

RANCANG BANGUN MESIN PENYARING SENTRIFUGUS UNTUK PENYARINGAN LARUTAN TEPUNG TAPIOKA

KARYA ILMIAH TERTULIS
(SKRIPSI)

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Pendidikan Program Strata Satu
Pada Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Asal: ... diah ... emban Terima: 04 Mei 2004 No. Induk: Pengkata: ...	Klass 664.7 MTC P e,
---	-------------------------------

TEPUNG

oleh :

MUHAMAD MALKAN
981710201035

Dosen Pembimbing :
Ir. Siswijanto, M.P. (DPU)
Ir. Suryanto, M.P. (DPA I)
Ir. Tasliman, M. Eng. (DPA II)

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2004

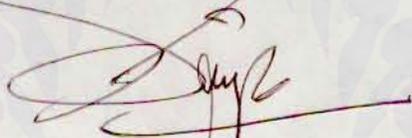
Diterima oleh :

Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember
Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

Dipertahankan pada :

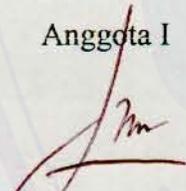
Hari : Jum'at
Tanggal : 16 Januari 2004
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Tim Penguji
Ketua



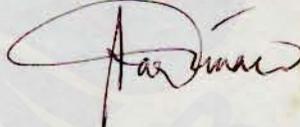
Ir. Siswijanto, M.P.
NIP. 130 802 225

Anggota I



Ir. Suryanto, M.P.
NIP. 131 759 841

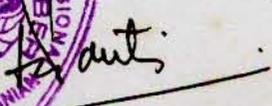
Anggota II



Ir. Tasliman, M.Eng.
NIP.132 046 358



Mengetahui
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember



Ir. Siti Hartanti, MS.
NIP. 130 350 763

MOTTO:

وَكَيْفَ تَصْبِرُ عَلَىٰ مَا لَمْ تُحِطْ بِهِ خُبْرًا (الكهف: ٦٨)

"Dan bagaimana kamu dapat sabar atas sesuatu, yang kamu belum mempunyai pengetahuan yang cukup tentang hal itu?"

(QS. Al-Kahfi : 68)

إِيَّاكَ نَعْبُدُ وَإِيَّاكَ نَسْتَعِينُ (الفاتحه: ٥)

"Hanya kepada Engkau kami menyembah dan hanya kepada Engkau kami mohon pertolongan".

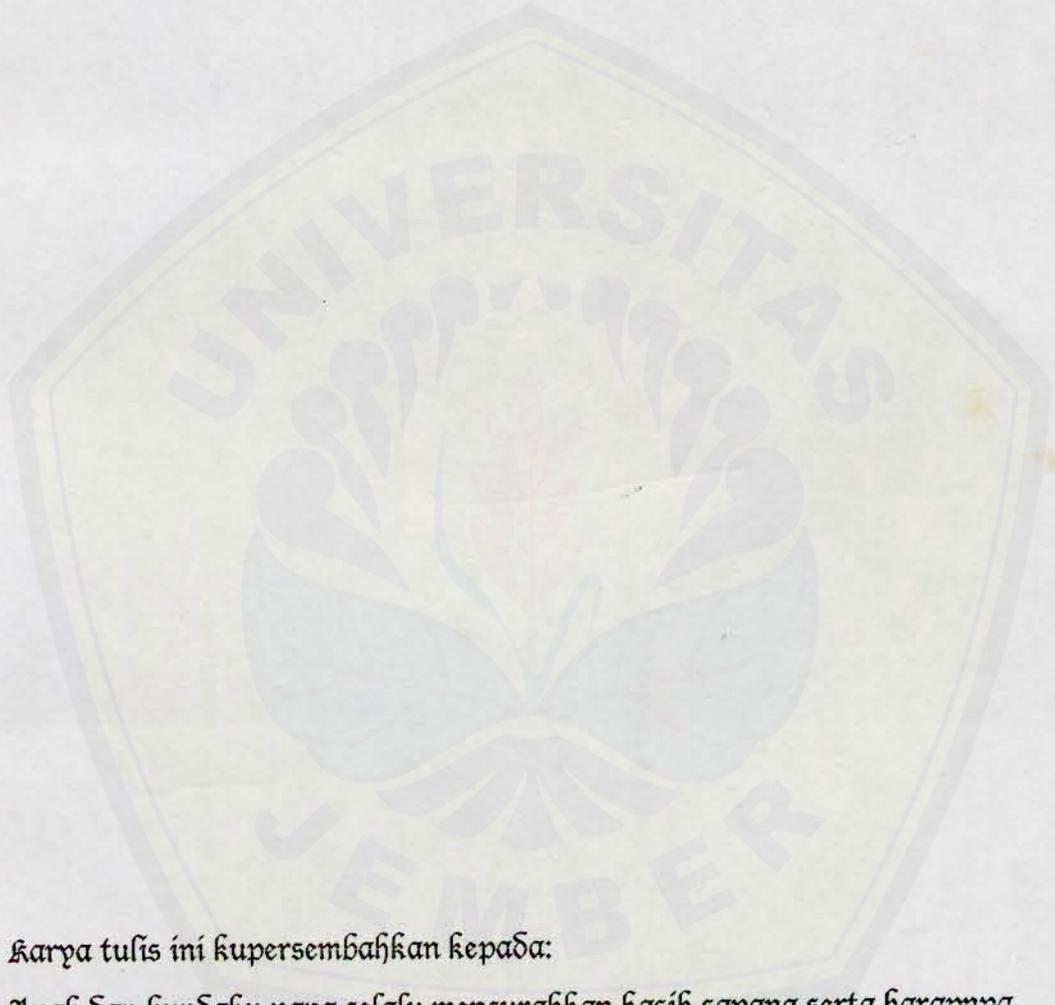
(QS. Al-Fatehah : 5)

Tujuan dan Kemauan Untuk Sempurna, Lebih Baik dari Kesempurnaan Itu Sendiri.

(Vincent Lombardi)

Yakinlah, Sukses yang kamu Raih hari Ini Akan Jadi Salah Satu Kisah Klasik Dalam Kehidupanmu.

(M2 - Khan)



Karya tulis ini kupersembahkan kepada:

Ayah dan bundaku yang selalu mencurahkan kasih sayang serta harapnya

Mbak-Masku dan adik-adikku, "*You're My Inspiration*"

Apoex's-ku, "*Kaulah Cahaya Mataku*"

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah serta inayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Mesin Penyaring Sentrifus untuk Penyaringan Larutan Tepung Tapioka” dengan baik.

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi dan melengkapi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana strata satu (S-1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Berbagai dukungan dan sumbangan baik pikiran maupun tenaga dari berbagai pihak banyak penulis terima selama penelitian dan penyusunan skripsi ini. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

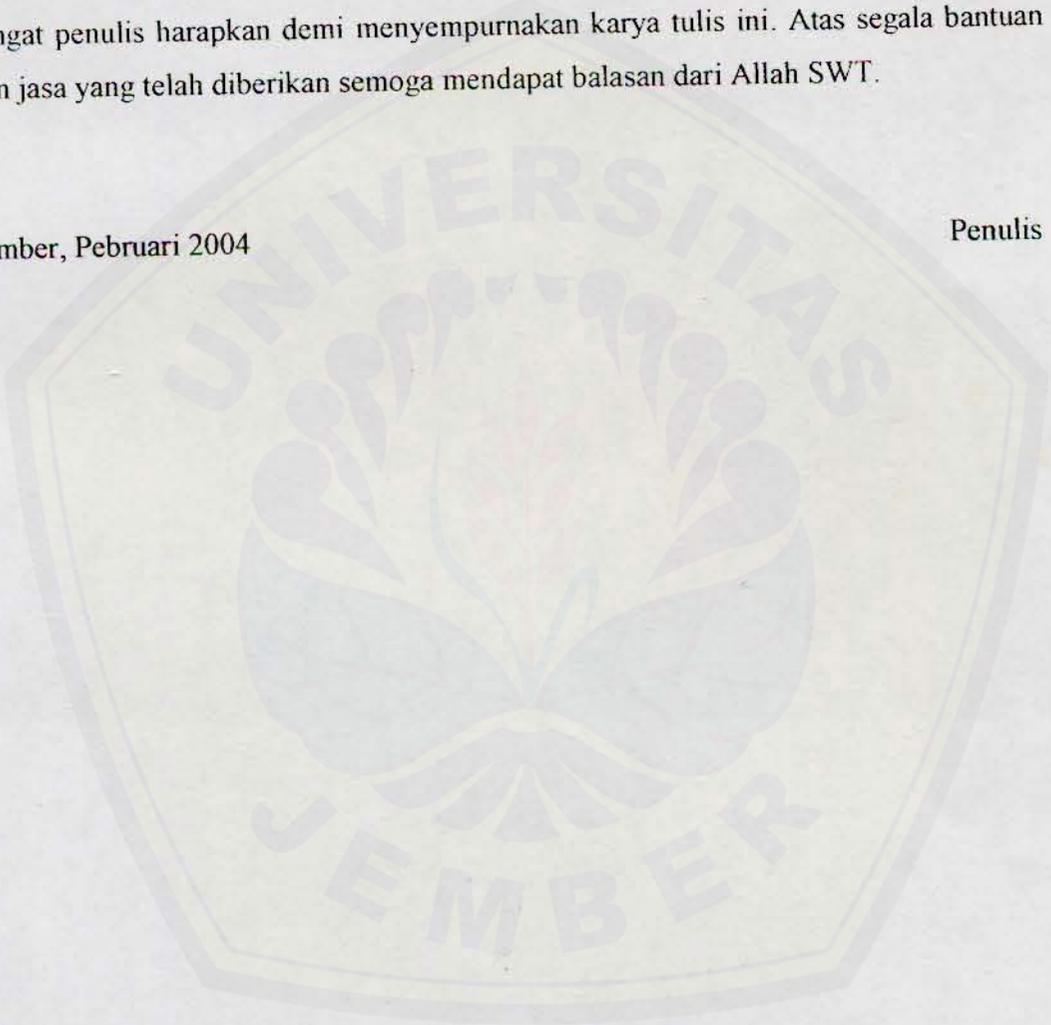
1. Ibu Hj. Ir. Siti Hartanti, M.S. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian.
2. Bapak Ir. Siswijanto, M.P. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian sekaligus Dosen Pembimbing Utama (DPU).
3. Bapak Ir. Suryanto, M..P. selaku Dosen Pembimbing Anggota I (DPA I).
4. Bapak Ir. Tasliman. M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Anggota II (DPA II).
5. Bapak Saguwan dan Mas Agus selaku Teknisi Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian .
6. Bapak Ramelan yang telah memberikan bimbingan dalam perancangan alat serta mengajarkan arti dari sebuah kesabaran.
7. Teman-teman seperjuangan P. Eko, Ary Gundhul, Anom, Kent, Irenx, Pengki', Noox, Iphe dan Bu Ika'. “*You're Always In My Mind*”.
8. Saudara-saudaraku di Kebun Binatang “Belitung Sebelas” Pix'SE, Thole, Bejo, Chimenx, Kebo, Tobiel, Genthonx, Kancil, Gudel, Da Niel. “*You're My Family*”.
9. Para pendahulukuku Kuchinx, Kakek, Luthunx, Beroox, Sapie, Pak Trie, Atun, Bimo “*Mamusia Aneh*”, Kendhil. “*Ojo Lali Karo Dulur-dulurmu, Rek...!*”.

10. Teman-temanku UKMO Sahara teruslah berjuang kibarkan bendera Te' Phe'!
11. Rekan-rekan Angkatan '98.

Sebagai manusia yang penuh khilaf, kami menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran dan kritik membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi menyempurnakan karya tulis ini. Atas segala bantuan dan jasa yang telah diberikan semoga mendapat balasan dari Allah SWT.

Jember, Pebruari 2004

Penulis





DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Ubi Kayu	4
2.2 Tepung Tapioka	5
2.3 Proses Pembuatan Tepung Tapioka	6
2.4 Penyaringan Sentrifugal	8
2.5 Komponen-Komponen Mesin Penyaring	9
2.5.1 Poros	9
2.5.2 Bantalan	10
2.5.3 Sabuk dan Roda Transmisi	10
III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	11
3.2 Tahapan Penelitian	11

3.3	Alat dan Bahan	11
3.3.1	Alat	11
3.3.2	Bahan	12
3.4	Perancangan Mesin	12
3.4.1	Tipe Mesin Penyaring Sentrifus	12
3.4.2	Spesifikasi Mesin Penyaring Sentrifus	13
3.5	Pengujian Kinerja Mesin	13
3.6	Parameter Pengujian	13
3.7	Data yang Diperlukan	14
3.8	Cara Pengambilan Data	15
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1	Desain Mesin Penyaring Sentrifus	16
4.1.1	<i>Hopper</i>	17
4.1.2	Bagian Ruang Proses Penyaringan	18
4.1.3	Bagian Ruang Penampung	20
4.1.4	Bagian Penerus Daya/Poros	21
4.1.5	Bagian Pemindah Daya/ <i>Belt</i>	22
4.2	Prinsip Kerja Mesin Penyaring Sentrifus	22
4.3	Pembuatan Alat	23
4.4	Data Hasil Penelitian	24
4.5	Kendala Pada Pengujian Alat	28
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	29
5.1	Kesimpulan	29
5.2	Saran	30

DAFTAR PUSTAKA

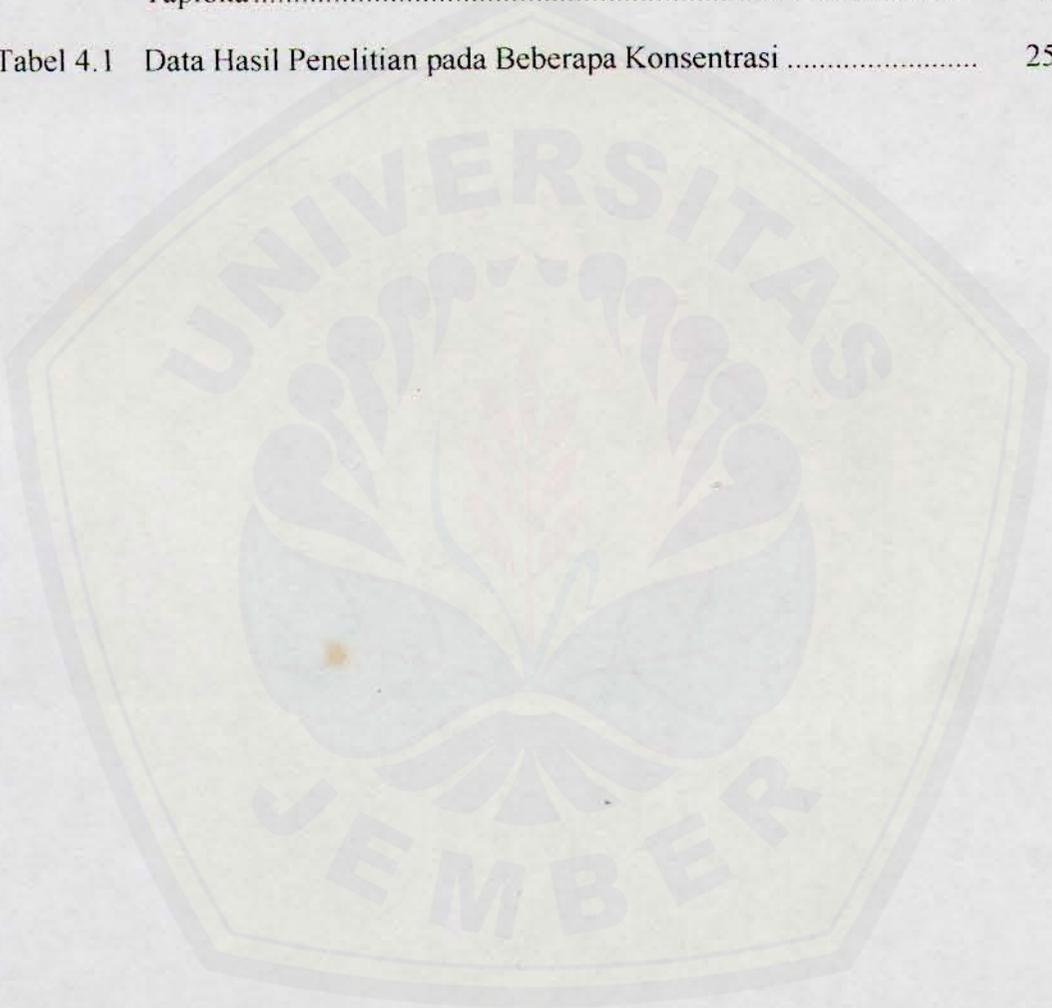
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	<i>Hopper</i>	17
Gambar 4.2	Ruang Penyaring	18
Gambar 4.3	Ruang Penampung	20
Gambar 4.4	Motor dan Penerus Daya	21
Gambar 4.5	Pemindah Daya	22
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Konsentrasi Bahan terhadap Waktu Penyaringan	26
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Konsentrasi Bahan terhadap Kapasitas Penyaringan	27

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Produksi Ubi Kayu Nasional (1996-2002)	2
Tabel 2.1	Kandungan Gizi dalam Tiap 100 gr Ubi Kayu pada Tepung Tapioka	6
Tabel 4.1	Data Hasil Penelitian pada Beberapa Konsentrasi	25



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Gambar Mesin Tampak Depan
- Lampiran 2. Gambar Mesin Tampak Belakang
- Lampiran 3. Gambar Mesin Tampak Samping
- Lampiran 4. Gambar Irisan Mesin Sentrifus
- Lampiran 5. Gambar Rangka Mesin
- Lampiran 6. Data Hasil Penelitian
- Lampiran 7. Data Hasil Perhitungan
- Lampiran 8. Foto Alat

RINGKASAN

MUHAMAD MALKAN (981710201035) **RANCANG BANGUN MESIN PENYARING SENTRIFUS UNTUK PENYARINGAN LARUTAN TEPUNG TAPIOKA** Dosen Pembimbing Utama ; Ir. Siswijanto, M.P. Dosen Pembimbing Anggota I ; Ir. Suryanto, M.P. Dosen Pembimbing Anggota II ; Ir. Tasliman, M.Eng.

Ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) disebut juga dengan ketela pohon, dan dalam kehidupan sehari-hari dengan nama singkong. Di Indonesia ubi kayu atau singkong merupakan makanan pokok nomor tiga, setelah beras dan jagung. Akan tetapi keberadaannya sangat diperlukan dalam menunjang berbagai industri di antaranya kertas, farmasi, perekat *dekstrin*, sirup glukosa, gula fruktosa, bahan-bahan etanol dan sebagainya.

Tepung tapioka merupakan satu dari sekian banyak produk yang dihasilkan oleh pengolahan ubi kayu dengan jalan mengambil sari pati yang terkandung dalam umbi ubi kayu. Pada proses pengolahan ubi kayu menjadi tepung tapioka, terdapat proses pemisahan sari pati dari ampas ubi kayu. Dalam kegiatan pemisahan ini dibutuhkan air yang berfungsi melarutkan sari pati dari ampasnya, dan selanjutnya sari pati atau tepung tapioka dipisahkan dari larutannya melalui proses pengendapan.

Proses pemisahan dua jenis bahan yang berbeda pada pengolahan pangan, dalam hal ini pemisahan tepung tapioka dari larutannya selama proses produksi masih tergantung pada kecepatan pengendapan partikel tepung di dalam air, sehingga kecepatan produksi sangat tergantung pada waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan. Berkaitan dengan hal itu, perlu dirancang suatu alat untuk menyaring atau memisahkan tepung tapioka dari larutannya. Dengan keberadaan alat ini diharapkan dapat membantu mempercepat proses pemisahan tepung tapioka dari larutannya.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Diawali dengan membuat rancang bangun alat, pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan data.

Penyaringan tidak dapat dilakukan secara kontinyu karena adanya penyumbatan saringan oleh bahan yang bersifat lengket. Serta guncangan mesin terlalu besar sehingga menyulitkan proses penyaringan. Hal ini dapat diatasi dengan membuat bagian yang berputar pada mesin menjadi lebih *balance* atau mengganti material penyaring dengan bahan yang lebih licin.

Dari tiga perlakuan konsentrasi, efisiensi penyaringan tertinggi dicapai pada penyaringan dengan konsentrasi 1:2, sebesar 90,4% dengan waktu penyaringan selama 32,3 detik. Persamaan matematika konsentrasi bahan sebagai fungsi waktu adalah $k(t) = 0,8696 t + 5,1295$, dan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9899. Persamaan matematik untuk hubungan kapasitas penyaringan sebagai fungsi konsentrasi bahan adalah $C(k) = -5,8593 k + 285,78$ dengan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9973.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) disebut juga dengan ketela pohon, dan dalam kehidupan sehari-hari dengan nama singkong. Di Indonesia ubi kayu atau singkong merupakan makanan pokok nomor tiga, setelah beras dan jagung. Akan tetapi keberadaannya sangat diperlukan dalam menunjang berbagai industri di antaranya kertas, farmasi, perekat *dekstrin*, sirup glukosa, gula fruktosa, bahan-bahan etanol dan sebagainya (Nuryani dan Soedjono, 1994).

Salah satu tujuan dari agroindustri dan agrobisnis adalah meningkatkan nilai ekonomis dan memudahkan pengolahan bahan hasil pertanian menjadi bahan setengah jadi atau bentuk jadi. Tepung tapioka merupakan satu dari sekian banyak produk yang dihasilkan oleh pengolahan ubi kayu dengan jalan mengambil sari pati yang terkandung dalam umbi ubi kayu. Pemanfaatan tepung tapioka dalam kehidupan sehari-hari sangat beraneka ragam mulai dari bahan dasar pembuatan roti dan kue sampai pada bahan pembuatan perekat *dekstrin* dan masih banyak produk lain yang dapat diproduksi (Nuryani dan Soedjono, 1994).

Pada proses pengolahan ubi kayu menjadi tepung tapioka, terdapat proses pemisahan sari pati dari ampas ubi kayu. Dalam kegiatan pemisahan ini dibutuhkan air yang berfungsi melarutkan sari pati dari ampasnya, dan selanjutnya sari pati atau tepung tapioka dipisahkan dari larutannya melalui proses pengendapan. Mengingat bentuk, ukuran dan berat partikel tepung tapioka yang sangat kecil, proses pengendapan membutuhkan waktu yang lama yaitu kurang lebih sehari semalam. Semakin lama waktu yang digunakan dalam proses pengendapan maka hasil yang diperoleh akan semakin optimal.

Pada dasarnya penggunaan dan pemanfaatan alat dan mesin di bidang industri pertanian didasarkan pada pertimbangan efektivitas kerja serta efisiensi waktu. Pengolahan tepung tapioka secara tradisional membutuhkan tenaga dan waktu yang cukup banyak. Untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya pengembangan teknologi yang tepat guna, yang mampu meningkatkan kinerja

pada industri pengolahan tepung tapioka dalam usaha optimalisasi proses produksi.

Di Indonesia jumlah produksi dan luas panen ubi kayu untuk tahun 1996 sampai 2002 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Produksi Ubi Kayu Nasional (1996-2002)

No.	Tahun	Luas Panen	Hasil/Ha	Produksi
		(Ha)	(Kubik)	(Ton)
1.	1996	1.415.101	120	17.002.455
2.	1997	1.243.366	122	15.134.021
3.	1998	1.197.357	122	14.664.111
4.	1999	1.350.008	122	16.458.544
5.	2000	1.284.040	125	16.089.020
6.	2001	1.317.912	129	17.054.648
7.	2002	1.276.533	132	16.913.104
Rata-rata		1.297.759,571	124,571	16.187.986,143

Sumber : www.deptan.go.id

1.2 Permasalahan

Proses pemisahan dua jenis bahan yang berbeda pada pengolahan pangan, dalam hal ini pemisahan tepung tapioka dari larutannya selama proses produksi masih tergantung pada kecepatan pengendapan partikel tepung di dalam air, sehingga kecepatan produksi sangat tergantung pada waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan. Berkaitan dengan hal itu, perlu dirancang suatu alat untuk menyaring atau memisahkan tepung tapioka dari larutannya. Dengan keberadaan alat ini diharapkan dapat membantu mempercepat proses pemisahan tepung tapioka dari larutannya.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan menguji kinerja alat penyaring sentrifus dalam proses pemisahan tepung tapioka dari larutannya.

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai rancang bangun mesin penyaring sari pati tepung tapioka. Selain itu dapat dijadikan bahan referensi untuk merancang mesin penyaring bahan-bahan pangan yang lebih baik dan komplek.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ubi Kayu

Ketela pohon atau ubi kayu termasuk dalam famili (keluarga) *Euphorbiaceae* dan sebenarnya termasuk tanaman tahunan, karena dapat hidup hingga beberapa tahun. Pohonnya kecil, akar-akarnya merupakan umbi, banyak mengandung zat tepung (*zetmeel*). Batangnya berkayu akan tetapi mudah patah. Di dalam batang terdapat liang yang berisi semacam gabus yang berwarna putih. Ketela pohon bisa berbatang satu atau 3-4 buah. Tingginya dapat mencapai 3-5 meter, tergantung pada keadaan lingkungan pertumbuhannya, atau dari baik tidaknya faktor-faktor tumbuh, dan asal cukup lama dibiarkan tumbuh (Sosrosoedirdjo, 1992).

Batang ubi kayu memiliki pola percabangan yang khas, yang keragamannya tergantung pada kultivar. Pertumbuhan tegak batang sebelum bercabang lebih disukai karena memudahkan penyiangan, sedangkan percabangan yang berlebihan dan terlalu rendah tidak disukai. Bagian batang tua memiliki bekas daun yang jelas, ruas yang panjang menunjukkan laju pertumbuhan yang cepat (Yamaguchi dan Vincent E., 1998).

Ubi yang terbentuk merupakan akar yang berubah fungsinya menjadi tempat penyimpanan makanan cadangan. Bentuk ubi biasanya bulat memanjang, daging ubi mengandung zat pati, berwarna putih gelap atau kuning gelap, dan tiap tanaman dapat menghasilkan 5-10 ubi. Ubi kayu mempunyai susunan berurat menjari dengan canggap 5-9 helai. Ubi kayu mengandung asam sianida berkadar rendah sampai tinggi. Tidak terkecuali daun ubi kayu yang biasanya mengandung racun asam sianida atau asam biru, terutama daun yang masih muda (pucuk) (Rukmana, 1997).

Ubi kayu rata-rata memiliki kadar air sebesar 65%, dan kadar air terbesar dimiliki oleh ubi kayu varietas tempranita. Kadar bahan kering rata-rata sebesar 35%, sedangkan kadar bahan *extract* tanpa nitrogen (BETN) sebesar 30,84%. Setiap 100 gram daun mengandung 7,58 mg HCN, tetapi bila daun ubi kayu

dipanen pada umur 5 bulan maka problema HCN tidak menjadi masalah, karena pada umur 5 bulan daun ubi kayu mengandung kadar HCN terendah. Berbeda dengan umbinya, daun ubi kayu merupakan sumber protein yang terbaik untuk binatang memamah biak. Daun ubi kayu mengandung 8,3% protein dapat dicerna, dan 45,5% total bahan kering makanan yang dapat dicerna (TDN) (Nuryani dan Soedjono, 1994).

2.2 Tepung Tapioka

Tepung tapioka adalah salah satu bentuk olahan dari ubi kayu, yang merupakan granula dari karbohidrat yang berwarna putih, mengkilat, tidak berbau dan berasa (Soedarno dan Sediaoetama, 1977).

Tepung tapioka mempunyai sifat dapat bergelatinisasi pada suhu yang relatif rendah dibandingkan dengan tepung yang mengandung amilopektin tinggi. Oleh karena itu tepung tapioka mudah dan cepat membengkak bila dipanaskan dalam air. Tetapi adanya pembengkakan yang berlebihan dan pengadukan (gaya mekanis) menyebabkan granula pati pecah sehingga suspensi menjadi encer.

Tepung tapioka mengandung senyawa amilopektin yang bersifat sangat jernih yang mampu meningkatkan penampilan, memiliki daya pemekatan yang tinggi sehingga kebutuhan pemakaian relatif sedikit dan suhu gelatinisasinya relatif rendah (Winarno, 1991).

Tepung tapioka banyak digunakan dalam industri pangan karena tekstur, kejernihannya dan toleransinya terhadap asam, panas dan gesekan. Namun kestabilan dispersi tidak menguntungkan apabila dilakukan penyimpanan pada suhu rendah atau pembekuan karena dapat menyebabkan kehilangan kemampuan mengikat air dan tekstur akan berubah menjadi kasar. Kondisi ini diakibatkan oleh asosiasi intermolekul antara bagian lurus amilopektin dan amilosa. Keadaan demikian dapat diminimumkan melalui pengasetilan gugus molekul. Dengan demikian rantai lurus amilopektin dan amilosa dibatasi jumlah yang bereaksi satu dengan yang lain melalui ikatan hidrogen. Komposisi kimia tepung tapioka dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Gizi dalam Tiap 100 gr Ubi Kayu pada Tepung Tapioka

No.	Komponen	Jumlah	Satuan
1.	Air	9,10	(gr)
2.	Kalsium	84,00	(mg)
3.	Kalori	363,00	(kalori)
4.	Karbohidrat	88,20	(gr)
5.	Lemak	0,50	(gr)
6.	Fosfor	125,00	(mg)
7.	Protein	1,10	(mg)
8.	Zat Besi	1,00	(mg)
9.	Vitamin B1	0,04	(mg)

Sumber: Direktorat Gizi Depkes RI (1981)

2.3 Proses Pembuatan Tepung Tapioka

Tepung tapioka diperoleh dari ubi kayu dengan cara basah. Dalam kehidupan sehari-hari tepung tapioka dikenal dengan nama pati atau kanji, tepung singkong dan sebagainya. Banyak dipergunakan sebagai bahan baku pada bahan baku pada pembuatan krupuk, selain itu dipergunakan pula dalam pembuatan lem, makanan dan sebagainya (Nuryani dan Soedjono, 1994).

Menurut Nuryani dan Soedjono (1994), proses pembuatan tepung tapioka dalam masyarakat dilakukan dengan dua cara yaitu cara sederhana dan secara industri.

A. Pembuatan Tepung Tapioka Secara Sederhana.

Proses pembuatan tepung tapioka secara sederhana dapat dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut.

1. Ubi kayu dikupas, biasanya dilakukan langsung di kebun setelah tanaman dipungut. Maksudnya mengurangi berat ubi kayu dalam mengangkutnya.
2. Ubi kayu yang telah dikupas, diangkut ke sungai yang airnya jernih dan bersih untuk dicuci. Setelah itu dibawa ke tempat umbi diparut.
3. Umbi diparut dengan kedua tangan atau diparut dengan alat yang diputar kaki.
4. Parutan umbi yang ditampung di bak diberi air bersih, diremas-remas dengan tangan. Kemudian sambil diperas-peras, berangsur-angsur dituangkan di atas saringan kain putih. Ampas yang tinggal diberi lagi air yang bersih, diremas-

remas terus dan diperas serta disaring. Pekerjaan ini dilakukan beberapa kali sehingga air perasan kelihatan jernih.

5. Air perasan yang telah disaring dan mengandung tepung, ditampung di dalam bak pengendapan. Air tepung diaduk agar pengendapan tepung merata. Setelah diaduk-aduk kemudian dibiarkan selama sehari semalam untuk mengendapkan tepungnya.
6. Air yang berada di atas tepung, dan mengandung larutan berbagai kotoran dikeluarkan. Lendir-lendir dan kotoran-kotoran lainnya yang terdapat di atas endapan tepung juga dikeluarkan.
7. Untuk mendapatkan tepung yang putih bersih dan baik, maka bak yang berisi endapan tepung diisi lagi dengan air bersih, diaduk-aduk dan diendapkan. Kemudian air di atas endapan dibuang dan ini dilakukan beberapa kali (2-3 kali).
8. Endapan tepung dikeluarkan dari bak dan ditaruh di nyiru. Gumpalan-gumpalan tepung dihancurkan, dihaluskan dan diratakan. Selanjutnya dijemur di bawah panas sinar matahari. Agar lekas kering, maka sekali-sekali diremas-remas dan dibalik-balik.
9. Jika tepung kurang sempurna dan masih basah mengandung bagian-bagian yang halus dari serat-seratnya dan juga putih telur, maka waktu dijemur berbau asam. Lebih cepat tepung itu kering, proses pembusukan akan berkurang. Ampas-ampas tepung dijual untuk makan ternak. Dari 100 kg ubi kayu berkulit dapat diperoleh 20-25 kg tepung tapioka. Di dalam ampas tepung masih mengandung kira-kira 10-15 kg tepung tapioka.

B. Pembuatan Tepung Tapioka Secara Industri

Proses pembuatan tepung tapioka secara industri dapat dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut:

1. Ubi kayu yang telah diambil dari kebun dikupas dimasukkan ke dalam bak pencuci untuk menghilangkan lendir. Pencucian dilakukan dengan cukup banyak air bersih kemudian dimasukkan ke dalam alat pamarut.

2. Ubi kayu yang telah dibersihkan dari lendir dimasukkan ke dalam alat pamarut dengan menggunakan elevator sendok. Pada proses pamarutan selalu dialirkan air untuk mencuci parutan yang melekat pada gigi-gigi parut.
3. Hasil parutan dialirkan ke dalam alat penyaring aci. Ke dalam alat penyaring ini juga selalu dialirkan air untuk membilas. Alat penyaring merupakan silinder yang dindingnya berbentuk saringan atau kisi "*wire mesh*".
4. Hasil dari penyaringan dimasukkan ke dalam bak pengendapan. Dalam bak ini aci atau tepung akan diendapkan, dan air yang ada di bagian atas endapan dapat dialirkan untuk dibuang. Endapan aci ini masih kotor, perlu dibersihkan beberapa kali.
5. Dari bak pengendap aci akan dipindahkan ke dalam alat pengering. Biasanya alat pengering terdiri dari ruangan yang terbagi yang menjadi dua bagian, yaitu ruang pemanas dan ruang pengering.
6. Tepung tapioka yang telah kering dimasukkan ke dalam gudang penampung, selanjutnya dimasukkan ke dalam karung untuk dikirimkan ke berbagai industri yang memerlukannya.

2.4 Penyaringan Sentrifugal

Dalam proses penyaringan, bahan cair dilakukan menembus lubang-lubang halus. Partikel-partikel yang melayang didalam bahan cair, yang tidak dapat lolos melalui lubang tersebut tertahan dan menumpuk dan sering disebut dengan "*filter cake*". Kadang-kadang bahan cair yaitu filtratnya yang menjadi hasil saringan, dalam hal lain sebagai "*filter cake*" yang diinginkan. Penyaringan merupakan proses yang lambat, yaitu kemampuan relatif bahan untuk menembus melalui lubang-lubang halus, mempengaruhi kecepatan pemisahan (Earle, 1969).

Dalam sedimentasi, dua bahan cair yang tidak dapat bercampur, atau bahan cair dan bahan padat, dipisahkan dengan membiarkan bahan-bahan ini sampai pada keadaan keseimbangan dibawah pengaruh gaya gravitasi, bahan yang lebih berat jatuh terlebih dahulu daripada bahan yang ringan. Proses ini merupakan proses yang lambat dan dipercepat dengan mempergunakan gaya sentrifusi untuk meningkatkan kecepatan pengendapan (Earle, 1969).

Dengan maksud untuk meningkatkan kecepatan pemisahan, gaya sentrifusi dapat dipergunakan untuk menekankan perbedaan daya terhadap komponen. Gaya sentrifugal pada partikel yang dipaksa untuk berputar melalui suatu lorong diberikan dengan persamaan:

$$F_c = \frac{m r \omega^2}{g_c} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana F_c = gaya sentrifugal (Newton)

m = massa partikel (kg)

r = jari-jari lorong (meter)

ω = kecepatan sudut partikel (s^{-2})

g_c = percepatan gaya sentrifugal (kg.meter/Newton. s^2)

atau oleh karena $\omega = vr$; v adalah kecepatan tangensial partikel maka,

$$F_c = \left(\frac{m}{g_c}\right)\left(\frac{v^2}{r}\right) \dots\dots\dots (2.2)$$

kecepatan perputaran biasanya dikemukakan dalam putaran per menit. Oleh karena $\omega = 2\pi N/60$, maka persamaan dapat ditulis:

$$F_c = \frac{m r \left(\frac{2 \pi N}{60}\right)^2}{g_c} = 0,011 \frac{m r N^2}{g_c} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana N adalah kecepatan putaran per menit (Earle, 1969).

Apabila persamaan ini dibandingkan dengan gaya tarik bumi dengan partikel,

$$F_g = \frac{mg}{g_c} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana F_g adalah gaya tarik bumi, dapat dilihat bahwa kerja sentrifugal telah menggantikan percepatan gravitasi (g) dengan $0,011 rN^2$ (Earle, 1969).

2.5 Komponen-komponen Mesin Penyaring

2.5.1 Poros

Hampir setiap mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros. Hal-hal yang

perlu diperhatikan dalam perencanaan poros adalah kekuatan poros, kekakuan poros, putaran kritis, korosi dan bahan poros (Smits dan Wilkes, 1990).

2.5.2 Bantalan

Bantalan diperlukan untuk menahan berbagai suku pemindah daya tetap ditempatnya. Bantalan yang tepat untuk digunakan ditentukan oleh besarnya keausan, kecepatan putar poros, beban yang harus didukung dan besarnya daya dorong akhir. Bantalan dapat dibuat dari besi tuang, perunggu atau bahan lainnya (Smits dan Wilkes, 1990).

2.5.3 Sabuk dan Roda Transmisi

Sabuk dari bahan lentur yang merupakan ban bergerak melalui dua roda transmisi atau lebih. Sabuk atau ban penggerak dapat dipakai melalui beberapa roda transmisi pada sumbu sejajar. Roda transmisi dan sabuk dapat berbentuk gerigi, disebut demikian karena pada salah satu sisi sabuk berbentuk gerigi. Kontak gesekan terjadi antara sisi sabuk gerigi dengan dinding alur menyebabkan berkurangnya kemungkinan selipnya sabuk penggerak dengan tegangan yang lebih kecil.

Dalam kerjanya sabuk gerigi memiliki persamaan seperti sabuk V yaitu mengalami pembengkokan ketika melingkar melalui roda transmisi. Bagian sebelah luar akan mengalami tegangan sedangkan bagian dalam mengalami tekanan. Susunan khas sabuk ini terdiri atas bahan elastis yang tahan tegangan dan bagian yang membawa beban dibuat dari bahan tenunan dengan daya rentangan yang rendah (Smits dan Wilkes, 1990).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Alat dan Mesin Pertanian Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember pada bulan Desember 2002.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

- a. Studi pustaka.
- b. Perancangan alat.
- c. Pembuatan alat.
- d. Pengujian kinerja alat.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dibagi dalam dua macam yaitu alat untuk pembuatan mesin dan alat untuk pengujian kinerja mesin.

1. Alat untuk pembuatan mesin:
 - a) meteran dan penggaris;
 - b) gergaji besi;
 - c) gerinda tangan;
 - d) bor listrik;
 - e) pengeling rivert; dan
 - f) gunting seng, palu, obeng, tang dan kunci pas.
2. Alat untuk pengujian kinerja mesin:
 - a) hand tachometer;
 - b) stopwatch; dan
 - c) gelas ukur.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua macam yaitu bahan untuk pembuatan mesin dan bahan untuk uji kinerja mesin.

1. Bahan untuk pembuatan mesin:

- a) plat seng;
- b) besi siku;
- c) pipa;
- d) harpleks;
- e) bahan fiberglass;
- f) paku rivert; dan
- g) kain skrin.

2. Bahan untuk uji kinerja mesin:

Bahan yang digunakan untuk pengujian kinerja mesin adalah larutan tepung tapioka.

3.4 Perancangan Mesin

3.4.1 Tipe Mesin Penyaring Sentrifus

Mesin penyaring sentrifus direncanakan untuk menyaring larutan tepung tapioka. Teknik perencanaan menggunakan prinsip penyaringan yang dipadukan dengan prinsip kerja gaya sentrifugal terhadap suatu partikel. Pemanfaatan kerja gaya sentrifugal ini bertujuan untuk meningkatkan kecepatan partikel menembus saringan dengan cara mengganti gaya gravitasi yang bekerja pada partikel dengan gaya sentrifugal.

Prinsip kerja mesin adalah dengan jalan melewatkan umpan dalam silinder berputar, dimana pada dinding silinder telah dipasang suatu bentuk kain penyaring. Putaran silinder diperoleh dengan menggunakan daya putaran yang dihasilkan oleh motor listrik. Bahan yang tertahan oleh kain penyaring ditempatkan sebagai *filter cake*.

3.4.2 Spesifikasi Mesin Penyaring Sentrifus

Mesin dirancang dengan rencana spesifikasi sebagai berikut.

- Poros terbuat dari pipa yang difungsikan sebagai penerus putaran dari motor listrik dan menyalurkan umpan kedalam ruang penyaringan.
- Ruang penyaringan berupa silinder berputar yang telah dilengkapi saringan dan berfungsi pula menampung *filter cake*.
- Sistem transmisi daya menggunakan pulley dan sabuk bergerigi.
- Motor listrik (AC) 350 Watt, 220 V sebagai sumber penghasil putaran.

Skema mesin penyaring sentrifus dapat dilihat pada Lampiran 1 sampai 5.

3.5 Pengujian Kinerja Mesin

Pengujian kinerja mesin dilakukan dengan menggunakan mesin yang telah dibuat tanpa memasukkan bahan untuk disaring (mesin berputar tanpa ada beban dari bahan) sebagai kontrol.

Pengujian dilakukan dengan menyaring larutan tepung tapioka untuk mengetahui kemampuan kinerja mesin dalam menyaring bahan.

3.6 Parameter Pengujian

Parameter yang dilakukan selama penelitian meliputi faktor-faktor yang diukur yaitu:

- Banyaknya percepatan gravitasi (g) yang dihasilkan oleh mesin, dapat dihitung dengan mensubstitusikan persamaan 2.3 dan 2.4 sebagai berikut:

$$\frac{F_c}{F_g} = 0,011 \frac{r N^2}{g} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana r = jari-jari sentrifus (m)

N = jumlah putaran mesin (rpm)

g = konstanta percepatan gravitasi (10 m/s^2)

- Penurunan putaran mesin penyaring, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{PPM} = \frac{\text{PMTB} - \text{PMDB}}{\text{PMTB}} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana PPM = penurunan putaran mesin (%)

PMTB = putaran mesin tanpa bahan (Rpm)

PMDB = putaran mesin dengan bahan (Rpm)

- c. Kapasitas penyaringan, merupakan nilai kecepatan masukan bahan dalam mesin penyaring atau sampai bahan habis tersaring. Kapasitas penyaringan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$KP = \frac{VBM}{t} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana KP = kapasitas penyaringan (ml/detik)

VBM = volume bahan masukan (ml)

t = waktu penyaringan (detik)

- d. Rendemen penyaringan merupakan perbandingan antara volume keluaran penyaringan dengan volume bahan masukan. Rendemen penyaringan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$RP = \frac{VTK}{VTM} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana RP = rendemen penyaringan (%)

VTK = volume tepung keluaran (ml)

VTM = volume tepung masukan (ml)

- e. Efisiensi kerja

$$\eta \text{ kerja} = \frac{VTM - VTTT}{VTM} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana VTTT = volume tepung tak tersaring (ml)

3.7 Data yang Diperlukan

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Putaran mesin tanpa bahan.
- b. Putaran mesin dengan bahan.
- c. Volume bahan masukan.
- d. Volume bahan keluaran.

3.8 Cara Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Menghidupkan motor penggerak mesin penyaring, dengan menghubungkan pada catu daya 220 volt.
2. Mengukur putaran mesin penyaring dengan menggunakan *hand tachometer* untuk memperoleh data putaran mesin tanpa bahan.
3. Menyiapkan bahan percobaan berupa larutan tepung tapioka. Bahan percobaan diperoleh dengan cara mencampur tepung tapioka (dibeli di pasaran) ke dalam air sebagai pelarut dengan perbandingan campuran 1:2, 1:3, dan 1:4.
4. Menyaring larutan tepung tapioka untuk masing-masing campuran dengan volume masukan 3000 ml sebanyak 3 kali ulangan.
5. Mengukur lama waktu yang dibutuhkan untuk satu kali proses penyaringan pada tiap-tiap perlakuan.
6. Mengukur putaran mesin penyaring dengan menggunakan *hand tachometer* pada tiap perlakuan untuk memperoleh data putaran mesin dengan bahan.
7. Menampung bahan keluaran dari *outlet 1* dan *outlet 2*, kemudian mengeringkan dengan penjemuran.
8. Volume tepung yang telah dikeringkan diukur dengan menggunakan gelas ukur untuk mendapatkan data volume tepung yang tersaring dan volume tepung yang tidak tersaring.
9. Sebagai pembanding dilakukan pemisahan melalui pengendapan dengan cara sebagai berikut :
 - a. Menyiapkan bahan percobaan berupa larutan tepung tapioka. Bahan percobaan diperoleh dengan cara mencampur tepung tapioka (dibeli di pasaran) ke dalam air sebagai pelarut dengan perbandingan campuran 1:2, 1:3, dan 1:4.
 - b. Mengukur waktu pengendapan untuk masing-masing campuran.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Mesin Penyaring Sentrifus

Tepung tapioka merupakan salah satu bentuk hasil olahan dari ubi kayu (singkong) yang dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan beberapa jenis bahan pangan. Dalam perkembangannya, proses pembuatan tepung tapioka sering dilakukan dalam bentuk industri kecil atau industri rumah tangga. Proses pembuatan tepung tapioka mengalami beberapa tahapan dan perlakuan, yang di antaranya sering menghambat kecepatan produksi. Salah satu tahapan tersebut adalah proses pengendapan tepung tapioka, atau pemisahan partikel-partikel tepung dari air yang digunakan untuk melarutkannya dari ampas parutan ubi kayu. Mengingat keterbatasan dan permasalahan tersebut, maka perlu adanya penanganan dengan penerapan teknologi baru yang mampu membantu meningkatkan kinerja dalam produksi tepung tapioka.

Dalam proses pengendapan tepung tapioka yang selama ini dilakukan secara konvensional dengan membiarkan larutan tepung dalam bak-bak yang telah dibuat dan membiarkannya kurang lebih 24 jam, hingga tepung tapioka yang larut dalam air membentuk endapan pada dasar bak. Selanjutnya air yang ada di atas endapan dibuang. Lamanya waktu pengendapan sering membuat proses produksi tepung tapioka menjadi terbatas apabila tidak ditunjang dengan penyediaan bak-bak pengendapan yang mencukupi. Dengan adanya permasalahan-permasalahan tersebut muncullah suatu bentuk rekayasa teknologi baru berupa mesin penyaring sentrifus.

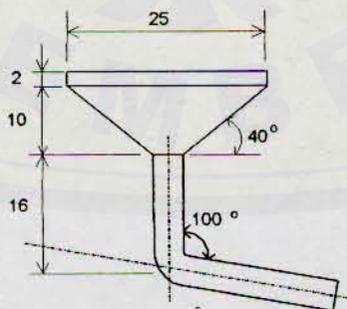
Perancangan dari mesin penyaring sentrifus ini didasarkan pada prinsip penyaringan dan gerak yang dialami suatu partikel dalam pengaruh gaya sentrifugal. Dengan adanya perpaduan kedua teori tersebut diharapkan dapat mempercepat proses penyaringan. Kecepatan penyaringan dapat tercapai dengan meningkatkan percepatan sentrifugal yang nilainya melebihi percepatan gravitasi, dan hal ini dapat dicapai dengan adanya gaya putar yang mempengaruhi partikel.

Dengan memperhatikan prinsip-prinsip tersebut diatas, maka perancangan mesin penyaring sentrifus dibuat sesederhana mungkin dan mampu bekerja secara optimum. Berdasarkan pemikiran dan teknik perancangan yang telah dilakukan diperoleh suatu bentuk mesin penyaring sentrifus yang memiliki beberapa bagian pokok yang bekerja secara bersama dalam proses penyaringan tepung tapioka. Elemen-elemen penting mesin penyaring sentrifus diantaranya adalah:

1. *Hopper*
2. Bagian ruang proses penyaringan
3. Bagian ruang penampung
4. Bagian penerus daya/poros
5. Bagian pemindah daya/*belt*

4.1.1 *Hopper*

Hopper merupakan bagian dari mesin penyaring yang berfungsi sebagai penampung dan sebagai pintu masuk bagi bahan/*input* yang akan diproses. Manfaat lain dari keberadaan *hopper* adalah untuk memudahkan dalam memasukkan umpan sebelum proses dan juga meminimalkan bahan tercecer. Didalam kerjanya, proses pemasukan bahan dari *hopper* ke ruang penyaring memanfaatkan prinsip jatuh bebas yang dialami oleh suatu partikel karena pengaruh gravitasi bumi.



Gambar 4.1 Hopper

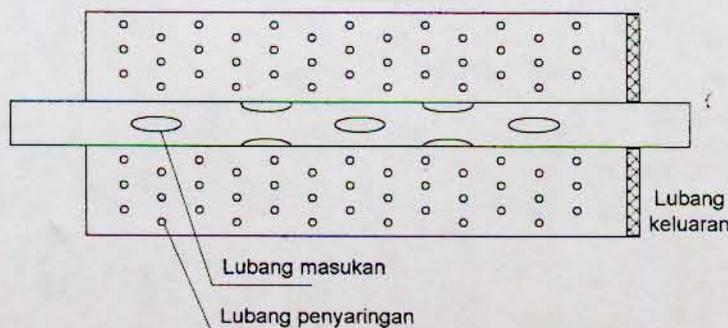
Hopper pada mesin penyaring sentrifus ini terbuat dari bahan seng dengan kerangka dari besi siku. Seng dibentuk sesuai dengan kerangka yang telah dibuat berdasar gambar yang telah direncanakan dengan bantuan pengeling. Guna

menghindari kebocoran dan karat maka pada bagian luar dan dalam *hopper* dilapisi dengan bahan *fibber glass* yang dibuat serat *fibber* dan direkatkan dengan campuran resin ditambah katalis. Lubang keluaran *hopper* ini terbuat dari pipa dengan diameter 4 cm, kemudian pipa dibengkokkan untuk memperoleh satu sumbu dengan kemiringan poros mesin penyaring, yaitu 100° dari sumbu vertikal.

Hopper ini dibuat berbentuk limas segi empat dengan ukuran alas 25 cm X 25 cm, dengan sudut kemiringan sebesar 40° . Penggunaan sudut 40° bertujuan untuk memperoleh kecepatan jatuh bahan yang ideal yaitu tidak terlalu cepat atau terlalu lambat, sehingga *supply* bahan saat proses penyaringan seimbang dengan kinerja mesin. Dengan demikian kerja yang dihasilkan mesin dapat dimanfaatkan secara optimal, *supply* bahan yang terlalu banyak dapat menyebabkan proses penyaringan tidak sempurna atau dengan kata lain bahan lewat tanpa tersaring. Sebaliknya apabila *supply* bahan sedikit menyebabkan kerja mesin tidak efektif dan waktu penyaringan lebih lama.

4.1.2 Bagian Ruang Proses Penyaringan

Ruang penyaringan pada mesin penyaring sentrifus ini dibuat dari bahan seng yang dilapisi dengan *fiber glass*, dan berbentuk tabung atau silinder. Lapisan *fiber glass* berguna untuk melindungi bahan dari karat, juga melindungi ruangan dari kebocoran atau dengan kata lain *fiber glass* berfungsi sebagai bahan anti karat dan anti bocor. Pertimbangan utama penggunaan kedua bahan tersebut adalah sangat ringan sehingga putaran yang dihasilkan oleh mesin dapat bekerja secara optimum. Disamping itu pengerjaannya lebih mudah dan biayanya juga ringan.



Gambar 4.2 Ruang Penyaring

Bagian ruang penyaring berbentuk tabung ini memiliki ukuran tinggi 60 cm dengan diameter alasnya 25,5 cm, dan memiliki celah-celah penyaringan dengan diameter 0,4 cm yang dibuat secara teratur pada dinding tabung. Lubang-lubang kecil pada dinding ini berfungsi sebagai celah-celah penyaringan dan kain penyaring dipasang menyelimuti dinding tabung, sehingga *filter cake* dalam hal ini tepung tapioka tertumpuk di dalam silinder. Saringan terbuat dari bahan parafil, yaitu semacam kain tissu yang terbuat dari selulose. Untuk memperoleh kerapatan saringan agar partikel tepung dapat tersaring dengan baik, kain parafil digulung menyelimuti ruang penyaring sebanyak 20 gulungan.

Guna memperoleh kerja atau proses penyaringan yang kontinu maka sebagai pintu keluaran atau *outlet* dibuat lubang keluaran pada alas silinder sehingga tepung tapioka dapat keluar dan tidak menumpuk dalam ruang penyaringan yang dapat mengganggu proses penyaringan selanjutnya.

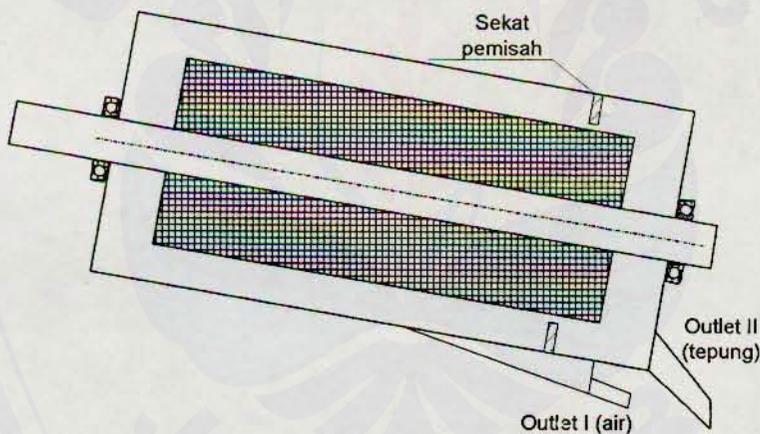
Pemasangan ruang penyaring pada mesin memiliki kemiringan 100° terhadap sumbu vertikal. Pemilihan sudut ini dengan pertimbangan untuk membantu bahan (*filter cake*) dapat mengalir secara perlahan ke ruang penampungan melalui lubang keluaran pada dasar ruang penyaring sehingga bahan tidak tertumpuk di dalam ruang penyaringan. Dengan kemiringan ini dapat membantu proses berjalan secara kontinu dan proses penyaringan tidak mengalami gangguan karena bahan tetap tersaring sempurna.

Dalam proses kerjanya ruang penyaringan ini turut berputar bersama putaran poros dan mendapat *supply* bahan (*input*) dari poros. Dalam mesin ini ruang penyaring menyatu dengan poros, sehingga putaran dari poros dapat dimanfaatkan secara optimum untuk proses penyaringan. Proses penyaringan terjadi karena adanya putaran mesin sehingga bahan yang ada di dalam ruang penyaring turut berputar dan mengalami gaya sentrifugal. Bahan-bahan tersebut akan terlempar ke dinding ruang penyaring yang memiliki lubang-lubang penyaringan. Partikel bahan yang tidak mampu menembus penyaring akan tetap di dalam ruang penyaring, sedangkan partikel yang lolos saringan langsung terlempar keluar dan masuk ke ruang penampungan dan keluar lewat *outlet* I.

Semakin tinggi putaran mesin maka kecepatan penyaringan akan semakin tinggi pula.

4.1.3 Bagian Ruang Penampung

Ruang penampung hasil penyaringan ini juga terbuat dari bahan seng dengan dilapisi *fiber glass* dan juga berbentuk silinder. Ruang penampungan ini memiliki ukuran panjang 75 cm dengan diameter alas 35,5 cm. Ruang ini berfungsi untuk menampung bahan-bahan hasil penyaringan agar tidak bercampur kembali sehingga proses penyaringan tidak sia-sia dan juga melindungi ruang penyaringan dari gangguan. Mengingat tujuan dan fungsinya maka dalam pembuatannya diperlukan suatu bentuk perancangan yang matang dengan memperhatikan keberadaan *outlet* untuk *filter cake* dan filtratnya.



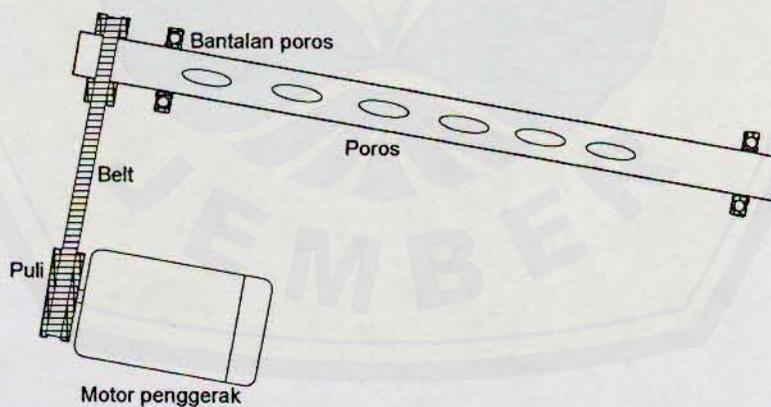
Gambar 4.3 Ruang Penampung

Ruang penampung pada mesin penyaring sentrifus ini didesain dengan bentuk yang praktis sesuai dengan bentuk dari ruang penyaring. Ruang ini dilengkapi dengan dua buah lubang keluaran (*outlet*), yaitu untuk pembuangan air dan untuk mengeluarkan tepung tapioka. *Outlet* untuk pembuangan air dibuat pada dinding ruang penampung, sedangkan *outlet* untuk pengeluaran tepung tapioka/*filter cake* dibuat pada alas ruang penampung. Pada dasarnya ruang penampung memiliki dua bagian yaitu ruang penampung air (filtrat) dan ruang penampung tepung tapioka. Kedua ruang ini dipisahkan oleh sekat yang terbuat

dari *fiber glass*. Sekat ini berfungsi untuk menahan aliran air dari hasil penyaringan agar tidak masuk ke ruang penampung tepung tapioka, sehingga proses penyaringan dapat sesuai dengan yang direncanakan. Sekat pada ruang penampungan ini dibuat pada tengah-tengah antara lubang keluaran bahan dari ruang penyaring dan celah-celah penyaringan. Dengan keberadaan sekat ini maka aliran air dan tepung hasil penyaringan dapat dipisahkan dan keluar lewat *outlet* yang berbeda.

4.1.4 Bagian Penerus Daya/Poros

Bagian penerus daya atau poros pada mesin penyaring sentrifus ini terbuat dari pipa besi dengan diameter 6 cm dan dilapisi dengan bahan anti karat. Penggunaan pipa besi ini selain berfungsi sebagai penerus daya juga berperan dalam menyuplai bahan yang disaring agar proses dapat berjalan terus menerus tanpa harus mematikan mesin. Mengingat hal itu maka pada dinding pipa tersebut diberi lubang-lubang yang berguna untuk menyalurkan bahan ke dalam ruang penyaringan.



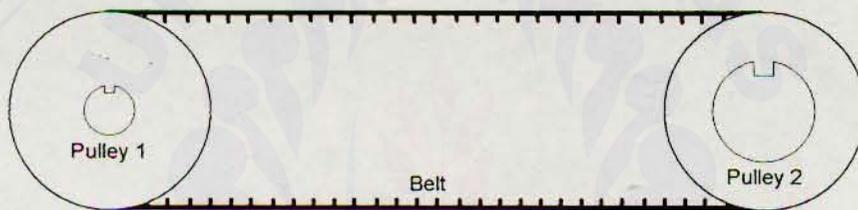
Gambar 4.4 Motor dan Penerus Daya

Penerusan daya dari motor listrik ke mesin penyaring dapat berjalan dengan adanya poros sebagai pusat putaran mesin. Penerusan daya dapat dilakukan dengan bantuan komponen pemindah daya yaitu dua buah *pulley* bergerigi dengan ukuran diameter yang sama, dimana *pulley* I terhubung dengan

motor listrik sebagai pembangkit daya. Sedangkan *pulley* II terhubung pada poros sebagai penerus daya dari *pulley* I yang dibantu oleh satu buah sabuk bergerigi.

4.1.5 Bagian Pemindah Daya/Belt

Mesin penyaring sentrifus memiliki penggerak berupa motor listrik dengan spesifikasi 2 PK, 220 Volt yang ditempatkan di bawah ruang penampungan. Pemindahan daya motor listrik ke mesin penyaring dilakukan oleh sebuah *belt* pemindah daya dengan bentuk gerigi dan dua buah *pulley* dengan bentuk gerigi pula. Kedua *pulley* memiliki ukuran yang sama, sehingga putaran mesin penyaring sentrifus sama dengan putaran dari motor penggerak.



Gambar 4.5 Pemindah Daya

Pemindah daya pada mesin ini dilakukan oleh dua buah *pulley* yang memiliki ukuran yang sama yaitu berdiameter 13,5 cm dan didukung oleh sebuah sabuk bergerigi dengan ukuran lebar 2 cm dan panjang lingkaran sebesar 116 cm. Penggunaan *belt* dan *pulley* bergerigi sebagai pemindah daya dengan memikirkan beberapa kelebihanannya yaitu dapat mencegah atau mengurangi terjadinya selip selama putaran mesin. Selain itu juga dikarenakan *belt* memiliki elastisitas yang tinggi dan tidak membutuhkan pelumasan. Dengan karakteristik yang dimiliki komponen pemindah daya ini, maka mesin tetap dalam keadaan bersih dan tidak mengotori bahan yang disaring.

4.2 Prinsip Kerja Mesin Penyaring Sentrifus

Prinsip kerja mesin penyaring sentrifus ini diilhami oleh gaya yang bekerja pada suatu partikel karena adanya pengaruh putaran. Gaya yang ditimbulkan oleh adanya putaran ini dimanfaatkan untuk mempercepat proses

penyaringan, dengan kata lain meningkatkan kecepatan suatu partikel menembus media penyaring dengan gaya sentrifugal. Berdasar pada rumusan tersebut, maka mesin penyaring sentrifus harus memiliki putaran tinggi untuk menghasilkan gaya sentrifugal yang bekerja pada partikel lebih besar daripada gaya jatuh karena pengaruh percepatan gravitasi bumi.

Bahan yang akan disaring (*input*) masuk melalui corong (*hopper*) yang terhubung dengan poros mesin, selanjutnya mengalir ke dalam poros. Dengan adanya lubang-lubang pada dinding poros dan pengaruh putaran mesin memungkinkan bahan/umpan terlempar keluar dan masuk ke dalam ruang penyaringan. Pada ruang penyaringan ini, umpan mengalami proses penyaringan dengan adanya pengaruh gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran mesin. Partikel yang lebih kecil daripada pori-pori penyaring akan terlempar keluar yang selanjutnya keluar melalui *outlet* I, sedangkan partikel yang tidak lolos saringan akan tertumpuk dan keluar melalui *outlet* II sebagai *filter cake*. Proses penyaringan dapat berjalan terus menerus sampai semua umpan atau bahan habis tersaring.

Proses *filtrasi* atau penyaringan berlangsung dengan adanya pengaruh gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran mesin. Partikel-partikel dari tepung tapioka akan terlempar dan merapat ke dinding ruang penyaring, partikel yang tidak tertahan oleh penyaring akan terus terlempar keluar dan masuk ke dalam ruang penampung dan keluar lewat *outlet* I. Sedangkan partikel tepung tapioka yang tidak lolos saringan akan mengalir ke ruang penampungan yang keluar lewat *outlet* II. Dengan adanya sudut kemiringan mesin sebesar 100° terhadap sumbu vertikal dapat membantu memperlancar proses pengeluaran bahan-bahan hasil penyaringan tersebut dari ruang penampung.

4.3 Pembuatan Alat

Mesin penyaring direncanakan menggunakan *screen* dengan ukuran lubang 10 milimikron sebagai bahan penyaring. Namun karena kesulitan dalam memperoleh *screen* dengan ukuran lubang tersebut maka dilakukan modifikasi dengan menggunakan kain parafil sebagai bahan penyaring pada mesin penyaring

sentrifus ini. Bahan parafil yang terbuat dari bahan selulose ini, digulung menyelimuti ruang penyaring sebanyak 20 gulungan untuk mendapatkan hasil penyaringan sesuai dengan yang diharapkan.

Penggunaan motor penggerak sebesar 2 PK dan kurangnya *balance* bagian mesin yang berputar (ruang penyaring), menyebabkan getaran yang dihasilkan mesin sangat besar. Besarnya getaran tersebut mengakibatkan mesin bergeser sehingga menyulitkan dalam pengoperasian alat. Guna meredam getaran tersebut bagian ruang penampung diikat dengan menggunakan tali karet.

4.4 Data Hasil Penelitian

Mesin penyaring sentrifus dalam kerjanya memanfaatkan motor listrik 2 PK, 220 volt, sebagai penggerak utama. Dan mampu menghasilkan putaran mesin sebesar 1469 Rpm.

Dengan putaran mesin sebesar 1469 rpm, dan jari-jari ruang penyaring sebesar 0,13 meter maka banyaknya percepatan gravitasi (g) yang dihasilkan oleh mesin dihitung dengan :

$$\frac{F_c}{F_g} = 0,011 \frac{r N^2}{g}$$

$$\frac{F_c}{F_g} = 0,011 \times \frac{0,13 \times 1469^2}{10}$$

$$\frac{F_c}{F_g} = 308,588$$

Jadi mesin penyaring sentrifus yang dibuat mampu menghasilkan percepatan sebesar 308,588 kali grafitasi.

Percepatan grafitasi yang dihasilkan oleh mesin penyaring ini dapat membantu meningkatkan kecepatan pemisahan tepung tapioka dari larutannya. Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat besarnya perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk pemisahan tepung tapioka dari larutannya melalui proses pengendapan dan melalui proses pemisahan secara mekanis yaitu menggunakan mesin penyaring yang telah dibuat.

Pada proses pengendapan larutan tepung tapioka konsentrasi 1:2 membutuhkan waktu rata-rata 2 jam 9 menit, untuk konsentrasi 1:3 selama 1 jam 32 menit, dan konsentrasi 1:4 memerlukan waktu selama 1 jam 13 menit. Sedangkan bila dipisahkan dengan mesin penyaring konsentrasi 1:2 membutuhkan waktu pemisahan rata-rata 32,3 detik, konsentrasi 1:3 selama 22 detik, dan konsentrasi 1:4 selama 17,7 detik.

Dari hasil penelitian ini dapat dilihat pula perbedaan waktu yang dibutuhkan dalam proses pengendapan untuk masing-masing konsentrasi. Semakin besar konsentrasi bahan maka kecepatan pengendapan makin kecil, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan lebih lama.

Hasil pengambilan data tersaji dalam Tabel 4.1. Dengan volume masukan 3000 ml.

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian pada Beberapa Konsentrasi

Konsetrasi	Rpm	T (dt)	VTK (ml)	VTTT (ml)	PPM (%)	KP (ml/dt)	RP (%)	Eff (%)
1 : 2	1406,7	32,3	857,7	95,7	4,24	93,3	85,8	90,4
1 : 3	1405	22	661	74,3	4,35	137	88,5	90,1
1 : 4	1408,7	17,7	506,7	58,7	4,10	170	84,4	90,2

Dari tiga perlakuan konsentrasi bahan masukan, konsentrasi bahan 1:2 (1 bagian tepung dan 2 bagian air) memiliki efisiensi penyaringan paling tinggi yaitu 90,43 %. Dari 1000 ml tepung yang digunakan, tepung yang berhasil disaring sebanyak 857,7 ml. Dan sebanyak 95,7 ml lolos bersama air. Dan bahan yang hilang sebanyak 46,6 ml.

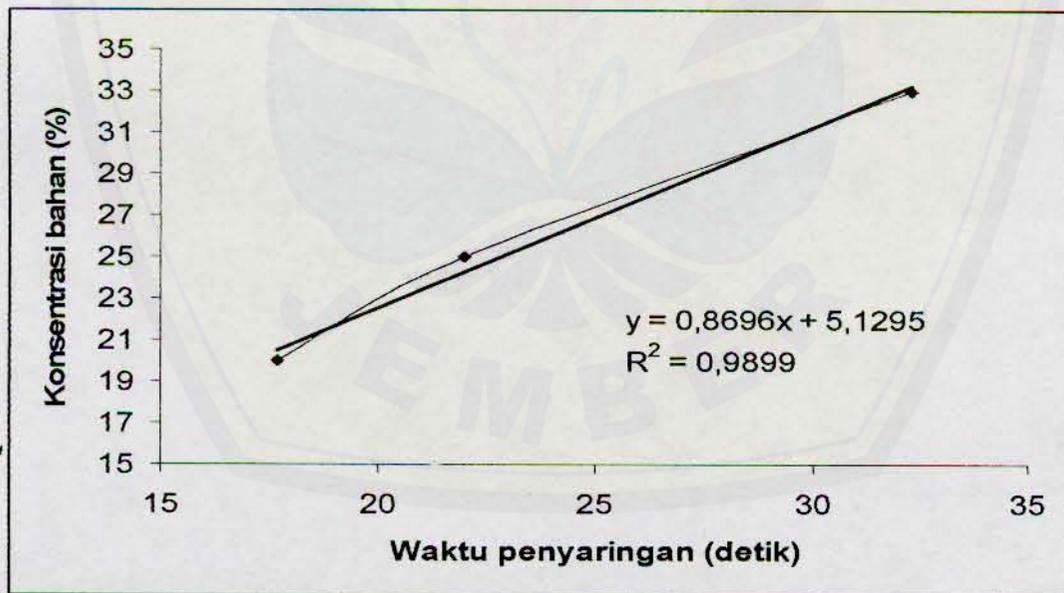
Konsentrasi bahan 1:3 memiliki efisiensi sebesar 90,1%, dengan bahan masukan sebesar 750 ml, tepung yang berhasil disaring sebanyak 661 ml, dengan bahan yang lolos bersama air sebanyak 74,3 ml. Dengan bahan hilang sebanyak 14,7 ml.

Efisiensi sebesar 90,2% diperoleh dari konsentrasi 1:4, dari bahan masukan sebanyak 600 ml, 506,7 ml dapat tersaring, dan 58,7 ml lolos bersama air. Dan sebanyak 34,6 ml bahan hilang.

Dari data tersebut dapat dilihat pula bahwa rendemen penyaring tidak terlalu terpengaruh oleh konsentrasi bahan masukan, meskipun ada perbedaan untuk masing-masing konsentrasi bahan yang berbeda perbedaan nilainya sangat kecil. Yaitu untuk konsentrasi 1:2 rendemen penyaringannya 85,8%. Konsentrasi 1:3 rendemen penyaringannya 88,5%, sedangkan untuk konsentrasi 1:4 rendemen penyaringannya adalah 84,4%.

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat pula bahwa perbedaan konsentrasi bahan masukan tidak berpengaruh terhadap nilai efisiensi penyaringan, penurunan putaran mesin selama penyaringan, dan nilai rendemen penyaringan. Perbedaan konsentrasi bahan masukan berpengaruh nyata terhadap lama waktu yang dibutuhkan untuk penyaringan yang nantinya berpengaruh pula pada kapasitas penyaringan untuk masing-masing konsentrasi.

Waktu penyaringan yang dibutuhkan untuk masing-masing konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Konsentrasi Bahan terhadap Waktu Penyaringan.

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dinyatakan bahwa nilai konsentrasi bahan masukan maka waktu yang dibutuhkan untuk proses penyaringan semakin lama. Bertambahnya waktu untuk penyaringan ini disebabkan oleh meningkatnya volume bahan terlarut karena semakin tingginya konsentrasi, meningkatnya

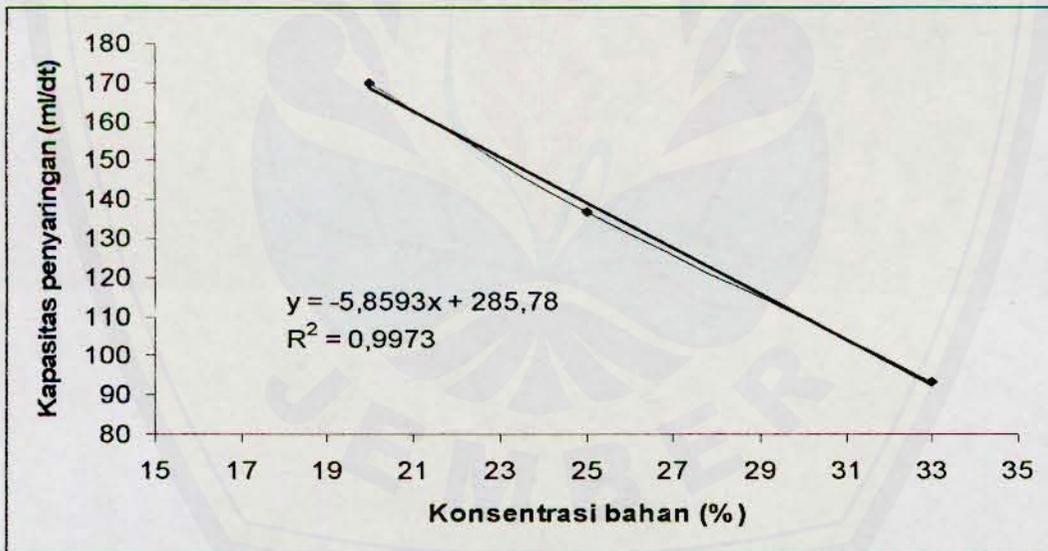
volume bahan terlarut mempengaruhi kecepatan penyaringan yaitu semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh penyumbatan pori-pori penyaring oleh tepung tapioka yang bersifat lengket apabila dicampur dengan air sehingga waktu untuk penyaringan semakin lama.

Dari Gambar 4.6 juga diperoleh suatu persamaan matematika hubungan konsentrasi bahan sebagai fungsi waktu. Persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$k(t) = 0,8696 t + 5,1295 \dots\dots\dots (4.1)$$

Nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9899 yang mendekati 1, menunjukkan bahwa penyimpangan yang terjadi kecil dan persamaan 4.1 dapat digunakan untuk memprediksi nilai konsentrasi bahan.

Pada Gambar 4.7 digambarkan pengaruh konsentrasi bahan masukan terhadap kapasitas penyaringan.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Konsentrasi Bahan terhadap Kapasitas Penyaringan

Dari Gambar 4.7 dapat dijelaskan bahwa kapasitas semakin menurun dengan adanya peningkatan konsentrasi bahan masukan. Pada dasarnya perubahan kapasitas penyaringan ini lebih dipengaruhi oleh semakin lamanya waktu penyaringan karena adanya peningkatan konsentrasi bahan. Sehingga apabila konsentrasi bahan meningkat maka waktu penyaringan semakin lama dan

akhirnya kapasitas penyaringan makin kecil. Persamaan matematik untuk hubungan antara kapasitas penyaringan sebagai fungsi konsentrasi bahan dapat ditulis sebagai berikut.

$$C(k) = -5,8593 k + 285,78 \dots\dots\dots (4.2)$$

Dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9973.

Selama proses penyaringan terdapat pula kehilangan bahan. Kehilangan bahan ini dapat terjadi karena adanya kebocoran atau adanya bahan yang tertinggal dalam mesin penyaring. Kehilangan bahan terbanyak pada perlakuan konsentrasi 1:2 yaitu sebesar 46,6 ml dan terendah pada perlakuan konsentrasi 1:3, yaitu sebanyak 14,7 ml. Kehilangan bahan ini terjadi karena bahan tertinggal di dalam alat. Tertinggalnya bahan dalam alat (penyaring) ini menyebabkan tersumbatnya lubang saringan. Sehingga setiap satu kali pengambilan data perlu dilakukan pembersihan saringan dengan menggunakan air yang dimasukkan setelah proses penyaringan berlangsung. Bila tidak dilakukan pembersihan saringan, maka penyaringan berikutnya tidak dapat maksimal karena air akan keluar bersama bahan.

4.5 Kendala pada Pengujian Alat

Kendala utama yang dihadapi dalam proses penyaringan larutan tepung tapioka ini adalah sifat yang dimiliki oleh tepung tapioka yang sangat lengket apabila bercampur dengan air. Dengan adanya sifat ini menyebabkan tepung tapioka sulit keluar dari ruang penyaring dan menutupi pori-pori saringan, sehingga bila dilakukan untuk penyaringan bahan dalam jumlah banyak maka penyaringan tidak dapat berlangsung. Larutan akan keluar melalui *outlet* II tanpa ada proses penyaringan karena lubang-lubang penyaringan tertutup oleh tepung tapioka sehingga tidak dapat bekerja sebagai media penyaring dan penyaringan secara kontinyu untuk tepung tapioka tidak dapat dilakukan. Penyaringan dapat dilakukan secara kontinyu bila bahan yang disaring tidak memiliki sifat lengket/menggumpal. Atau bila bahan yang digunakan tetap tapioka maka perlu dilakukan penggantian material penyaring (*screen*) dengan bahan yang lebih licin misalnya *teflon* atau *stainless steel*.

V. KESIMPULAN

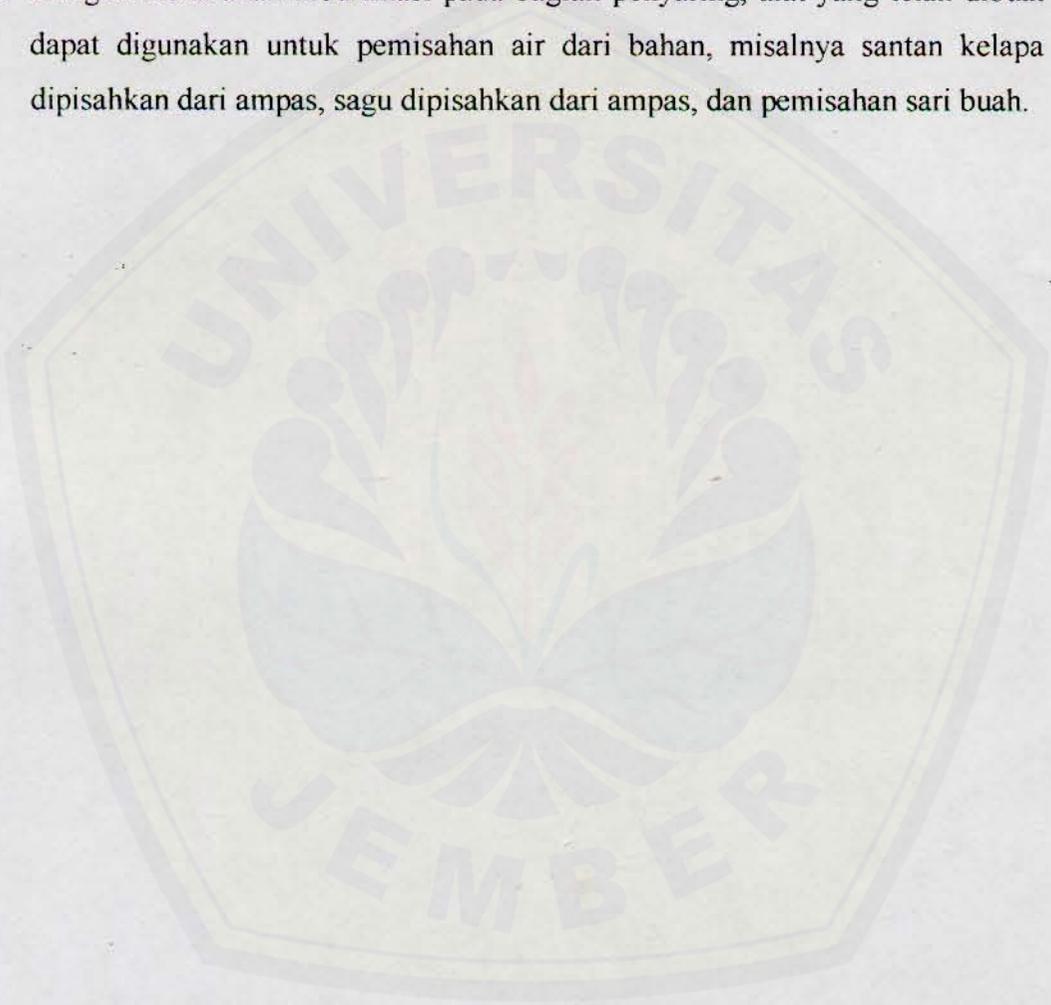
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengambilan data dan pengujian alat selama penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Mesin penyaring sentrifus untuk penyaringan tepung tapioka ini terdiri dari 5 bagian utama yaitu : bagian *hopper*, bagian ruang penyaringan, bagian penampungan, bagian penerus daya/poros, dan bagian pemindah daya/belt.
2. Mesin penyaring sentrifus ini memanfaatkan prinsip penyaringan bahan dengan mengganti gaya gravitasi bumi yang bekerja pada partikel tepung dengan gaya sentrifugal yang dihasilkan dari putaran motor listrik sebagai penggerak.
3. Percepatan gravitasi yang dihasilkan oleh mesin sentrifus sebesar 308,588 kali gravitasi bumi.
4. Penurunan putaran mesin untuk masing-masing konsentrasi tidak berbeda terlalu besar. Untuk konsentrasi 1 : 2 sebesar 4,24%, untuk konsentrasi 1 : 3 sebesar 4,35%, dan untuk konsentrasi 1 : 4 sebesar 4,10 %.
5. Efisiensi penyaringan untuk masing-masing konsentrasi tidak berbeda terlalu besar pula, paling besar diperoleh pada konsentrasi 1 : 2 sebesar 90,4%, pada konsentrasi 1 : 3 sebesar 90,1%, dan konsentrasi 1 : 4 sebesar 90,2%.
6. Persamaan matematik hubungan konsentrasi bahan sebagai fungsi waktu dari mesin penyaring adalah $k(t) = 0,8696 t + 5,1295$, dengan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9899. Persamaan matematik untuk hubungan kapasitas penyaringan sebagai fungsi konsentrasi bahan $C(k) = -5,8593 k + 285,78$, dan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9973.
7. Penyaringan tepung tapioka tidak dapat dilakukan secara kontinyu, karena sifat tepung tapioka yang lengket bila bercampur dengan air, dan tertutupnya lubang penyaringan oleh larutan tepung.

5.2 Saran

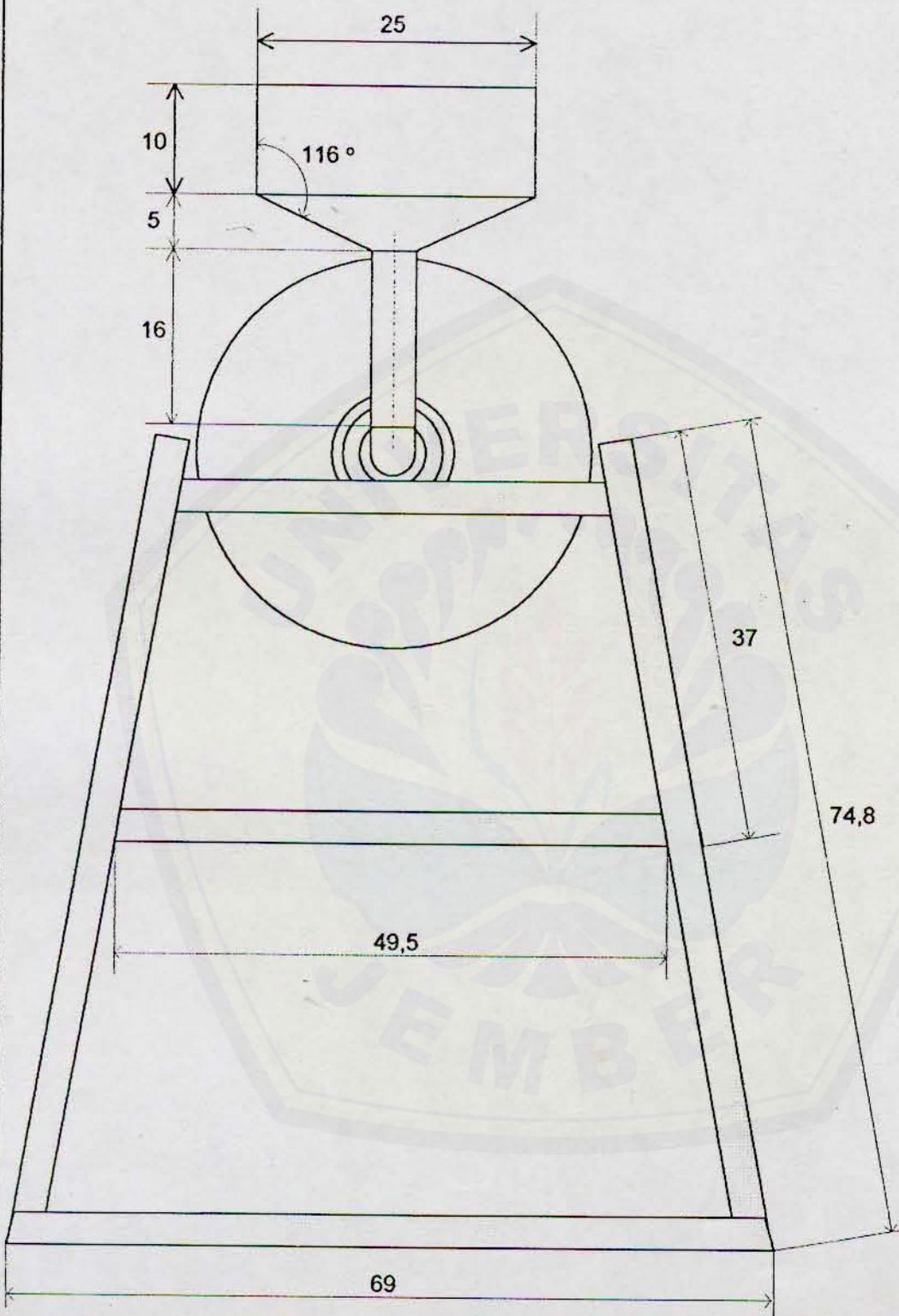
1. Larutan tepung tapioka yang digunakan untuk penelitian diperoleh dengan melarutkan tepung tapioka yang ada di pasaran dengan air, diperlukan penelitian menggunakan mesin penyaring yang telah dibuat dengan bahan masukan berupa larutan yang diperoleh langsung dari pengolahan ubi kayu.
2. Dengan melakukan modifikasi pada bagian penyaring, alat yang telah dibuat dapat digunakan untuk pemisahan air dari bahan, misalnya santan kelapa dipisahkan dari ampas, sagu dipisahkan dari ampas, dan pemisahan sari buah.



DAFTAR PUSTAKA

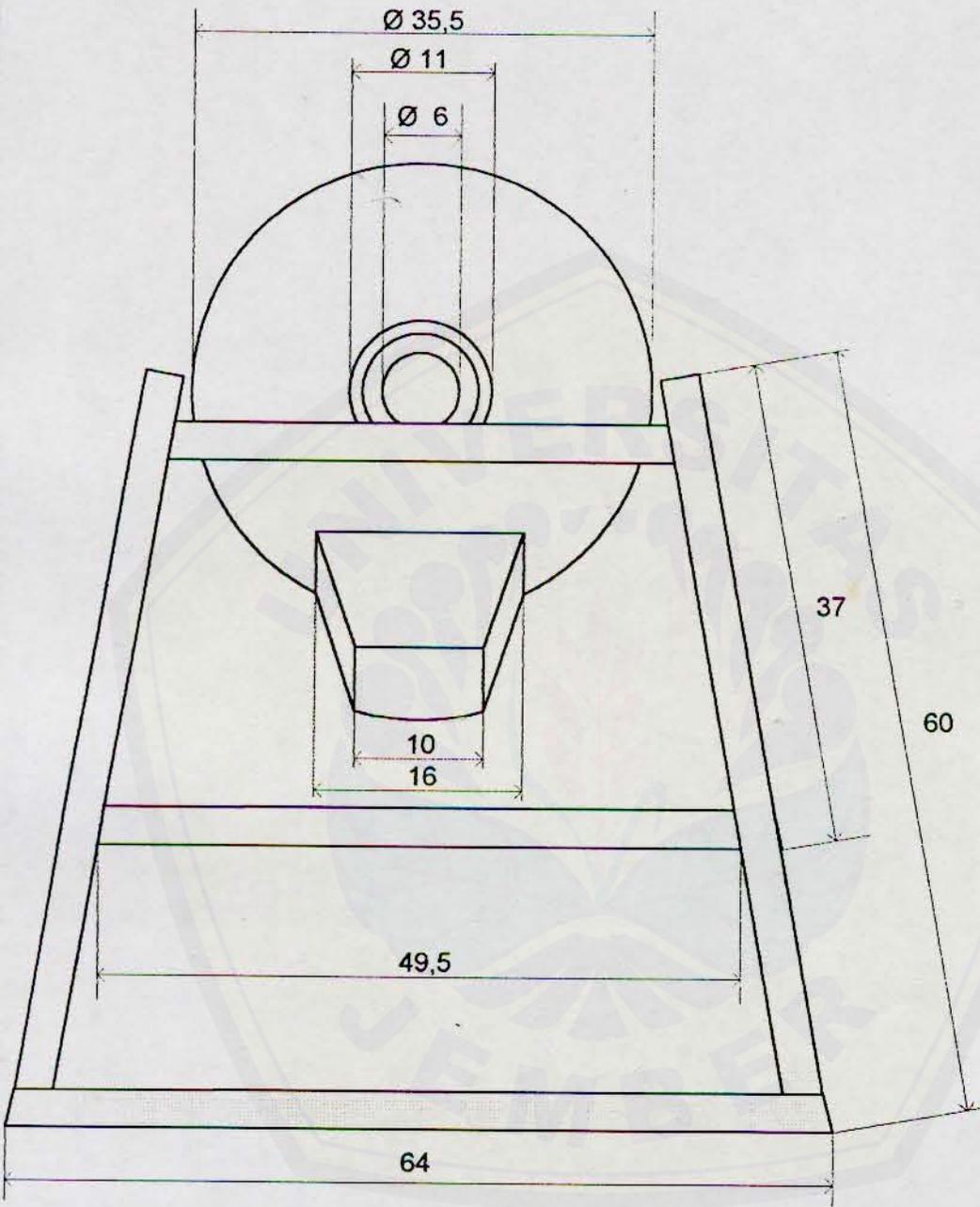
- Earle, R.L. 1969. *Satuan Operasi dalam Pengolahan Pangan*. Terjemahan Ir. Zein Nasution. PT. Sastra Hudaya, Bandung.
- Hantoro, S dan Parjono, 1983, *Menggambar Mesin I*, PT. Hanindita, Yogyakarta.
- Niemann. G. 1981, *Elemen Mesin*, Erlangga, Jakarta.
- Prabowo, Trisno. 1999. *Rancang Bangun Mesin Pemisah Sari Pati Kedelai Pada Proses Pembuatan Tahu Dengan Berbantu Motor Listrik*, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember : Jember.
- Rukmana R. 1997, *Ubi Kayu Budidaya dan Pasca Panen*, Kanisius, Yogyakarta.
- Sato, T. G. 1999, *Menggambar Mesin Menurut Standart ISO*, PT. Pradnya Paramita, Yogyakarta.
- Shigley, Joseph E. dan Larry D. Mithcell, 1983, *Perencanaan Teknik Mesin*, Erlangga, Jakarta.
- Smith. H. P. dan Wilkes L. H. 1990, *Mesin dan Peralatan Usahatani*, Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Sosrosoedirdjo, R. S. 1992, *Bercocok Tanam Ketela Pohon*, CV. Yasaguna, Jakarta.
- Sri Nuryani dan Soedjono, 1994, *Budi Daya Ubi Kayu*, Dahara Prize, Semarang.
- Stolk, Jack dan Kros, C. 1994, *Elemen Mesin : Elemen Kontruksi Bangunan Mesin*, Erlangga, Jakarta.
- Sularso, 1978, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Yamaguchi, Mas dan Rubatzky, Vincent E. 1998, *Sayuran Dunia 1 : Prinsip, Produksi, dan Gizi*, ITB Bandung.

Lampiran 1 Gambar Mesin Tampak Depan



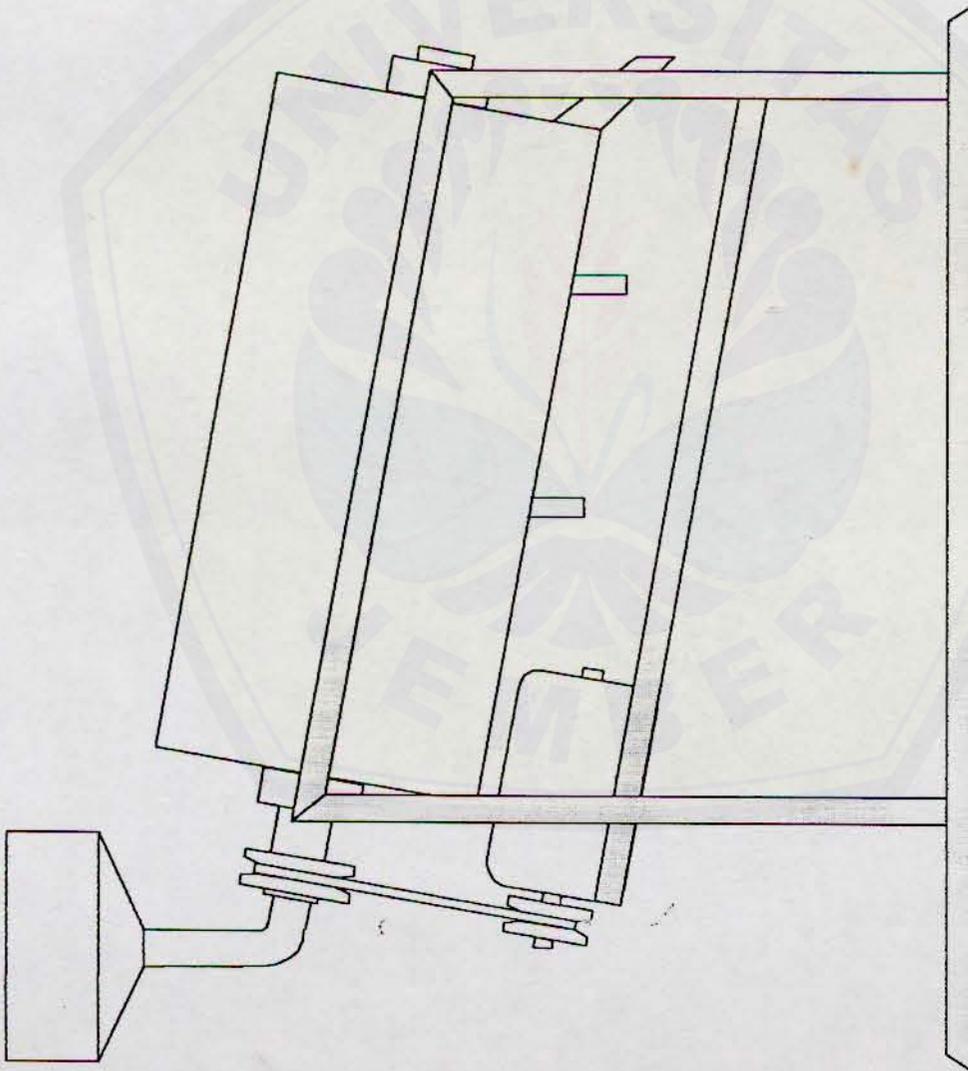
	Gambar Mesin Tampak Depan	
	Skala : 1 cm : 5 cm	Satuan : centi meter
Digambar : Muhamad Malkan		
Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian		
Universitas Jember		

Lampiran 2. Gambar Mesin Tampak Belakang



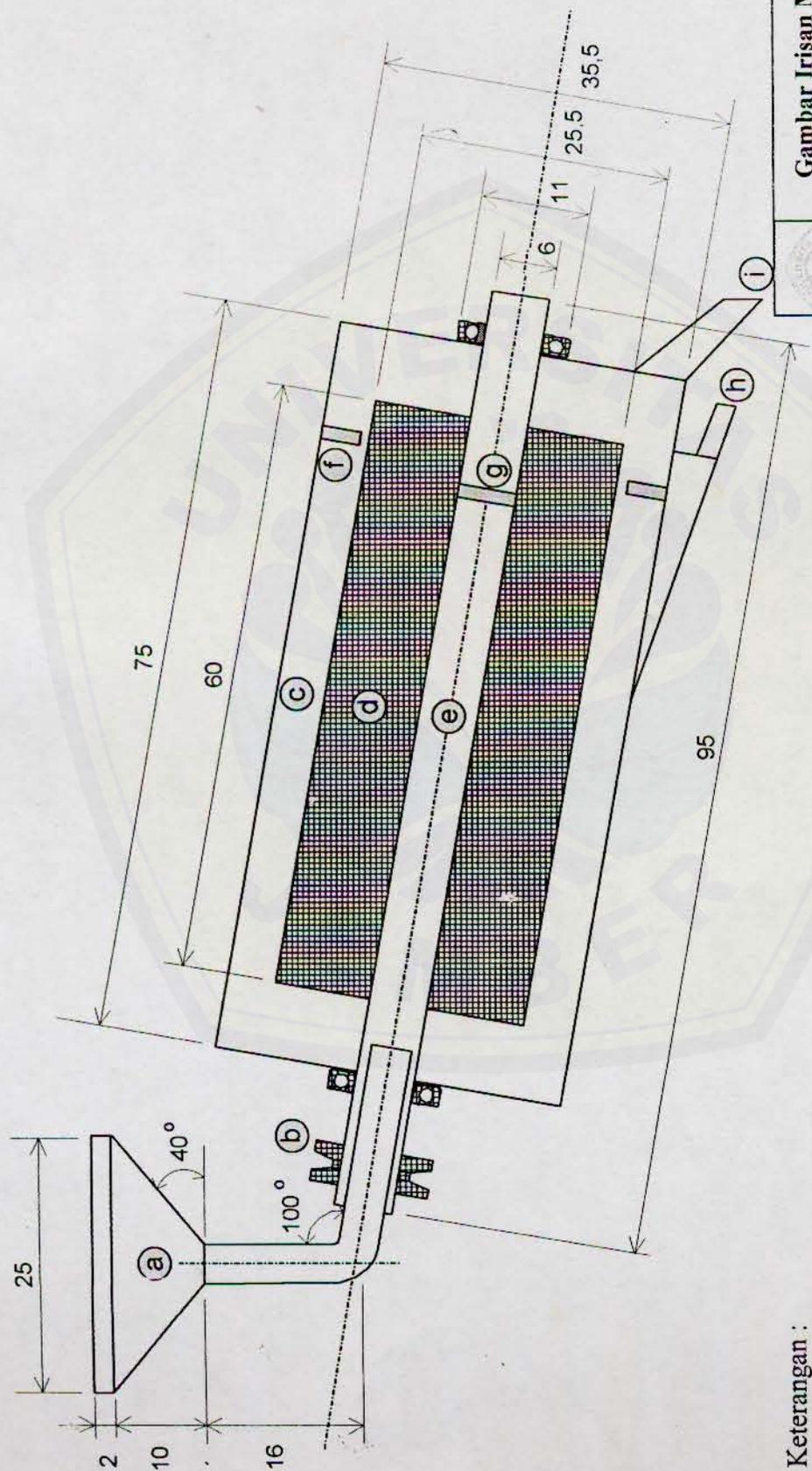
	Gambar Mesin Tampak Belakang	
	Skala : 1 cm : 5 cm	Satuan : centi meter
Digambar : Muhamad Malkan		
Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian		
Universitas Jember		

Lampiran 3. Gambar Mesin Tampak Samping



	Gambar Mesin Tampak Samping	
	Skala : 1 cm : 5 cm	Satuan : centi meter
Digambar : Muhamad Malkan		
Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian		
Universitas Jember		

Lampiran 4. Gambar Irisan Mesin Sentrifus



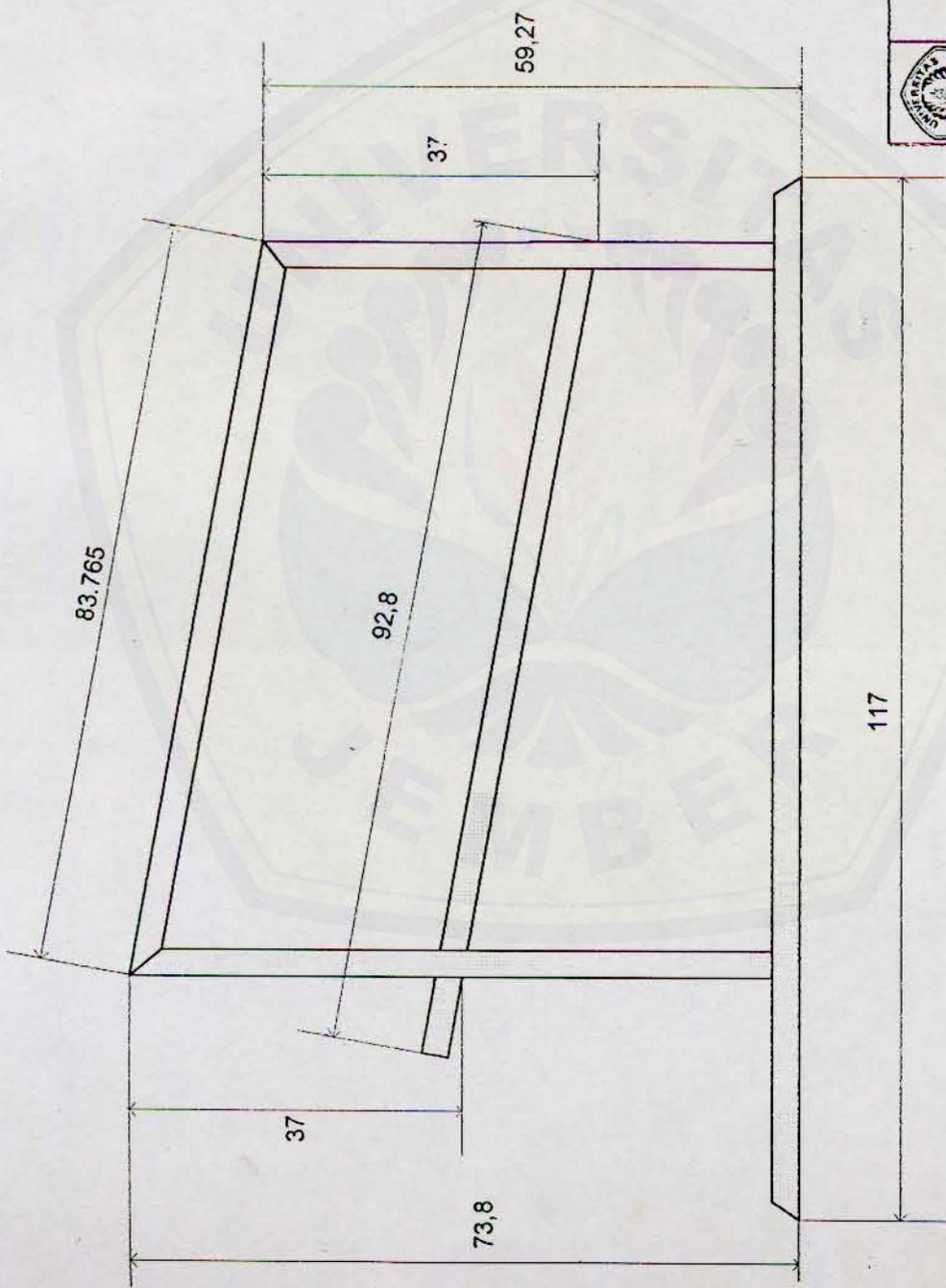
Keterangan :

- a. Hopper
- b. Pulley
- c. Ruang penampung
- d. Ruang penyaring
- e. Poros

- f. Sekat pemisah hasil penyaringan
- g. Sekat bahan masukan
- h. Outlet air
- i. Outlet tepung

Gambar Irisan Mesin Sentrifus	
Skala : 1 cm : 5 cm	Satuan : centi meter
Digambar : Muhamad Malkan	
Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian	
Universitas Jember	

Lampiran 5. Gambar Rangka Mesin



	Gambar Rangka Mesin	
Skala : 1 cm : 5 cm	Satuan : centi meter	
Digambar : Muhamad Malkan		
Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian		
Universitas Jember		

Lampiran 6. Data Hasil Penelitian

Data Waktu Pengendapan Tepung Tapioka

Konsentrasi	Waktu Pengendapan Tepung Tapioka		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
1 : 2	2 jam 8 menit	2 jam 15 menit	2 jam 4 menit
1 : 3	1 jam 33 menit	1 jam 25 menit	1 jam 38 menit
1 : 4	1 jam 16 menit	1 jam 10 menit	1 jam 13 menit

Data Penyaringan pada Konsentrasi 1 : 2

Ulang	PMTB (rpm)	PMDB (rpm)	t (dtk)	VBTT		VBT		Kehilangan Bahan (ml)
				Air (ml)	Tepung (ml)	Air (ml)	Tepung (ml)	
1	1469	1406	35	1450	100	315	835	300
2	1469	1409	32	1300	90	335	870	405
3	1469	1405	30	1350	97	350	868	335

Data Penyaringan pada Konsentrasi 1 : 3

Ulang	PMTB (rpm)	PMDB (rpm)	t (dtk)	VBTT		VBT		Kehilangan Bahan (ml)
				Air (ml)	Tepung (ml)	Air (ml)	Tepung (ml)	
1	1469	1403	20	1730	70	200	665	335
2	1469	1405	24	1680	78	180	656	406
3	1469	1407	22	1690	75	165	662	408

Data Penyaringan pada Konsentrasi 1 : 4

Ulang	PMTB (rpm)	PMDB (rpm)	t (dtk)	VBTT		VBT		Kehilangan Bahan (ml)
				Air (ml)	Tepung (ml)	Air (ml)	Tepung (ml)	
1	1469	1409	18	2100	50	125	515	210
2	1469	1412	18	2010	60	140	510	280
3	1469	1405	17	1990	66	150	495	299



Lampiran 7. Data Hasil Perhitungan

Konsentrasi 1:2

Ulangan	Rpm	T (dt)	VTK (ml)	VTTT (ml)	PPM (%)	KP (ml/dt)	RP (%)	Eff (%)
1	1406	35	835	100	4,29	86	83,5	90
2	1409	32	870	90	4,08	94	87	91
3	1405	30	868	97	4,36	100	86,8	90,3
Rerata	1406,7	32,3	857,7	95,7	4,24	93,3	85,8	90,4

Konsentrasi 1:3

Ulangan	Rpm	T (dt)	VTK (ml)	VTTT (ml)	PPM (%)	KP (ml/dt)	RP (%)	Eff (%)
1	1403	20	665	70	4,49	150	88,7	90,7
2	1405	24	656	78	4,36	125	88,5	89,6
3	1407	22	662	75	4,22	136	88,3	90
Rerata	1405	22	661	74,3	4,35	137	88,5	90,1

Konsentrasi 1:4

Ulangan	Rpm	T (dt)	VTK (ml)	VTTT (ml)	PPM (%)	KP (ml/dt)	RP (%)	Eff (%)
1	1409	18	515	50	4,08	167	85,8	91,7
2	1412	18	510	60	3,88	167	85	90
3	1405	17	495	66	4,36	176	82,5	89
Rerata	1408,7	17,7	506,7	58,7	4,10	170	84,4	90,2

Lampiran 8. Foto Alat



Foto Alat Tampak Belakang



Foto Alat Tampak Samping