

2. PERENCANAAN PROSES PENGGIILINGAN BIJI KEDELAI

Sebelum menjelaskan teori-teori yang digunakan, maka perlu dijelaskan terlebih dahulu mekanisme kerja mesin dalam proses penggilingan, pemerasan, dan pemisahan dari biji kedelai sampai menjadi sari kedelai.

Buah kedelai disebut “polong”, yang tersusun dalam rangkaian buah. Tiap polong kedelai berisi 1 – 4 biji. Jumlah polong per tanaman tergantung varietas kedelai, kesuburan tanah, dan jarak tanam yang digunakan. Kedelai yang ditanam pada tanah subur pada umumnya dapat menghasilkan antara 100- 200 polong/pohon.

Biji kedelai umumnya berbentuk bulat-pipih sampai bulat-lonjong. Warna kulit biji bervariasi antara lain kuning, hijau, coklat atau hitam. Ukuran biji berkisar antara 6 – 30 gram/ 100 biji. Di Indonesia ukuran kedelai diklasifikasikan dalam 3 kelas, yaitu:

- Biji kecil (6 – 10 gr/100 biji)
- Biji sedang (11 – 12 gr/100 biji)
- Biji besar (13 gr atau lebih/100 biji)

Gambar 2.1: Biji Kedelai

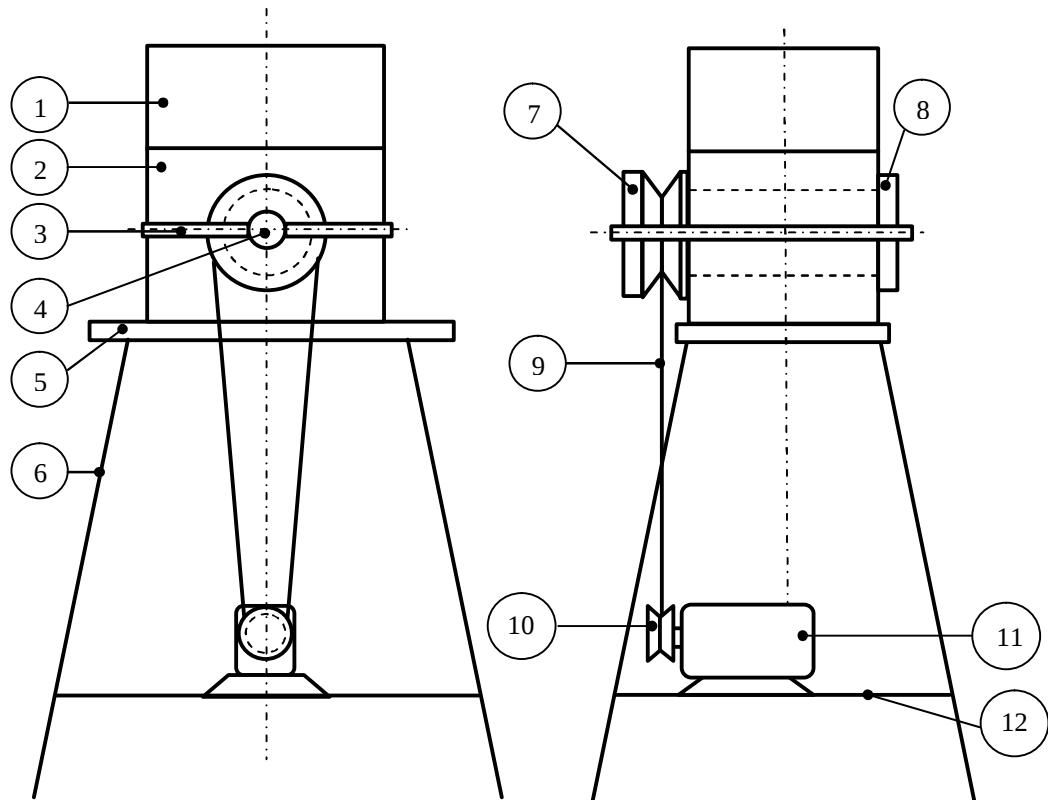
Biji kedelai sebelum diolah menjadi bahan pangan seperti tahu dan susu kedelai biasanya harus mengalami proses penggilingan terlebih dahulu. Proses penggilingan ini dimaksudkan untuk menghaluskan biji kedelai yang nantinya dipakai sebagai bahan dasar pembuatan tahu dan susu kedelai itu tadi. Setelah digiling biji kedelai yang sudah halus ini kemudian disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan antara sari dan ampas kedelai. Pada umumnya untuk menggiling dan memeras biji kedelai digunakan dua buah mesin, yang satu digunakan untuk menggiling dan yang satunya lagi digunakan untuk memeras.

2.1 ALTERNATIF DASAR MEKANISME PENGGILINGAN BIJI KEDELAI

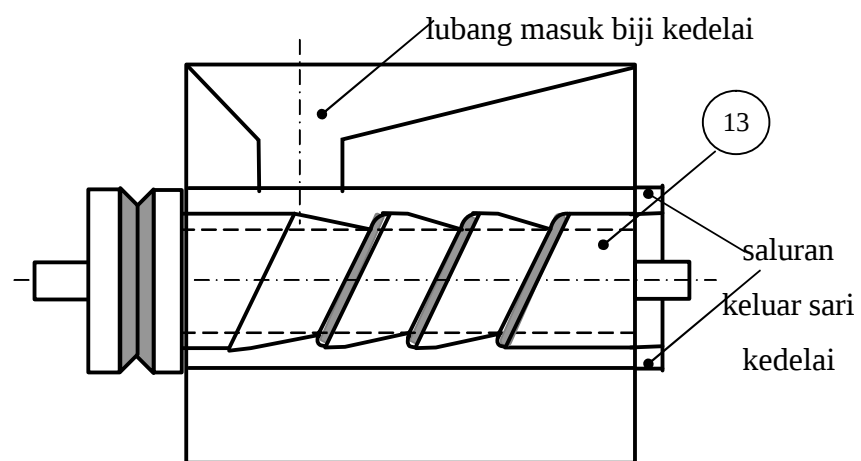
2.1.1 Mekanisme Kerja Mesin Alternatif I

Mekanisme ini terdiri dari bodi mesin berbentuk kotak yang didalamnya terdapat ruangan penggilingan dengan bentuk tabung dan didalamnya terdapat sebuah poros dari kayu. Poros dari kayu ini mempunyai bentuk seperti sekrup yang terpasang didalam kotak ruang penggilingan. Sedangkan ruang penggilingannya berdiameter 80 mm dengan panjang yang sama dengan poros. Dengan dimensi kotak yang seperti itu maka akan terdapat celah sebesar 5 mm antara ruang penggilingan dan poros penggiling. Pemberian celah ini dimaksudkan supaya biji kedelai pada saat memasuki ruang penggilingan, seluruh biji kedelainya bisa digiling oleh poros berulir tersebut.

Pada ujung poros depan dipasang sebuah *pulley* sebagai landasan *V-Belt* yang merupakan transmisi gerak dari putaran input motor ke sistem ruang penggilingan. Sedangkan pada tangkai belakang poros diberi penutup berbentuk bulat. Bagian atas dan bawah dari penutup tersebut terdapat lubang sebagai tempat keluarnya biji kedelai yang sudah digiling. Poros ini ditahan oleh bantalan gelinding *Single Ball – Deep Groove Ball Bearing*.



Gambar 2.2a: Konstruksi mesin alternatif I



Gambar 2.2b: Konstruksi bagian dalam ruang penggilingan

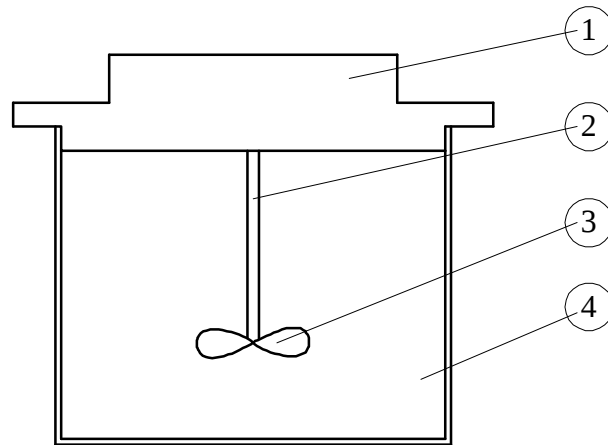
Keterangan Gambar 2.1a dan 2.1b

1. *Hopper* / Bak penampung
2. Bodi
3. Poros
4. Bantalan
5. Meja
6. Kaki meja
7. *Pulley*
8. Penutup yang dibuat berlubang untuk saluran keluar sari kedelai
9. *V – Belt*
10. *Pulley* motor
11. Motor
12. Dudukan motor
13. Poros berulir

2.1.2 Mekanisme Kerja Mesin Alternatif II

Mekanisme untuk sistem ini adalah penggilingan biji kedelai dengan menggunakan *cutting blades* yang berputar pada porosnya. Untuk memutar *cutting blades* ini digunakan sebuah motor listrik yang terdapat didalam motor *housing*.

Mesin Blender ini terdiri dari dua bagian, bagian yang pertama yang juga berfungsi sebagai penutup adalah berupa motor *housing* sedangkan bagian kedua adalah gelas yang berguna untuk menampung biji kedelai dan air. Pisau kecil atau *cutting blades* ini dipasang dengan menggunakan sebuah poros yang dihubungkan dengan motor yang berada di bagian atas dari gelas. Poros tempat *cutting blades* ini terpasang panjangnya tidak sampai dasar dari gelas, tapi terpaut beberapa cm dari dasar gelas. Oleh karena posisi dari *cutting blades* seperti menggantung.



Gambar 2.3: Konstruksi mesin Alternatif 2

Keterangan Gambar 2.2

1. Motor housing
2. Poros
3. Cutting Blades
4. Gelas penampung

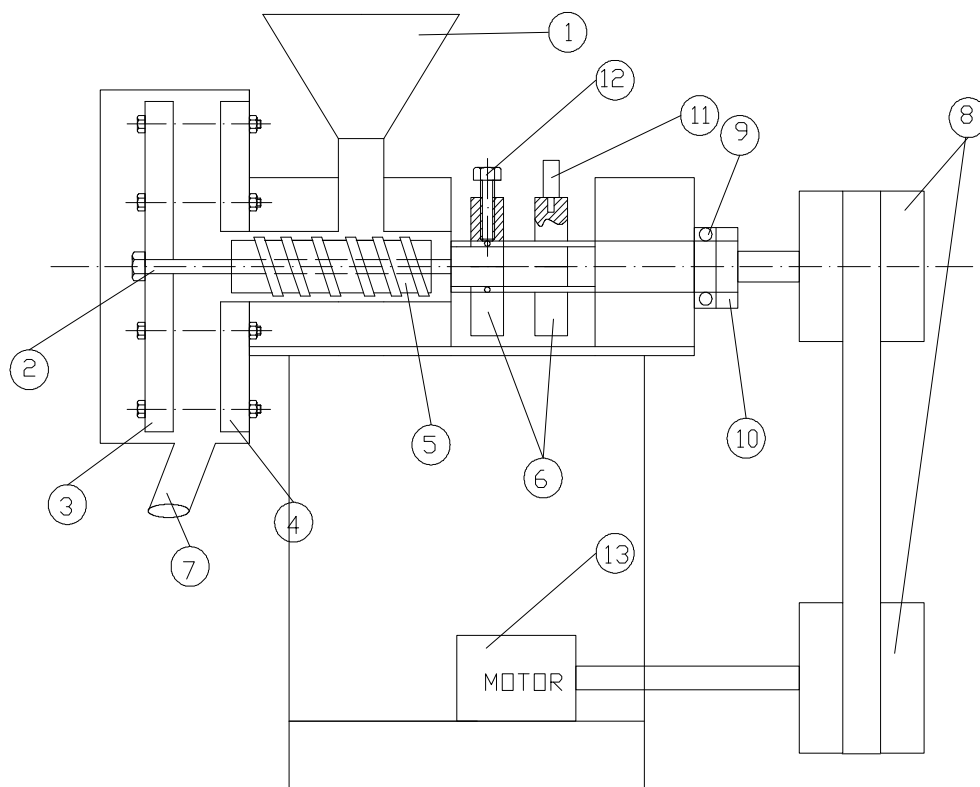
2.1.3 Mekanisme Kerja Mesin Alternatif III

Mekanisme mesin untuk penggilingan biji kedelai ini adalah dengan menggunakan dua buah batu gilas yang diletakkan pada posisi horisontal. Mesin ini mempunyai 3 bagian yaitu *hopper*, badan gilingan, dan tutup mesin gilingan. Pada badan gilingan dipasang dua buah batu gilas yang masing-masing dihubungkan dengan menggunakan poros yang disambung dengan *pulley* dan yang satunya lagi dipasangkan pada badan gilingan. Ditengah permukaan kedua batu ini diberi lubang. Diameter dari batu gilas yang hendak dipakai disesuaikan dengan kapasitas yang diinginkan. Pada badan gilingan terdapat sebuah roda yang bisa diputar untuk mengatur jarak celah antara kedua batu tersebut dan sebuah poros berulir yang dipakai untuk mendorong masuk biji kedelai yang jatuh dari *hopper*, kedalam celah antara dua batu.

Batu yang dihubungkan dengan poros yang dihubungkan dengan *pulley* merupakan batu yang berputar sedangkan yang dihubungkan dengan badan gilingan merupakan batu yang tidak berputar.

Kedua batu gilas ini mempunyai ketebalan yang hampir sama tetapi pada permukaan masing-masing batu dibuat kasar dengan profil yang berbeda. Batu yang tidak berputar pada permukaannya dibuat lubang-lubang tetapi tidak sampai tembus hanya sedalam beberapa mm. Sedangkan untuk batu yang berputar pada permukaannya diberi alur melingkar yang diameter lingkarannya semakin besar ke arah luar. Selain itu permukaannya tidak dibuat datar seperti halnya pada batu gilas yang berputar tetapi pada bagian pusat dari batu dibuat mempunyai ketebalan yang lebih tipis dari bagian pinggir batu.

Untuk bagian tutup dari badan gilingan diberi sebuah lubang dibagian bawahnya sebagai tempat keluarnya biji kedelai yang sudah digiling.



Gambar 2.4: Konstruksi mesin Aleternatif 3

Keterangan Gambar 2.3

1. *Hopper* mesin penggiling
2. Poros mesin penggiling
3. Batu gilingan yang berputar
4. Batu gilingan yang tidak berputar
5. Poros berulir
6. Mur dan roda penyetelan
7. Saluran keluar kedelai hasil gilingan
8. *Pulley*
9. Bantalan
10. Penahan bantalan
11. Tuas penyetelan
12. Baut pada roda penyetelan
13. Motor

2.2 UNJUK KERJA MESIN PADA MASING-MASING ALTERNATIF

2.2.1 Unjuk Kerja Alternatif Mesin I

Pada umumnya biji kedelai terlebih dahulu direndam atau direbus dalam air bersih selama beberapa jam (3 – 4 jam), hal ini dilakukan untuk membuat biji kedelai menjadi lunak sehingga pada saat digiling biji kedelai dapat langsung hancur.

Setelah itu biji kedelai dimasukkan kedalam ruang penggilingan melalui *hopper*. Poros silinder berulir yang diujungnya terpasang landasan *pulley* yang akan digerakkan oleh *V-Belt* sebagai putaran transmisi dari putaran input motor ke sistem mekanisme penggilingan. Poros berulir ini berputar searah jarum jam (*cw*), putaran poros ini akan menggiling biji kedelai sekaligus mendorong biji kedelai keluar melalui lubang yang terdapat pada penutup poros diujung satunya.

Proses penggilingan terjadi pada celah antara poros berulir dengan dinding berbentuk tabung yang terdapat pada kotak bodi mesin. Celah ini ukurannya sangat kecil dengan tujuan bisa memungkinkan terjadinya kontak langsung antara biji kedelai terhadap dua bidang gesek tersebut. Biji kedelai

akan terus menerus melewati celah ini akibat terjadinya daya dorong oleh poros berulir selama poros berulir ini berputar. Selama proses penggilingan harus senantiasa ditambahkan air supaya biji kedelai yang sudah digiling dapat mengalir keluar dari ruang penggilingan melalui penutup lubang silinder yang terdapat di bagian sebelah kanan bila dipandang dari arah penampakan depan, posisi penutup adalah diam. Air yang ditambahkan secara terus menerus ini juga berfungsi sebagai pelumas untuk poros berulir tersebut.

2.2.2 Unjuk Kerja Alternatif Mesin II

Pada prinsipnya sama yakni biji kedelai sebelum diproses terlebih dahulu direndam atau direbus dalam air bersih selama beberapa jam seperti pada alternatif 1.

Untuk alternatif mesin ke 2 ini cara memasukkan biji kedelai tidak melalui *hopper* melainkan langsung dituangkan kedalam gelas plastik. Banyaknya biji kedelai yang bisa dimasukkan untuk sekali proses ± 50 gr, kemudian ditambahkan air sebanyak ± 200 ml. Pembatasan jumlah biji kedelai dan air yang bisa dimasukkan kedalam gelas ini dimaksudkan supaya kerja dari dinamo mesin blender tidak terlalu berat. Setelah biji kedelai dan air dimasukkan, gelas ditutup dengan sebuah *motor housing* yang ukurannya sesuai dengan ukuran dari gelas. Proses menghancurkan biji kedelai ini dilakukan oleh *cutting blades* yang diputar dengan menggunakan dinamo selama 1 – 1,5 menit.

Setelah selesai tutup gelas ini dibuka dan biji kedelai yang sudah dihancurkan dituangkan ke suatu wadah untuk langsung diminum sebagai susu kedelai atau langsung dibuat sebagai bahan dasar tahu.

2.2.3 Unjuk Kerja Alternatif Mesin III

Untuk alternatif mesin ke 3 ini biji kedelai juga harus direndam atau direbus dalam air selama beberapa jam sebelum dimasukkan ke dalam mesin penggilingan.

Pertama biji kedelai dimasukkan ke dalam mesin penggilingan melalui *hopper*. Untuk mendorong biji kedelai supaya dapat masuk ke celah

antara kedua batu giling tersebut, maka pada badan mesin penggilingan dipasang sebuah poros berulir yang dapat berputar. Karena putaran dari poros yang berulir ini biji kedelai dapat masuk ke celah antara dua batu gilingan dan biji kedelai dapat digiling. Seperti pada alternatif mesin ke satu selama proses penggilingan air harus selalu ditambahkan secara terus menerus, penambahan air ini dimaksudkan supaya sari kedelai dan ampas kedelai bisa keluar dari celah penggilingan.

Bila dirasakan hasil gilingan biji kedelai kurang halus terdapat sebuah roda pengatur yang dapat diputar untuk memperkecil celah antara dua batu gilingan tersebut. Kemudian setelah pengaturan celah dua batu gilingan selesai maka roda pengatur ini dapat dikunci dengan menggunakan mur, untuk mencegah supaya pengaturan yang telah dilakukan tidak berubah selama proses penggilingan selanjutnya.

2.3 KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN MASING-MASING ALTERNATIF:

2.3.1 Keuntungan dan Kerugian Alternatif 1

Keuntungan:

1. Biji kedelai yang dihasilkan dari proses penggilingan bervariasi
2. Konstruksi dan mekanisme sederhana
3. Biaya tidak mahal
4. Satu kali proses penggilingan, biji kedelai dalam jumlah banyak

Kerugian :

1. Pembuatan poros berulir yang merupakan komponen utamanya sulit.
2. Untuk mendapatkan hasil penggilingan yang lebih halus atau lebih kasar dibutuhkan poros berulir yang berbeda.
3. Mengingat bahan yang digunakan untuk poros berulir adalah kayu maka harus senantiasa dilakukan pengecekan keausan, karena bila terjadi keausan maka hasil gilingan biji kedelai tidak akan sesuai dengan yang diinginkan.
4. Hasil dari proses penggilingan masih membutuhkan proses penyaringan

2.3.2 Keuntungan dan Kerugian Alternatif 2

Keuntungan:

1. Hasil gilingan biji kedelai paling halus jika dibandingkan dengan alternatif yang lain.
2. Dimensi kecil
3. Menggunakan daya motor yang kecil
4. Mudah dibawa
5. Mudah penempatan ruang dan penggunaannya
6. Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggilingan singkat

Kerugian:

1. Untuk satu proses jumlah biji kedelai yang dapat digiling terbatas
2. Hasil gilingan biji kedelai tidak bervariasi, halus saja
3. Motor yang digunakan mudah rusak
4. Suara yang ditimbulkan bising

2.3.3 Keuntungan dan Kerugian Alternatif 3

Keuntungan:

1. Mekanisme sederhana
2. Untuk hasil gilingan biji kedelai yang bervariasi mudah didapatkan dengan hanya mengatur jarak celah antara ke dua batu gilas tersebut.
3. Penggunaannya mudah
4. Dalam satu proses penggilingan jumlah biji kedelai yang dapat digiling banyak
5. Untuk mendapatkan batu gilingannya mudah

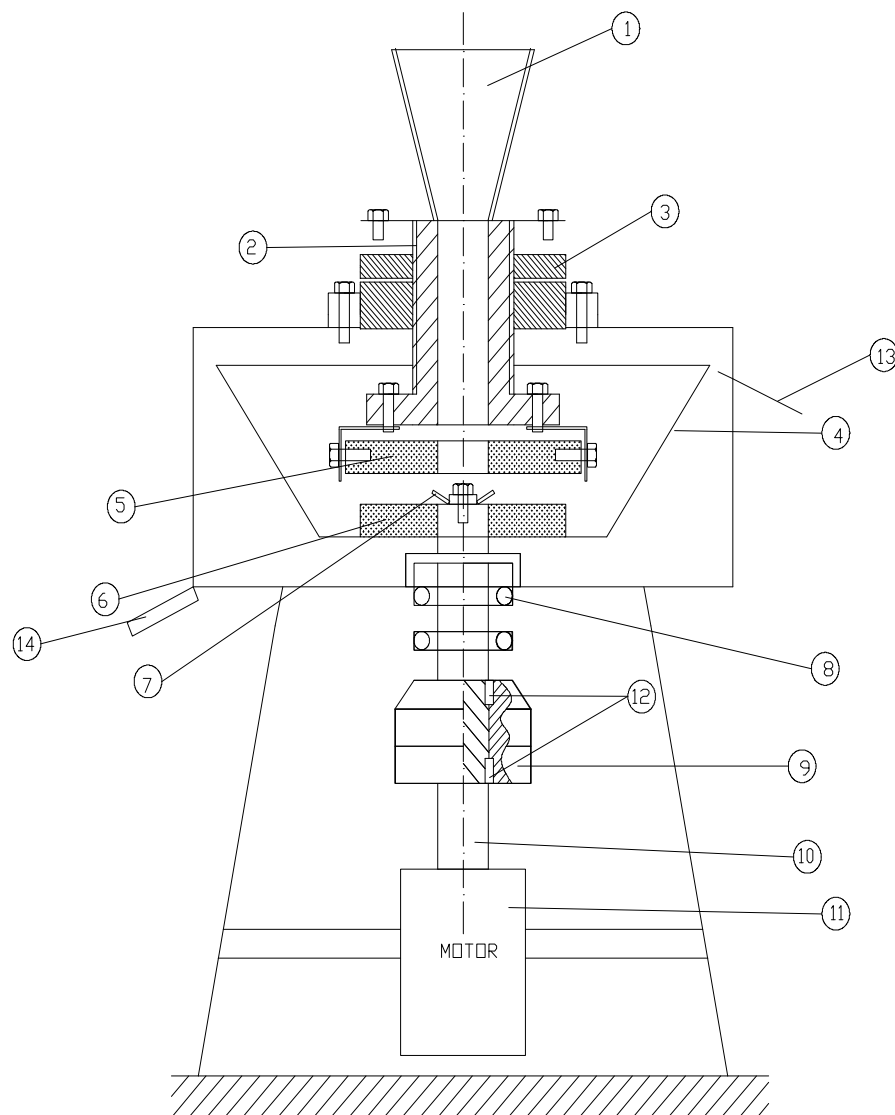
Kerugian:

1. Batu gilingan yang digunakan semakin lama semakin aus maka celah atau tempat biji kedelai digiling akan semakin melebar sehingga dibutuhkan pengaturan kembali
2. Dengan alasan nomor 1 diatas maka batu gilingan harus diganti bila sudah aus

3. Massa dari roll baru gilingan besar maka memerlukan daya motor yang besar

2.4 MEKANISME MESIN GILING YANG DIRENCANAKAN

Dengan beberapa alternatif perencanaan mekanisme mesin penggiling biji kedelai diatas, maka dalam Tugas Akhir ini penulis memilih alternatif ketiga yang dianggap paling berhasil dilihat dari kualitas dan efisiensi mesin tersebut. Gambar desain awal mesin yang hendak dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 2.5: Desain Awal Mesin

Keterangan Gambar 2.4

1. *Hopper*
2. Poros berulir
3. Mur pengunci
4. Kawat saringan
5. Batu gilingan yang tidak berputar
6. Batu gilingan yang berputar
7. Pengaduk
8. Bantalan
9. Kopling karet
10. Poros
11. Motor listrik
12. Pasak
13. Saluran keluar ampas sari kedelai
14. Saluran keluar sari kedelai

Biji kedelai sebelum dimasukkan kedalam mesin terlebih dahulu harus direndam dalam air selama 3 – 5 jam yang bertujuan untuk melunakan biji kedelai. Sebelum biji kedelai dimasukkan, motor listrik dijalankan terlebih dahulu untuk mengetes apakah celah antara batu gilas sudah cukup rapat atau belum. Setelah celah antara batu gilas sudah cukup rapat baru kemudian biji kedelai yang sudah direndam tadi dimasukkan melalui corong.

Dalam desain ini penulis memberi komponen tambahan berupa pengaduk yang berfungsi untuk melemparkan biji kedelai supaya masuk kedalam celah batu gilas yang terdapat di bagian pinggir, untuk proses penggilingan. Karena jika sebuah pengaduk tidak dipasang/ditambahkan maka biji kedelai yang masuk kedalam celah batu gilas, sebagian akan terkumpul di bagian tengah batu gilas dan tidak mengalami proses penggilingan.

Batu gilingan dapat digunakan untuk menggiling secara terus menerus dan hasil gilingan yang bervariasi dapat dengan mudah diperoleh dengan cara mengatur celah antara ke dua batu gilingan tersebut. Pengaturan celah batu gilingan dilakukan dengan memutar mur yang berfungsi sebagai pengunci.

Selain itu untuk memisahkan antara sari kedelai dengan ampas kedelai digunakan kawat dengan ukuran 80 mes (dalam 1 in² terdapat 80 lubang). Kawat saringan ini bentuk seperti corong yang dapat berputar bersama-sama dengan batu gilas. Sari kedelai dan ampas kedelai dapat dipisahkan dengan menggunakan kawat saringan dikarenakan sari kedelai berwujud cair, sedangkan ampas kedelai berwujud bubur.

2.5 PENGUJIAN KUALITAS PADA MESIN ALTERNATIF

Untuk dapat memperoleh suatu ukuran standar nilai kualitas *density* sari kedelai yang hendak dijadikan tolak ukur maka dilakukan pengujian untuk memperoleh kualitas *density* sari kedelai yang terdapat pada masing-masing alternatif desain yang berada diatas tadi.

Pengujian untuk memperoleh kualitas *density* sari kedelai ini dilakukan dengan cara mengambil sampel sari kedelai hasil proses penggilingan dari masing-masing alternatif desain selama beberapa hari. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap jamnya selama 8 jam/hari.

Setelah sampel *density* sari kedelai diperoleh, selanjutnya dilakukan pengukuran *density* dengan menggunakan alat yang disebut dengan *Hydrometer*. Nilai *density* yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ukur ini disebut dengan SG (*Specific Gravity*). Pengambilan sampel dan pengukuran SG terus dilakukan hingga jumlah sampel mencapai 40 buah, yang kemudian diambil nilai rata-ratanya dari masing-masing kelompok alternatif desain. Nilai rata-rata SG ini tidak dapat langsung digunakan tetapi harus dirubah dulu menjadi ρ (rapat massa/*Density*) dengan cara dikalikan dengan rapat massa air (ρ_{air}), yang besarnya 1000 kg/m³. Salah satu contoh perhitungan untuk merubah SG menjadi ρ (rapat massa) dapat dilihat dibawah ini:

$$\begin{aligned}\rho_{\text{zat air}} &= \text{SG} \times \rho_{\text{air}} \\ &= 1,0079 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1007,9 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Sedangkan data-data hasil pengukuran *density* sari kedelai dari beberapa mesin alternatif dengan menggunakan alat ukur *Hydrometer*, tertera pada tabel berikut :

Tabel 2.1: Tabel *Density* Sari Kedelai

No	Gilingan batu	Blender	Gilingan poros berulir
1	1.01	1.006	1.008
2	1.01	1.006	1.008
3	1.008	1.006	1.008
4	1.008	1.004	1.006
5	1.008	1.004	1.006
6	1.006	1.004	1.006
7	1.01	1.004	1.004
8	1.01	1.004	1.004
9	1.01	1.004	1.004
10	1.01	1.002	1.008
11	1.008	1.002	1.008
12	1.008	1.002	1.006
13	1.008	1.004	1.004
14	1.008	1.004	1.004
15	1.008	1.004	1.008
16	1.008	1.006	1.008
17	1.006	1.006	1.006
18	1.006	1.004	1.006
19	1.01	1.004	1.004
20	1.008	1.004	1.004
21	1.008	1.004	1.006
22	1.008	1.006	1.008
23	1.008	1.006	1.006
24	1.008	1.006	1.006
25	1.006	1.006	1.006
26	1.006	1.004	1.006
27	1.006	1.004	1.004
28	1.004	1.004	1.004
29	1.004	1.004	1.004
30	1.01	1.004	1.004
31	1.01	1.006	1.008
32	1.01	1.006	1.008
33	1.008	1.006	1.006
34	1.008	1.006	1.006
35	1.008	1.004	1.004
36	1.008	1.004	1.004
37	1.008	1.004	1.008
38	1.008	1.004	1.006
39	1.006	1.004	1.006
40	1.006	1.004	1.006
SG	1.0079	1.0045	1.0059
Density	1007.9 kg/m ³	1004.5 kg/m ³	1005.9 kg/m ³