

Pengujian Kinerja Mesin Pencetak Keripik Tempe Sistem Pneumatik

Bambang Sugiyanto^{1*}, Abdi Hanra Sebayang¹, Joko Kusmanto¹

¹Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan, Jln. Almamater Kampus USU, Medan 20155

*Email korespondensi : bambangsugiyanto@polmed.ac.id

ABSTRAK

Tempe adalah makanan khas Indonesia yang banyak dikonsumsi masyarakat sebagai lauk penambah nafsu makan, maupun sebagai makanan ringan yang memiliki citarasa tersendiri bagi penggemarnya. Perajin tempe sebagian tetap mempertahankan cara membuat keripik tempe dengan mencetak tempe satu-persatu saat masih adonan, hal ini dilakukan karena bagi penikmat keripik tempe terutama pelanggannya menyatakan bahwa keripik tempe yang dicetak satuan sejak adonan akan memiliki citarasa yang khas. Perlu ada kajian untuk menciptakan peralatan yang dapat membantu meringankan beban kerja perajin, meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi. Penelitian dilakukan dengan merancang bangun mesin pencetak keripik tempe dengan sistem pneumatik untuk mengontrol seluruh gerakan mekanik pada mesin serta pengujian kinerja mesin setelah mesin dibangun. Hasil pengujian mesin menunjukkan bahwa mesin dapat beroperasi dan sistem pneumatik berfungsi dengan baik. Kinerja mesin akan mendapatkan hasil terbaik pada tekanan pneumatik untuk menggerakkan alat penggaruk/ perata adonan berkisar 0,9 sampai 1,0 bar, sedangkan tekanan pneumatik untuk membuka dan menutup pintu pencurah adonan di atas cetakan berkisar 1,2 sampai 1,5 bar, kapasitas operasi mencapai 40 kali (*mali*) cetakan per jam atau 400 lembar keripik tempe per jam.

Kata kunci: Keripik tempe, Mesin pencetak, Sistem pneumatik.

ABSTRACT

Tempe is a typical Indonesian food which is widely consumed by the public as a side dish to increase appetite, as well as as a snack that has its own flavor for its fans. Some tempe makers still maintain the method of making tempe chips by printing tempe one by one while it is still dough, this is done because connoisseurs of tempe chips, especially their customers, state that tempe chips printed individually from dough will have a distinctive taste, there needs to be a study to make the equipment which can help ease the workload of craftsmen, increase the quality and quantity of production. The research was carried out by designing a tempe chip printing machine with a pneumatic system to control all mechanical movements of the machine and testing the performance of the machine after the machine was built. The results of machine testing show that the machine can operate and the pneumatic system functions properly. The performance of the machine will get the best results when the pneumatic pressure to move the dough scraper/leveler ranges from 0.9 to 1.0 bar, while the pneumatic pressure to open and close the dough pouring door on the mold ranges from 1.2 to 1.5 bar, the capacity of the operation reaches 40 times (*malls*) printed per hour or 400 pieces of tempe chips per hour.

Keywords: Pneumatic system, Printer Machine, Tempe chip,

PENDAHULUAN

Salah satu produk makanan yang digemari oleh masyarakat Indonesia adalah tempe. Bahkan, tempe menjadi salah satu produk makanan asli Indonesia yang harganya terjangkau dan kandungan gizinya juga cukup tinggi. Tidak mengherankan, oleh karena itu, jika Indonesia menjadi negara produsen sekaligus konsumen tempe yang jumlahnya paling banyak di dunia. Hal tersebut dapat dilihat dari konsumsi kedelai sebagai bahan

bakunya. Lebih dari 89% kedelai digunakan untuk konsumsi bahan pangan, khususnya produksi tempe, tahu, dan kecap (Wahyuningsih, 2019).

Di Indonesia rata-rata konsumsi tempe per orang per tahun diperkirakan sekitar 6,45 kg (Astawan, 2004). Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2018 menunjukkan bahwa konsumsi tempe masyarakat mencapai 7,61 kg/kapita/tahun. Sejalan dengan penduduk yang semakin

banyak dan kesadaran masyarakat yang semakin meningkat akan pentingnya makanan bergizi, jumlah tempe yang dikonsumsi diprediksi akan meningkat hingga 8,01 kg/kapita/tahun pada tahun 2021 (Wahyuningsih, 2019). Berdasarkan data tersebut, tampak bahwa setidaknya 40% konsumsi kedelai di Indonesia digunakan untuk produksi tempe.

Keripik tempe merupakan makanan ringan hasil olahan tempe. Produk olahan tempe ini banyak digemari karena keripik tempe dapat digunakan dalam berbagai kesempatan, baik sebagai lauk pendamping sayur maupun sekadar sebagai cemilan makanan ringan yang rasanya gurih dan tahan lama. Keripik tempe dapat ditemukan di hampir seluruh pusat produksi tempe di berbagai tempat di Indonesia. Ini berarti bahwa pasar keripik tempe ini masih sangat terbuka.

Cita rasa keripik tempe pertama kali dipengaruhi secara langsung oleh cara pembuatan tempe sebagai bahannya. Tempe secara umum dibuat dengan melakukan fermentasi pada kedelai yang telah dikukus dengan beberapa jenis jamur seperti *Rhizopus oligosporus*, *Rh. oryzae*, atau *Rh. arrhizus* yang dikenal dengan ragi tempe. Proses penyimpanan pada saat fermentasi inilah yang sangat berpengaruh terhadap cita rasa tempennya (Astuti et al., 2009). Kedelai sebagai bahan baku tempe terlebih dahulu harus dikupas kulit arinya sebelum diolah lebih lanjut, untuk mengupas kulit ari kedelai dan memisahkannya sudah pernah diketemukan mesin yang mampu mengupas kulit ari kedelai dengan kapasitas 60 kg/jam dan digerakkan oleh motor listrik dengan daya sebesar 3 PK. (Wardjito et al., 2013).

Pembuatan tempe dengan bungkus daun masih dilakukan secara manual murni. Hal ini tentu memerlukan tenaga, waktu, dan biaya. Apalagi jika tempe yang dibuat bersifat satuan. Satu lembar tempe tipis dibuat dan dipersiapkan khusus untuk satu lembar keripik. Memang cita rasa yang dihasilkan memiliki nilai tambah, tetapi tenaga, waktu, dan biaya yang diperlukan menjadi lebih banyak. Memang masih banyak masyarakat perajin tempe yang membuat tempe secara manual (Kindriari et al., 2020). Sejauh ini, belum ada mesin pembuat keripik tempe yang dirancang untuk membuat keripik tempe secara satuan.

Permasalahan inilah yang juga dialami oleh perajin keripik tempe di Desa Karanganyar Kecamatan Secanggang Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara. Perajin tidak mengiris-iris tempe batangan menjadi lembaran-lembaran tipis. Pembuatan tempe diproses dengan mencetak kecil-kecil dan tipis-

tipis. Setelah mengalami fermentasi, tempe langsung menjadi ukuran kecil-kecil dan tipis-tipis yang dapat diproses lebih lanjut menjadi keripik tempe.

Proses mencetak keripik tempe memerlukan prosedur pekerjaan yang panjang, perlu keterampilan khusus, ketekunan, kerapian dan membutuhkan banyak tenaga kerja. Dibutuhkan solusi agar proses mencetak keripik tempe dengan alat mekanis yang dapat meringkas pekerjaan manual, kuantitas produksi dan kualitas produksi meningkat yang akhirnya dapat menghemat biaya produksi. Mesin pencetak keripik tempe dengan sistem pneumatik sebagai penggerak mekanis, direkayasa menjadi solusi agar proses mencetak keripik tempe tidak lagi dilakukan secara manual.

Tempe dibuat dengan cara tertentu dari bahan kedelai. Setelah dikupas, dicuci, dikukus, dan didinginkan, kedelai tersebut ditaburi sejumlah ragi tempe. Ragi yang digunakan tidak terlalu banyak. Satu kilogram kedelai hanya membutuhkan setengah sendok teh ragi. Setelah itu, tempe diperam selama 24 jam atau sesuai kebutuhan agar terjadi fermentasi (Jariyah et al., 2014). Proses fermentasi ini mengubah citarasa kedelai menjadi lebih enak. Di samping itu, nilai nutrisi kedelainya juga meningkat. Setelah kedelai menjadi tempe, aroma dan rasa kedelai mengalami perubahan yang berbeda dari keadaan semula sebelum menjadi tempe.

Tempe bukan saja dikonsumsi oleh orang Indonesia, tetapi tempe juga diterima oleh kalangan luas termasuk oleh masyarakat dari negara lain. Tempe yang baru dari proses fermentasi mengeluarkan bau dan memiliki rasa yang spesifik. Rasa dan bau khas tempe ini tidak mudah diskripsikan tetapi dapat dimengerti dan dihayati bagi masyarakat yang telah lama mengenal tempe (Hidayat et al., 2006).

UMKM di Indonesia secara umum masih melakukan proses produksi tempe secara tradisional. Pengolahan secara tradisional ini memiliki keunggulan dari sisi cita rasa. Namun, pengolahan tersebut menghadapi kendala ketika harus menghasilkan produksi dalam skala besar. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, mereka mau tidak mau harus menggunakan peralatan non-tradisional sehingga mereka dapat meningkatkan kuantitas produksinya. Di samping itu, produksi secara non-tradisional memiliki keunggulan dari sisi higienitasnya jika dibandingkan dengan cara produksi tradisional (Alvina et al., 2019).

Selain sebagai bahan konsumsi yang langsung dimanfaatkan, tempe juga dijadikan produk pangan dalam aneka ragam bentuk.

Produk pangan olahan dari bahan dasar tempe tersebut antara lain adalah kue kering tempe, cake tempe, dan sebagainya. Di antara produk pangan olahan tempe yang telah lama dilakukan oleh masyarakat dan tetap digemari hingga saat ini adalah keripik tempe.

Dari hasil observasi pendahuluan di lapangan bahwa untuk membuat keripik tempe terdapat dua cara yang dilakukan, (a) pertama adalah tempe dicetak batangan besar panjang dalam bentuk balok atau silinder panjang (pada umumnya balok ukuran (4 x 5 x 25) cm atau silinder diameter kurang lebih 3 cm dan panjang 30 cm) lalu diiris tipis, proses pengirisan tempe untuk menjadi bahan keripik dapat dilakukan secara manual atau mekanis, (b) kedua adonan kedelai yang telah dikupas kulit arinya dikukus dan diberi bahan tambah ragi, diaduk-aduk dan didinginkan, yang disebut adonan bahan keripik tempe. Adonan dicetak, lalu dibungkus dan diperam (difermentasikan) selama kurang lebih 24 jam, akhirnya jadi tempe dengan ukuran tipis kecil (kurang lebih 4 cm x 10 cm x 0,3 cm) siap untuk diproses lebih lanjut menjadi keripik tempe.

Dalam hal membuat keripik tempe dengan cara mengiris-iris tempe batangan menjadi hasil irisan tipis-tipis sudah banyak ditemukan mesin pengirisnya, satu diantaranya adalah hasil rancang bangun mesin pengiris tempe yang dapat mengiris tempe dengan tebal 1 mm sampai 2 mm membutuhkan daya penggerak motor listrik 0,75 HP, menggunakan pisau rotari, mampu mengiris tempe 6 sampai 8 lonjor (batang) tempe perjam dengan tiap lonjor tempe panjangnya 40 cm (Garside et al., 2016).

Sedangkan Pisau Pemotong Mesin Pengiris Tempe membutuhkan gaya dorong efektif sebesar 3 kg agar didapatkan ketebalan 1,0 mm sampai dengan 2,5 mm keripik yang dihasilkan (Pramono et al., 2018). Mesin Pengiris Tempe lainnya hasil rancang bangun Fauzan et al. mampu melakukan pengirisan 85 kg/jam dengan kerusakan irisan sekitar 15% pada proses produksinya (Lutfhi et al., 2016).

Berdasarkan wawancara dengan perajin tempe di Desa Karanganyar Kecamatan Secanggang Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara, tetap mempertahankan cara membuat keripik tempe dengan mencetak tempe satu-persatu saat masih adonan, hal ini dilakukan karena bagi penikmat keripik tempe terutama pelanggannya menyatakan bahwa keripik tempe yang dicetak sejak adonan dan dibungkus daun pisang akan memiliki citarasa yang khas dibanding dengan keripik tempe yang dicetak lonjoran (besar panjang) dan setelah menjadi tempe baru di-iris-iris

Tujuan dari kegiatan rancang bangun mesin pencetak keripik tempe sistem pneumatik ini adalah mewujudkan mesin pencetak keripik tempe semi otomatis, yang gerakan mekanis pada mesin dikontrol menggunakan sistem pneumatik.

Hasil Rancangbangun (inovasi) mesin pencetak keripik tempe diharapkan dapat meringkas pekerjaan tahapan proses mencetak keripik tempe secara manual yang memerlukan tahapan panjang dan rumit. Mesin akan meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi sehingga dapat menekan biaya produksi.

METODE PENELITIAN

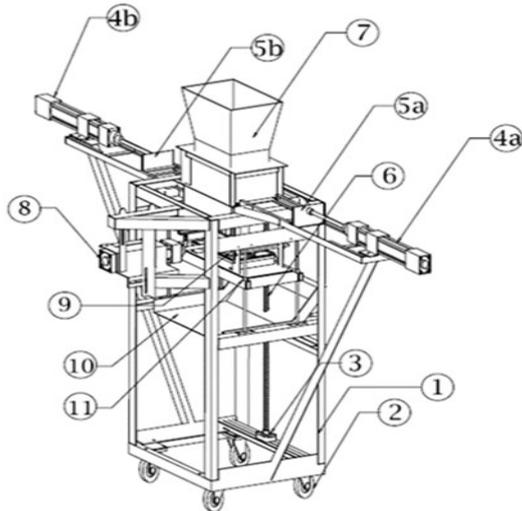
Tahapan-Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian secara ringkas ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut (Gambar 3.1).



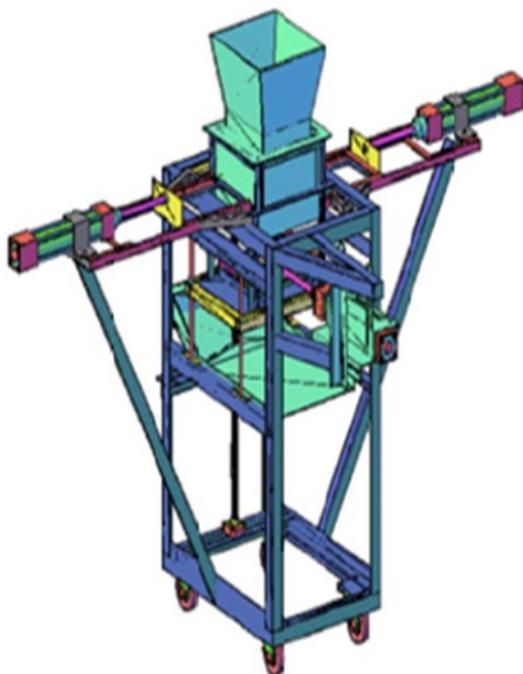
Gambar 2.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Konstruksi Mesin yang Dibangun



Gambar 2.2 Rancangan mesin Bagian-bagian utama mesin (Gambar 2.2) terdiri atas :

- 1 = Rangka
- 2 = Roda Troli
- 3 = Bearing poros berulir
- 4a = DAC pintu atas
- 4b = DAC pintu bawah
- 5a = Gagang pintu atas
- 5b = Gagang pintu bawah
- 6 = Poros berulir (penggerak naik turun meja cetakan)
- 7 = Corong
- 8 = DAC Penggaruk/perata adonan
- 9 = Mal cetakan
- 10 = Penampung kelebihan adonan
- 11 = Meja dudukan mal cetakan



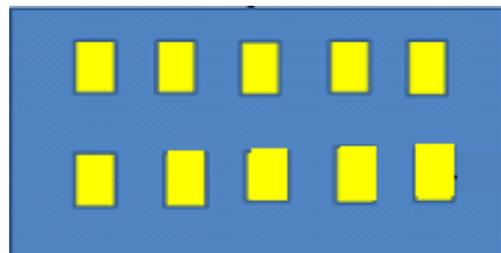
Gambar 2.3 Perspektif rancangan mesin pencetak keripik tempe



Gambar 2.4 mesin pencetak keripik tempe yang dibangun, lengkap dengan rangkaian sistem pneumatik

Elemen-Elemen Utama Mesin Terkait Proses Pencetakan (Elemen Utama Dari Gambar 2.2)

a. Mal cetakan (elemen no. 9 Gambar 2,2)



Pandangan atas

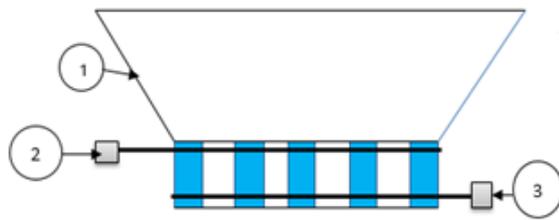


Pandangan depan

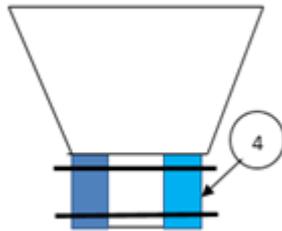
Gambar 2.5. Mal (Patron) cetakan

Elemen yang ditampilkan pada Gambar 2.5 terbuat dari plat aluminium yang dilengkapi patron cetakan keripik, satu plat cetakan dengan 10 patron sesuai ukuran keripik. Warna kuning adalah patron tempat adonan keripik tempe dicetak. Mal atau Patron cetakan diletakkan di atas meja dan di bawah pintu pencurah adonan.

b. Pencurah adonan (elemen no. 7 terdapat pada Gambar 2.2 Rancangan mesin bagian bawah)



(a). Pandangan samping



(b). Pandangan depan

Gambar 2.6 Pencurah Adonan untuk (a) Pandangan samping dan (b) Pandangan depan.

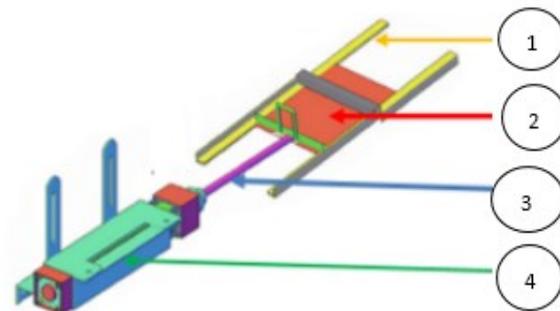
Keterangan Gambar 2.6, dan prinsip kerjanya:

- 1= Corong, tempat tumpukan adonan keripik tempe;
- 2= Pintu atas yang dapat digeser ke kiri untuk membuka dan digeser ke kanan untuk menutup, menggeser pintu ke kiri dan ke kanan pintu memanfaatkan kontrol dan tenaga pneumatik, jika pintu terbuka maka adonan yang berada di atas pintu akan turun dan mengisi rongga-rongga di bawah pintu dan jika pintu tertutup maka di atas pintu adalah adonan di dalam corong dan di bawah pintu didalam rongga-rongga juga berisi adonan;
- 3= Pintu bawah yang dapat digeser ke kanan untuk membuka dan digeser ke kiri untuk menutup, menggeser pintu ke kanan dan ke kiri memanfaatkan kontrol dan tenaga pneumatik, jika pintu terbuka maka adonan yang berada di atas pintu (di dalam rongga-rongga) akan turun dan jatuh mengisi permukaan patron (mal) cetakan; jika pintu tertutup maka rongga-rongga di atas pintu kosong, dan rongga-rongga di atas pintu 3 ini akan berisi adonan manakala pintu atas (pintu 2) sudah terbuka,serta beberapa saat pintu atas (pintu 2) di tutup lagi maka dibagian atas pintu 3 adalah adonan di dalam corong dan di bawah pintu 2 di dalam rongga-rongga juga berisi adonan;

4= Dumper pencurah yakni rongga-rongga (leher) di antara pintu 2 dan pintu 3, banyaknya leher rongga adalah 10 (sepuluh) dan tiap rongga volumenya sama dengan volume adonan untuk tiap satu keripik tempe hasil cetakan.

c. Pintu Pencurah adonan (elemen no. 4a, 4b, 5a, 5b, Gambar 2.2 beserta kelengkapannya)

Konstruksi Pintu pencurah adonan, pintu atas dan pintu bawah diperlihatkan pada Gambar 2.7.

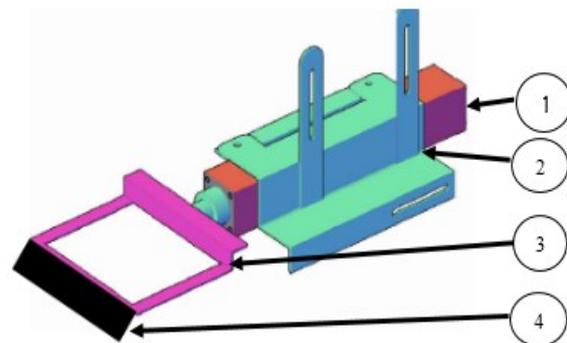


Gambar 2.7 Konstruksi pintu pencurah

Keterangan Gambar 2.7:

- 1 = Jalur sliding gerakan pintu
- 2 = Pintu pencurah adonan
- 3 = Batang DAC pendorong dan penarik pintu
- 4 = DAC bagian sistem pneumatik

d. Penggaruk/ perata adonan (elemen no. 8 Gambar 2.2 dan kelengkapannya)



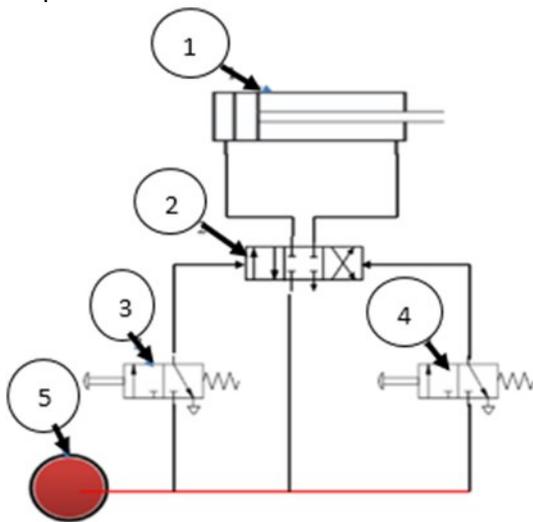
Gambar 2.8 Penggaruk/perata adonan

Keterangan gambar 2.8:

- 1 = DAC (elemen system pneumatik)
- 2 = Rangka pemegang DAC
- 3 = Rangka Pemegang Penggaruk
- 4 = Karet penggaruk/perata adonan

e. Rangkaian Sistem Pneumatik

Rangkaian sistem pneumatik yang terlihat selang-selang (pipa udara) dan katup-katup pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rangkaian sistem pneumatik

Keterangan Gambar 2.9 :

- 1= DAC, Piston diameter 5 cm dan panjang langkah 25 cm
- 2= katup 4/3 *Normally Closed* (NC)
- 3= katup 3/2 NC
- 4= katup 3/2 NC
- 5= Suplai udara bertekanan dari kompresor setelah melewati *Air Service Unit*(ASU)

Prinsip kerja rangkaian pneumatik (Gambar 2.9):

Jika katup nomor 3 di kontrol dan katup nomor 4 normal, maka udara bertekanan masuk mengontrol katup 2 sehingga katup 2 posisi kiri dan udara bertekanan dari kompresor masuk ke DAC 1 dari sebelah kiri dan mendorong piston DAC bergerak keluar;

Jika katup nomor 3 normal dan katup nomor 4 di kontrol, maka udara bertekanan masuk mengontrol katup 2 sehingga katup 2 posisi kanan dan udara bertekanan dari kompresor masuk ke DAC 1 dari sebelah kanan dan mendorong piston DAC bergerak masuk.

Prinsip Kerja Mesin

Prinsip kerja mesin secara keseluruhan mengacu pada Gambar 3.2 dapat dijelaskan dengan urutan-urutan sebagai berikut :

- a) Corong bagian bawah terdapat dumper dengan pintu sorong atas dan pintu sorong bawah;
- b) *Setting* meja dudukan mal cetakan 6 mm dibawah penggaruk/perata, dengan

memutar engkol hingga batang berulir (elemen no. 6 Gambar 2.2) berputar dan menempatkan meja pada posisi yang dikehendaki;

- c) Letakkan pelat mal cetakan (elemen mesin Gambar 2.5, di atas meja cetakan;
- d) Pintu bawah tertutup dan pintu atas masih terbuka (elemen mesin Gambar 2.7), Corong diisi dengan adonan (bakalan) tepe, sehingga adonan masuk sampai ke rongga-rongga leher dumper;
- e) Pintu atas ditutup (bergerak ke kiri) maka akan memotong adonan di dalam dumper sehingga adonan terpisah di bagian atas pintu-atas dan di bagian bawah pintu-atas;
- f) Pintu bawah dibuka maka adonan di dalam dumper (di bawah pintu atas) dengan volume tertentu (sesuai ukuran dumper) jatuh tercurah di permukaan mal-cetakan;
- g) Tumpukan adonan yang tercurah di permukaan mal-cetakan digaruk/ diratakan oleh penggaruk (penggaruk digerakkan maju dan mundur) sehingga tebal adonan di permukaan adonan menjadi tipis yang tebalnya sama dengan tebal keripik yang dikehendaki, sedangkan sisa adonan di atas permukaan cetakan setelah digaruk akan terjatuh di bawah meja, yang selanjutnya nanti setelah beberapa kali mencetak (dapat 10 kali), adonan yang terjatuh dikumpulkan dan dimasukkan kembali kedalam corong bersamaan adonan baru saat mengisi corong;
- h) Pintu bawah ditutup dan pintu atas masih tertutup, Kondisi ini adonan tetap berada di atas pintu-atas di dalam corong;
- i) Pintu atas dibuka maka adonan berdasarkan gaya beratnya sendiri jatuh pada pintu bawah, adonan mengisi ruang dumper, adonan berada di bagian atas pintu-bawah;
- j) Meja dudukan mal diturunkan dengan memutar *handle* pemutar tiga kali putaran sehingga poros berulir berputar satu setengah kali dan membawa meja dudukan turun sejauh 6 mm, letakan mal cetakan berikutnya di atas cetakan pertama yang telah berisi adonan tepe;
- k) Proses berulang lagi dimulai poin d). sampai tumpukan cetakan 10 lapis;
- l) Keluarkan cetakan 10 lapis yang telah berisi adonan tipis-tipis tersebut dari meja.

Proses d), e), f), g), h), i) dilakukan dengan menekan katup-katup no. 3 atau 4 pada Gambar 2.9 yang telah dirangkai menjadi sistem pneumatik yang bersesuaian masing-masing untuk penggerak pintu atas, pintu bawah dan penggaruk pada Gambar 2.4.

Tiap satu pelat mal cetakan berisi 10 lembar keripik tempe sehingga 10 pelat mal cetakan berisi 100 lembar keripik tempe dengan tiap satu keripik tempe ukuran 4 cm x 10 cm dan tinggi 0,3 cm. Tekanan udara pneumatik disetel pada tekanan tertentu sehingga proses pencurahan adonan dan perataan permukaan adonan di atas cetakan didapatkan hasil yang terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi umum mesin yang dibangun adalah sebagai berikut:

Dimensi mesin:

Panjang keseluruhan = 190 cm

Lebar keseluruhan = 110 cm

Tinggi keseluruhan = 140 cm

Dimensi rangka:

Panjang = 70 cm

Lebar = 50 cm

Tinggi = 110 cm

Double acting cylinder (DAC) yang digunakan:

Diameter *cylinder* = 5 cm

Panjang langkah = 25 cm

Kompresor udara yang digunakan:

Tekanan kerja maksimum 5 bar.

Laju aliran (*max flow*) = 100 liter/menit

Tangki udara bertekanan = 11 liter

Pengujian Kinerja Mesin

Mesin diuji coba untuk mencetak adonan keripik tempe dan dilakukan pengambilan data dengan mengoperasikan mesin tersebut. Perolehan data hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3.1, Tabel 3.2, Tabel 3.3, Tabel 3.4, Tabel 3.5, Tabel 3.6, sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Pengujian Mesin Gerakan Pintu-bawah Maju

No.	Panjang Langkah DAC (cm)	Tekanan pneumatik (bar)	Kecepatan Rata-rata Pintu (m/detik)	Keterangan
1	0,25	1,4	0,20	Gerakan pintu kencang, terasa ada hentakan (tetapi tidak mengganggu)
2	0,25	1,3	0,14	Gerakan pintu lancar, terasa ada hentakan-kecil (tetapi tidak mengganggu)
3	0,25	1,2	0,13	Gerakan pintu lancar dan halus
4	0,25	1,1	0,11	Gerakan pintu lancar dan halus
5	0,25	1,0	0,10	Gerakan pintu lancar dan lambat
6	0,25	0,9	0,09	Gerakan pintu tersendat-sendat

Tabel 3.2 Data Pengujian Mesin Gerakan Pintu-bawah Mundur

No.	Panjang Langkah DAC (cm)	Tekanan pneumatik (bar)	Kecepatan Rata-rata (Pintu /detik)	Keterangan
1	0,25	1,7	0,18	Gerakan pintu kencang, terasa ada hentakan-hentakan
2	0,25	1,6	0,14	Gerakan pintu kencang, masih ada hentakan-hentakan kecil
3	0,25	1,5	0,12	Gerakan pintu lancar kencang halus, curahan adonan lebih baik
4	0,25	1,4	0,11	Gerakan pintu lancar dan halus, curahan adonan lebih baik
5	0,25	1,3	0,10	Gerakan pintu lancar dan halus, curahan adonan lebih baik
6	0,25	1,2	0,08	Gerakan pintu lambat tersendat

Tabel 3.3 Data Pengujian Mesin Gerakan Pintu-atas Mundur

No.	Panjang Langkah DAC (cm)	Tekanan pneumatik (bar)	Kecepatan rata-rata Pintu (m/detik)	Keterangan
1	0,25	1,7	0,16	Gerakan pintu kencang, terasa ada hentakan-hentakan
2	0,25	1,6	0,13	Gerakan pintu kencang, masih ada hentakan-hentakan kecil
3	0,25	1,5	0,11	Gerakan pintu lancar kencang halus
4	0,25	1,4	0,10	Gerakan pintu lancar dan halus
5	0,25	1,3	0,09	Gerakan pintu lancar agak tersendat
6	0,25	1,2	0,08	Gerakan pintu lambat tersendat

Tabel 3.4 Data Pengujian Mesin Gerakan Pintu-atas Maju

No.	Panjang Langkah DAC (cm)	Tekanan pneumatik (bar)	Kecepatan rata-rata Pintu (m/detik)	Keterangan
1	0,25	2,0	0,18	Gerakan pintu kencang, terasa ada hentakan-hentakan
2	0,25	1,8	0,15	Gerakan pintu kencang, masih ada hentakan-hentakan kecil
3	0,25	1,6	0,13	Gerakan pintu lancar kencang
4	0,25	1,4	0,12	Gerakan pintu lancar dan halus
5	0,25	1,2	0,10	Gerakan pintu lancar agak tersendat
6	0,25	1,0	0,09	Gerakan pintu lambat tersendat

Tabel 3. 5 Data Pengujian Mesin Gerakan Penggaruk/Perata adonan maju dan mundur

No.	Panjang Langkah DAC (cm)	Tekanan pneumatik (bar)	Kecepatan Rata-rata Penggaruk (m/det)	Keterangan (Hasil Cetakan)
1	0,25	1,2	0,20	Banyak adonan yang jatuh dan berserakan
2	0,25	1,1	0,14	Hasil tidak merata, ada ruang cetakan yang kosong
3	0,25	1,0	0,11	Hasil pencetakan merata
4	0,25	0,9	0,10	Hasil pencetakan merata
5	0,25	0,8	0,08	Jalannya penggaruk tersendat-sendat, Hasil pencetakan merata

Tabel 3.6 Durasi pengoperasian mesin pada tekanan terbaik

No	Tahap Menurunkan meja dudukan cetakan (detik)	Tahap Memasang cetakan (detik)	Tahap menjalankan Pneumatik, buka tutup pintu bawah dan pintu atas, maju mundur perata (detik)	Durasi total (detik)
1	20	10	30	60
2	25	15	25	65
3	25	15	25	65
4	25	15	30	70
5	20	15	30	65
6	20	15	30	65
7	25	10	25	60
8	20	15	25	60
9	20	10	25	55
10	25	15	25	65
Rata-rata durasi waktu yang dibutuhkan sekali cetak				63

Keterangan Tabel 3.6: Pengoperasian dengan tekanan pneumatik pintu bawah = 1,3 bar, tekanan pneumatik pintu atas = 1,4 bar dan tekanan penumatik penggaruk = 1,0 bar, dioperasikan oleh dua orang operator dengan tugas utama satu orang bertugas memutar engkol penaik dan penurun

meja serta meletakkan plat mal cetakan dan mengambil tumpukan plat mal cetakan, sedangkan satu orang yang lain bertugas menekan tombol-tombol katup pneumatik penggerak mekanik mesin.

Pembahasan Dari Perolehan Data

a. Pintu-bawah

Data yang diperoleh dari percobaan pintu bawah gerak maju Tabel 3.1, dan mundur seperti terlihat pada Tabel 3.2, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) Gerakan maju relatif dibutuhkan tekanan yang kecil karena saat pintu bergerak maju gaya tekan hanya digunakan untuk mendorong pintu tanpa ada gesekan dengan adonan, gesekan hanya terjadi pada dinding rel yang bersentuhan dengan daun pintu, besarnya tekanan pneumatik paling baik pada besaran 1,2 bar.
- b) Gerakan mundur relatif lebih besar dari gerakan maju, karena saat gerakan mundur di atas plat pintu terdapat tumpukan adonan yang akan dicurahkan, besarnya tekanan pneumatik paling baik berkisar antara 1,3 sampai 1,5 bar.

b. Pintu atas

Data yang diperoleh dari percobaan pintu atas gerak mundur Tabel 3.3, dan maju seperti terlihat pada Tabel 3.4, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) Gerakan mundur relatif dibutuhkan tekanan yang kecil karena saat pintu bergerak mundur gaya tekan digunakan untuk menarikpintu yang di atasnya terdapat tumpukan adonan, sehingga gesekan terjadi antara daun pintu dengan tumpukan dan daun pintu dengan alur rel yang bersentuhan, besarnya tekanan pneumatik paling baik pada besaran berkisar 1,3 sampai 1,5 bar.
- b) Gerakan maju relatif lebih besar dari gerakan mundur, karena saat gerakan maju ujung daun bagian depan pintu harus memotong tumpukan adonan yang berada di dalam dumper dan melawan gesekan yang terjadi antara daun pintu dan rel yang bersentuhan, besarnya tekanan pneumatik paling baik berkisar antara 1,4 sampai 1,6 bar.

c. Penggaruk/Perata

Dari Tabel 3.5 terlihat bahwa jika kecepatan penggaruk terlalu tinggi maka adonan banyak yang ikut tergaruk sehingga ada ruang-ruang kosong di atas mal cetakan yang tidak berisi adonan, akan tetapi jika kecepatan terlalu rendah (karena setelan

tekanan juga terlalu rendah) maka jalannya penggaruk tersendat-sendat seolah tidak mampu menjalankan penggaruk, tekanan pneumatik paling sesuai berkisar antara 0,9 sampai 1,0 bar dan membangkitkan kecepatan penggaruk antara 0,10 sampai 0,11 m/detik, ini yang dapat menggaruk dan meratakan adonan di atas mal cetakan dengan hasil paling baik.

d. Kapasitas Mesin

- a) Berdasarkan data Tabel 3.6, sekali cetak rata-rata dibutuhkan waktu 63 detik, durasi kerja manual yakni saat menurunkan meja tatakan tempat cetakan, memutar engkol pemutar poros berulir sebanyak tiga putaran sehingga meja turun sekitar enam milimeter, meletakkan cetakan baru di atas meja dan atau di atas cetakan yang telah berisi adonan, dibutuhkan durasi waktu yang lebih paling banyak dibandingkan durasi kerja sistem pneumatik.
- b) Proses pencetakan terus berlangsung hingga tumpukan cetakan sebanyak 10 lempeng plat, selanjutnya operator harus mengambil tumpukan cetakan yang sudah berisi adonan, diangkat dan dikeluarkan dari meja. Pekerjaan selanjutnya adalah menaikkan lagi meja dengan memutar ke arah kanan engkol pemutar sebanyak 30 kali hingga meja naik 60 mm, durasi yang dibutuhkan pada pekerjaan ini sangat bergantung pada keterampilan operator, jika operator sudah terampil waktu normal yang dibutuhkan kurang lebih empat setengah menit atau 270 detik.
- c) Durasi waktu keseluruhan pengerjaan 10 lempeng plat cetakan adalah $(10 \times 63) \text{ detik} + (270) \text{ detik} = 900 \text{ detik}$ atau = 15 menit.
- d) Kapasitas produksi selama satu jam dapat mencetak $(4 \times \text{kapasitas } 15 \text{ menit}) = 4 \times 10 \text{ lempeng plat} = 40 \text{ lempeng plat}$ cetakan. Tiap lempeng plat cetakan berisi 10 lembar adonan keripik tempe, sehingga tiap satu jam operasi normal dapat menghasilkan $40 \times 10 = 400$ lembar adonan keripik tempe.

KESIMPULAN

Tekanan pneumatik yang dibutuhkan untuk mengoperasikan gerakan pintu atas dan pintu bawah pada pencurah adonan mesin pencetak keripik tempe berkisar antara 1,2 bar sampai dengan 1,6 bar. Pada prinsipnya untuk mengoperasikan mesin pencetak keripik tempe dengan mekanik pencurah adonan sistem pneumatik, pemilihan (penentuan) besarnya

tekanan udara pneumatik harus diperhatikan agar dapat menghasilkan kecepatan gerakan pintu yang sesuai, tidak ada hentakan dan tidak tersendat, sehingga adonan dapat tercurah di atas mal cetakan dengan baik.

Besarnya tekanan pneumatik untuk membuka pintu bawah berkisar antara 1,3 sampai 1,5 bar sedangkan untuk menutup pintu bawah dibutuhkan tekanan 1,2 bar. Perbedaan tekanan ini dikarenakan untuk membuka dibutuhkan gaya yang lebih besar karena di atas pintu terdapat tumpukan adonan yang akan dicurahkan sedangkan untuk menutup dibutuhkan gaya dorong yang relatif lebih kecil, karena menutup pintu bawah hanya menggerakkan pintu tanpa melawan gaya gesek dengan adonan.

Besarnya tekanan pneumatik untuk membuka pintu atas berkisar 1,3 sampai 1,5 bar sedangkan untuk menutup pintu atas dibutuhkan tekanan berkisar 1,4 sampai 1,6 bar, perbedaan tekanan ini dikarenakan untuk menutup dibutuhkan gaya yang lebih besar karena ujung depan pintu yang ditajamkan berfungsi untuk memotong tumpukan adonan dan melawan gaya gesek, sedangkan untuk membuka hanya dibutuhkan gaya untuk melawan gesekan antara pintu dan adonan serta logam yang bergerak.

Besarnya tekanan pneumatik untuk menggerakkan penggaruk/perata berkisar 0,9 sampai 1,0 bar. Jika tekanan lebih besar 1,0 bar, maka kecepatan perataan terlalu tinggi dan cenderung hasil perataan adonan diatas mal cetakan tidak sempurna.

Kapasitas mesin dengan dua orang operator yang telah memahami proses kerja dan terampil mengoperasikan mesin diperoleh 40 pelat mal-cetakan keripik tempe rata-rata per jam, atau per jam dapat mencetak 40 lembar bakalan keripik tempe dengan ukuran lebar = 4 cm dan panjang = 10 cm. Kapasitas ini masih dapat ditingkatkan manakala operator sudah sangat terampil, pekerjaan-pekerjaan manual dapat dikerjakan dalam durasi waktu yang lebih singkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada Direktur Politeknik Negeri Medan (Polmed), Ketua P3M Polmed, Ketua Jurusan Teknik Mesin Polmed atas fasilitas dana dan sarana yang diberikan sehingga rancang bangun dan pengujian mesin dalam penelitian ini dapat dilaksanakan. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi hingga hasil penelitian ini dapat diterbitkan/dipublikasikan

DAFTAR PUSTAKA

- Alvina, A. & Hamdani, D. (2019), Proses pembuatan tempe tradisional, *Jurnal Pangan Halal*, 1(1): 9 – 12.
- Astawan M. (2004). Sehat bersama aneka sehat pangan alami. Tiga Serangkai.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2018). *Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS)*.
- Pramono, C., Mawarsih, E., dan Kurniawan, H. (2018), Kajian beban pendorong mesin pemotong tempe. *Journal of Mechanical Engineering*, 2(1).
- Luhfi, F., Munir, A.P. dan Panggabean, S. (2016). Rancang bangun alat pengiris tempe. *Jurnal Rekayasa Pangan*, 4(4).
- Garside, A.K. dan Sudjatmiko. (2016). Rancang bangun mesin pengiris tempe multi fungsi Pada KNM Sanan, *Semnaspro.UMM*.
- Hidayat, N., Masdiana, C. P., dan Sri, S. (2006). *Mikrobiologi Industri*. Penerbit Andi.
- Jariyah, Mulyani, T., Sudaryati, dan Suwarno. (2014). Pengembangan usaha kelompok perajin tempe di Kecamatan Candi Kab. Sidoarjo. *Jurnal Rekapangan*. 8(2): 136-140.
- Kindriari, Wahyusi, K. N., Jariyah, dan Yogaswara, R. R. 2020. Pengembangan produk keripik tempe untuk perajin tempe di Desa Parerejo Kabupaten Pasuruan. *JATEKK Jurnal Abdimas Teknik Kimia*. 1(1): 1-5.
- Uslianti, S., Listiana, E. dan Sedianingsih, P. (2015). Rancang bangun mesin pengiris tempe, *Jurnal ELKHA, UNTAN*. 7(2): 36 – 40.
- Wahyuningsih, S. (2019). Konsumsi dan neraca penyediaan-penggunaan kedelai. Buletin Konsumsi Pangan. Vol. 1, No. 1, *Pusat Data dan Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian*.
- Wardjito, S. (2013). Desain rancang bangun mesin pemecah dan pemisah kulit ari kedelai dengan kapasitas 60 kg/jam yang terintegrasi dalam satu proses kerja. *Wahana Teknik, Jurnal keilmuan dan Terapan Teknik*, 2(1): 32-3