

**RANCANG BANGUN DAN MODIFIKASI MESIN PEMASAK SEMI
OTOMATIS (NIRA KELAPA MENJADI GULA SEMUT)**

(Skripsi)

Oleh

**SUPIATUN
NPM 1714231028**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**RANCANG BANGUN DAN MODIFIKASI MESIN PEMASAK
SEMI OTOMATIS (NIRA KELAPA MENJADI GULA SEMUT)**

Oleh

Supiatun

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Program Studi Teknologi Industri Pertanian
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN DAN MODIFIKASI MESIN PEMASAK SEMI OTOMATIS (NIRA KELAPA MENJADI GULA SEMUT)

Oleh

Supiatun

Gula semut merupakan inovasi dari gula merah cetak dalam bentuk kristal dengan masa simpan lebih lama. Salah satu kesulitan dalam pengolahan gula semut adalah proses pengadukan yang membutuhkan waktu lama dan harus dilakukan terus-menerus. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi mesin pemasak semi otomatis dan menguji kinerja mesin pemasak semi otomatis modifikasi, mengetahui kesesuaian mesin pemasak semi otomatis dengan aspek ergonomi dan antropometri. Modifikasi yang dilakukan meliputi kecepatan putaran pengaduk, pengaduk dan penggerus serta kipas. Mesin modifikasi dilakukan analisis teknis dan uji kinerja mesin. Analisis teknis meliputi kapasitas wajan, kecepatan putaran pengaduk, torsi, biaya listrik, kebutuhan bahan bakar, dan uji kinerja mesin dilakukan dengan bahan baku 20 liter nira kelapa. Hasil modifikasi mesin pemasak semi otomatis adalah dihasilkan kecepatan putaran pengaduk 6 rpm – 30 rpm karena penggantian motor listrik dan penambahan inverter, kristal gula semut lebih seragam karena penambahan penggaruk, kristalisasi menjadi lebih cepat karena penggantian kipas dengan *blower*. Waktu evaporasi dan kristalisasi nira sebelum modifikasi yaitu 150 menit dan 40 menit dan setelah modifikasi menjadi yaitu 119,7 menit dan 12 menit. Kinerja mesin hasil modifikasi lebih baik dibandingkan mesin sebelum modifikasi ditunjukkan dengan proses evaporasi dan kristalisasi yang lebih cepat serta kristal gula semut yang seragam. Mesin pemasak semi otomatis telah sesuai dengan ergonomi dan antropometri dan nyaman digunakan oleh sampel operator dengan ukuran terkecil atau ukuran terbesar. Mesin mudah digunakan dan dijangkau karena tinggi mesin tidak melebihi jangkauan tangan ke atas posisi berdiri operator. Tinggi mesin yaitu 154,0 cm dan jangkauan tangan keatas posisi berdiri operator pada persentil ke-10, ke-50 dan ke-90 berturut-turut yaitu 195,3 cm, 214 cm dan 224,9 cm.

Kata Kunci : Gula semut, mesin pemasak semi otomatis, modifikasi, ergonomi, antropometri

ABSTRACT

DESIGN AND MODIFICATION OF SEMIAUTOMATIC COOKING MACHINE (COCONUT NEERA TO BE CRYSTAL PALM SUGAR)

By

Supiatun

Crystal palm sugar are palm sugar inovation in crystal form which long lasting storage. One of difficulty in palm sugar cooking process are long time and have to be continued stirring process. The purposes are modificate semiautomatic cooking machine and then test its performance, and to knowing suitability of ergonomics and antropometry. Modifications are stirrer rotation speed, stirrer and grinder addition, and fan replacement. Technical analysis and machine performance test were conducted to modified machine. Technical analysis were pan capacity, speed stirrer, torque, electricy cost, and fuel requirement. Performances machine were tested by using 20 liters coconut neera. The results are speed stirrer 6 until 30 rpm because of dynamo replacement and inverter addition, same-sized crystals of sugar because of scraper addition, crystallisation was faster because of fan replacement by using blower. Evaporation and crystallisation before it modified are 150 minutes and 40 minutes and after it modified are 119,7 minutes and 12 minutes. Modified machine performances are better than before, referred by evaporation and crystallisation are faster and same-sized crystals of sugar as a final result. The machine has suitable to ergonomics and antropometry and comfortable to used by minimum to maximum size body operator samples. Machine is usable and reachable because height is not higher than hand up ranges operator in standing position. Machine height is 154 cm, while hand up ranges operator in standing position at 10th percentile, 50th, and 90th are 195,3 cm, 214 cm dan 224,9 cm.

Keyword : Crystal palm sugar, semiautomatic cooking machine, modification, ergonomics, anthropometry

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN DAN MODIFIKASI
MESIN PEMASAK SEMI OTOMATIS
(NIRA KELAPA MENJADI GULA SEMUT)**

Nama Mahasiswa : *Supiatun*

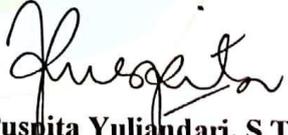
Nomor Pokok Mahasiswa : 1714231028

Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian




Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP. 19721006 199803 1 005


Puspita Yulindari, S.T.P., M.Si.
NIP. 19810702 201504 2 001

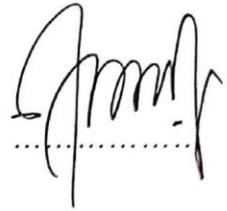
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP. 19721006 199803 1 005

MENGESAIHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.**



Sekretaris : **Puspita Yuliandari, S.T.P., M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **25 Mei 2022**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Supiatun NPM 1714231028

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Mei 2022
Yang membuat pernyataan



Supiatun
NPM. 1714231028

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Sidowaluyo, Kecamatan Sidomulyo, Lampung Selatan pada tanggal 27 Februari 1998 sebagai anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Damun dan Ibu Bandiyah. Penulis memiliki kakak perempuan bernama Supini.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 2 Sidowaluyo (2005-2011), pendidikan menengah di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Sidomulyo (2011-2014), dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Sidomulyo (2014-2017). Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP).

Pada bulan Januari-Februari 2020, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kebun Dalam, Kecamatan Way Serdang, Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung. Pada bulan Juli-Agustus 2020, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Santosa Utama Lestari, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dengan judul “Proses Pengeringan Jagung Di PT. Santosa Utama Lestari”.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai organisasi internal kampus yaitu di Forum Ilmiah Mahasiswa (FILMA) Fakultas Pertanian sebagai Anggota Tutor periode 2018/2019, UKM KSR PMI Unit UNILA sebagai anggota divisi pendidikan dan latihan tahun 2019 dan anggota divisi transfusi darah tahun 2020. Penulis menjadi asisten praktikum mata kuliah Kimia Dasar pada tahun 2018 dan 2020.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah.....

Segala Puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya dan sholawat serta salam bagi suri tauladan Nabi Muhammad SAW

Dengan kerendahan hati karya kecil dan sederhana ini ku persembahkan untuk

Mama dan Bapak tercinta sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih atas doa, dukungan dan motivasi selama aku menuntut ilmu

Bapak dan Ibu dosen, sahabat, teman baik, dan semua orang yang aku sayang yang telah memberikan, do'a, motivasi, dan dukungan selama Aku menuntut ilmu

Serta

Lembaga yang turut menjadikan aku pribadi yang tangguh dan berani

*Almamater tercinta
Universitas Lampung*

*Maka Sesungguhnya Beserta Kesulitan Ada Kemudahan.
Sesungguhnya Beserta Kesulitan itu Ada Kemudahan (QS: Al-
Insyirah 5-6)*

Jangan Lari dari Takdirmu Sendiri ! (Ai Haibara)

SANWACANA

Bismillaahirrahmaanirrahiim. Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Rancang Bangun dan Modifikasi Mesin Pemasak Semi Otomatis (Nira Kelapa Menjadi Gula Semut)” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus pembimbing utama atas bantuan, fasilitas, arahan, saran, motivasi, dan bimbingan yang telah diberikan selama penyusunan skripsi;
3. Ibu Puspita Yuliandari, S.T.P., M.Si., selaku pembimbing kedua sekaligus pembimbing akademik atas bantuan, fasilitas, arahan, saran, motivasi, dan bimbingan yang telah diberikan selama proses perkuliahan, penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Bapak Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc., selaku penguji atas saran, bimbingan, dan evaluasi terhadap karya skripsi penulis.
5. Bapak dan Ibu dosen dan Staf administrasi dan laboratorium yang telah memberikan ilmu, wawasan dan bantuan kepada penulis selama kuliah;
6. Bapak dan Mama yang telah memberikan semangat, dukungan, motivasi, materi, dan doa yang telah menyertai penulis selama ini;

7. Kakakku yang telah memberikan semangat, dukungan, motivasi, materi dan doa yang telah menyertai penulis selama ini;
8. Keluarga Anti Mager-Mager Club, Linda Safitri dan Hikmatul Adhimah, yang selalu ada dalam kehidupan kampus saat suka maupun duka, selalu mendengar segala keluh kesah, selalu memberi dukungan, motivasi dan do'a;
9. Teman-temanku Tawarina, dan Wenti yang selalu memberikan semangat, dukungan, motivasi, dan do'a;
10. Seluruh keluarga besar THP dan TIP angkatan 2017 dan adik-adik angkatan 2018 yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Terimakasih atas waktu, kebersamaan dan momen yang tak terlupakan, serta bantuan, dukungan dan semangat selama ini;
11. Mas Rohmat selaku pemilik bengkel Putra Risqi Perkasa dan karyawan bengkel atas bantuan dan materi selama penelitian;
12. Teman-teman UKM KSR PMI Unit Unila, seluruh anggota pengurus serta adik-adik, kakak dan mba senior maupun alumni meliputi keluarga besar UKM KSR PMI Unit Unila;
13. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu;
14. Supiatun yang telah berjuang dan tidak pantang menyerah dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu saran dan kritik akan diterima dengan terbuka. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dipergunakan dengan sebaik-baiknya, dan bermanfaat bagi diri sendiri dan yang membacanya.

Bandar Lampung, Mei 2022

Supiatun

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Kerangka Pemikiran	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Gula Semut	8
2.2. Proses Pembuatan Gula Semut	9
2.3. Evaporasi	10
2.4. Mesin Pemasak Semi Otomatis	12
2.4.1. Rangka Mesin dan Dudukan Kompor	13
2.4.2. Tungku Pemasak.....	14
2.4.3. Wajan	16
2.4.4. Pengaduk dan Penggerus	16
2.4.5. Motor Listrik.....	17
2.4.6. <i>Bearing</i>	18
2.4.7. Transmisi	19
2.4.8. <i>Gearbox</i>	20
2.4.9. Kipas	21
2.5. <i>Granulator</i>	22
2.6. Ergonomi	23
2.7. Antropometri	26

2.8. Alat Pengaduk Dodol Semi Otomatis.....	29
III. METODE PENELITIAN	31
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
3.2. Alat dan Bahan	31
3.3. Prosedur Penelitian	31
3.4. Kriteria Desain Modifikasi	33
3.5. Modifikasi Mesin.....	33
3.5.1. Pengatur Kecepatan Pengaduk.....	33
3.5.2. Pengaduk dan Penggerus	35
3.5.3. Kipas	35
3.6. Perakitan Mesin Modifikasi.....	36
3.7. Mekanisme Kerja Mesin.....	37
3.8. Pengujian Mesin	38
3.9. Analisis Teknis Mesin	39
3.9.1. Kapasitas Wajan	39
3.9.2. Kecepatan Pengaduk.....	39
3.9.3. Torsi	41
3.9.4. Biaya Listrik	41
3.9.5. Kecepatan LPG	41
3.10. Analisis Ergonomi dan Antropometri.....	42
3.10.1. Pengumpulan Data Antropometri	42
3.10.2. Perhitungan Data Antropometri.....	42
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Hasil Modifikasi Mesin Pemasak Semi Otomatis	44
4.1.1. Hasil Modifikasi Kecepatan Putaran Pengaduk	47
4.1.2. Hasil Modifikasi Pengaduk dan Penggerus	48
4.1.3. Hasil Modifikasi Kipas	49
4.2. Analisis Teknis Mesin Pemasak Semi Otomatis	50
4.2.1. Analisis Teknis Sebelum Modifikasi.....	50
4.2.2. Analisis Teknis Setelah Modifikasi	52
4.3. Hasil Uji Kinerja Mesin Pemasak Semi Otomatis.....	56
4.4. Hasil Uji Kinerja Mesin Pemasak Semi Otomatis Modifikasi ..	58
4.5. Perbandingan Hasil Uji Kinerja Mesin Pemasak Semi Otomatis Sebelum dan Setelah Modifikasi	60

4.6. Kesesuaian Mesin Pemasak Semi Otomatis dengan Prinsip Ergonomi dan Antropometri.....	61
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1. Simpulan.....	66
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat Mutu Gula Palma (Gula Kristal) (SNI 01-3743-1995).....	10
2. Spesifikasi Mesin Pemasak Semi Otomatis	13
3. Spesifikasi Alat Pengaduk Gula Semut (<i>Granulator</i>).....	23
4. Biaya Listrik Mesin Pemasak Semi Otomatis Sebelum Modifikasi	52
5. Kecepatan Putaran Pengaduk	53
6. Biaya Listrik Mesin Pemasak Semi Otomatis Modifikasi	56
7. Hasil Uji Kinerja Mesin Pemasak Semi Otomatis	57
8. Hasil Uji Kinerja Mesin Pemasak Semi Otomatis Modifikasi	58
9. Uji Kinerja Mesin Pemasak Semi Otomatis Sebelum dan Setelah Modifikasi	60
10. Data Antropometri Berdiri	63
11. Hasil Perhitungan Statistik	63
12. Tinggi Bagian-Bagian Mesin Pemasak Semi Otomatis Modifikasi	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran Penelitian Rancang Bangun dan Modifikasi Mesin Pemasak Semi Otomatis.....	7
2. Mesin Pemasak Semi Otomatis.....	12
3. Besi Kanal U dan Besi Siku.....	13
4. Desain Kerangka Mesin dan Dudukan Kompor.....	14
5. Tungku Pemasak.....	15
6. Kompor Gas.....	15
7. Wajan.....	16
8. Pengaduk dan Penggerus.....	17
9. Motor listrik 0,5 HP.....	18
10. <i>Bearing</i>	19
11. Transmisi.....	20
12. <i>Gearbox</i>	21
13. Kipas.....	21
14. <i>Granulator</i>	22
15. A, B, C Pengukuran Antropometri Posisi Berdiri.....	28
16. Pengukuran Antropometri Posisi Duduk.....	29
17. Alat Pengaduk Dodol Semi Otomatis Ergonomi.....	30
18. Diagram Alir Modifikasi Mesin Pemasak Semi Otomatis.....	32
19. (A) Motor listrik 2 HP dan (B) <i>Inverter</i>	34
20. Penggaruk.....	35
21. <i>Blower</i>	36
22. Skema Perakitan Motor Listrik, <i>Inverter</i> dan <i>Blower</i>	37
23. Skema Mekanisme Kinerja Mesin.....	38

24. <i>Regulator</i>	42
25. Desain Mesin Pemasak Semi Otomatis (Modifikasi)	46
26. Hasil Perakitan <i>Inverter</i>	48
27. Pengaduk dan Penggerus Modifikasi	49
28. (A) Gula Semut dengan Pengaduk Sebelum Modifikasi; (B) Gula Semut dengan Pengaduk Setelah Modifikasi.....	49
29. <i>Blower</i>	50
30. Hasil Uji Kinerja Mesin Pemasak Semi Otomatis	58
31. Grafik Perbandingan Uji Kinerja Mesin Pemasak Semi Otomatis Sebelum dan Setelah Modifikasi.....	60

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu produk olahan dari nira yaitu gula. Umumnya nira diolah menjadi gula merah cetak. Gula merah memiliki masa simpan yang pendek sehingga diinovasi menjadi gula semut. Gula semut adalah gula merah dengan bentuk serbuk atau kristal berwarna kuning kecoklatan dengan kadar air rendah (Zuliana, 2016). Menurut SNI (1995), kadar air gula semut maksimal 3%. Menurut Haryanti (2006), proses pengolahan gula semut dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode langsung dari nira dan metode tidak langsung dengan meleburkan kembali gula merah cetak.

Pengrajin gula semut umumnya memproduksi gula semut secara tradisional dengan memasak nira di dalam wajan menggunakan tungku kayu bakar sebagai sumber perapian. Proses kristalisasi atau granulasi dilakukan secara tradisional dengan mengaduk nira kental secara terus menerus. Granulasi adalah proses pengadukan yang dilakukan secara kontinu untuk mengubah bentuk nira kental menjadi kristal gula semut (Baharuddin, 2010). Proses pengadukan yang terus menerus menjadi kendala pengrajin gula semut dalam memproduksi gula semut, karena memerlukan waktu yang lama dan tenaga yang besar. Menurut Muchaymien *dkk.* (2014), pemasakan 30-35 liter nira kelapa menjadi gula merah memerlukan waktu 4-5 jam dengan suhu 110°C. Menurut BPOM (2017), proses pembuatan gula merah memerlukan waktu 3 - 4 jam untuk nira sebanyak 20 - 25 liter.

Berdasarkan masalah yang timbul dari proses pembuatan gula semut, maka oleh Yuliandari *dkk.* (2019) telah dirancang suatu mesin pemasak gula semut dengan

nama mesin pemasak semi otomatis. Mesin ini dirancang untuk membantu pengrajin gula semut memproduksi gula semut dengan lebih cepat, lebih mudah, produk yang dihasilkan seragam dan tenaga yang dibutuhkan lebih sedikit sehingga lebih efektif dan efisien. Mesin ini menggunakan kompor gas sebagai sumber perapian. Mesin ini juga dapat digunakan untuk mengolah produk pangan lainnya seperti dodol, selai, dan sirup yang proses pemasakannya memerlukan pengadukan terus menerus.

Proses pembuatan gula semut dilakukan dengan tujuan untuk menguapkan air yang terkandung dalam nira (evaporasi). Proses penguapan air pada nira dilakukan dengan cara pemasakan. Evaporasi adalah suatu proses yang bertujuan memekatkan larutan yang terdiri atas pelarut (*solvent*) yang *volatile* dan zat terlarut (*solute*) yang non *volatile* (Widjaja, 2010). Evaporasi adalah proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut. Salah satu cara untuk mempercepat evaporasi nira yaitu dengan mempercepat pemindahan uapnya. Pemindahan uap dapat dilakukan dengan pengadukan. Semakin tinggi kecepatan pengadukan, maka proses evaporasi menjadi lebih cepat.

Penelitian pendahuluan mengenai uji kinerja mesin pemasak semi otomatis dilakukan dengan bahan baku nira kelapa 20 liter dengan kecepatan putaran pengaduk 30 rpm. Proses pemasakan nira hingga menjadi gula semut yaitu 225 menit dengan lama waktu pendidihan 35 menit, evaporasi 150 menit dan kristalisasi 40 menit. Proses pemasakan dibagi menjadi tiga tahap karena pada proses pendidihan tidak dilakukan pengadukan, proses evaporasi dilakukan pengadukan dan proses kristalisasi dilakukan pengadukan serta pendinginan nira kental menggunakan kipas. Kristal gula semut yang dihasilkan belum seragam (gumpalan-gumpalan). Hal ini diduga, pengaduk dan penggerus tidak berfungsi dengan baik saat menggerus gula semut menjadi kristal sehingga perlu dilakukan modifikasi pengaduk pada mesin ini.

Mesin pemasak semi otomatis hanya memiliki satu kecepatan putaran pengaduk yaitu 30 rpm. Kecepatan putaran pengaduk dapat bervariasi jika frekuensi motor

listrik divariasikan. Frekuensi motor listrik dapat diatur menggunakan *inverter*. *Inverter* merupakan sebuah alat yang dapat mengubah frekuensi, arus listrik dan tegangan (*voltase*) motor listrik sehingga motor listrik dapat menghasilkan kecepatan putaran yang bervariasi. Modifikasi kecepatan putaran pengaduk diharapkan dapat menghasilkan kecepatan lebih dari 30 rpm dan dapat mempercepat proses pembuatan gula semut.

Mesin pemasak semi otomatis ini juga dilengkapi dengan kipas. Kipas berfungsi untuk membantu proses pendinginan nira kental pada proses kristalisasi hingga menjadi gula semut. Hembusan udara yang dihasilkan dari kipas tidak mampu mempercepat proses pendinginan nira kental karena ukuran yang terlalu kecil dan hembusan angin yang menyebar, sehingga kipas akan diganti dengan *blower* yang dapat mengalirkan udara dengan tekanan tinggi pada nira kental. Penggunaan *blower* diharapkan akan mempercepat pendinginan nira kental pada proses kristalisasi, karena uap air akan lebih cepat hilang dibandingkan menggunakan kipas. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan modifikasi mesin dengan harapan dapat memenuhi kriteria desain yang belum tercapai dan menguji kinerja mesin pemasak semi otomatis modifikasi.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memodifikasi dan menguji kinerja mesin pemasak semi otomatis modifikasi.
2. Mengetahui kesesuaian mesin pemasak semi otomatis dengan aspek ergonomi dan antropometri.

1.3. Kerangka Pemikiran

Gula semut merupakan inovasi gula merah menjadi bentuk kristal kering yang memiliki masa simpan lama. Terdapat dua metode dalam proses pembuatan gula semut yaitu dengan metode langsung (pemasakan nira menjadi gula semut) dan metode tidak langsung (peleburan gula merah menjadi gula semut). Proses

produksi gula semut memerlukan waktu yang lebih lama dan tenaga yang lebih besar dibandingkan produksi gula merah. Menurut Muchaymien *dkk.* (2014), pemasakan 30-35 liter nira kelapa menjadi gula merah memerlukan waktu 4-5 jam. Menurut BPOM (2017), proses pembuatan gula merah memerlukan waktu 3-4 jam untuk nira sebanyak 20 - 25 liter. Umumnya, pengrajin gula semut memproduksi gula semut secara tradisional. Kegiatan produksi gula semut secara tradisional membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pembuatan gula merah. Proses pengolahan membutuhkan tenaga yang sangat besar untuk mendapatkan kristal gula semut yang seragam.

Mesin pemasak semi otomatis merupakan mesin untuk membuat gula semut yang dirancang oleh Yuliandari *dkk.* (2019). Hasil penelitian pendahuluan mengenai uji kinerja mesin pemasak semi otomatis dengan bahan baku nira kelapa 20 liter dengan kecepatan putaran pengaduk 30 rpm, yaitu pendidihan 35 menit, evaporasi 150 menit, kristalisasi 40 menit, dan menghasilkan kristal gula yang tidak seragam (gumpalan-gumpalan). Hal ini diduga pengaduk dan penggerus tidak berfungsi dengan baik saat menggerus gula semut menjadi kristal sehingga perlu dilakukan modifikasi pengaduk pada mesin ini.

Pengaduk terdiri dari pengaduk kayu dan penggerus *stainless*. Pengaduk dan penggerus menggunakan *stainless* karena mempunyai sifat tidak lengket dengan nira kental. Pengaduk menggunakan kayu karena pada pembuatan gula tradisional juga menggunakan kayu. Pengaduk kayu berfungsi untuk mengaduk dan menggerus nira sampai menjadi gula semut pada pinggir kuali sedangkan penggerus *stainless* berfungsi untuk mengaduk dan menggerus nira sampai menjadi gula semut pada bagian dalam kuali. Namun pada saat uji kinerja mesin, gula semut yang dihasilkan berbentuk gumpalan-gumpalan dan banyak gula semut yang menempel pada wajan. Pengaduk dan penggerus akan dimodifikasi dengan menambahkan penggaruk *stainless*.

Motor listrik sebelumnya memiliki daya 0,5 HP (*Horse Power*), frekuensi 50 Hz, 4 pole (kutub). Mesin dimodifikasi agar dapat menghasilkan kecepatan putaran pengaduk yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Pengadukan akan mempercepat

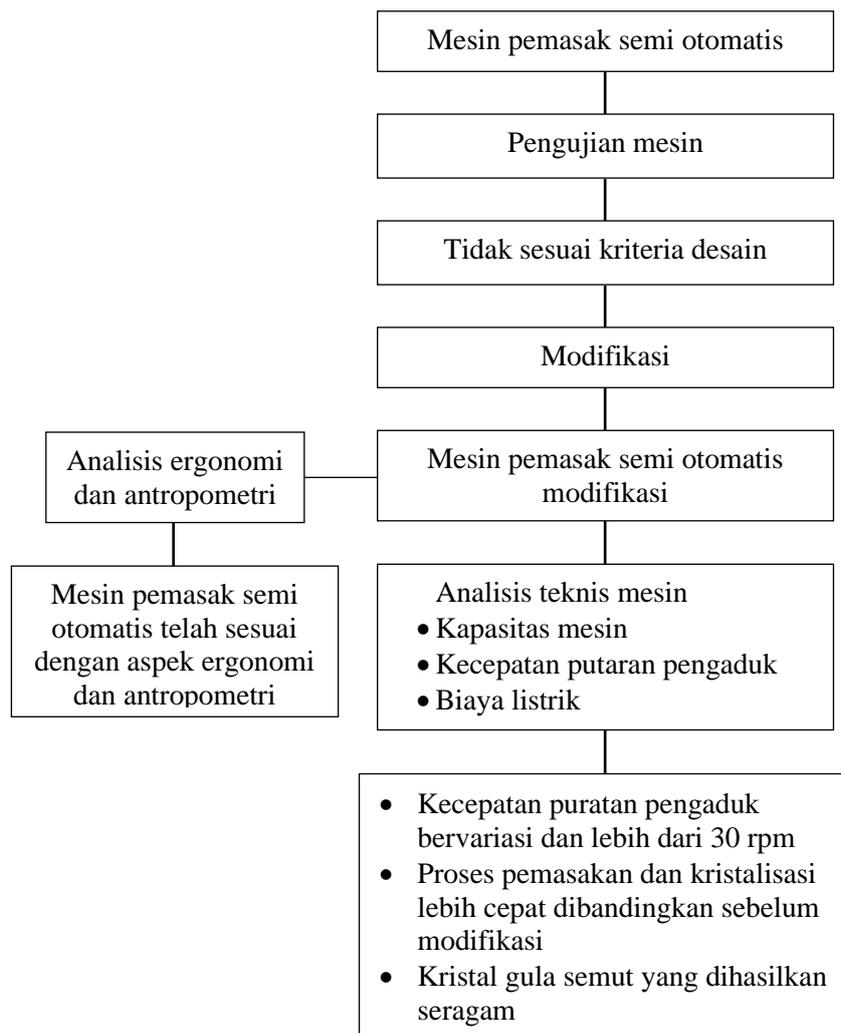
pemindahan uap pada proses evaporasi sehingga pemasakan nira lebih cepat. Semakin cepat pengadukan maka semakin cepat proses evaporasi. Kecepatan putaran pengaduk bergantung pada kecepatan motor listrik. Kecepatan putaran pengaduk dapat bervariasi jika ditambahkan *inverter* untuk mengatur frekuensi motor listrik. Saat frekuensi motor listrik rendah maka kecepatan putaran motor listrik rendah, saat frekuensi motor listrik tinggi maka kecepatan motor listrik tinggi. Kecepatan putaran yang bervariasi memerlukan motor dengan daya yang lebih besar dari motor listrik sebelumnya, hal ini untuk mengantisipasi motor listrik menjadi cepat panas karena mesin ini dirancang untuk dapat digunakan terus menerus. Motor listrik dengan daya yang besar akan menghasilkan putaran dengan tenaga (torsi) yang besar. Torsi adalah gaya yang dihasilkan dari motor listrik. Motor listrik yang digunakan pada modifikasi ini yaitu motor listrik tiga fasa 4P 2HP/ 1,5 kW, 50 Hz 3,48 A dan 380 V. *Inverter* yang digunakan yaitu *inverter* tiga fasa, 1,5 kW dan 200 V. Penggantian motor listrik dan penambahan inverter diharapkan dapat menambah kecepatan putaran pengaduk (lebih dari 30 rpm) dan mempercepat proses pembuatan gula semut.

Kipas digunakan untuk mempercepat proses pendinginan nira kental pada proses kristalisasi. Kipas yang digunakan sebelumnya berukuran kecil dan hembusan udara yang dihasilkan menyebar. Modifikasi kipas akan dilakukan dengan memasang *blower* sebagai pengganti kipas. *Blower* memiliki prinsip kerja yang mirip dengan pompa air, yaitu mengalirkan fluida serta mengubahnya dari tekanan rendah ke tekanan tinggi sebagai akibat adanya gaya sentrifugal yang dialami oleh fluida tersebut. Bedanya, bila pompa untuk mengalirkan cairan, *blower* untuk mengalirkan gas, dan udara (Rahman, 2013). Prinsip kerja *blower* pada proses kristalisasi yaitu mengalirkan udara dengan tekanan tinggi pada nira kental sehingga nira kental menjadi lebih cepat dingin. Semakin cepat pendinginan nira kental maka semakin cepat proses kristalisasi. Hasilkan dari penelitian ini yaitu mesin pemasak semi otomatis modifikasi yang telah diuji kinerjanya dan sesuai dengan aspek ergonomi dan antropometri.

Penelitian Mustofa *dkk.* (2019) dengan judul Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengaduk Dodol diperoleh hasil dan kesimpulan pembuatan dodol menggunakan

mesin pengaduk otomatis memerlukan waktu yang lebih cepat dibandingkan pengadukan secara manual. Pengadukan dodol menggunakan mesin memerlukan waktu 101 menit, sedangkan pengadukan secara manual memerlukan waktu selama 139 menit.

Penelitian Sifa *dkk.* (2020) dengan judul Rancang Bangun Mesin Pengaduk Dodol Karangampel diperoleh hasil dan kesimpulan pengaduk dodol karangampel yang dibuat dapat memproses sekitar 25 liter adonan dodol dan untuk menghasilkan dodol matang sebanyak 5 kg. Perancangan pengaduk dodol karangampel menggunakan motor penggerak listrik AC 220v dengan daya 0.335 kw ,material poros st 37, diameter poros 1 25 mm, diameter poros 2 28 mm, transmisi 1:60 jenis WPX 50 dengan kopling elastomer. Desain pengaduk yang digunakan yaitu yang menyesuaikan dengan bentuk wajan. Mesin pengaduk dodol karangampel dapat mempersingkat waktu proses pembuatan dodol, yaitu waktu proses dapat dipersingkat 1 jam. Pemilik usaha dapat menghemat biaya untuk upah tenaga kerja, sehingga tenaga kerja yang dimiliki dapat disalurkan untuk mengembangkan jumlah produksi dodol karangampel. Kerangka pemikiran penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian Rancang Bangun dan Modifikasi Mesin Pemasak Semi Otomatis

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gula Semut

Gula merah cetak memiliki kelemahan yaitu akan meleleh atau mencair pada suhu kamar atau suhu yang tinggi. Keadaan ini menyebabkan gula merah cetak menjadi kurang menarik dan kerugian bagi pedagang. Saat ini gula merah diinovasi dalam bentuk serbuk atau kristal yang disebut gula semut. Gula semut adalah gula merah yang berbentuk kristal kecil-kecil sehingga penggunaannya praktis (Baharuddin *dkk.*, 2010).

Bahan baku gula semut berupa nira dari pohon kelapa atau pohon aren (enau) atau nira lainnya (Kristianingrum, 2009). Hasil produksi gula semut lebih bervariasi dibandingkan gula merah pada umumnya. Gula semut dapat dibuat dengan aneka rasa seperti natural (alami), rasa jahe dan sebagainya. Dwianti (2003) menyatakan saat ini gula merah dapat difortifikasi (diperkaya) dengan penambahan vitamin A.

Gula semut banyak diminati masyarakat karena memiliki keunggulan tersendiri yaitu bentuknya kristal, mudah larut dalam air panas ataupun air dingin dan lebih praktis. Keunggulan lainnya yaitu kadar air yang rendah (3%) sehingga dapat disimpan selama 1 tahun tanpa ada tambahan bahan pengawet, gula semut juga memiliki beberapa *grade* yaitu 10-13 *mesh*, 16 *mesh*, dan 24 *mesh* (Kristianingrum, 2009). Gula semut memiliki bentuknya lebih menarik, pengemasan dan pengangkutan lebih mudah, rasa dan aroma lebih khas, serta harga yang lebih tinggi dibandingkan dengan gula merah cetak. Pemanfaatan gula semut sama dengan gula pasir (tebu) yakni dapat digunakan sebagai bumbu masak, pemanis minuman (sirup, susu, *soft drink*) dan untuk keperluan pemanis

untuk industri makanan seperti adonan roti, kue, kolak, dan lain-lain (Mustaufik, 2004).

2.2. Proses Pembuatan Gula Semut

Gula semut dapat diproduksi dengan cara langsung maupun tidak langsung. Produksi gula semut secara langsung yaitu nira dimasak dengan cara pemanasan untuk menguapkan air kemudian terus dilakukan pengadukan hingga mengkristal. Produksi gula semut secara tidak langsung yaitu mengolah gula yang merah yang telah dicetak untuk sengaja dilelehkan atau gula yang sudah meleleh. Gula merah dilelehkan kembali dalam wajan kemudian diaduk terus menerus hingga terbentuk kristal. Gula semut atau gula bubuk dapat dibuat dari gula cetak *palmae* yang telah dilelehkan kembali dengan penambahan air pada konsentrasi tertentu (Zuliana, 2016).

Proses pembuatan gula semut sama dengan proses pembuatan gula merah kelapa maupun gula merah aren. Mula-mula nira hasil penyadapan disaring untuk memisahkan kotoran yang terdapat pada nira. Nira kemudian dimasak pada suhu 110°C hingga nira mengental dan menjadi nira kental. Menurut Muchaymien *dkk.* (2014) pemasakan 30-35 liter nira kelapa menjadi gula merah memerlukan waktu 4-5 jam dengan suhu 110°C. Menurut BPOM (2017) proses pembuatan gula merah memerlukan waktu 3 - 4 jam untuk nira sebanyak 20 - 25 liter. nira kental didinginkan dan dilanjutkan dengan proses granulasi yang dilakukan dengan cara pengadukan secara kontinu untuk mengubah nira kental menjadi bentuk kristal. Gula semut selanjutnya dikeringkan, diayak dan dikemas. Pada prinsipnya proses produksi gula semut meliputi proses penyadapan dan penyaringan nira, pemasakan nira, proses granulasi/kristalisasi, pengeringan dan pengayakan (Mustaufik *dkk.*, 2008).

Pembentukan kristal gula atau kristalisasi secara tradisional dilakukan dengan cara pengadukan memutar menggunakan pengaduk kayu berbentuk garpu atau jangkar. Pengadukan dilakukan dari bagian pinggir wajan kebagian tengah wajan. Setelah nira kental mulai terbentuk kristal maka proses pengadukan dipercepat,

apabila gula telah mengkristal dan homogen selanjutnya dibiarkan beberapa menit supaya agak dingin. Gula semut selanjutnya diayak menggunakan ayakan *stainless steel*.

Peralatan yang umumnya digunakan oleh pengrajin gula semut meliputi kain saring, wajan/ kuahi sebagai wadah pemasakan nira, tungku kayu sebagai sumber panas perapian, ember untuk menampung nira sebelum dimasak, saringan serok untuk mengambil buih yang muncul ketika proses pemasakan, pengaduk kayu untuk proses granulasi, pH meter, termometer serta ayakan untuk menyeragamkan kristal gula semut (Suroso, 2012). Syarat mutu gula palma (gula kristal) SNI 01-3743-1995 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Mutu Gula Palma (Gula Kristal) (SNI 01-3743-1995)

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan Gula Kristal (%)
Keadaan		
- Bentuk		Normal
- Rasa dan aroma		Normal dan khas
- Warna		Kuning kecoklatan - coklat
Bagian yang tidak larut dalam air	%bb	0,2
Air	%bb	Maksimal 3,0
Abu	%bb	Maksimal 2,0
Gula pereduksi	%bb	Maksimal 6,0
Jumlah gula sebagai sakarosa	%bb	Minimal 80
Cemaran logam		
- Seng (Zn)	mg/kg	Maksimal 40,0
- Timbal (Pb)	mg/kg	Maksimal 2,0
- Tembaga (Cu)	mg/kg	Maksimal 10,0
- Raksa (Hg)	mg/kg	Maksimal 0,03
- Timah (Sn)	mg/kg	Maksimal 40,0
Arsen (As)	mg/kg	Maksimal 1,0

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (1995)

2.3. Evaporasi

Evaporasi adalah suatu proses yang bertujuan memekatkan larutan yang terdiri atas pelarut (*solvent*) yang *volatile* dan zat terlarut (*solute*) yang *non volatile* (Widjaja, 2010). Evaporasi adalah proses pengentalan larutan dengan cara mendidihkan atau menguapkan pelarut. Evaporasi adalah suatu proses dimana molekul yang berada dalam fasa cair berubah menjadi fasa uap secara spontan. Tujuan utama dari proses evaporasi adalah meningkatkan konsentrasi suatu zat

dalam larutan tertentu. Dalam proses gula merah, proses evaporasi digunakan untuk mengurangi kadar air sehingga volume nira menjadi sekitar 8% dari volume awal. Proses evaporasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

a. Konsentrasi zat terlarut dalam larutan

Umumnya, larutan yang masuk ke dalam evaporator berkonsentrasi rendah, memiliki viskositas yang rendah (hampir sama dengan air) dan memiliki nilai koefisien pindah panas yang cukup tinggi. Setelah mengalami proses evaporasi, konsentrasi dan viskositas larutan akan meningkat. Hal ini menyebabkan nilai koefisien pindah panas turun drastis.

b. *Foaming*

Beberapa zat yang membentuk larutan kaustik, larutan pangan seperti susu skim, dan beberapa larutan asam lemak akan membentuk busa (foam) selama proses pemanasan. Busa akan mengikuti uap keluar dari evaporator sehingga menyebabkan ada massa yang hilang.

c. Tekanan

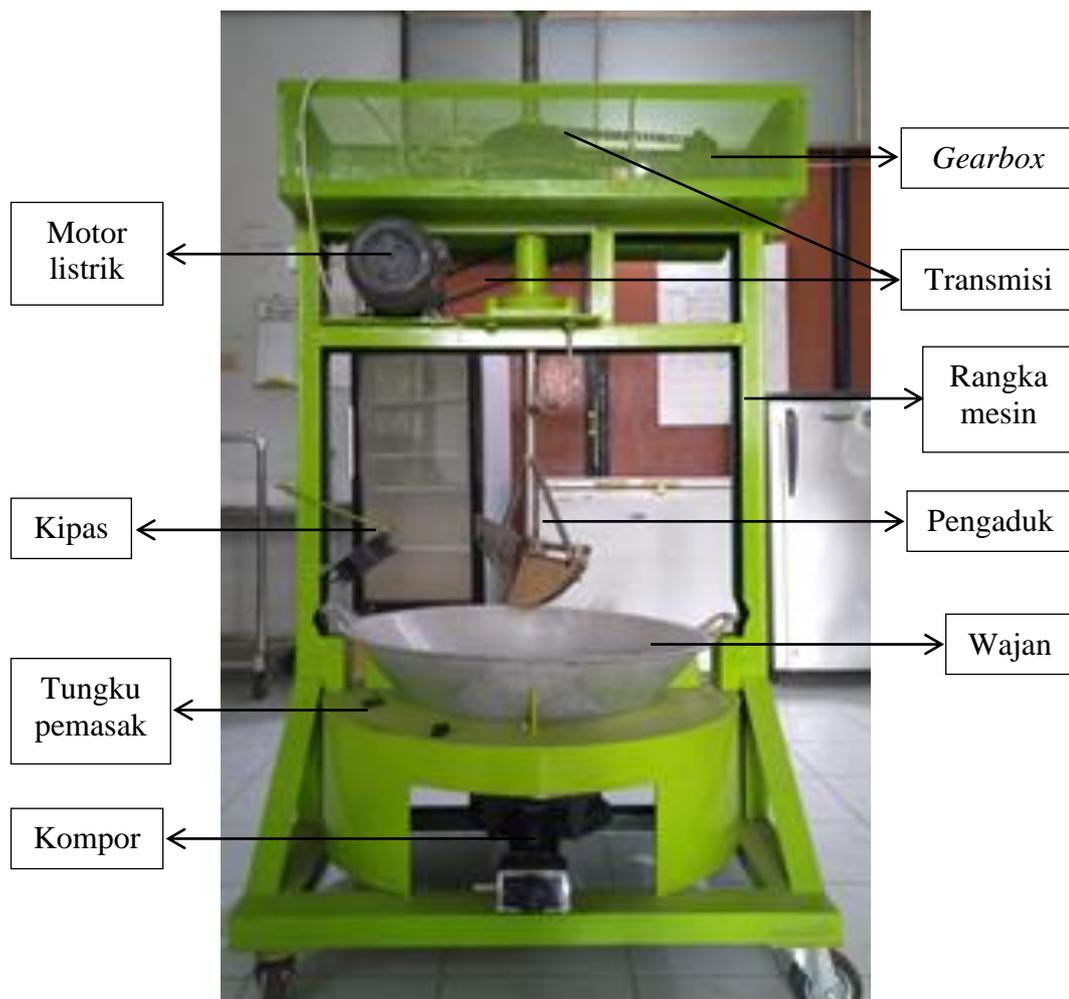
Titik didih suatu larutan bergantung pada tekanan dari sistem. Semakin tinggi tekanan dalam sistem, maka titik didih suatu larutan akan semakin tinggi. Dalam proses evaporasi, semakin tinggi konsentrasi larutan maka temperatur akan semakin tinggi pula. Oleh karena itu, jika ingin menjaga agar suhu tidak terlalu tinggi digunakan tekanan di bawah 1 atm (keadaan vakum).

Menurut Soetedjo (2009) proses evaporasi dapat dipercepat dengan cara sebagai berikut :

1. Mempercepat pemasokan panas di atas titik didihnya (contoh: ΔT , ΔH , A)
2. Memperluas permukaan cairannya (film evaporator)
3. Meningkatkan koefisien perpindahan panasnya (U_o)
4. Menurunkan tekanan/ menurunkan titik didihnya
5. Mempercepat aliran pemindahan uapnya

2.4. Mesin Pemasak Semi Otomatis

Mesin pemasak semi otomatis merupakan alat pembuat gula secara tradisional yang dirangkai sedemikian rupa sehingga antara kompor, wajan dan pengaduk saling berkaitan. Mesin ini dilengkapi dengan alat penggerak berupa motor listrik untuk pengadukan dan kipas untuk mempercepat pendinginan nira kental pada proses kristalisasi. Saat pemasakan alat pengaduk akan terus bergerak dengan kecepatan konstan. Mesin akan terus melakukan pengadukan hingga nira menjadi gula semut, dimana pengadukan yang terus menerus ini bertujuan untuk mengecilkan ukuran gula (Aderemi, 2009). Mesin pemasak semi otomatis disajikan pada Gambar 2. Spesifikasi mesin pemasak semi otomatis disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Mesin Pemasak Semi Otomatis
Sumber : Yuliandari dkk (2019)

Tabel 2. Spesifikasi Mesin Pemasak Semi Otomatis

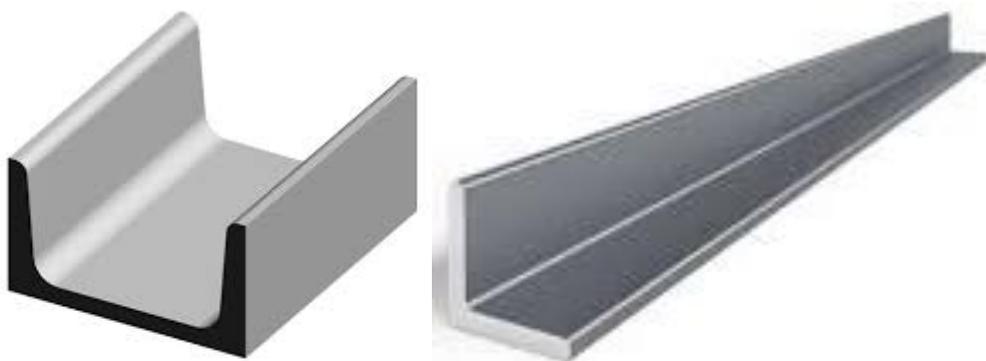
Mesin Pemasak Semi Otomatis	
Material rangka	Besi kanal U 80 x 45 mm, 50 x 30 mm, besi siku 50 x 50 mm, dan plat besi 3 mm
Material pengaduk	besi as, diameter Ø 1,6 inch dan kayu
Plat	<i>Stainless steel</i>
Penggerak	Motor listrik 4P 0,5 HP/0,37 kW, 50 Hz, 220 V, 4,4 A <i>Pulley</i> tipe A Ø3 inch dan <i>v-belt</i> <i>Gearbox</i> rasio 1:20 <i>Sprocket</i> Ø 68 mm, Ø170 mm dan rantai
Kapasitas	20 liter
Kipas	Kipas AC 12 Volt / 23 A
Kerangka	Besi
Dimensi	85,5 cm x 78 cm x 124 cm

Sumber : Yuliandari *dkk.* (2019)

Mesin pemasak semi otomatis ini terdiri dari beberapa bagian yaitu rangka mesin dan dudukan kompor, tungku, wajan, pengaduk dan penggerus, motor listrik, *bearing*, *gearbox*, *pulley* dan *v-belt*, *sprocket* dan rantai serta kipas. Rancangan struktural dan fungsional dari komponen-komponen mesin adalah sebagai berikut:

2.4.1. Rangka Mesin dan Dudukan Kompor

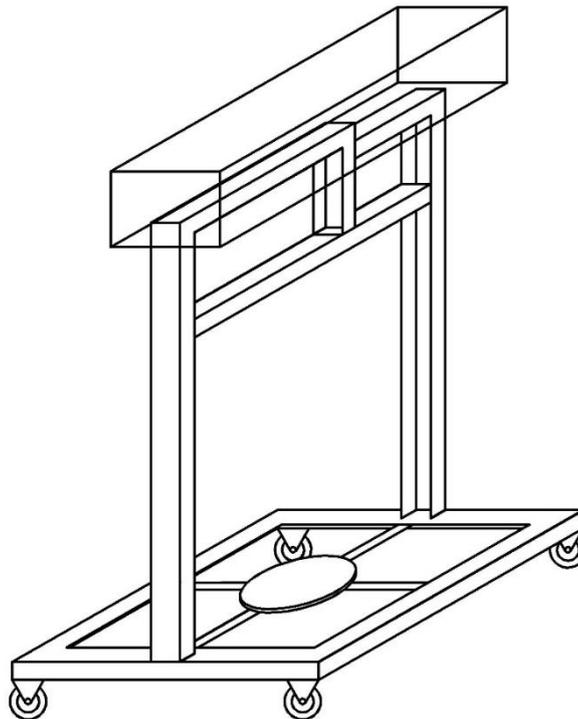
Rangka mesin pemasak semi otomatis ini dibuat dari besi kanal U dengan ukuran ukuran 80 mm x 45 mm, 50 mm x 30 mm dan besi siku 50 mm x 50 mm. Bahan profil kerangka mesin terbuat dari besi karena relatif lebih murah, kuat dan mudah dirangkai. Kerangka dibuat dengan ukuran panjang 85,5 cm lebar 78 cm dan tinggi 124 cm. Dudukan kompor dibuat dengan plat besi 3 mm dengan diameter 28 cm. Besi kanal U dan besi siku disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Besi Kanal U dan Besi Siku

Sumber : besibeton.net

Rangka mesin memiliki fungsi sebagai penopang seluruh bagian dari mesin. Rangka bagian bawah digunakan untuk meletakkan tungku, bagian atas digunakan untuk meletakkan motor listrik, *gearbox* dan poros pengaduk, serta tiang rangka digunakan untuk meletakkan kipas yang mengarah ke wajan. Dudukan kompor digunakan untuk meletakkan kompor. Desain kerangka mesin dan dudukan kompor disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Kerangka Mesin dan Dudukan Kompor
Sumber : Yuliandari *dkk.* (2019)

2.4.2. Tungku Pemasak

Tungku pemasak dibuat dari plat besi 3 mm, tungku pemasak dibuat bentuk tabung dengan tinggi 24 cm dan diameter 75 cm, bagian atas tungku pemasak dibuat berlubang dengan diameter 47 cm dan bagian depan tungku pemasak dibuat lubang dengan ukuran 37 cm x 18 cm untuk memasukkan kompor gas. Bagian atas tungku pemasak terdapat besi berbentuk segitiga dengan tinggi dan alas 13 cm x 13 cm sebagai penopang wajan. Tungku pemasak terbuat dari bahan besi agar lebih kuat dan tidak mudah terbakar karena posisinya dekat dengan api. Tungku pemasak berfungsi untuk meletakkan wajan saat proses pemasakan nira.

Tungku pemasak dibuat bentuk tabung dan tertutup agar api tetap stabil. Tinggi tungku pemasak dibuat 24 cm agar api dari kompor dapat mencapai bagian bawah wajan. Tungku pemasak disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tungku Pemasak
Sumber : Yuliandari *dkk.* (2019)

Pemasakan nira dengan mesin ini menggunakan kompor gas dengan bahan bakar LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). Dipilih kompor gas dengan bahan bakar LPG karena api yang dihasilkan cukup stabil dan mudah diubah-ubah menjadi api kecil, sedang atau besar serta LPG mudah didapatkan. Penggunaan bahan bakar memerlukan ± 3 kg LPG untuk pemasakan 20 liter nira. Kompor gas yang digunakan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kompor Gas
Sumber : Yuliandari *dkkl.* (2019)

2.4.3. Wajan

Wajan yang di gunakan memiliki diameter 70 cm dan kedalaman 20 cm. Wajan ini terbuat dari *stainless* dengan tebal 0,4 cm. Wajan berfungsi untuk wadah nira selama proses pemasakan. Wajan dipilih dari bahan *stainless* agar mudah menghantarkan panas. Wajan memiliki volume atau kapasitas 30 liter, namun dalam proses pembuatan gula hanya mampu menampung 20 liter. Hal ini agar nira tidak tumpah saat mendidih dan dilakukan pengadukan. Wajan yang digunakan pada disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Wajan
Sumber : Yuliandari *dkk.* (2019)

2.4.4. Pengaduk dan Penggerus

Pengaduk terbuat dari kayu dengan panjang 23 cm ,tinggi 11 cm, tebal 2 cm dan kelengkungan 27 cm. Pengaduk terbuat dari kayu yang dapat dilepas dan diganti apabila kayu telah lapuk. Penggerus terbuat dari plat besi 3 mm dengan panjang 29 cm, tinggi 11 dan kelengkungan 38 cm. Batang pengaduk menggunakan besi silinder dengan diameter 31 mm. Bentuk lengkung pada pengaduk dan penggerus menyesuaikan kecekungan wajan. Tinggi tangkai pengaduk 119,5 cm. Tangkai pengaduk dipasang pada poros pengaduk yang terletak pada palang atas rangka mesin. Pengaduk berfungsi untuk mengaduk nira selama proses pemasakan hingga menjadi gula semut agar tidak terbentuk kerak. Pengaduk dan penggerus

berputar dengan energi gerak dari motor listrik yang ditransmisikan ke poros pengaduk dengan bantuan *pulley*, *v-belt*, *gearbox*, *sprocket* dan rantai. Pengaduk dan penggerus yang digunakan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengaduk dan Penggerus
Sumber : Yuliandari *dkk.* (2019)

2.4.5. Motor Listrik

Motor adalah sebuah komponen yang terdiri dari kumparan dan magnet, semakin besar magnet ya maka akan semakin cepat pula kumparan tersebut berputar. Sedangkan motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik yang digunakan pada mesin ini yaitu motor listrik satu fasa dengan daya 0,5 HP atau 0,37 kW dan jumlah kutub 4 (4 pole). Motor listrik ini memiliki tegangan 220 Volt, kuat arus 4,4 Ampere, dan frekuensi 50 Hz. Motor listrik dengan spesifikasi tersebut memiliki kecepatan putaran 1500 rpm. Motor listrik berfungsi sebagai sumber energi gerak dari mesin ini. Motor listrik akan disambungkan ke stop kontak, kemudian energi gerak yang dihasilkan akan ditransmisikan dari *pulley 1* ke *pulley 2*. *Pulley 2* akan akan menggerakkan *gearbox*. Energi gerak dari *gearbox* akan ditransmisikan ke poros pengaduk dengan bantuan *sprocket* dan rantai kemudian menggerakkan alat pengaduk (Riandadari, 2017). Motor listrik yang digunakan disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Motor listrik 0,5 HP
Sumber : Yuliandari *dkk.* (2019)

2.4.6. Bearing

Bearing adalah salah satu komponen yang berperan penting dalam industri mesin dan mekanik. *Bearing* merupakan elemen mesin yang dipakai untuk membatasi gerak relatif pada dua komponen atau lebih dalam mesin sehingga bisa digerakkan ke arah yang diinginkan. Fungsi utama *bearing* adalah untuk mengurangi gesekan angular yang terjadi pada dua benda dengan gerakan relatif satu dengan yang lain, misalnya gerak poros pada sumbu putarnya. *Bearing* juga berfungsi sebagai tumpuan benda yang berputar. Prinsip kerja *bearing* adalah dengan mencegah agar putaran yang dihasilkan tidak menyalur dari satu bagian ke bagian yang lain. Fungsi *bearing* pada mesin pemasak semi otomatis ini yaitu untuk mengurangi gesekan tangkai pengaduk dengan poros dan tangkai pengaduk tetap berputar pada porosnya. Tipe *bearing* yang digunakan pada mesin ini yaitu F212. *Bearing* yang digunakan disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. *Bearing*
 Sumber : Yuliandari dkk. (2019)

2.4.7. Transmisi

Transmisi berfungsi untuk mentransmisikan putaran dari motor listrik/ penggerak ke bagian eksentrik. Transmisi yang digunakan pada mesin ini yaitu sabuk V dan rantai penggerak. Salah satu transmisi menggunakan *pulley* sabuk V karena dapat mengurangi beban putaran awal motor listrik. Penggerak berbentuk sabuk bekerja atas dasar gesekan tenaga yang disalurkan dari mesin penggerak dengan cara persunggingan sabuk yang menghubungkan antar *pulley* penggerak dengan *pulley* yang akan digerakkan. Sebaliknya sabuk mempunyai sifat lekat tetapi tidak lengket pada *pulley* dan salah satu *pulley* itu harus dapat diatur. Sabuk V mentransmisikan energi dari motor listrik ke *gearbox* dengan bantuan 2 *pulley*. *Pulley* 1 dan 2 yang digunakan yaitu *pulley* tipe A dengan diameter 3 inch atau setara dengan 75 mm. *Pulley* 2 akan menggerakkan *gearbox* dan *gearbox* akan menggerakkan *sprocket* 1, kemudian *sprocket* 1 akan menggerakkan *sprocket* 2. *Sprocket* 2 terhubung dengan poros pengaduk sehingga kecepatan putaran dari *sprocket* 2 sama dengan kecepatan putaran dari pengaduk. Transmisi yang digunakan disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Transmisi
Sumber : Yuliandari *dkk.* (2019)

2.4.8. *Gearbox*

Gearbox merupakan sebuah komponen yang dibutuhkan dalam bidang industri atau permesinan. Penggunaan *gearbox* tidak terbatas pada motor saja. Komponen ini memiliki fungsi utama untuk memindahkan tenaga penggerak pada mesin yang ingin digerakkan. Alasan utama *gearbox* penting adalah karena berfungsi untuk memperlambat kecepatan putaran dari tenaga dinamo motor atau mesin diesel dan memperkuat tenaga putaran yang diperoleh dari diesel atau dinamo. Jika sebuah mesin tidak memiliki *gearbox*, maka tenaga yang dihasilkan dari mesin diesel atau dinamo motor elektrik tidak bisa dikendalikan. *Gearbox* yang digunakan pada mesin ini yaitu rasio 1:20. Energi gerak yang telah ditransmisikan ke *gearbox* akan lebih lambat dibandingkan energi gerak yang dihasilkan dari motor listrik. *Gearbox* yang digunakan disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. *Gearbox*
Sumber : Yuliandari *dkk.* (2019)

2.4.9. Kipas

Kipas yang digunakan yaitu kipas AC 220 Volt, 0,23A merk B/E dengan dimensi 120 x 120 x 25 mm. Kipas dipasang pada tiang rangka mesin mengarah ke wajan. Proses pendinginan nira kental hingga menjadi kristal pada proses kristalisasi memerlukan waktu yang cukup lama. Hal ini karena nira kental yang telah matang memiliki suhu $>100^{\circ}\text{C}$. Kipas berfungsi untuk membantu proses pendinginan nira kental hingga menjadi gula semut. Kipas yang digunakan disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Kipas
Sumber : Yuliandari *dkk.* (2019)

2.5. *Granulator*

Sebelumnya telah dirancang oleh Mustaufik *dkk.* (2007) alat untuk membuat gula semut yang disebut *granulator*. Alat ini tidak dapat digunakan untuk proses pemasakan melainkan hanya digunakan untuk proses kristalisasi saja. Proses granulasi dengan rancangan mesin *granulator* untuk membuat gula semut ini prinsipnya mengikuti proses pembuatan gula semut secara tradisional yaitu mengaduk nira kental secara terus menerus hingga nira kental berbentuk kristal. Pengayakan dilakukan apabila butiran gula yang dihasilkan kurang seragam (Aderemi, 2009).

Granulator merupakan mesin atau alat pengaduk yang mempunyai rotor yang dapat berputar dan alat pemecah berbentuk pisau sebagai pengaduk dimana pisau-pisau tersebut digantung pada suatu piringan. Mesin *granulator* disajikan pada Gambar 14. Prinsip utama *granulator* ini untuk mengaduk nira kental menjadi gula semut, mengkristalkan nira kental menjadi gula semut dengan cara gesekan. *Granulator* memiliki beberapa keunggulan yaitu mudah dioperasikan, mudah dibawa kemana-mana, hemat energi dan bahan bakar (Loncin, 1989). Spesifikasi alat *granulator* gula semut disajikan pada Tabel 3.



Gambar 14. *Granulator*
Sumber : Mustaufik *dkk.* (2007)

Tabel 3. Spesifikasi Alat Pengaduk Gula Semut (Granulator)

Mesin Pengaduk Gula Semut (<i>Granulator</i>)	
Material rangka	<i>Mild Stell</i>
Material tabung	<i>Stainless Steel</i>
Material tengaduk	<i>As Stainless Stell</i>
Plat	<i>Stainless Stell</i>
Penggerak	Elektromotor $\frac{3}{4}$ HP, 220 Volt 0,18 KW / 3,46 A
Kapasitas	3-4 kg/ Proses
Diameter	75 m
Pengaduk Besi	Model Sendok Pisau
Kerangka	Besi Siku
Merk	FamozePRO Made In China
Tipe	YCT124- 1400

Sumber : Mustaufik *dkk.* (2007)

2.6. Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani *ergon* (kerja) dan *nomos* (aturan), secara keseluruhan ergonomi berarti aturan yang berkaitan dengan kerja. Menurut Wignjosoebroto (2003) ergonomi adalah suatu keilmuan yang multidisiplin karena mempelajari pengetahuan-pengetahuan dari ilmu kehayatan (kedokteran, biologi), ilmu kejiwaan (psikologi) dan kemasyarakatan. Ergonomi adalah suatu disiplin ilmu yang berkaitan mengenai interaksi antara manusia dengan objek yang digunakan (Pulat, 1992). Asumsi yang paling penting dalam ergonomi adalah peralatan dan kondisi lingkungan kerja berpengaruh terhadap performansi kerja. Jika produk, peralatan, stasiun kerja, dan metode kerja dirancang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia, maka performansi dan hasil yang diberikan akan lebih baik. Sebaliknya jika ergonomi diabaikan dalam merancang peralatan, stasiun kerja, dan metode kerja maka akan memberikan hasil yang sebaliknya. Dalam ergonomi dikenal istilah “*fitting the task to the person*”. Maksud dari istilah tersebut adalah pekerjaan harus dirancang sesuai dengan kapasitas pekerja. Pengembangan ilmu ergonomi didasarkan pada konsep tersebut. Suatu kondisi kerja yang dirancang akan memberikan dampak kepada operator, diantaranya :

1. Penurunan *output* produksi
2. Meningkatkan biaya dan material untuk kesehatan

3. Meningkatkan tingkat ketidakhadiran operator
4. Penurunan kualitas kerja
5. Cedera pada operator
6. Peningkatan kecelakaan kerja.

Berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan di Amerika Serikat, terdapat indikasi bahwa ergonomi terkait dengan lima dari sepuluh penyakit dan kecelakaan kerja. Berikut merupakan penyakit dan kecelakaan kerja yang sering terjadi di Amerika Serikat:

1. Penyakit paru-paru
2. Cedera muskuloskeletal
3. Kanker
4. Amputasi, patah tulang, buta, trauma, dan lecet
5. Kardiovaskular
6. Penyakit reproduksi
7. Gangguan saraf
8. Gangguan pendengaran
9. *Dermatologic*
10. Gangguan jiwa

Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi adalah :

1. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
3. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Memahami prinsip ergonomi akan mempermudah evaluasi setiap tugas atau pekerjaan meskipun ilmu pengetahuan dalam ergonomi terus mengalami kemajuan dan teknologi yang digunakan dalam pekerjaan tersebut terus berubah. Prinsip ergonomi adalah pedoman dalam menerapkan ergonomi di tempat kerja, terdapat 12 prinsip ergonomi yaitu:

1. Bekerja dalam posisi atau postur normal
2. Mengurangi beban berlebihan
3. Menempatkan peralatan agar selalu berada dalam jangkauan
4. Bekerja sesuai dengan ketinggian dimensi tubuh
5. Mengurangi gerakan berulang dan berlebihan
6. Minimalisasi gerakan statis
7. Minimalisasikan titik beban
8. Mencakup jarak ruang
9. Menciptakan lingkungan kerja yang nyaman
10. Melakukan gerakan, olah raga, dan peregangan saat bekerja
11. Membuat agar display dan contoh mudah dimengerti
12. Mengurangi stres.

Penelitian dan pengembangan pada bidang ergonomi dilakukan untuk mencapai hasil yang efektif dan efisien. Berbagai organisasi didirikan untuk mendukung kemajuan penelitian dan pengembangan ergonomi, antara lain: OSHA, NIOSH, MSHA (*Mine Safety and Health Administration*), HFES (*Human Factors and Ergonomis Society*), IIE (*Institute of Industrial Engineers*), ES (*Ergonomis Society*), ILO (*International Labour Organization*), WHO (*World Health Organization*), IEA (*International Ergonomis Association*) dan organisasi-organisasi lainnya. Beberapa permasalahan yang umum dikaji dan diteliti dalam bidang ergonomi :

1. Antropometri

Antropometri berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh termasuk berat dan volume seperti jarak jangkauan tangan ke depan, panjang popliteal, tinggi mata duduk, dan berbagai dimensi tubuh lainnya. Permasalahan dalam bidang

antropometri merupakan kesesuaian antara dimensi tubuh dengan desain stasiun kerja. Solusinya dengan cara melakukan modifikasi.

2. Kognitif

Permasalahan kognitif muncul ketika dalam penerimaan informasi, informasi yang diterima kurang atau berlebihan. Hal ini dapat disebabkan adanya gangguan pada *short term memory* ataupun *long term memory*. Solusinya dengan cara menggantikan manusia dengan mesin untuk meningkatkan performansi.

3. Muskuloskeletal

Muskuloskeletal merupakan permasalahan yang diakibatkan dengan adanya peregangan pada otot dan rangka. Muskuloskeletal dapat mengakibatkan *single incident* dan *cumulative effect* trauma.

4. Kardiovaskular

Masalah yang disebabkan oleh adanya peningkatan kerja pada sistem peredaran darah termasuk jantung. Mengakibatkan jantung memompa lebih banyak darah ke otot sehingga menyebabkan tubuh memerlukan lebih banyak oksigen.

5. Psikomotor

Masalah ini terletak pada ketegangan sistem psikomotor yang menegaskan kebutuhan pekerjaan untuk disesuaikan dengan kemampuan manusia dan menyediakan bantuan performa pekerjaan.

2.7. Antropometri

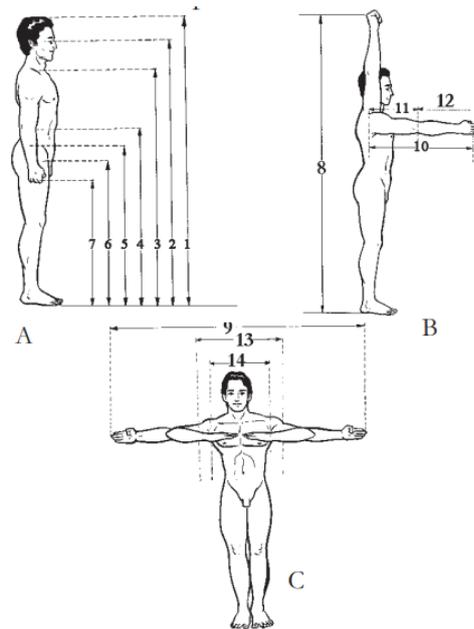
Antropometri berasal dari kata latin yaitu *anthropos* yang berarti manusia dan *metron* yang berarti pengukuran, dengan demikian antropometri mempunyai arti sebagai pengukuran tubuh manusia (Bridger, 1995). Sedangkan Pulat (1992) mendefinisikan antropometri sebagai studi dari dimensi tubuh manusia. Tayyari (1997) menjelaskan bahwa antropometri merupakan studi yang berkaitan erat dengan dimensi dan karakteristik fisik tertentu dari tubuh manusia seperti berat, volume, pusat gravitasi, sifat-sifat inersia segmen tubuh, dan kekuatan kelompok

otot. Mc.Cormick *et al.* (1993) menyatakan bahwa antropometri adalah pengukuran dimensi tubuh atau karakteristik fisik tubuh lainnya yang relevan dengan desain tentang sesuatu yang dipakai orang. Dengan mengetahui ukuran dimensi tubuh pekerja, dapat dibuat rancangan peralatan kerja, stasiun kerja dan produk yang sesuai dengan dimensi tubuh pekerja sehingga dapat menciptakan kenyamanan, kesehatan, keselamatan kerja.

Secara umum pengukuran antropometri dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu pengukuran antropometri statis dan antropometri dinamis. Dalam tulisan ini hanya disajikan jenis pengukuran antropometri statis. Pemilihan mata ukur antropometri baik statis maupun dinamis dapat ditentukan berdasarkan fungsi dan kegunaannya (sebagian atau keseluruhan mata ukur antropometri). Alat ukur yang harus digunakan untuk mengukur antropometri adalah antropometer. Pada pengukuran posisi duduk harus disediakan bangku atau kursi dengan ukuran 40 x 40 x 40 cm tanpa sandaran pinggang. Pengukuran antropometri statis biasanya dilakukan dalam dua posisi yaitu posisi berdiri dan duduk di kursi. Pengukuran antropometri posisi berdiri disajikan pada Gambar 15. Pengukuran antropometri posisi duduk disajikan pada Gambar 16.

Pengukuran antropometri posisi berdiri :

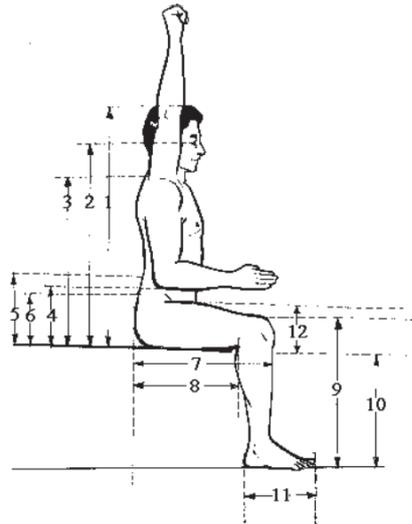
1. Tinggi badan
2. Tinggi mata
3. Tinggi bahu
4. Tinggi siku
5. Tinggi pinggang
6. Tinggi tulang pinggul
7. Tinggi kepalan tangan posisi siap
8. Tinggi jangkauan atas
9. Panjang depan
10. Panjang lengan
11. Panjang lengan atas
12. Panjang lengan bawah
13. Lebar bahu
14. Lebar dada.



Gambar 15. A, B, C Pengukuran Antropometri Posisi Berdiri
(Sumber : Pheasant, 1988 *Body Space*)

Pengukuran antropometri posisi duduk:

1. Tinggi kepala
2. Tinggi mata
3. Tinggi bahu
4. Tinggi siku
5. Tinggi pinggang
6. Tinggi tulang pinggul
7. Panjang buttock-lutut
8. Panjang buttock-popliteal (lekuk lutut)
9. Tinggi telapak kaki-lutut
10. Tinggi telapak kaki-popliteal (lekuk lutut)
11. Panjang kaki (tunggai-ujung jari kaki)
12. Tebal paha



Gambar 16. Pengukuran Antropometri Posisi Duduk
(Sumber: Pheasant, 1988, *Body Space*)

2.8. Alat Pengaduk Dodol Semi Otomatis

Alat pengaduk dodol semi otomatis yang ergonomis telah dirancang oleh Winoto (2019). Desain alat pengaduk dodol semi otomatis mirip dengan mesin pemasak semi otomatis hasil rancangan Yuliandari *dkk.* (2019). Alat pengaduk dodol semi otomatis ergonomi disajikan pada Gambar 17.

Spesifikasi alat pengaduk dodol semi otomatis yang ergonomis adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas : 5 kg
2. Bahan Rangka : Besi Plat
3. Bahan Mixer : *Stainlees*
4. Bahan Wajan : *Stainlees*
5. Motor Listrik : ½ HP (1400 rpm)
6. *Gearbox* : Ratio 1 : 50
7. Dimensi : 70 cm x 60 cm x 130 cm
8. Berat Keseluruhan Alat : ± 65 Kg



Gambar 17. Alat Pengaduk Dodol Semi Otomatis Ergonomi
Sumber : Winoto (2019)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - Desember 2021, di Bengkel Putra Rizqi Perkasa, Desa Tanjung Sari, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan.

3.2. Alat dan Bahan

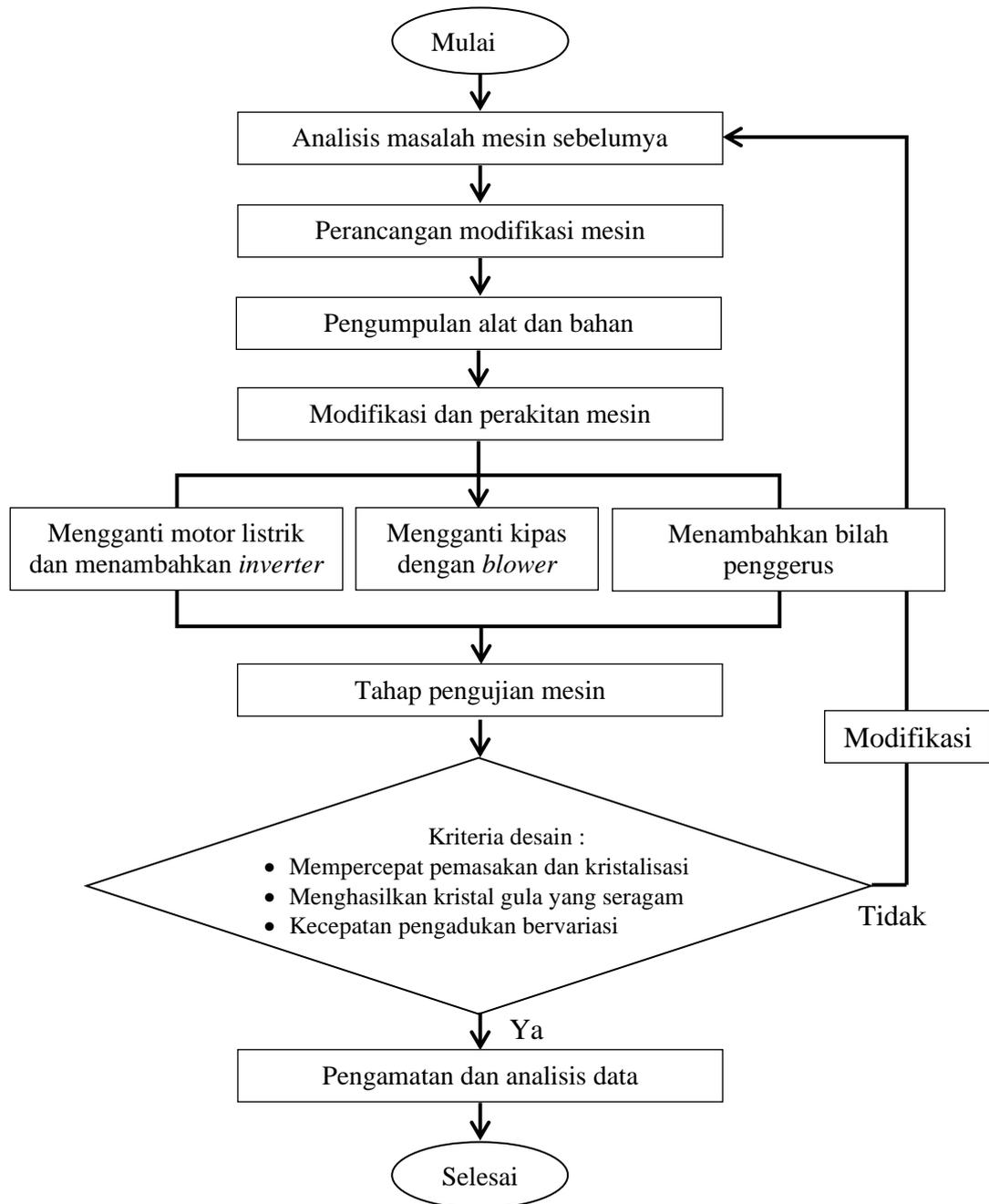
Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu obeng positif (+) dan negatif (-), tespen, kunci pas, gunting, peralatan las, *thermometer*, *refractometer*, pH meter, neraca, spatula, ayakan, dan loyang *stainless*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu plat besi 3 mm, besi silinder pejal 11 mm, motor listrik 2 HP tiga fasa, *electric blower* 2,5 inch, inverter merk *Hua Yuan*, *Miniatur Circuit Breaker* (MCB), terminal *grounding*, kontaktor elektromagnetik, kabel, dan nira kelapa.

3.3. Prosedur Penelitian

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Yuliandari *et.al.* (2019) yaitu rancang bangun dan uji kinerja mesin pemasak semi otomatis. Mesin ini dirancang dengan tujuan dapat membantu para pengrajin gula semut untuk menghasilkan gula semut yang bermutu baik dengan waktu dan tenaga yang lebih sedikit dengan metode langsung. Hasil pengujian, pengamatan dan analisis data dari mesin pemasak semi otomatis tidak sesuai dengan beberapa kriteria desain yang

diinginkan sehingga akan dilakukan modifikasi. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 18.



Gambar 18. Diagram Alir Modifikasi Mesin Pemasak Semi Otomatis

3.4. Kriteria Desain Modifikasi

Mesin pemasak semi otomatis ini dimodifikasi untuk memenuhi kriteria desain yaitu alat ini dapat membuat gula semut dengan metode langsung, bekerja semi otomatis untuk mempercepat proses pemasakan gula semut, menghasilkan kristal gula semut yang seragam dan kecepatan pengaduk yang bervariasi. Pemasakan nira kelapa 20 liter nira hingga menjadi gula semut menggunakan mesin ini lebih cepat yaitu kurang dari 6 jam. Mesin ini didesain untuk mempermudah pengadukan pada proses pengkristalan gula semut sehingga lebih menghemat tenaga karena pengadukan menggunakan energi listrik.

3.5. Modifikasi Mesin

Kriteria desain dari mesin pemasak semi otomatis ini adalah mempercepat pemasakan dan kristalisasi, menghasilkan kristal gula yang seragam, dan kecepatan pengadukan bervariasi. Berdasarkan hasil pengujian, terdapat kriteria desain yang tidak tercapai dan beberapa bagian mesin tidak berfungsi sesuai keinginan. Kristal gula semut yang dihasilkan dari pengadukan dan penggerusan tidak seragam dan terbentuk gumpalan-gumpalan gula. Kecepatan pengadukan yang dihasilkan dari motor listrik 4P 0,5HP/0,37kW 50 Hz yaitu 30 rpm dan tidak dapat diubah-ubah. Kipas tidak berfungsi membantu proses pendinginan nira kental pada proses kristalisasi karena hembusan angin yang dihasilkan kecil dan menyebar. Berdasarkan uraian tersebut, mesin pemasak semi otomatis perlu dilakukan modifikasi. Bagian- bagian yang akan di modifikasi adalah sebagai berikut:

3.5.1. Pengatur Kecepatan Pengaduk

Salah satu kriteria desain dari mesin ini adalah kecepatan pengaduk yang bervariasi. Kecepatan putaran motor listrik yang ditransmisikan ke *gearbox* dan ke pengaduk hanya menghasilkan satu kecepatan putaran. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk dapat mengubah kecepatan putaran motor listrik yaitu

dengan mengubah frekuensi, arus listrik dan tegangan (*voltase*) motor listrik. Salah satu alat yang dapat mengubah frekuensi adalah *inverter*. Untuk memenuhi kriteria desain, maka mesin pemasak semi otomatis ini dimodifikasi dengan menambahkan *inverter*.

Mesin ini menggunakan listrik sebagai sumber energi untuk menyalakan *inverter* dan motor listrik. Kabel *input* dipasang colokan/steker dan kabel *output* disambungkan ke *Miniature Circuit Breaker* (MCB), MCB akan disambungkan ke terminal *grounding*. Kabel dari terminal *grounding* disambungkan ke *input* kontaktor elektromagnetik. Kabel dari *output* kontaktor elektromagnetik akan disambungkan ke *input inverter*. Kabel dari *output inverter* disambungkan ke *input* motor listrik. *Inverter* juga disambungkan ke *power on* dan potensiometer. Setelah pengabelan pada *inverter* selesai, selanjutnya *inverter* dilakukan pengaturan frekuensi sesuai dengan frekuensi motor listrik. Motor listrik yang digunakan pada mesin ini adalah 50 Hz maka frekuensi pada *inverter* diatur maksimal 50 Hz, sehingga motor listrik dapat diatur kecepatannya. Motor listrik dan *inverter* yang digunakan disajikan pada Gambar 19.



(A) (B)
Gambar 19. (A) Motor listrik 2 HP dan (B) Inverter

3.5.2. Pengaduk dan Penggerus

Pengaduk dan penggerus sebelum dimodifikasi ada dua bilah yaitu pengaduk kayu dan penggerus *stainless*. Berdasarkan hasil uji kinerja, kristal gula semut yang dihasilkan tidak seragam, berbentuk gumpalan-gumplan gula dan gula menempel pada wajan. Hal ini diduga pengaduk dan penggerus tidak berfungsi dengan baik saat menggerus gula semut menjadi kristal. Oleh karena itu untuk mengatasi hal tersebut, alat pengaduk dan penggerus dimodifikasi dengan menambahkan 1 bilah penggaruk berbentuk seperti sabit. Penambahan penggaruk dimulai dengan menyiapkan plat besi 3 mm. Plat besi dipotong melengkung membentuk seperti sabit dengan ukuran panjang 24 cm, tinggi 12 cm dan panjang lengkungan pengaduk 35 cm. Ukuran tersebut diperoleh dengan menyesuaikan kelengkungan wajan yang digunakan. Penggaruk disajikan pada Gambar 20.



Gambar 20. Penggaruk

3.5.3. Kipas

Kipas yang digunakan yaitu kipas AC 220 Volt, 0,23A merk B/E dengan dimensi 120 x 120 x 25 mm. Kapasitas mesin pemasak semi otomatis ini cukup besar karena mesin ini didesain untuk UMKM. Hembusan udara dari kipas dengan ukuran tersebut tidak mampu mempercepat pendinginan nira kental pada proses kristalisasi. Oleh karena itu kipas diganti dengan *blower*. *Blower* adalah alat

yang dapat digunakan untuk menghasilkan aliran udara dengan tekanan tinggi. *Blower* yang digunakan pada mesin ini adalah *blower* 2,5 inch, 220 Volt, 1,8 A dan kecepatan putaran 3000-3600 rpm. *Blower* yang digunakan disajikan pada Gambar 21.



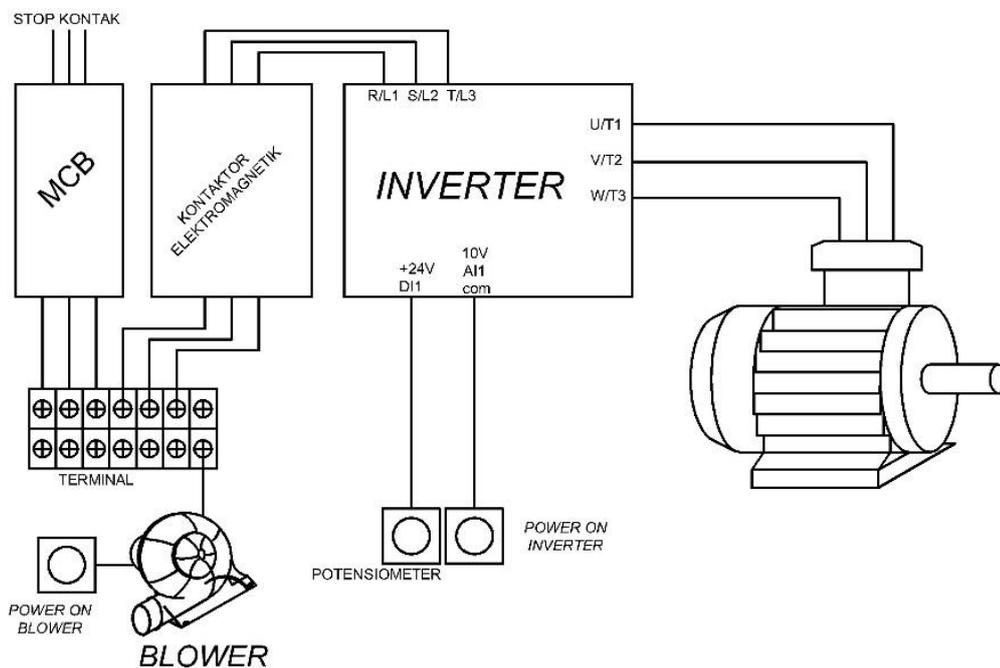
Gambar 21. *Blower*

3.6. Perakitan Mesin Modifikasi

Modifikasi mesin dimulai dengan menyiapkan motor listrik tiga fasa 2P 2HP/1,5 kW 50 Hz 220 V dan *inverter* 1,5 kW 220 V. Langkah selanjutnya yaitu pengabelan antara motor listrik dengan *inverter*. Disiapkan kabel yang akan dihubungkan dengan colokan/steker, lalu kabel tersebut disambungkan ke *input* MCB. MCB berfungsi untuk memutus arus dari stop kontak jika terjadi korsleting. Kabel dari *output* MCB disambungkan ke terminal dan kabel dari terminal disambungkan ke *input* kontaktor elektromagnetik. Kontaktor elektromagnetik berfungsi untuk memutus arus AC (arus bolak balik) dari *inverter*. Kabel dari output kontaktor elektromagnetik dengan kode L1, L2, dan L3 disambungkan ke *input inverter* dengan kode R, S, dan T secara berurutan. Disambungkan kabel dari *output inverter* dengan kode U, V, dan W ke motor listrik dengan kode T1, T1, dan T3. Disambungkan kabel dari *inverter* dengan kode 10V, AI1, com ke potensiometer dan kode +24V dan DI1 ke *power on*. Potensiometer digunakan untuk menaikturunkan frekuensi motor listrik sedangkan *power on* digunakan untuk menyalakan *inverter*. Selanjutnya

frekuensi pada *inverter* diatur maksimum 50 Hz karena motor listrik yang digunakan memiliki frekuensi maksimum 50 Hz.

Perakitan *blower* dimulai dengan menyiapkan *blower* 2,5 inch. Disambungkan kabel *blower* ke terminal dan *power on blower*. Arus listrik *blower* diperoleh dari terminal yang tersambung dengan MCB dan stop kontak. Skema perakitan motor listrik, *inverter* dan *blower* disajikan pada Gambar 22.

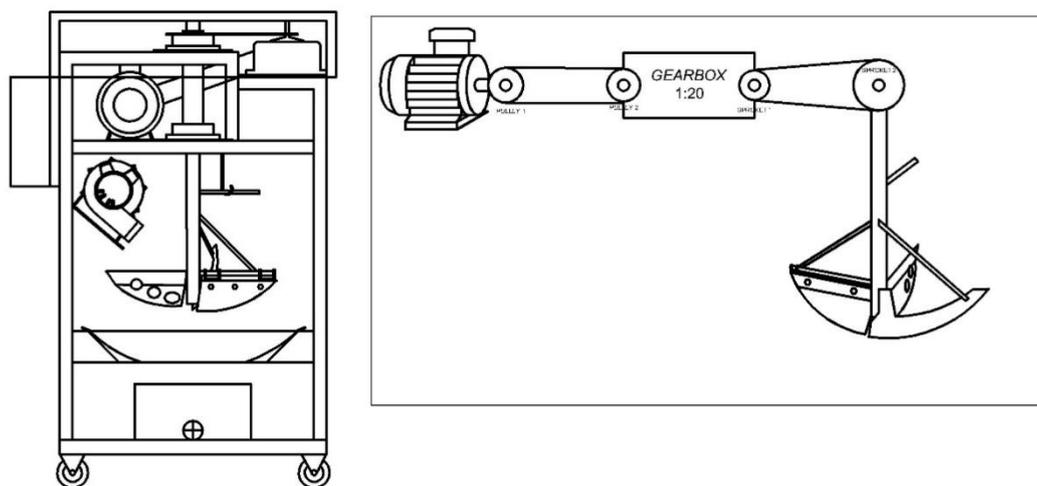


Gambar 22. Skema Perakitan Motor Listrik, Inverter dan Blower

3.7. Mekanisme Kerja Mesin

Mekanisme kerja mesin pemasak semi otomatis ini diawali dengan menuangkan bahan baku nira kemudian kompor gas dinyalakan sebagai sumber energi panas. Setelah mendidih alat pengaduk diturunkan. Mesin pemasak semi otomatis disambungkan ke arus listrik dan putar *power on inverter* untuk menyalakan *inverter*. Diatur frekuensi motor listrik yang diinginkan dengan cara memutar potensiometer dan motor listrik akan berputar. Motor listrik akan menggerakkan *pulley* 1. *Pulley* 1 akan menggerakkan *pulley* 2 dengan bantuan *v-belt*. *Pulley* 2

akan menggerakkan *gearbox* dan *gearbox* menggerakkan *sprocket 1*, *sprocket1* akan menggerakkan *sprocket 2* dan poros pengaduk. Poros pengaduk terhubung dengan tangkai pengaduk. Tangkai pengaduk ini akan berputar dan menggerakkan mata pengaduk (Riandadari, 2017). Pengaduk akan berputar selama proses pemasakan. Setelah nira kental telah matang (telah dilakukan *spoonstest*), kompor gas dimatikan dan dilanjutkan proses kristalisasi. *Spoonstest* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menguji kematangan nira dengan cara mengambil satu sendok nira kental kemudian dituang ke dalam air, apabila nira kental mengeras artinya nira telah matang. Untuk mempercepat proses kristalisasi dinyalakan *blower* dengan menekan *power on blower*. Setelah terbentuk kristal gula semut, motor listrik dan kipas dimatikan. Skema mekanisme kerja mesin pemasak semi otomatis disajikan pada Gambar 23.



Gambar 23. Skema Mekanisme Kinerja Mesin

3.8. Pengujian Mesin

Pengujian mesin dilakukan menggunakan bahan baku nira kelapa sebanyak 20 liter dengan 3 perlakuan kecepatan pengadukan. Setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 3 kali. Langkah-langkah pengujian dimulai dengan memasak nira sebanyak 20 liter hingga mendidih, kemudian pengaduk diturunkan dan diputar. Frekuensi motor listrik yang digunakan berturut-turut yaitu 20 Hz, 30 Hz, dan 40 Hz. Kecepatan putaran pengaduk yang dihasilkan berturut-turut yaitu

12 rpm, 18 rpm dan 24 rpm. Setelah nira mengental dan telah matang (*spoon test*) api kompor gas dimatikan. Selanjutnya dilakukan kristalisasi dan pendinginan dengan bantuan *blower*. Pengadukan dilakukan hingga terbentuk kristal gula semut.

3.9. Analisis Teknis Mesin

Analisis teknis yang dilakukan dari mesin pemasak semi otomatis ini antara lain:

3.9.1. Kapasitas Wajan

Kapasitas dihitung untuk setiap satu kali pemasakan. Wajan memiliki diameter 70 cm dan kedalaman 20 cm. Karena jari-jari yang dimiliki wajan tidak sama maka kapasitas wajan tidak dapat dihitung dengan rumus setengah bola. Alternatif untuk mengetahui kapasitas wajan yaitu dengan mengisi air hingga air menyentuh bagian pinggir wajan kemudian air tersebut dihitung volumenya.

3.9.2. Kecepatan Pengaduk

Mesin pemasak semi otomatis ini menggunakan motor listrik sebagai sumber energi gerakannya. Kecepatan putaran motor listrik biasanya telah tertulis pada *nameplate* pada motor listrik tersebut. Namun kecepatan putaran motor listrik juga dapat dihitung apabila diketahui frekuensi dan pole dari motor listrik.

Kecepatan putaran motor listrik dihitung dengan rumus berikut:

$$N_m = \frac{f \times 120}{p} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- N_m : kecepatan putaran motor listrik (rpm)
- f : frekuensi motor listrik (Hz)
- p : jumlah kutub motor listrik (*pole*)
- 120 : sudut phase

Mesin pemasak semi otomatis ini memiliki 2 transmisi yaitu *pulley* dan *sprocket*. *Pulley* mentransmisikan gerak dari motor listrik ke *gearbox*. Kecepatan putaran *pulley* 1 sama dengan kecepatan putaran motor listrik, karena posisinya terhubung langsung dengan motor listrik. Kecepatan putaran pada *pulley* 2 dihitung dengan rumus berikut:

$$N_{p2} = \frac{N_{p1} \times d_{p1}}{d_{p2}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- N_{p1} : kecepatan putaran *pulley* 1 (rpm)
- N_{p2} : kecepatan putaran *pulley* 2 (rpm)
- d_{p1} : diameter *pulley* 1 (mm)
- d_{p2} : diameter *pulley* 2 (mm)

Pulley 2 akan menggerakkan *gearbox*. *Gearbox* yang digunakan pada mesin ini memiliki rasio 1:20 artinya 1 putaran *gearbox* setara dengan 20 putaran *pulley* 2. Kecepatan putaran dari *gearbox* dihitung dengan rumus berikut:

$$N_{gearbox} = N_{p2} \times \text{rasio } gearbox \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- $N_{gearbox}$: kecepatan putaran *gearbox* (rpm)
- N_{p2} : kecepatan putaran *pulley* 2 (rpm)

Gearbox akan menggerakkan *sprocket* 1 dan *sprocket* 1 akan menggerakkan *sprocket* 2. *Sprocket* 2 akan bergerak bersamaan dengan poros pengaduk dan tangkai pengaduk. Kecepatan *sprocket* 2 dengan rumus berikut:

$$N_{s2} = \frac{N_{s1} \times d_{s1}}{d_{s2}} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- N_{s1} : kecepatan putaran *sprocket* 1
- N_{s2} : kecepatan putaran *sprocket* 2
- d_{s1} : diameter *sprocket* 1
- d_{s2} : diameter *sprocket* 2

3.9.3. Torsi

Torsi pada motor listrik dapat dihitung jika diketahui daya dan kecepatan putaran motor listrik. Torsi dihitung dengan rumus berikut :

$$\tau = \frac{5252 \times P}{N} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

τ : torsi (Nm)

P : daya motor listrik (HP)

N : jumlah putaran/listrik (rpm)

5252 : (konstanta) nilai ketetapan daya motor listrik dalam satuan HP

3.9.4. Biaya Listrik

Mesin ini menggunakan energi listrik untuk menyalakan motor listrik, kipas, *inverter* dan *blower*. Kebutuhan biaya listrik dapat dihitung apabila diketahui daya setiap komponen dan lama pemakaian alat. Biaya listrik dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Biaya listrik} = P \times t \times \text{harga listrik per kWh} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

P : daya alat (kW)

t : lama pemakaian alat (jam)

3.9.5. Kecepatan LPG

Mesin pemasak semi otomatis menggunakan kompor gas dan bahan bakar LPG sebagai sumber panas selama proses pemasakan. Satu kali proses pemasakan nira sebanyak 20 liter memerlukan LPG sebanyak 3 kg dengan lama waktu pemasakan 130 menit. *Regulator* gas yang digunakan yaitu *regulator* tekanan tinggi yang dapat diatur kecepatan keluar gasnya, setiap kali pemasakan menggunakan kecepatan gas dan api dengan besar yang sama. *Regulator* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 24. Kecepatan LPG yang digunakan pada proses pemasakan dihitung menggunakan rumus :

$$v = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

v : kecepatan gas (gram/detik)

V : volume gas (gram)

t : waktu (detik)



Gambar 24. Regulator

3.10. Analisis Ergonomi dan Antropometri

3.10.1. Pengumpulan Data Antropometri

Metode pengumpulan data antropometri dilakukan dengan mengukur antropometri berdiri pada orang-orang yang pernah menggunakan mesin pemasak semi otomatis. Mesin pemasak semi otomatis telah digunakan oleh 10 orang. Angket yang digunakan dalam pengumpulan data disajikan pada Lampiran 3.

3.10.2. Perhitungan Data Antropometri

Perhitungan data antropometri dilakukan dengan rumus statistik data tunggal. Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu 10 sampel. Rumus statistik yang digunakan pada perhitungan ini, yaitu:

1. Rata-rata hitung

$$\bar{X} = \frac{X_1+X_2+\dots+X_n}{n} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

\bar{X} : rata-rata hitung

X_1 : data ke-1

X_2 : data ke-2

X_n : data ke-n

n : jumlah data

2. Persentil

$$P_i = \text{nilai ke} + \left(\frac{i(n+1)}{100} \right) \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

P_i : nilai persentil i

$\frac{i(n+1)}{100}$: letak persentil i

i : persentil 1

n : jumlah data

Persentil 5

$$\begin{aligned} \text{Letak persentil 5} &= \frac{5(10+1)}{100} \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

Persentil 5 antara data ke 0 dan ke 1

$$P_5 = \text{nilai ke 0} + 0,55 (\text{data ke 1} - \text{data ke 0})$$

Persentil 50

$$\begin{aligned} \text{Letak persentil 50} &= \frac{50(10+1)}{100} \\ &= 5,5 \end{aligned}$$

Persentil 50 antara data ke 5 dan ke 6

$$P_5 = \text{nilai ke 5} + 0,5 (\text{data ke 6} - \text{data ke 5})$$

Persentil 95

$$\begin{aligned} \text{Letak persentil 95} &= \frac{95(5+1)}{100} \\ &= 10,45 \end{aligned}$$

Persentil 95 antara data ke 10 dan ke 11

$$P_5 = \text{nilai ke 10} + 0,45 (\text{data ke 11} - \text{data ke 10})$$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Modifikasi mesin pemasak semi otomatis yang dilakukan yaitu menambahkan *inverter* merek Hua Yuan sehingga kecepatan putaran pengaduk yang dihasilkan yaitu 6 rpm – 30 rpm, mengganti motor listrik satu fasa 4P 0,5 HP/ 0,37 kW, 220 Volt, 4,4 Ampere, dan 50 Hz menjadi motor listrik menjadi tiga fasa 4P 2HP, 380 Volt, 3,48 Ampere, dan 50 Hz. Menambahkan penggaruk *stainless* sehingga dihasilkan kristal gula semut yang seragam. Mengganti kipas dengan *blower* sehingga proses pendinginan nira kental pada proses kristalisasi menjadi lebih cepat.

2. Hasil uji kinerja mesin pemasak semi otomatis sebelum dan setelah modifikasi adalah sebagai berikut :
 - a. Proses evaporasi nira dengan mesin sebelum modifikasi yaitu 150 menit dan setelah modifikasi yaitu 119,7 menit.
 - b. Proses kristalisasi dengan mesin sebelum modifikasi yaitu 40 menit dan setelah modifikasi yaitu 12 menit.

Mesin setelah modifikasi menghasilkan kinerja yang lebih baik dibandingkan mesin sebelum modifikasi ditunjukkan dengan proses evaporasi dan kristalisasi yang lebih cepat serta dihasilkan kristal gula semut yang seragam.

3. Mesin pemasak semi otomatis telah sesuai dengan ergonomi dan antropometri serta nyaman digunakan untuk operator dengan ukuran terkecil atau ukuran terbesar pada sampel. Mesin mudah digunakan dan dijangkau karena tinggi mesin tidak melebihi jangkauan tangan keatas posisi berdiri operator. Tinggi mesin yaitu 154,0 cm dan jangkauan tangan keatas posisi

berdiri operator pada persentil ke-10, ke-50 dan ke-90 berturut-turut yaitu 195,3 cm, 214,0 cm dan 224,9 cm.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan modifikasi kembali agar mesin pemasak semi otomatis dapat menghasilkan kecepatan putaran pengaduk lebih dari 30 rpm dengan cara mengganti *gearbox* dengan rasio lebih kecil dari 1:20.
2. Perlu dilakukan analisis ekonomi mesin pemasak semi otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aderemi, B. O. 2009. *Buku Pembuatan Mesin Penghalus Jahe Menggunakan Desain Mesin Chruser Gula atau Granulator*. Yogyakarta.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2017. *Produksi Pangan Untuk Industri Rumah Tangga (Gula Merah Cetak)*. Direktorat Surveilans dan Penyuluhan Keamanan Pangan Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya Badan Pengawas Obat dan Makanan. Jakarta Pusat.
- Badan Standardisasi Nasional (1995). Gula Palma SNI 01-3743-1995. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- Baharuddin, M. Muin., dan H. Bandaso. 2010. Pemanfaatan Nira Aren (*Arenga pinnata Merr*) Sebagai Bahan Pembuatan Gula Putih Kristal. *Jurnal Perennial*. 3 (2): 40-43
- Bridger R.S. 1995. *Introduction To Ergonomi*. Mc. Graw – Hill International. Singapore.
- Dwianti, H. dan Budi, S. 2003. *Kajian Kualitas Gula Aren Cetak yang Difortifikasi dari Sumber Karoten yang Berbeda*. Teknologi Pertanian Unsoed. Purwokerto.
- Haryanti. 2006. *Proses Pemasakan Nira Aren Menjadi Gula Semut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Yogyakarta.
- Kristianingrum, S. 2009. *Analisis Nutrisi Dalam Gula Kelapa. Kegiatan PPM Teknologi Pembuatan Gula Aneka Rasa*. Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Liliana Y.P., Widagdo, S., dan Abtokhi, A. (2007). Pertimbangan Antropometri pada Pendesainan. *Prosiding Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*. Hal. 183 – 189. ISSN 1978-0176. Yogyakarta: Badan Tenaga Atom Nasional
- Loncin. M. and Merson, R. L. 1989. *Academic Press*. Food Engineering. New York.

- Mc Cormick, Ernest J and Mark S. Sanders, 1993. *Human Factors In Engineering and Design*. Mcgraw Hill. Inc. New York.
- Muchaymien, Y. Rangga, A. dan Nuraini, F. (2014). Penyusunan Draft *Standard Operating Procedure (SOP)* Pembuatan Gula Merah Kelapa (Studi Kasus Di Pengrajin Gula Merah Kelapa Desa Purworejo Kecamatan Negeri Katon Kabupaten Pesawaran). *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. Vol. 19 No. 2, Hal. 205-217.
- Mustaufik, Siswanto dan Susanto. 2007. Rancang Bangun dan Penerapan Alat Pengereng Model Kabinet Di Kalangan Home Industri Gula Kelapa. *Dinamika Jurnal Pengabdian dan Penerapan Ipteks*. ISSN: 1829-5991. Mei 2007. Vol.5, No. 1. Hal 1-23.
- Mustaufik dan Karseno. 2004. *Penerapan dan Pengembangan Teknologi Produksi Gula Semut Berstandar Mutu SNI untuk Meningkatkan Pendapatan Pengrajin Gula*. Laporan Pengabdian Masyarakat. Program Teknologi Tepat Guna. Teknologi Pertanian Unsoed. Purwokerto.
- Mustaufik, Masrukhi, Hidayah, D. dan Etika, D. 2008. *Pengembangan Usaha Gula Kelapa Kristal Di kawasan Home Industri Gula Kelapa Kab. Banyumas Melalui Perbaikan Mutu dan Sistem Pemasaran*. Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat. Program Vucer Multi Tahun DP2M Dikti. 2008.
- Mustofa, Sjahril, B. 2019. Rancang Bangun dan Pengujian Alat Pengaduk Dodol. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*. Volume 4 Nomor 1. hal 26-33.
- Pheasant, S. 1988. *Body Space, Anthropometry, Ergonomics and Design*. Taylor & Francis. London.
- Pulat, B. Mustafa. 1992. *Fundamental of Industrial Ergonomics, At & T Network Systems*. Oklahoma City Works and School of Industrial Engineering. University of Oklahoma
- Perusahaan Listrik Negara. 2022. *Penetapan Penyesuaian Taris Tenaga Listrik (Tarif Adjustment) Bulapuln Oktober- Desember 2021*.
<https://web.pln.co.id/pelanggan/tarif-tenaga-listrik/tariff-adjustment>
- Rahman, R. S. 2013. *Artikel Cara Kerja Blower*.
<https://rioseptiarahman93.blogspot.com/>. SMK Ahmad Yani. Probolinggo. Diakses pada tanggal 6 maret 2013.
- Riandadari, D. 2017. *Modifikasi Mesin Pengaduk Dodol dan Jenang Tipe Vertikal*. JRM. Vol. 04, No. 02. Hal. 47-51.

- Sifa, A. Tito, E., Badruzaman, Indrawan, N., Ikbal D. P., dan Alam A. R. 2020. Rancang Bangun Mesin Pengaduk Dodol Karangampel. Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung.
- Soetedjo, J.N., dan Suharto, I. 2009. *Perancangan dan Uji Coba Alat Evaporator Nira Aren*. Laporan Penelitian. Jurusan Teknik Kimia FTI. Universitas Katolik Parahyang. Bandung.
- Suroso, S. 2012. Pembuatan Gula Semut dari Bahan Baku Gula Kelapa Cetak dengan Suhu Akhir Pemasakan Terhadap Kualitas Produk yang Dihasilkan. *Skripsi*. Jurusan THP. Fakultas Pertanian. INSTIPER Yogyakarta.
- Tayyari, F. And Smith, J. L. 1997. *Occupational Ergonomics Principles and Applications*. New York: Chapman & Hall.
- Widjaya, I.R. dan Kurniawan, L. 2010. *Evaporasi*. Jakarta. UI press.
- Wignjosoebroto, S. 2003. *Ergonomi Studi Gerak Dan Waktu (Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja)*. Guna Widya. Surabaya.
- Winoto, S. 2019. *Perancangan Alat Pengaduk Dodol Semi Otomatis*. Tugas Akhir. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
- Yuliandari, P., Joen, D.A.Z., dan Indraningtyas, L. 2019. *Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Pemasak Semi Otomatis Brown Sugar dari Nira Kelapa Sawit dengan Metode Langsung*. Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Zuliana, C. 2016. Pembuatan Gula Semut Kelapa (Kajian pH Gula Kelapa dan Konsentrasi Natrium Bikarbonat). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. FTP Universitas Brawijaya. Malang. 4 (1): 109-119.