berbeda-beda ketika silinder berputar. Tergantung pada kecepetan rotasi silinder, gesekan pada dinding silinder, dan jumlah partikel butiran yang ada dalam silinder tersebut. Bentuk keadaan ini terdiri dari enam mode gerakan yaitu :



Gambar 2.14 Enam Mode Gerakan pada Silinder yang Berputar Vertikal

Pada gambar 2.14 teradapat enam mode gerakan yang terjadi pada silinder yang berputar vertikal dimana perubahan mode gerak diurutkan secara alphabet berdasarkan penambahan kecepatan putaran silinder dan gesekan pada dinding silinder. Enam mode gerakan tersebut yaitu :

1. *Slipping*
   Terjadi ketika sejumlah material secara keseluruhan tergelincir terhadap dinding silinder. Contoh penerapan mode gerak slipping ini adalah pada permainan hamster.



Gambar 2.15 Permainan Hamster

2. *Slumping*
   Terjadi ketika sebagian dari sejumlah material pada sisi bagian atas runtuh ke bagian bawah sehingga permukaan partikel kembali rata. Contoh penerapan mode gerak ini adalah pada *rotary kiln* yang merupakan sebuah perangkat *pyroprocessing* yang digunakan untuk menaikkan material sampai pada suhu tinggi (kalsinasi) dalam suatu proses berkelanjutan.

Gambar 2.16 *Rotary Kiln*

3. *Rolling* (bergulir)
   Terjadi ketika partikel bergilir naik dan turun dengan permukaan butiran yang rata. Contoh mode gerak *rolling* juga terjadi pada *rotary kiln.*
4. *Cascading*
   Terjadi ketika rotasi tinggi dimana partikel terjun atau memancar ke bawah permukaan yang kosong. Contoh penerapan mode gerak ini adalah pada mesin *raw mill* dimana dibutuhkan gerakan penumbukan bola baja terhadap material yang ingin dihaluskan.

Gambar 2.17 *Raw Mill*

5. *Cataracting*
   Mode gerakan *cataracting* ini terjadi antara keadaan *cascading* dan *centrifuging*. Contoh penerapan mode gerak ini adalah pada mesin sangrai kerupuk, mesin cuci pakaian, mesin pencampur semen dan juga diperlukan pada mesin *raw mill.*

Gambar 2.18 Mesin Pencampur Semen

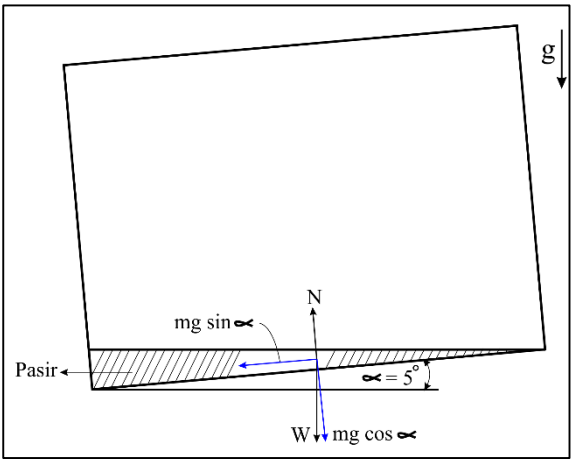
6. *Centrifuging*
   Terjadi pada kecepatan kritis dan kecepatan tinggi, semua material berotasi dengan dinding silinder. Contoh penerapan mode gerak ini adalah pada mesin pengering pakaian.

Gambar 2.19 Mesin Pengering Pakaian

Dalam perencanaan mode gerak pasir ini diperlukan mode gerak *cataracting* sehingga pasir sebagai media kontak penggorengan dengan kerupuk terjadi kontak langsung secara terus menerus ketika tungku penyangraian berotasi.

2.4.1 Persamaan Mode Gerak *Cataracting*

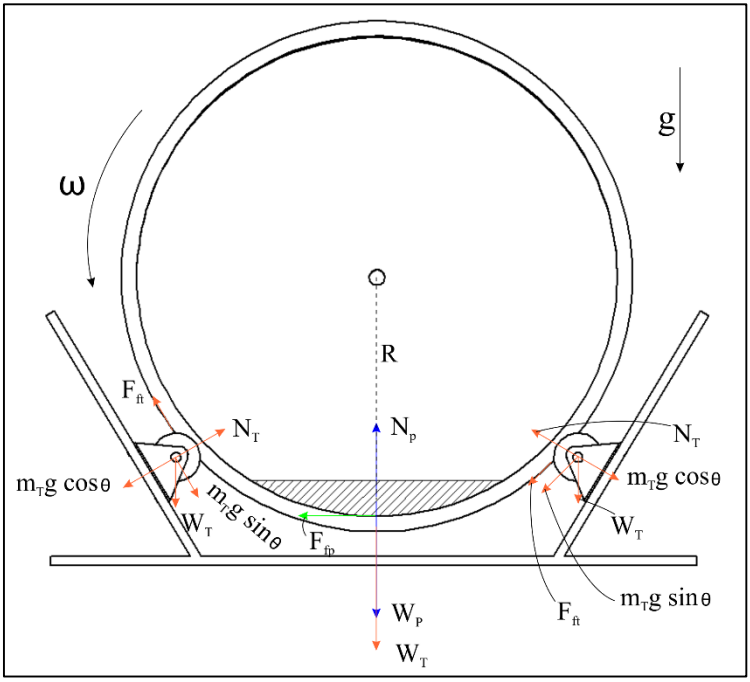
Dalam tulisan ini mode gerak yang terjadi pada pasir yang terdapat pada silinder yang berotasi digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.20 Diagram Benda Bebas Pasir yang Terdapat di Dalam Silinder dengan Sudut Kemiringan α

Dari gambar 2.20 diperoleh gaya normal :

$$N = mg \cos \alpha \quad \text{.....} \quad (2.1)$$



Gambar 2.21 Diagram Benda Bebas Pasir yang Terdapat di Dalam Silinder yang Berotasi dengan kecepatan sudut ω

Dari gambar 2.21 diperoleh gaya reaksi lantai silinder terhadap pasir :

$$N = Wp + m\,\omega^2\,R \qquad \text{.....} \qquad (2.2)$$

Dimana gaya gesek pasir terhadap lantai silinder diberikan oleh :

$$F_{fp} = \mu_k\,N,\quad F_{fp} > \mu_s\,N \qquad \text{.....} \qquad (2.3)$$

dengan R adalah jarak benda dari pusat rotasi. Untuk suatu nilai ω tertentu akan diperoleh mode gerak tertentu. Nilai gaya gesek maksimum diperoleh dengan substitusi persamaan (2.2) ke dalam persamaan (2.3) akan didapat :

$$f_{max} = \mu_s m (g + \omega^2 R) \quad \text{.....} \quad (2.4)$$

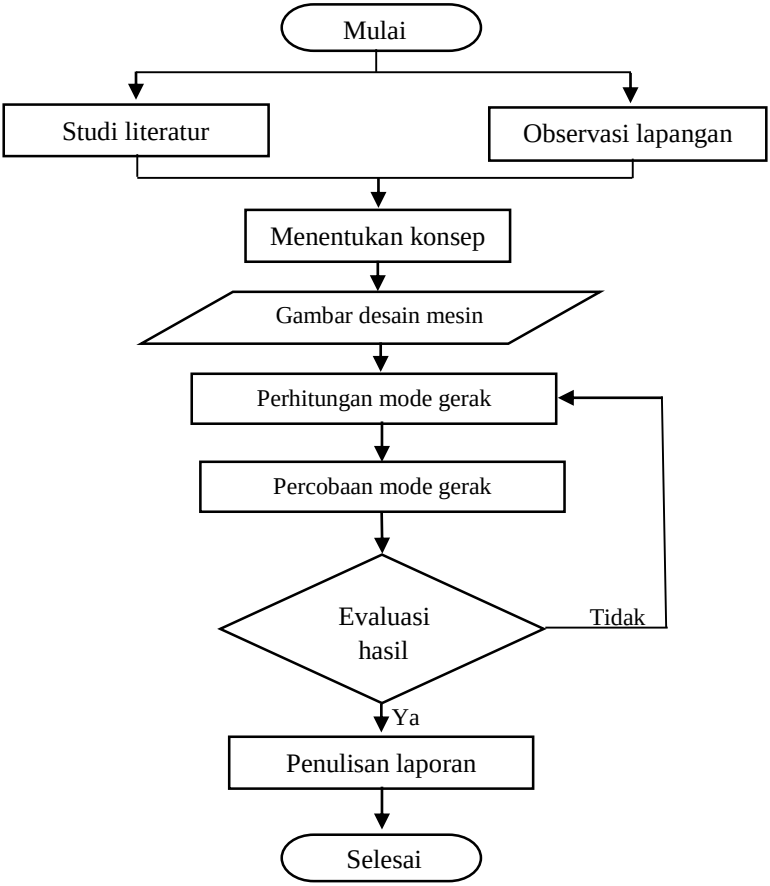
syarat agar terjadi mode gerak *cataracting* yaitu saat $N < 0$ yang akan memberikan persamaan :

$$\omega^2 < - \frac{g \cos \theta_N}{R} \quad \text{.....} \quad (2.5)$$

persamaan (2.5) ini baru akan berlaku saat $\theta_N > \frac{\pi}{2}$ karena saat itu nilai ω baru akan bernilai riil.

BAB III
METODOLOGI

3.1 Diagram Alir (*Flowchart)*



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

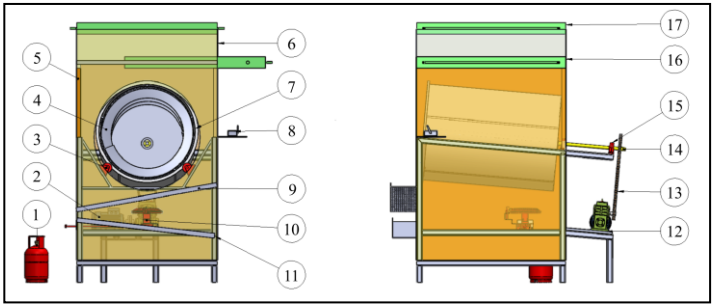
Perencanaan ini dilakukan dalam beberapa tahap. Tahapan perencanaan digambarkan pada diagram alir (Gambar 3.1). berikut adalah penjelasannya :

1. Studi Literatur
   Mencari literatur di perpustakaan D3 Teknik Mesin ITS, perpustakaan ITS maupun internet sebagai referensi dalam perencanaan mesin penyangraiankerupuk.
2. Observasi Lapangan
   Observasi lapangan ini dilakukan di salah satu UKM yang terletak di Desa Tlasih, RT 02/RW 01, Kec. Tulangan, Sidoarjo Jawa Timur yaitu UD. AYRIN JAYA milik Bapak Ainul Yakin. Hal ini dilakukan untuk mengumpulkan data untuk perancangan mesin penyangraian kerupuk media pasir.
3. Menentukan Konsep
   Penentuan konsep disini dimaksudkan agar mesin penyangraian kerupuk pasir ini nantinya bisa dipakai juga oleh industri yang masih tergolong kecil dengan berbagai pertimbangan antara lain dimensi mesin, bahan bakar, dan daya listrik yang dibutuhkan ketika mesin ini beroperasi.
4. Gambar Desain Mesin
   Dalam hal ini dilakukan pembuatan gambar desain dari mesin penyangraian kerupuk yang sudah mengalami perubahan (penambahan ulir pada tungku penyangraian, perubahan dimensi)
5. Perhitungan Mode Gerak
   Pada tahap ini dilakukan perhitungan mode gerak *cataracting* dan daya yang diperlukan dari motor listrik agar dapat menggerakkan tungku penyangraian ketika sudah diberi beban pasir maupun kerupuk yang akan diproduksi.

6. Percobaan Mode Gerak
   Pada tahap ini dilakukan percobaan mode gerak yang terjadi pada silinder yang berputar. Media yang diamati berupa pasir.
7. Evaluasi Hasil
   Pada tahap ini dilakukan evaluasi dengan menarik kesimpulan yang didapat dari hasil perhitungan dan percobaan apakah dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya ataukah dilakukan perhitungan ulang.
8. Penulisan Laporan
   Pada tahap ini dilakukan penulisan laporan secara menyeluruh.

3.2 Gambar Desain Perencanaan

Membuat gambar Perencanaan mesin penggorengan kerupuk yang akan direncanakan :

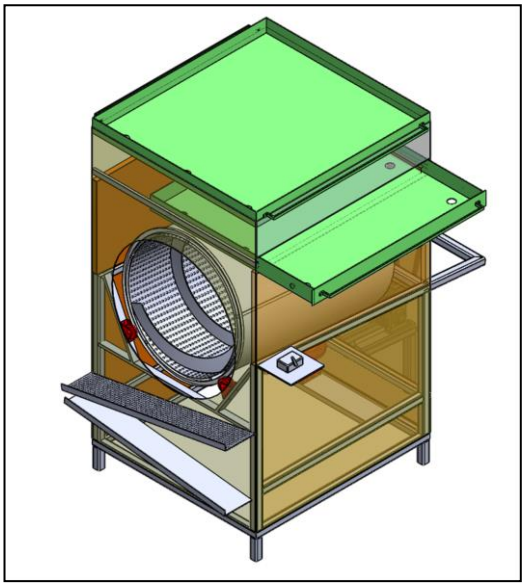


Gambar 3.2 Desain Perencanaan

Dimana :

1. Gas LPG
2. Motor Listrik
3. *Roller* Penyangga
4. Ulir
5. *Glasswool*
6. Plat Penutup
7. Tungku penyangraian
8. *Cam*
9. Jalur kerupuk
10. Kompor
11. Jalur Pasir
12. *Gearbox Reducer*
13. Rantai dan Sproket
14. Poros
15. Bantalan
16. Rak Penjemuran 1
17. Rak Penjemuran 2

3.3 Cara Kerja Mesin Penyangraian Kerupuk Pasir



Gambar 3.3 Mesin Sangrai Kerupuk

Mesin penyangraian kerupuk pasir ini menggunakan kompor (10) sebagai komponen untuk memanaskan tungku penyangraian serta menggunakan gas LPG (1) sebagai bahan bakar utama. Agar panas yang timbul selama proses penyangraian tidak mengakibatkan panas dilingkungan sekitar tempat penyangraian maka mesin ini diselubungi oleh plat penutup (6) dan *glasswool* (5) yang dipasang pada plat penutup. Panas yang timbul selama proses penyangraian juga dimanfaatkan untuk proses penjemuran kerupuk yang masih basah dengan menempatkannya di rak penjemuran (16)(17) sehingga proses penjemuran tidak hanya tergantung sinar matahari.

Penggerak utama dari mesin ini berupa motor listrik (2) yang dipasangkan pada sebuah *gearbox reducer* (12) untuk mengurangi kecepatan putar dari motor listrik. Putaran yang telah direduksi

gearbox diteruskan oleh rantai dan sproket (13) menuju poros (14). Untuk meminimalisir gesekan sekaligus menjadi penopang dari poros digunakan dua buah bantalan (15) yang diletakkan di ujung-ujung poros. Tungku yang berputar ditopang oleh dua buah roller (3) yang diletakkan di ujung depan tungku penggorengan.

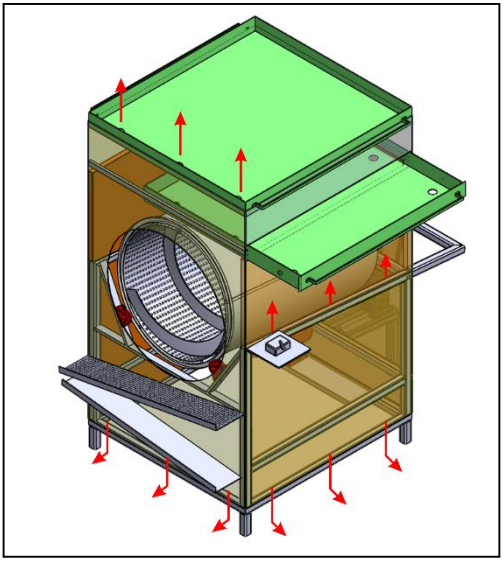
Mesin penyangraian kerupuk ini dilengkapi dengan pembalik putaran dengan menggunakan cam starter (8). Artinya, dengan pembalik putaran ini ketika penyangraian kerupuk mentah berlangsung tungku akan berputar CW (*Clockwise*). Ketika kerupuk sudah matang putaran tungku dapat dibalik menjadi CCW (*Counter Clockwise*) untuk proses *unloading* kerupuk dengan bantuan ulir (4) yang terdapat pada tungku penyangraian. Kerupuk tersebut akan langsung jatuh di jalur kerupuk (9) yang dibuat berongga agar pasir yang ikut keluar akan jatuh pada jalur pasir (11) sehingga pasir tidak berserakan dan dapat dimanfaatkan kembali.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Mesin Sangrai Kerupuk Pasir

Berdasarkan permasalahan yang diangkat pada Tugas Akhir ini maka dilakukan perencanaan mesin sangrai kerupuk pasir yang memiliki desain seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.1 Hasil Desain Mesin Penyangraian Kerupuk Pasir beserta Arah Aliran Panas

Mesin penyangraian kerupuk yang di desain oleh penulis ini memiliki desain yang lebih tertutup daripada mesin yang terdapat di UKM tempat observasi, diharapkan dengan desain yang lebih tertutup ini dapat meminimalisir panas yang diterima oleh operator mesin meskipun tidak dapat dipungkiri masih terdapat panas yang terbuang ke

lingkungan sekitar mesin seperti yang ditunjukkan gambar 4.1. Sebagai penutup mesin penyangraian ini digunakan plat besi. Namun, plat besi saja tidaklah cukup untuk meminimalisir panas yang keluar ke lingkungan dikarenakan plat besi memiliki nilai konduktivitas termal yang cukup tinggi (lampiran 1). Nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Artinya, jika nilai konduktivitas termal suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Oleh karena itu pada dinding bagian dalam plat besi ini ditambahkan wol kaca yang memiliki nilai konduktivitas termal yang jauh lebih rendah dari plat besi (lampiran 1) untuk meminimalisir laju panas yang mengalir.

Dengan adanya wol kaca dan plat besi yang menyelubungi mesin diharapkan panas yang keluar ke lingkungan dapat diminimalisir, sehingga panas dari proses penyangraian juga dapat dimanfaatkan untuk proses penjemuran kerupuk. Pada gambar 4.1 terdapat dua rak penjemuran yang terletak diatap mesin. Dengan adanya penambahan rak penjemuran ini diharapkan proses penjemuran kerupuk tidak lagi bergantung pada sinar matahari. Selain itu, panas dari proses penyangraian tidak terbuang sia – sia melainkan dimanfaatkan untuk proses penjemuran kerupuk.

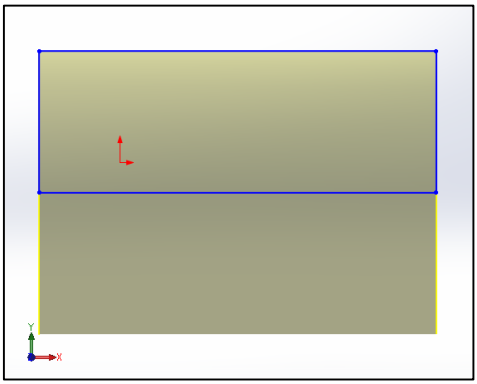
4.2 Menentukan Kecepatan Rotasi Tungku

Dalam hal ini kecepatan putaran tungku harus ditentukan sedemikian rupa agar diperoleh kecepatan putaran tungku yang memenuhi persamaan 2.5 sehingga dapat diperoleh mode gerak yang diinginkan.

4.2.1 Menentukan Nilai R (Jarak Benda terhadap Pusat Rotasi)

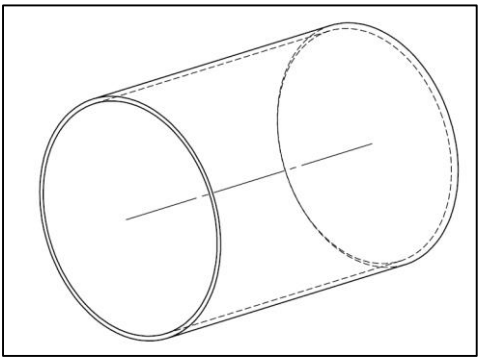
Berdasarkan persamaan 2.5 untuk mencari ω maka dibutuhkan R yaitu jarak benda terhadap pusat rotasi. Untuk mencari R digunakan *software SolidWorks* dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Membuat pola silinder dengan bentuk dasar persegi panjang.



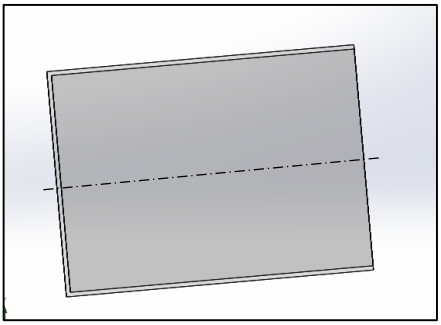
Gambar 4.2 Membuat Pola Silinder

2. Terbentuklah pola dasar berupa tabung tanpa tutup dengan diameter 500 mm dan tinggi 700 mm.



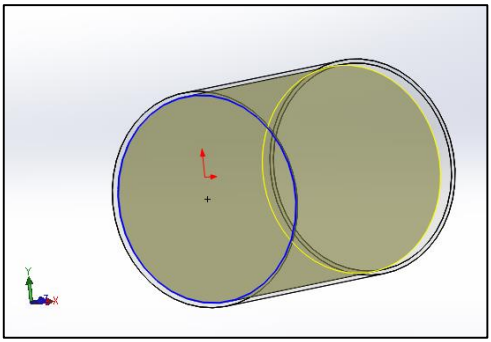
Gambar 4.3 Hasil Silinder dengan Diameter 500 mm dan Tinggi 700 mm

3. Agar sesuai dengan desain gambar maka silinder tersebut diberikan kemiringan 5°.



Gambar 4.4 Silinder dengan Kemiringan 5°

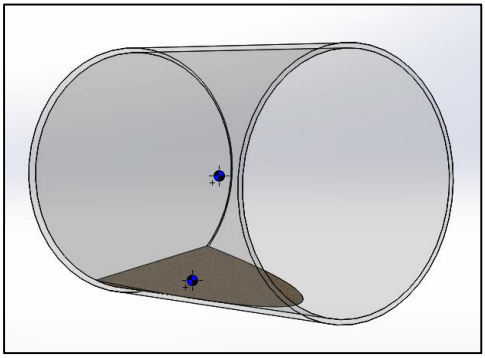
4. Membuat pola pasir. Untuk mempermudah maka dibuat pola dasar pasir yang mengikuti dimensi silinder.



Gambar 4.5 Membuat Pola Pasir

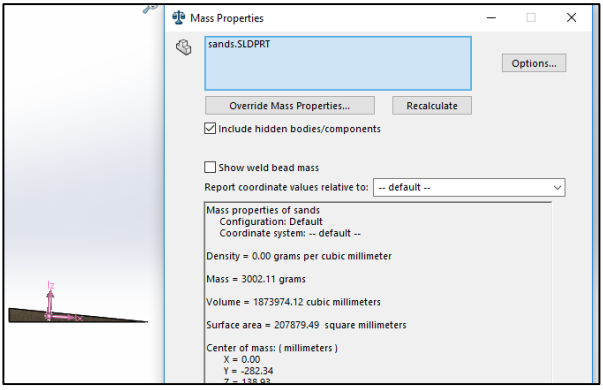
5. Dengan mengikuti pola silinder yang telah diberi kemiringan. Maka dengan melakukan pengukuran melalui sketsa dan dikoreksi dengan (*evaluated* pada *software*) maka dapat diketahui dimensi yang sesuai dengan persoalan yang ada.

6. Dengan bahan dasar pasir maka dalam *software* ini material pasir memiliki pilihan tersendiri sehingga dapat diketahui evaluasi secara rinci, sebagai contoh pasir yang akan dianalisa memiliki data yaitu dengan massa jenis 1602 $\frac{Kg}{m^3}$ dan massa 3 kg maka dapat ditemukan volume pasir yaitu 1,872 x 10^{-3} m^3. Dengan hasil gambar seperti diatas dengan kondisi di dalam silinder dengan kemiringan 5°.



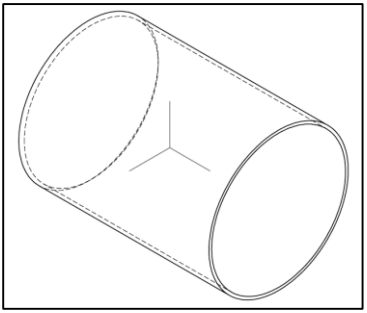
Gambar 4.6 Hasil Pasir yang Terdapat pada Silinder

7. Dengan pilihan *centre of mass* maka dapat ditemukan titik pusat massa pasir.



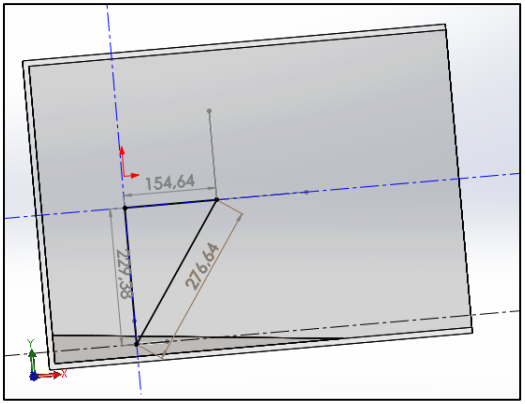
Gambar 4.7 Pengaturan *Centre of Mass*

8. Metode yang sama juga digunakan untuk mencari *centre of mass* dari silinder.



Gambar 4.8 *Centre of Mass* pada Silinder

9. Dari kedua titik pusat massa tersebut dapat dicari nilai R (jarak benda terhadap pusat rotasi).

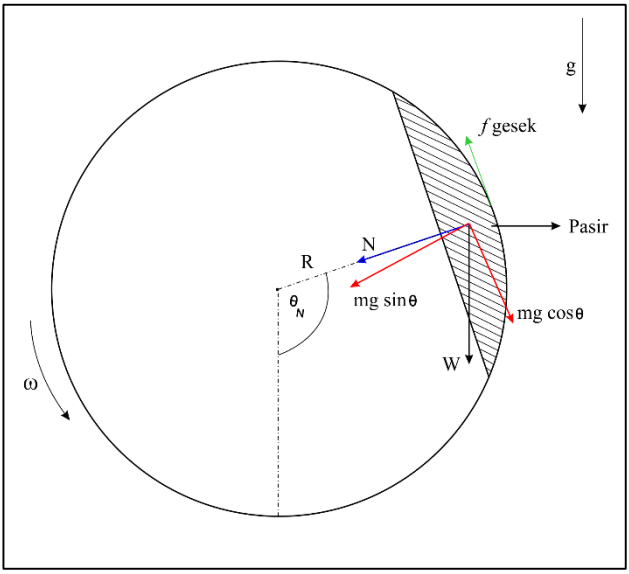


Gambar 4.9 Mencari Jarak Benda Terhadap Pusat Rotasi

Berdasarkan gambar 4.9 diperoleh nilai R = 229,38 mm. Maka dapat dilanjutkan ke tahap perhitungan selanjutnya yaitu pada persamaan 2.5

4.2.2 Menentukan Putaran Tungku (n)

Kecepatan putaran tungku dapat dicari menggunakan persamaan 2.5 sehingga akan didapatkan nilai *n* tertentu yang akan menghasilkan mode gerak *cataracting*. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.10 Diagram Benda Bebas Pasir yang Terdapat di Dalam Silinder yang Berotasi Vertikal dengan Kecepatan *ω* (Perencanaan)

$$\omega^2 < -\frac{g \cos \theta_N}{R}$$

Dimana R = 229,38 mm , $\theta_N > \frac{\pi}{2}$ maka :

$$\omega^2 < - \frac{9{,}8 \cos 120°}{0{,}229}$$

$$\omega^2 < - \frac{9{,}8 \cos \frac{2}{3}\pi}{0{,}229}$$

$$\omega^2 < 21{,}39$$

$$\omega < 4{,}624 \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega < 1{,}472 \ \pi \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Satuan $\pi \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ perlu dirubah menjadi rpm agar dapat disesuaikan dengan putaran motor listrik maka didapat :

$$\omega = 2.\pi.f$$

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{t}$$

$$n = \frac{\omega.\ 60}{2\pi}$$

$$n = \frac{1{,}472 \ \pi \ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \ .\ 60}{2\pi} \left| \frac{\text{rpm}}{\frac{\text{rad}}{\text{s}}} \right|$$

$$n = 44{,}16 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, untuk menghasilkan mode gerak *cataracting* pada pasir yang terdapat di dalam tungku penyangraian diperlukan $n < 44{,}16$ rpm apabila nilai $n > 44{,}16$ rpm maka akan tercipta mode gerak lain yaitu *centrifuging*.

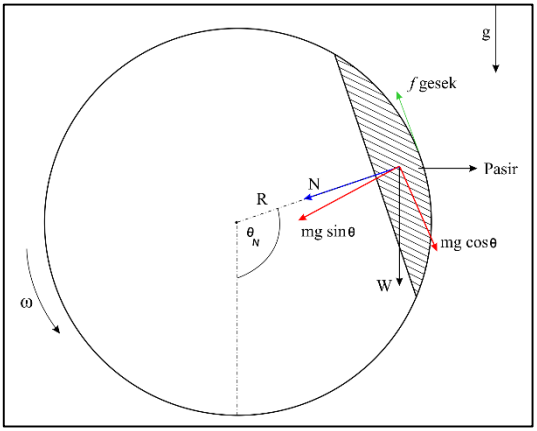
4.3 Percobaan Mode Gerak Pada Silinder yang Berputar Vertikal

Pada Tugas Akhir ini dilakukan percobaan untuk mengetahui mode gerak yang terjadi pada silinder yang berputar vertikal terutama mode gerak *cataracting.* Percobaan ini dilakukan sebagai pembuktian bahwa hasil perhitungan kecepatan putaran tungku dapat diterapkan pada keadaan sesungguhnya.

4.3.1 Metode Percobaan

Pada percobaan mode gerak pada silinder yang berputar digunakan pasir 1 Kg sebagai media yang akan diamati. Silinder yang digunakan memiliki diameter 320 mm, tinggi 400 mm dan berbahan *stainless steel.* Motor yang digunakan sebagai penggerak utama digunakan motor BLDC 500 W dengan kecepatan putar 1000 – 1200 RPM.

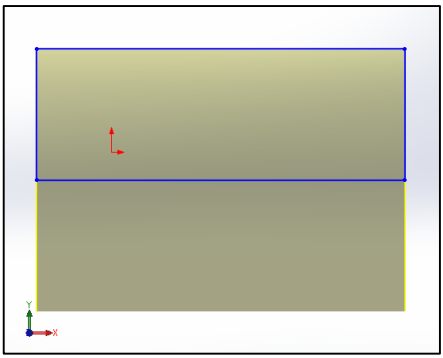
4.3.2 Menghitung Putaran Tungku (n) Berdasarkan Data Percobaan



Gambar 4.11 Diagram Benda Bebas Pasir yang Terdapat di Dalam Silinder yang Berotasi Vertikal dengan Kecepatan ω (Percobaan)

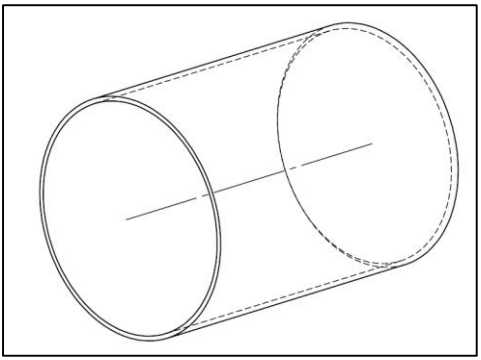
Untuk menghitung putaran tungku (n) diperlukan data – data seperti pada perhitungan sebelumnya. Pertama adalah mencari nilai R, langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Membuat pola silinder dengan bentuk dasar persegi panjang.



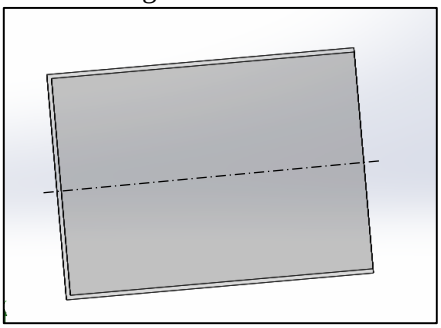
Gambar 4.12 Membuat Pola Silinder

2. Terbentuklah pola dasar berupa tabung tanpa tutup dengan diameter 320 mm dan tinggi 400 mm.



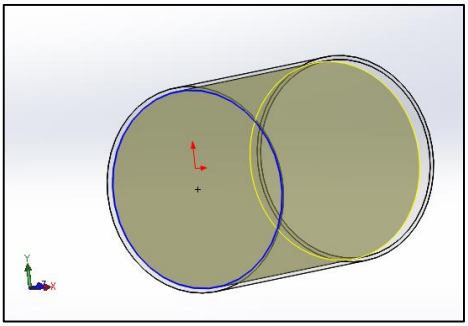
Gambar 4.13 Hasil Silinder dengan Diameter 500 mm dan Tinggi 700 mm

3. Agar sesuai dengan desain gambar maka silinder tersebut diberikan kemiringan 5°.



Gambar 4.14 Silinder dengan Kemiringan 5°

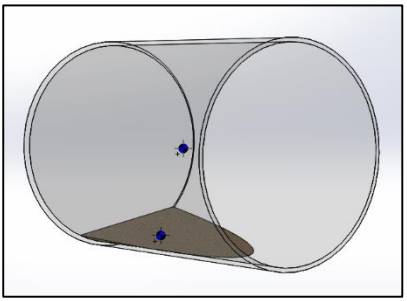
4. Membuat pola pasir. Untuk mempermudah maka dibuat pola dasar pasir yang mengikuti dimensi silinder.



Gambar 4.15 Membuat Pola Pasir

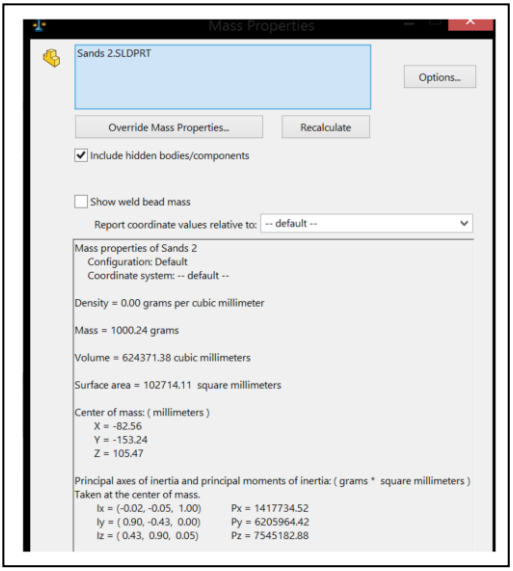
5. Dengan mengikuti pola silinder yang telah diberi kemiringan. Maka dengan melakukan pengukuran melalui sketsa dan dikoreksi dengan (*evaluated* pada *software*) maka dapat diketahui dimensi yang sesuai dengan persoalan yang ada.
6. Dengan bahan dasar pasir maka dalam *software* ini material pasir memiliki pilihan tersendiri sehingga dapat diketahui evaluasi secara rinci, sebagai contoh pasir yang

akan dianalisa memiliki data yaitu massa jenis 1602 $\frac{Kg}{m^3}$ dan massa 1 kg maka dapat ditemukan volume pasir yaitu 6,242 . 10^{-4} m^3. Dengan hasil gambar seperti diatas dengan kondisi di dalam silinder dengan kemiringan 5°.



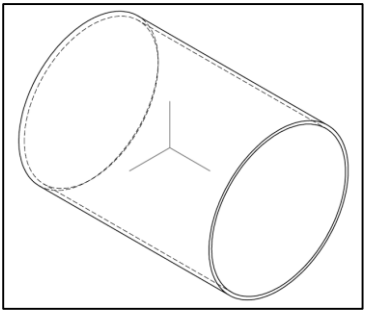
Gambar 4.16 Hasil Pasir yang Terdapat pada Silinder

7. Dengan pilihan *centre of mass* maka dapat ditemukan titik pusat massa pasir.



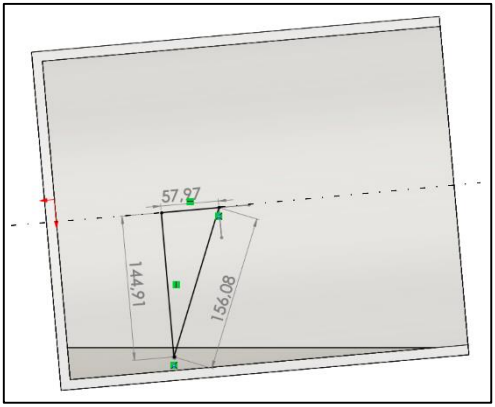
Gambar 4.17 Pengaturan *Centre of Mass*

8. Metode yang sama juga digunakan untuk mencari *centre of mass* dari silinder.



Gambar 4.18 *Centre of Mass* pada Silinder

9. Dari kedua titik pusat massa tersebut dapat dicari nilai R (jarak benda terhadap pusat rotasi).



Gambar 4.19 Mencari Jarak Benda Terhadap Pusat Rotasi

Berdasarkan gambar 4.19 diperoleh nilai R = 144,91 mm. Maka dapat dilanjutkan ke tahap perhitungan selanjutnya yaitu pada persamaan 2.5 sebagai berikut :

$$\omega^2 < - \frac{g \cos \theta_N}{R}$$

Dimana R = 144,91 mm , $\theta_N > \frac{\pi}{2}$ maka :

$$\omega^2 < - \frac{9{,}8 \cos \frac{2}{3}\pi}{0{,}144}$$

$$\omega^2 < 34{,}02$$

$$\omega < 5{,}832 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega < 1{,}857\, \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Satuan $\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ perlu dirubah menjadi rpm agar dapat disesuaikan dengan putaran motor listrik maka didapat :

$$\omega = 2.\pi.f$$

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{t}$$

$$n = \frac{\omega .\, 60}{2\pi}$$

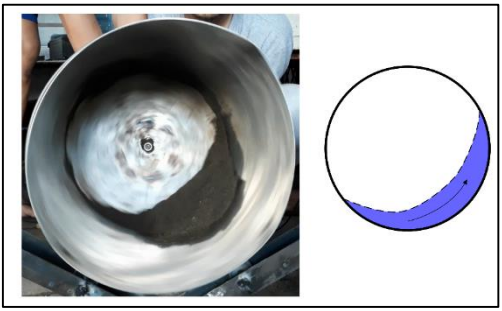
$$n = \frac{1{,}857\, \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \;.\; 60}{2\pi} \left| \frac{\text{rpm}}{\frac{\text{rad}}{\text{s}}} \right|$$

$$n = 55{,}71 \text{ rpm}$$

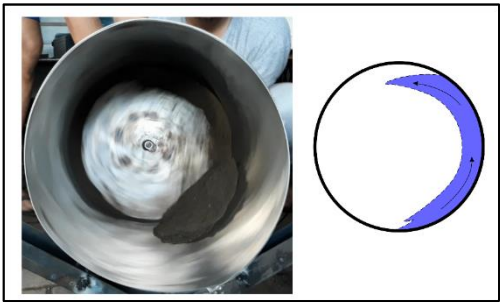
Dari hasil perhitungan diatas, untuk menghasilkan mode gerak *cataracting* pada pasir yang terdapat di dalam tungku penyangraian dengan diameter 320 mm diperlukan n < 55,71 rpm apabila nilai n > 55,71 rpm maka akan tercipta mode gerak lain yaitu *centrifuging*.

4.3.3 Hasil Percobaan

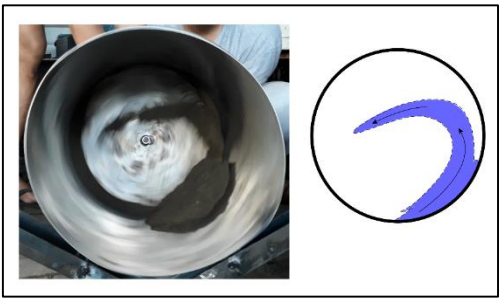
Dari percobaan mode gerak pada silinder yang berputar didapatkan hasil sebagai berikut :



(a)



(b)



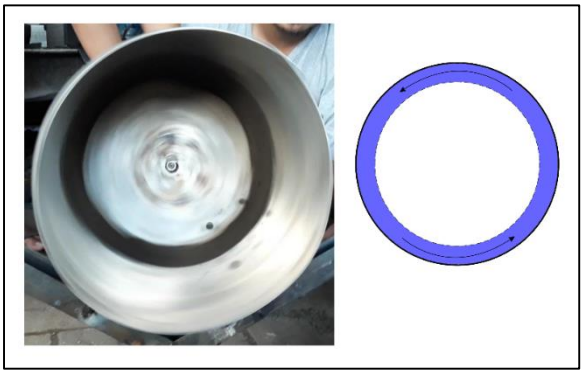
(c)

Gambar 4.20 Hasil Percobaan (Gerak *Cataracting)*

Gambar 4.21 Hasil Pengukuran Kecepatan Putaran Silinder pada Gerak *Cataracting*

Pada gambar 4.20 terlihat bahwa pasir pada saat ketinggian tertentu mulai meninggalkan lantai silinder lalu terjatuh ke dasar silinder. Gerakan ini disebut dengan mode gerak *cataracting*. Mode gerak ini sangat diperlukan dalam proses penyangraian kerupuk. Pasir yang mulai meninggalkan lantai silinder tersebut nantinya akan kontak langsung dengan kerupuk sehingga kerupuk bisa merekah sempurna dan merata. Mode gerak *cataracting* ini muncul ketika silinder diputar dengan kecepatan 52,1 rpm.

Selain itu, dilakukan percobaan dengan memutar silinder dengan kecepatan 141,9 rpm yang menghasikan mode gerak *centrifuging* sebagaimana ditunjukkan gambar berikut :



Gambar 4.22 Hasil Percobaan (Gerak *Cetrifuging)*

Gambar 4.23 Hasil Pengukuran Kecepatan Putaran Silinder pada Gerak *Centrifuging*

Pada gambar 4.22 terlihat bahwa pasir selalu menempel pada lantai silinder saat silinder berputar. Gerakan ini disebut mode gerak *centrifuging*. Mode gerak ini tidak cocok dipakai untuk proses penyangraian kerupuk karena antara kerupuk dengan pasir hanya terjadi sedikit kontak yaitu ketika kerupuk dengan pasir berada di dasar lantai silinder. Selain itu, putaran dari mode gerak *centrifuging* terlalu cepat hal ini

dapat mengakibatkan kerupuk menjadi hancur sehingga tidak dapat diperjual belikan.

Dari hasil perhitungan berdasarkan data percobaan didapat $n < 55{,}71$ rpm untuk mendapatkan mode gerak *cataracting*. Pada hasil percobaan didapat mode *cataracting* pada kecepatan 52,1 rpm. Ketika $n > 55{,}71$ rpm yaitu pada kecepatan 141,9 rpm didapatkan mode gerakan *centrifuging.*

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan desain mesin dan perhitungan mode gerak didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Mesin penyangraian yang didesain tertutup menggunakan plat besi dan *glasswool* pada bagian dinding dalam plat dilengkapi dengan dua rak tempat penjemuran yang memanfaatkan panas dari proses penyangraian.
2. Perencanaan mode gerak yang digunakan untuk tungku penyangraian dengan diameter 500 mm dan tinggi 700 mm didapatkan hasil :
   a. Mode gerakan pasir yang cocok digunakan untuk mesin penyangraian ini adalah mode gerak *cataracting.*
   b. Untuk memperoleh mode gerak *cataracting* maka tungku penyangraian diputar dengan kecepatan $n < 44{,}16$ rpm.
3. Percobaan mode gerak dengan silinder berdiameter 320 mm dan tinggi 400 mm didapatkan hasil :
   a. Mode gerak *cataracting* didapat pada saat kecepatan silinder $n < 55{,}71$ rpm yaitu pada kecepatan 52,1 rpm.
   b. Mode gerak *centrifuging* didapat pada saat kecepatan silinder 141,9 rpm.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut :

1. Mencari referensi tentang perhitungan mode gerak sehingga dapat mempermudah dalam proses analisa.
2. Merealisasikan mesin penyangraian ini sehinggga dapat diuji untuk mengetahui kekurangan dari mesin ini sehingga dapat diciptakan mesin penyangraian kerupuk pasir yang lebih efisien.
3. Terkait penentuan sudut kemiringan θ_N belum dilalukan perhitungan.
4. Percobaan mode gerak terkait penggunaan R yang lebih kecil daripada yang direncanakan seharusnya disesuaikan sehingga dapat diketahui nilai putaran yang dibutuhkan.
5. Melakukan percobaan mode gerak dengan melakukan beberapa variasi seperti penggunaan diameter tungku yang berbeda – beda maupun jenis partikel yang digunakan sebagai media pengamatan sehingga dapat diketahui beberapa faktor yang berpengaruh pada mode gerak.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Faizin, N, Hendrajaya, L, dan Viridi, S. 2016 : *Pengaruh Mode Cataracting dan Cascading dalam Proses Penghancuran Material Butiran oleh Bola Baja dalam Silinder Bergerigi.* Institut Teknologi Bandung. Bandung.

[2] Purwanto, S, dan Kholis MN. 2018 : *Rancang Bangun Alat Penggorengan Kerupuk Pasir dengan Screw Dilengkapi Pembalik Putaran.* Politeknik Sakti. Surabaya.

[3] Siswantoro. 2008 : *Model Matematik Transfer Panas pada Penggorengan Menggunakan Pasir*. Makalah Seminar Nasional PERTETA, UGM-Yogyakarta.

[4] Soekarto, S.T. 1997 : *Perbandingan Pengaruh Kadar Air Kerupuk Mentah pada Penggorengan dengan Minyak dan dengan Oven Gelombang Mikro.* Proseding Seminar Teknologi Pangan. Kantor Menteri Negara Urusan Pangan RI.

[5] Steven, Budijono, AP. 2015 : *Rancang Bangun Mesin Penggorengan Kerupuk Semi Otomatis Dilengkapi dengan Pengatur Suhu.* Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.

[6] Sularso, Suga, Kiyokatsu. 1991. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin 10th edition*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

[7] Supriyanto. 2007 : *Proses Penggorengan Bahan Makanan Berpati : Kajian Nisbah Amilosa Amilopektin.* Disertasi S3. Program Studi Teknik Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

[8] Viridi, S, Asiah, N, Latief , FD, dan Fauzi, U. 2015 : *Aplikasi Konsep Gaya Sentripetal: Gerak Benda Titik dalam Drum yang Berputar Vertikal.* Karya Ilmiah Remaja MAN 1 Cibatu. Bandung.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 1. Tabel Konduktivitas Termal Bahan (Holman, 1997)

Bahan **Logam**	***k (W/m.C)***	**Bahan** **Non Logam**	***k (W/m.C)***
Perak	410	Kuarsa	41,6
Tembaga	385	Magnesit	4,15
Aluminium	202	Marmar	2,08 – 2,94
Nikel	93	Batu pasir	1,83
Besi	73	Kaca, jendela	0,78
Baja karbon	43	Kayu	0,08
Timbal	35	Serbuk gergaji	0,059
Baja krom-nikel	16,3	Wol kaca	0,038
Emas	314	Karet	0,2
		Polystyrene	0,157
		Polyethylene	0,33
		Polypropylene	0,16
		Polyvinyl Chlorida	0,09
		Kertas	0,166

Lampiran 2. Kegiatan di UD. AYRYN JAYA

Lampiran 3. Suhu penyangraian kerupuk pasir

Lampiran 4. Tabel Konversi Satuan (a)

TABLE . ! *Conversion Factors*

Area

1 $mm^2 = 1.0 \times 10^{-6}$ m^2	1 ft^2 = 144 $in.^2$
1 $cm^2 = 1.0 \times 10^{-4}$ $m^2 = 0.1550$ $in.^2$	1 $in.^2 = 6.4516$ $cm^2 = 6.4516 \times 10^{-4}$ m^2
1 m^2 = 10.7639 ft^2	1 ft^2 = 0.092 903 m^2

Conductivity

1 W/m-K = 1 J/s-m-K = 0.577 789 Btu/h-ft-R	1 Btu/h-ft-R = 1.730 735 W/m-K

Density

1 kg/m^3 = 0.06242797 lbm/ft^3	1 lbm/ft^3 = 16.018 46 kg/m^3
1 g/cm^3 = 1000 kg/m^3	
! g/cm^3 = 1 kg/L	

Energy

1 J = 1 N-m = 1 kg-m^2/s^2	
1 J = 0.737 562 lbf-ft	1 lbf-ft = 1.355 818 J
1 cal (Int.) = 4.1868 J	= 1.28507×10^{-3} Btu
	1 Btu (Int.) = 1.055 056 kJ
1 erg = 1.0×10^{-7} J	= 778.1693 lbf-ft
1 eV = $1.602\ 177\ 33 \times 10^{-19}$ J	

Force

1 N = 0.224809 lbf	1 lbf = 4.448 222 N
1 kp = 9.80665 N (1 kgf)	

Gravitation

g = 9.80665 m/s^2	g = 32.17405 ft/s^2

Heat capacity, specific entropy

1 kJ/kg-K = 0.238 846 Btu/lbm-R	1 Btu/lbm-R = 4.1868 kJ/kg-K

Heat flux (per unit area)

1 W/m^2 = 0.316 998 $Btu/h-ft^2$	1 $Btu/h-ft^2$ = 3.15459 W/m^2

Heat transfer coefficient

1 W/m^2-K = 0.176 11 $Btu/h-ft^2$-R	1 $Btu/h-ft^2$-R = 5.67826 W/m^2-K

Length

1 mm = 0.001 m = 0.1 cm	1 ft = 12 in.
1 cm = 0.01 m = 10 mm = 0.3970 in.	1 in. = 2.54 cm = 0.0254 m
1 m = 3.28084 ft = 39.370 in.	1 ft = 0.3048 m
1 km = 0.621 371 mi	1 mi = 1.609344 km
1 mi = 1609.3 m (US statute)	1 yd = 0.9144 m

(Tabel Konversi Satuan .b)

TABLE (Continued) *Conversion Factors*

Specific kinetic energy (V^2)

1 m^2/s^2 = 0.001 kJ/kg	1 ft^2/s^2 = 3.9941×10^{-5} Btu/lbm
1 kJ/kg = 1000 m^2/s^2	1 Btu/lbm = 25037 ft^2/s^2

Specific potential energy (Zg)

1 m-g_{std} = 9.80665×10^{-3} kJ/kg	1 ft-g_{std} = 1.0 lbf-ft/lbm
= 4.21607×10^{-3} Btu/lbm	= 0.001285 Btu/lbm
	= 0.002989 kJ/kg

Specific volume

1 cm^3/g = 0.001 m^3/kg	
1 cm^3/g = 1 L/kg	
1 m^3/kg = 16.018 46 ft^3/lbm	1 ft^3/lbm = 0.062 428 m^3/kg

Temperature

1 K = 1 °C = 1.8 R = 1.8 F	1 R = (5/9) K
TC = TK − 273.15	TF = TR − 459.67
= (TF − 32)/1.8	= 1.8 TC + 32
TK = TR/1.8	TR = 1.8 TK

Universal Gas Constant

R = N_0 k = 8.31451 kJ/kmol-K	R = 1.98589 Btu/lbmol-R
= 1.98589 kcal/kmol-K	= 1545.36 lbf-ft/lbmol-R
= 82.0578 atm-L/kmol-K	= 0.73024 atm-ft^3/lbmol-R
	= 10.7317 (lbf/$in.^2$)-ft^3/lbmol-R

Velocity

1 m/s	= 3.6 km/h	1 ft/s	= 0.681818 mi/h
	= 3.28084 ft/s		= 0.3048 m/s
	= 2.23694 mi/h		= 1.09728 km/h
1 km/h	= 0.27778 m/s	1 mi/h	= 1.46667 ft/s
	= 0.91134 ft/s		= 0.44704 m/s
	= 0.62137 mi/h		= 1.609344 km/h

Volume

1 m^3	= 35.3147 ft^3	1 ft^3	= $2.831\,685 \times 10^{-2}$ m^3
1 L	= 1 dm^3 = 0.001 m^3	1 $in.^3$	= 1.6387×10^{-5} m^3
1 Gal (US)	= 3.785 412 L	1 Gal (UK)	= 4.546 090 L
	= $3.785\,412 \times 10^{-3}$ m^3	1 Gal (US)	= 231.00 $in.^3$

(Tabel Konversi Satuan .c)

TABLE (Continued) *Conversion Factors*

Mass

1 kg = 2.204 623 lbm	1 lbm = 0.453 592 kg
1 tonne = 1000 kg	1 slug = 14.5939 kg
1 grain = 6.47989×10^{-5} kg	1 ton = 2000 lbm

Moment (torque)

1 N-m = 0.737 562 lbf-ft	1 lbf-ft = 1.355 818 N-m

Momentum (mV)

1 kg-m/s = 7.232 94 lbm-ft/s = 0.224809 lbf-s	1 lbm-ft/s = 0.138 256 kg-m/s

Power

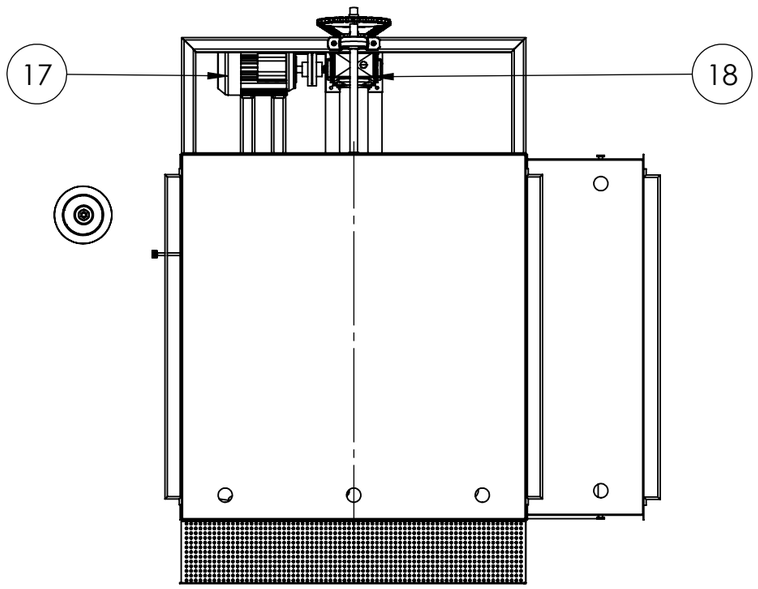
1 W	= 1 J/s = 1 N-m/s = 0.737 562 lbf-ft/s	1 lbf-ft/s	= 1.355 818 W = 4.626 24 Btu/h
1 kW	= 3412.14 Btu/h	1 Btu/s	= 1.055 056 kW
1 hp (metric)	= 0.735 499 kW	1 hp (UK)	= 0.7457 kW = 550 lbf-ft/s = 2544.43 Btu/h
1 ton of refrigeration	= 3.516 85 kW	1 ton of refrigeration	= 12 000 Btu/h

Pressure

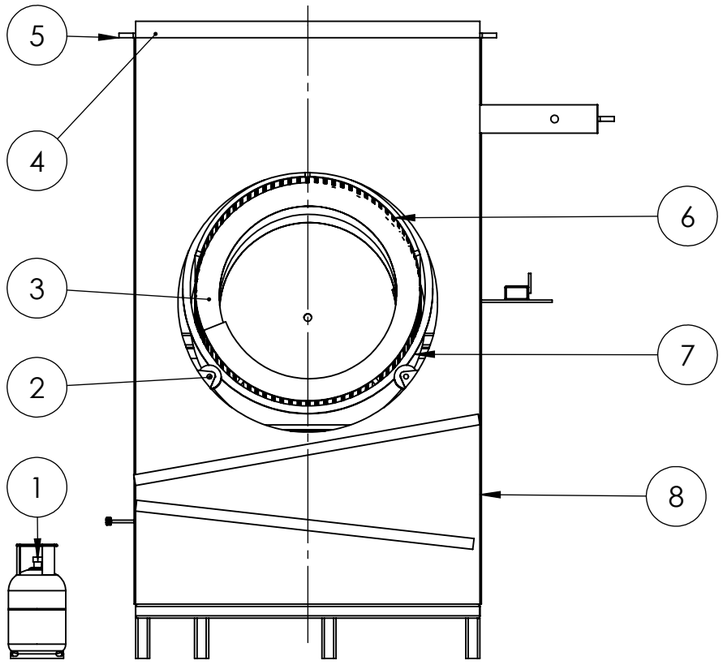
1 Pa	= 1 N/m^2 = 1 $kg/m\text{-}s^2$	1 $lbf/in.^2$	= 6.894 757 kPa
1 bar	= 1.0×10^5 Pa = 100 kPa		
1 atm	= 101.325 kPa = 1.01325 bar = 760 mm Hg [0°C] = 10.332 56 m H_2O [4°C]	1 atm	= 14.695 94 $lbf/in.^2$ = 29.921 in. Hg [32 F] = 33.899 5 ft H_2O [4°C]
1 torr	= 1 mm Hg [0°C]	1 Psi	= 0,0 6895 bar .
1 mm Hg [0°C]	= 0.133 322 kPa	1 in. Hg [0°C]	= 0.49115 $lbf/in.^2$
1 m H_2O [4°C]	= 9.806 38 kPa	1 in. H_2O [4°C]	= 0.036126 $lbf/in.^2$

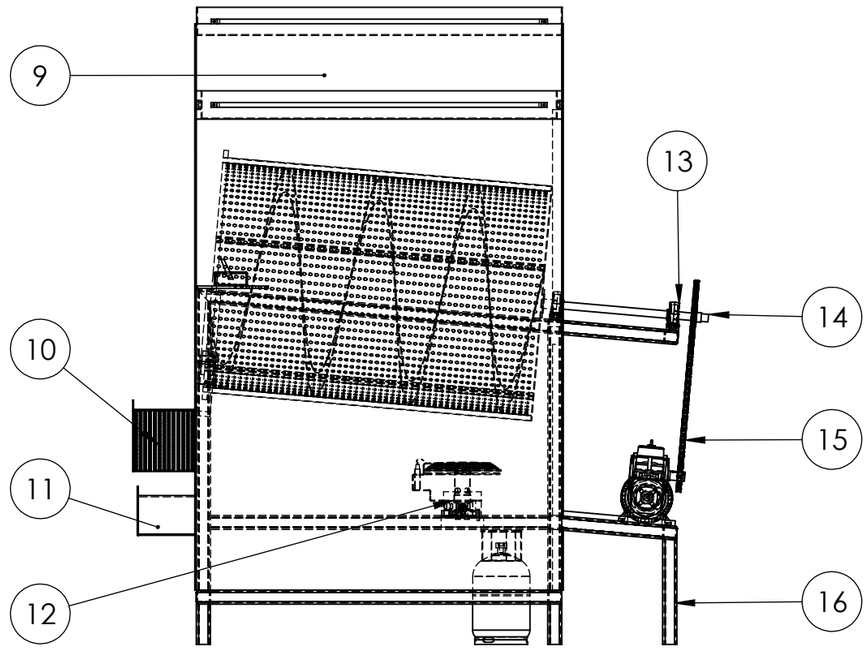
Specific energy

1 kJ/kg = 0.42992 Btu/lbm = 334.55 lbf-ft/lbm	1 Btu/lbm = 2.326 kJ/kg 1 lbf-ft/lbm = 2.98907×10^{-3} kJ/kg = 1.28507×10^{-3} Btu/lbm

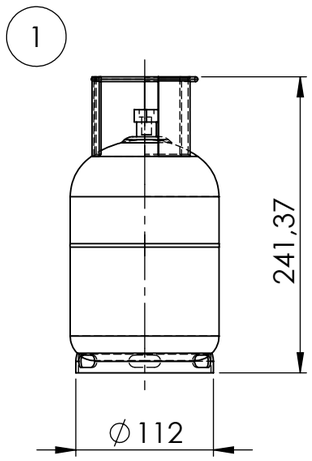


No.	NAMA BAGIAN	MATERIAL	JUMLAH	KETERANGAN
1	Gas LPG		1	
2	Roller		2	
3	Ulir Penggerak	Stainless Mess 5 mm	1	
4	Rak Penjemuran	Stainless Steel	2	
5	Pegangan Rak	Baja Karbon	3	
6	Tungku Bagian Dalam	Stainless Mess 5 mm	1	
7	Tungku Bagian Luar	Baja Karbon	1	
8	Plat Penutup	Baja Karbon	4	
9	Glasswool		4	
10	Jalur Kerupuk	Stainless Mess 5 mm	1	
11	Jalur Pasir	Baja Karbon	1	
12	Kompor		1	
13	Bantalan		2	
14	Poros		1	
15	Rantai dan Sproket		1	
16	Kerangka Mesin	Besi Hollow		
17	Motor Listrik		1	
18	Gearbox		1	

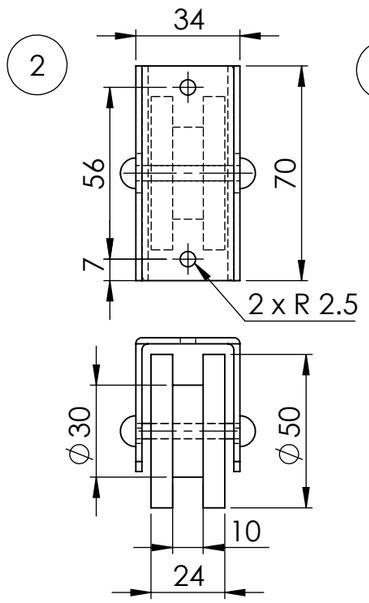




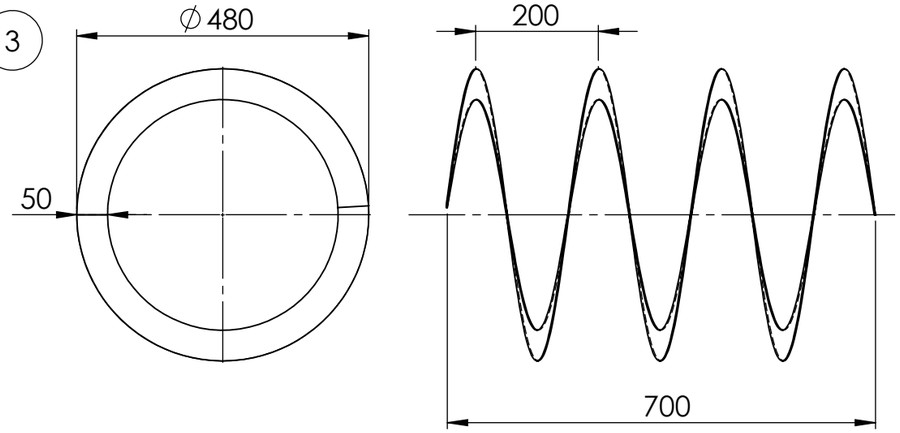
SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR: PRAYOGI FAJAR M	Keterangan:	
UKURAN : mm	NRP : 10211500000011		
TANGGAL: 22/01/19	DILIHAT : Ir. NUR HUSOD0, MS.		
DEPT. T MESIN INDUSTRI	**MESIN SANGRAI**	**NO.**	**A4**



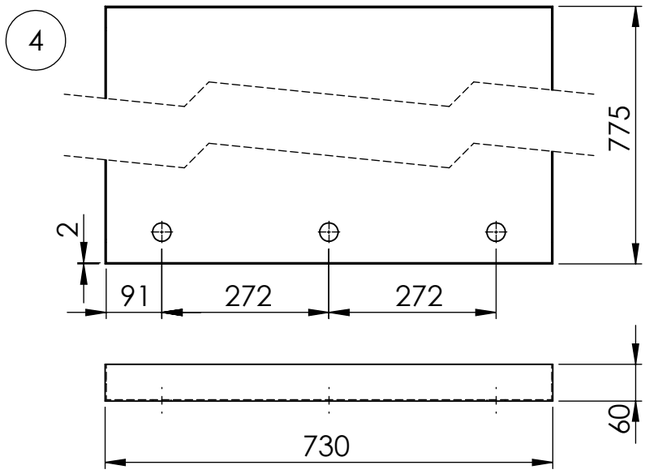
SCALE 1 : 5



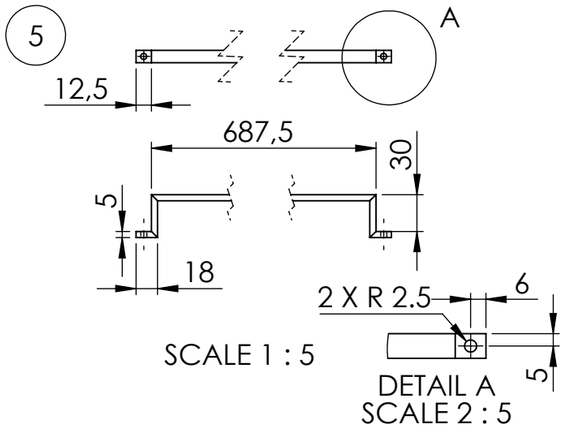
SCALE 1 : 2



SCALE 1 : 10

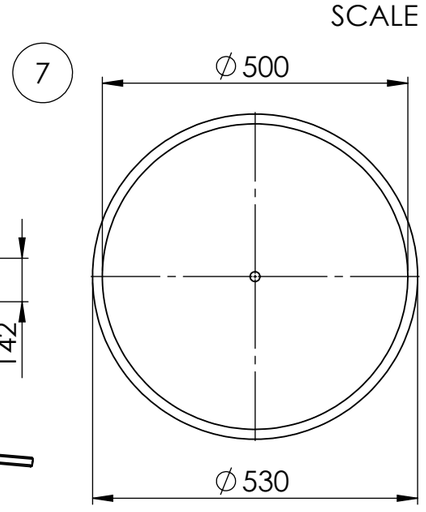


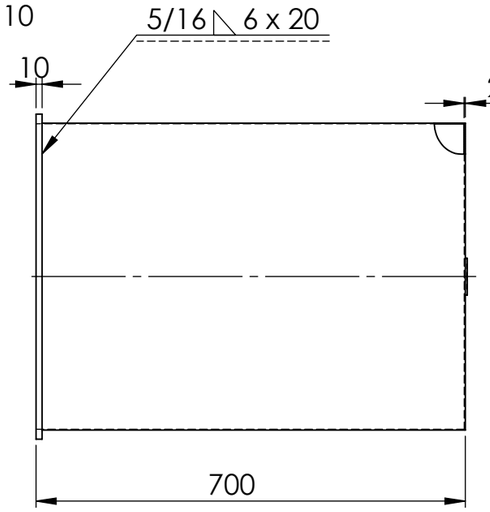
SCALE 1 : 10



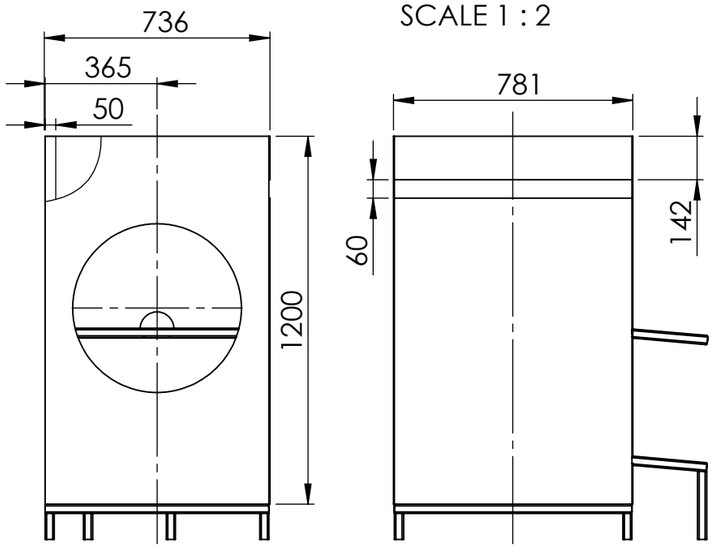
SCALE 1 : 5

SCALE 2 : 5

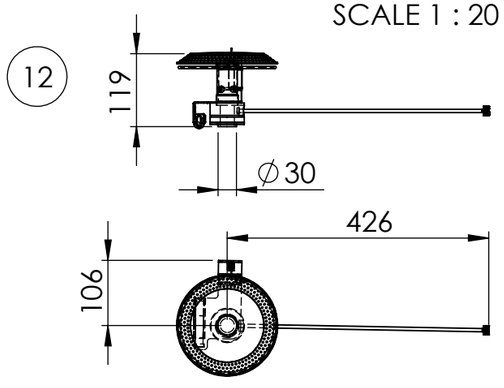




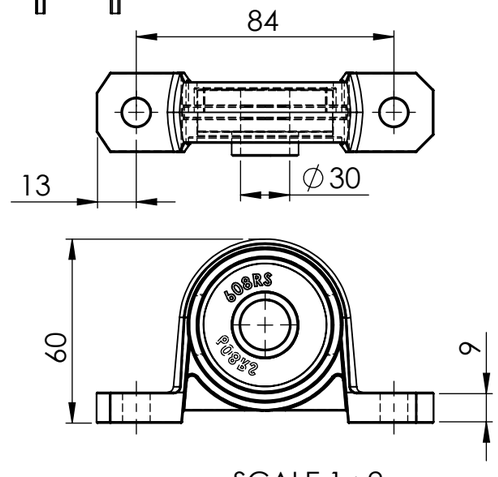
SCALE 1 : 10



SCALE 1 : 20



SCALE 1 : 10

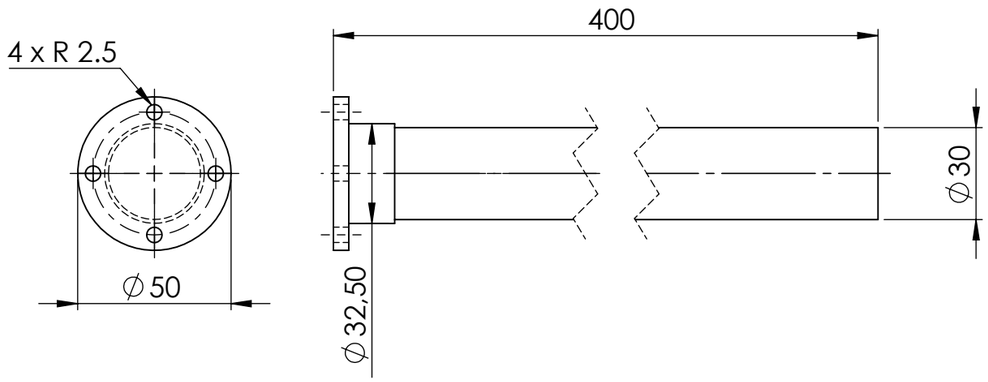


SCALE 1 : 2

ITEM NO.	NAMA BAGIAN	MATERIAL	JUMLAH	KETERANGAN
13	Bantalan		2	
12	Kompor		1	
8	Plat	Baja Karbon	4	
7	Tungku Sangrai	Baja Karbon	1	
5	Pegangan	Baja Karbon	3	
4	Rak Penjemuran	Stainless Steel	2	
3	Ulir Penggerak	Stainless Mess 5 mm	1	
2	Roller		2	
1	Gas LPG		1	

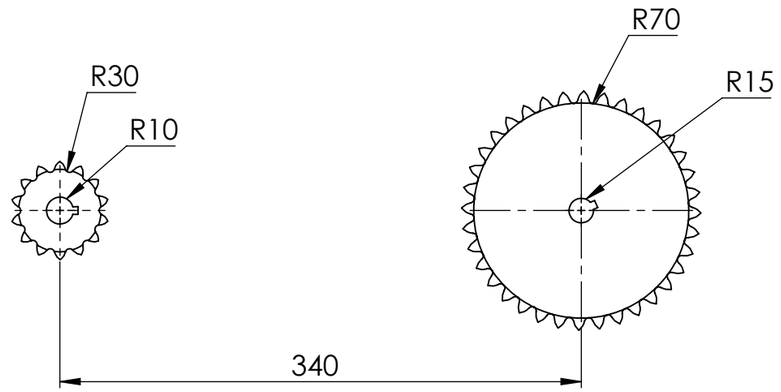
SKALA :	DIGAMBAR: PRAYOGI FAJAR M	Keterangan:	
UKURAN : mm	NRP : 10211500000011		
TANGGAL: 22/01/19	DILIHAT : Ir. NUR HUSOD0, MS.		
DEPT. T MESIN INDUSTRI	**KOMPONEN MESIN SANGRAI**	**NO.**	**A4**

14



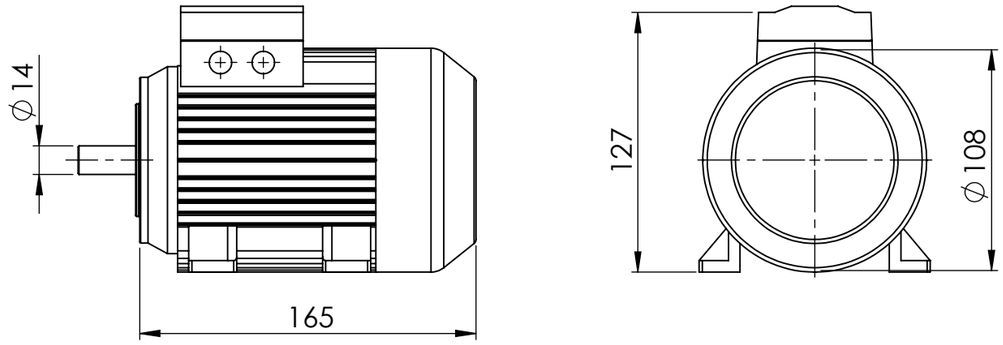
SCALE 1 : 2

15



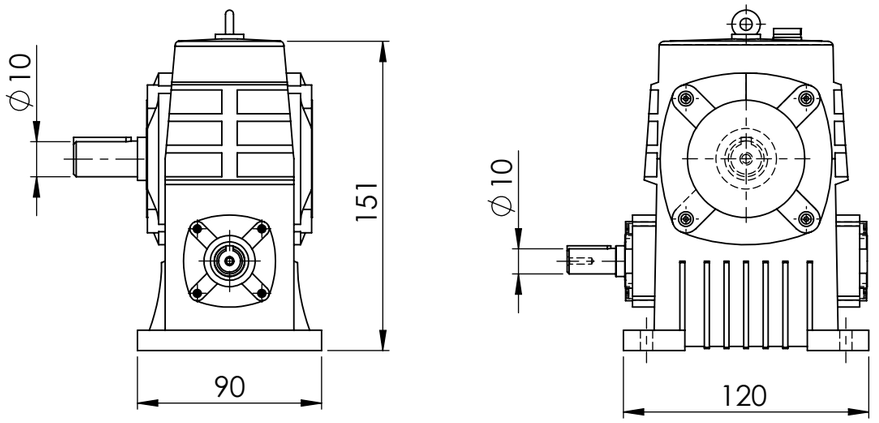
SCALE 1 : 5

17



SCALE 1 : 5

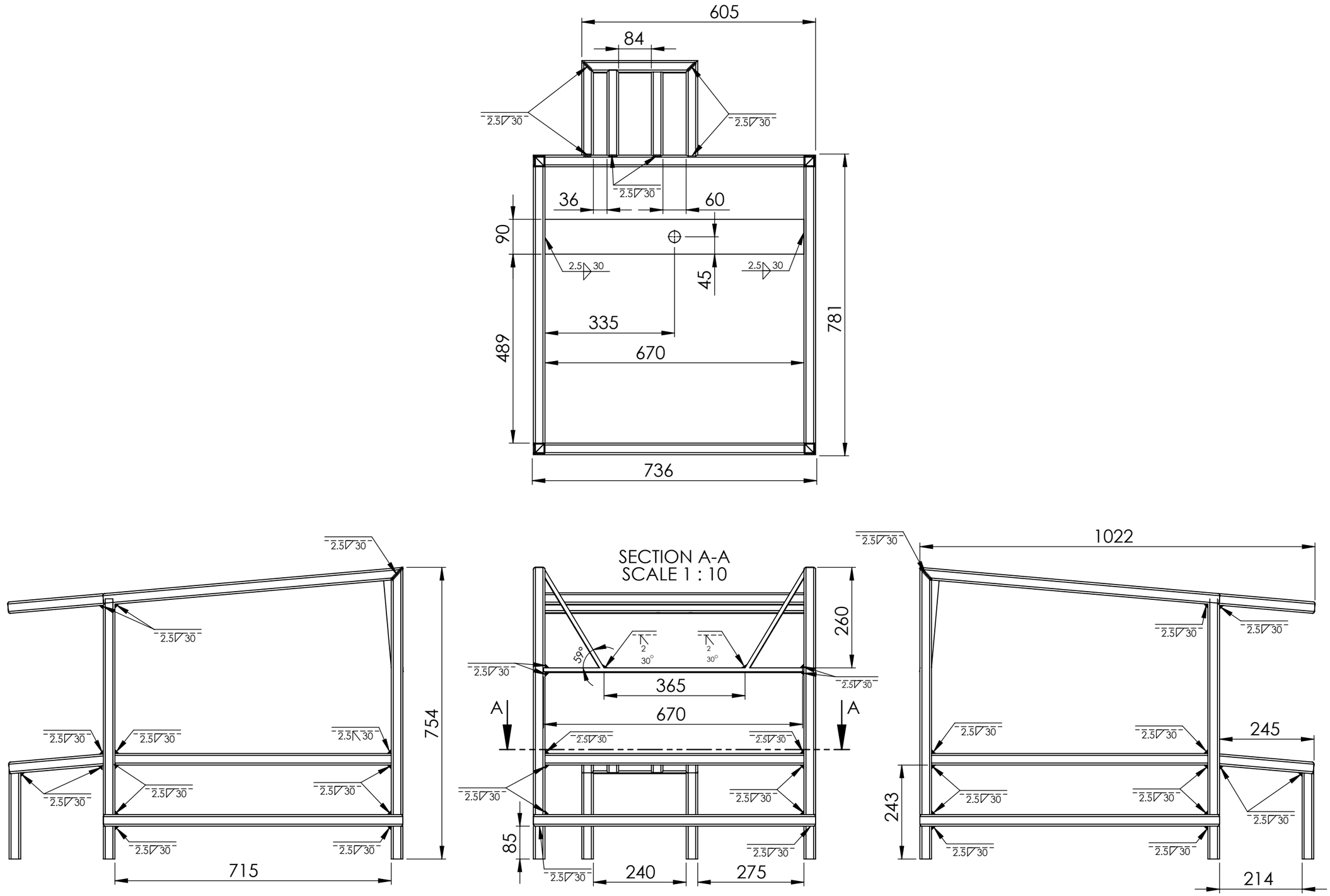
18



SCALE 1 : 5

NO	NAMA BAGIAN	MATERIAL	JUMLAH	KETERANGAN
18	Gearbox		1	
17	Motor listrik		1	
15	Sproket		2	
14	Poros		1	

SKALA :	DIGAMBAR: PRAYOGI FAJAR M	Keterangan:	
UKURAN : mm	NRP : 10211500000011		
TANGGAL: 22/01/19	DILIHAT : Ir. NUR HUSOD0, MS.		
DEPT. T MESIN INDUSTRI	**KOMPONEN MESIN SANGRAI**	**NO.**	**A4**



SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR: PRAYOGI FAJAR M	Keterangan:	
UKURAN : mm	NRP : 10211500000011		
TANGGAL: 22/01/19	DILIHAT : Ir. NUR HUSOD0, MS.		
DEPT. T MESIN INDUSTRI	**KERANGKA MESIN**	**NO**	**A4**

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Ngawi pada tanggal 26 September 1997 dengan nama Prayogi Fajar Mukti, anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Sujiyono dan Darsih Windarwanti. Riwayat Pendidikan yang telah ditempuh yaitu TK Dharma Wanita, SDN Semen 3, SMPN 2 Ngawi, SMAN 2 Ngawi, kemudian melanjutkan studinya di Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya mengambil bidang studi Manufaktur. Penulis pernah melaksanakan Kerja Praktek di PT. Petrokimia Gresik yang bergerak dalam bidang pupuk. Penulis juga aktif diberbagai kegiatan dalam kampus di jurusan. Pernah menjabat sebagai Kepala Departemen Hubungan Mahasiswa Himpunana Mahasiswa D3 Mesin ITS. Selain itu banyak pula pelatihan dan event – event dalam lingkup jurusan, fakultas, institut yang diikuti baik event akademis maupun non-akademis selama menjadi mahasiswa aktif di lingkungan ITS.