



PENGEMBANGAN DAN PENGUJIAN PURWARUPA MESIN MIXER KEDELAI DAN RAGI SISTEM *CONTINUOUS BARREL* DENGAN *FEEDER SCREW CONVEYOR* UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PRODUKSI TEMPE

Harsa Dhani^{a*}, Bernardus Crisanto Putra Mbulu^a, Marcelinus Anggi Kurniawan^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Karya, Jl Bondowoso No 2 Malang, Jawa Timur 65115, Indonesia

*Corresponding authors at: dhani_mesin@widyakarya.ac.id (H. Dhani) Tel.: +62819-455-99498

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 30 Juli 2025

Direvisi pada 06 Desember 2025

Disetujui pada 23 Januari 2026

Tersedia daring pada 28 Februari 2026

Kata kunci:

Mesin *mixer* ragi, *screw conveyor*, produksi tempe maju.

Keywords:

Yeast mixer machine, *screw conveyor*, *advanced tempeh production*.

ABSTRAK

Tempe merupakan produk pangan fermentasi kedelai yang memerlukan proses pencampuran kedelai dan ragi yang homogen untuk memastikan kualitas produk akhir. Penelitian ini merancang dan membangun *purwarupa* mesin *mixer* kedelai dan ragi tipe *continuous barrel* dengan sistem *feeder screw conveyor* untuk produksi tempe secara kontinu dan otomatis. Mesin terdiri dari *feeder* ragi, *feeder* kedelai, dan *barrel mixer* dengan *screw conveyor* yang mengatur aliran bahan secara stabil. Kapasitas teoritis dan eksperimental *screw conveyor* dianalisis untuk menilai kinerja mesin, sementara homogenitas pencampuran dievaluasi berdasarkan pertumbuhan kapang *Rhizopus oligosporus* pada tempe hasil fermentasi. Kapasitas riil *screw* kedelai pada putaran 10, 20 dan 30 rpm didapatkan 0,62, 1, dan 1,4 gram/s, sementara itu untuk *screw* ragi didapatkan 0,003, 0,001, dan 0,016 gram/s. Tempe yang diproduksi memiliki tekstur padat dan kapang yang tersebar merata dengan perbandingan ragi minimal 1,4% dari massa kedelai yaitu pada putaran *screw* ragi, *screw* kedelai, dan *barrel* sebesar 30 rpm. Mesin *purwarupa* ini berpotensi meningkatkan produktivitas sampai 300% dan mutu produksi tempe pada skala industri kecil dan menengah. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk menganalisis proses pencampuran di dalam *barrel*, bagaimana proses *stretching* dan *folding* yang terjadi untuk mencampur bahan.

ABSTRACT

Tempeh is a fermented soybean product that necessitates a uniform mixing process of soybeans and starting culture to guarantee the quality of the finished product. This study developed a prototype of a continuous barrel-type mixer for soybeans and starters, featuring a screw conveyor feeding system for automated tempeh production. The apparatus comprises a starter feeder, a soybean feeder, and a barrel mixer equipped with a screw conveyor that ensures a consistent material flow. The theoretical and experimental capabilities of the screw conveyor were examined to determine the machine's performance, while mixing uniformity was evaluated based on the proliferation of Rhizopus oligosporus mould on the fermented tempeh. The soybean screw's capacities at 10, 20, and 30 rpm were 0.62, 1.0, and 1.4 g/s, respectively, but the starting screw's capacities were 0.003, 0.001, and 0.016 g/s. The resultant tempeh exhibited a compact texture and uniform mould proliferation, attained with a minimal starting ratio of 1.4% of the soybean mass, at screw and barrel rotational speeds of 30 rpm. This prototype machine can enhance productivity by as much as 300% and elevate tempeh production quality in small and medium-sized industries. Additional research may be undertaken to examine the mixing process within the barrel, particularly the stretching and folding mechanics involved in material blending.

1. PENGANTAR

Tempe merupakan salah satu produk pangan tradisional Indonesia yang telah dikenal luas sebagai makanan sehat dan bergizi. Tempe dibuat dari fermentasi kedelai dengan bantuan mikroorganisme, terutama kapang *Rhizopus oligosporus*. Proses fermentasi ini meningkatkan kandungan protein, serat, serta sejumlah senyawa bioaktif seperti isoflavin dan antioksidan, sehingga tempe banyak dikaji sebagai pangan fungsional yang bermanfaat mendukung kesehatan, misalnya dalam pengendalian kolesterol dan gula darah serta sebagai sumber protein nabati yang potensial untuk diet vegetarian dan vegan (Astawan dkk., 2024). Selain itu, tempe juga memiliki dampak positif

terhadap kesehatan saluran pencernaan karena proses fermentasi meningkatkan ketersediaan nutrisi dan mendukung pertumbuhan mikrobiota usus yang baik (Surya dkk., 2024).

Kunci keberhasilan produksi tempe terletak pada proses pencampuran antara kedelai yang telah melalui tahap perebusan dan pendinginan dengan ragi atau starter tempe. Starter ini umumnya berupa campuran spora kapang dan, pada beberapa kasus, tambahan ragi tertentu. Pencampuran yang tidak merata antara kedelai dan ragi dapat menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain: pertumbuhan kapang yang tidak seragam, yang menyebabkan tempe menjadi bertekstur kurang kompak dan rasa yang tidak konsisten, potensi timbulnya kontaminasi mikroba akibat fermentasi yang tidak optimal, dan produk akhir dengan kualitas rendah, baik dari segi nutrisi maupun sensorik, seperti bau asam menyengat, warna tidak merata, hingga tekstur rapuh (Rizal dkk., 2021). Studi yang dilakukan pada UMKM Jaya Tempe Banten, didapati bahwa pemberian ragi yang terlalu sedikit akan menyebabkan tekstur tempe tidak padat, sementara itu pemberian ragi yang terlalu banyak akan menyebabkan tempe berwarna hitam (Azaria & Nalhadi, 2024).

Metode pencampuran antara kedelai dan ragi dalam skala *home industry* hingga industri bermacam-macam. Pada tahap sederhana, pencampuran dilakukan secara manual, yaitu dengan menaburkan ragi secara merata ke permukaan kedelai yang telah didinginkan dan kemudian diaduk dengan tangan. Cara ini sangat bergantung pada keterampilan operator dan rawan terhadap ketidakkonsistenan hasil (Rizal dkk., 2025). Untuk produksi skala besar, mulai digunakan alat mekanik seperti drum *mixer* konvensional maupun mesin pencampur tipe *batch* yang mampu meningkatkan homogenitas pencampuran (Astaro & Buwono, 2025; van Sleeuwen dkk., 2024).

Mesin pencampur ragi tempe kapasitas 30 kg telah dikembangkan dengan menggunakan motor listrik yang memutar pisau-pisau pengaduk dalam drum Stainless. Percobaan dengan alat ini untuk 5 kg kedelai dengan 5 gram ragi membutuhkan waktu pencampuran selama 5 menit. Ini merupakan peningkatan yang signifikan terhadap metode pencampuran manual, yang membutuhkan waktu yang lama untuk mencampur 3 kg kedelai dan 3 gram ragi saja (Lio & Nadliroh, 2024).

Mesin mixer berbasis Arduino Leonardo dengan pengaduk *screw-ribbon* dalam drum dikembangkan dengan kapasitas 150 kg yang dapat mencampur sempurna dalam waktu 60 menit, dimana sebelumnya di UMKM Tempe UD Tiga Putra Desa Sumber Manjing Kabupaten Malang ini, pengerjaan manual untuk kapasitas yang sama membutuhkan waktu 180 menit. Mesin ini mempunyai dimensi panjang 85 cm, lebar 45 cm, dan tinggi 100 cm. Mesin digerakkan oleh motor AC ½ hp yang terhubung dengan rantai dan *gearbox* (Mindarta dkk., 2022).

Namun mesin-mesin pencampur ragi dan kedelai untuk produksi tempe yang telah dikembangkan, merupakan pencampur tipe *batch*, yang masih membutuhkan pekerja untuk *loading* dan *unloading* sehingga masih ada kontak dengan pekerja yang dapat beresiko kontaminasi. Selain itu, untuk *batch* yang besar membutuhkan tenaga ekstra untuk mengangkat kedelainya. Mesin-mesin *mixer* tipe kontinu telah digunakan untuk pencampuran bumbu dengan *snack*. Untuk itu solusi yang digunakan adalah membuat proses berjalan kontinu sehingga proses *loading unloading* oleh pekerja tidak diperlukan. Mesin kontinu untuk pencampuran biasa digunakan dalam industri *snack* untuk mencampur bumbu dengan *base snack*. Namun ini belum digunakan untuk pencampuran tempe dengan ragi. Mesin untuk pencampuran bumbu pada *snack* ada dua macam, yaitu tipe *conveyor* yang melapisi satu permukaan dan tipe drum yang melapisi segala sisi. Pada tipe drum, sebuah drum atau *barrel* berputar dan dipasang sedikit miring ke bawah supaya bahan yang tercampur dapat perlahan bergerak karena gravitasi (Biehl & Barringer, 2004).

Berdasarkan permasalahan tersebut, pengembangan mesin mixer kedelai dan ragi tipe *continuous barrel* dengan sistem *feeder screw conveyor* menjadi suatu kebutuhan strategis untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan mutu produksi tempe, khususnya pada skala industri kecil dan menengah (IKM). Sistem ini dirancang untuk menghasilkan proses pencampuran yang homogen secara otomatis dan kontinu, sehingga variasi mutu produk akibat faktor manusia dapat diminimalkan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe mesin mixer kedelai–ragi tipe *continuous barrel* yang dilengkapi *feeder screw conveyor*, serta menganalisis kinerja mesin berdasarkan perbandingan kapasitas *screw* secara teoritis dan eksperimental, serta tingkat homogenitas pencampuran yang dihasilkan oleh *barrel mixer*. Dengan tercapainya tujuan tersebut, diharapkan proses produksi tempe dapat berlangsung secara lebih modern dan higienis, menghasilkan produk dengan mutu yang lebih seragam, serta mendukung peningkatan keamanan pangan dan kesehatan masyarakat.

2. METODE

2.1. Pengukuran masa jenis ragi dan kedelai

Pengukuran masa jenis ragi dan kedelai dilakukan dengan menggunakan rumus umum masa jenis seperti pada persamaan 1.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Dimana ρ adalah masa jenis dalam gram/cm³ atau gram/ml masa (m) dalam gram, dan volume (V) dalam cm³ atau ml. Dari pengukuran dengan gelas ukur dan timbangan digital seperti pada Gambar 1 dan 2 didapatkan dalam 50 ml terdapat 18,236 gram ragi, sementara itu dalam 50 ml terdapat 30,910 gram kedelai matang, sehingga didapatkan masa jenis ragi sebesar 0,365 gram/cm³ sedangkan masa jenis kedelai matang sebesar 0,618 gram/cm³.



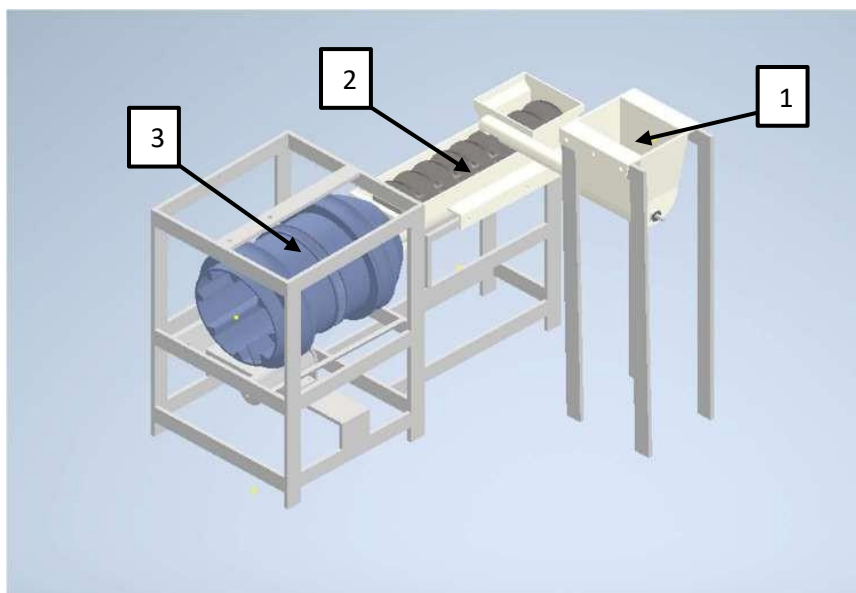
Gambar 1: Pengukuran masa dan volume ragi *powder*



Gambar 2: Pengukuran masa dan volume butiran kedelai matang

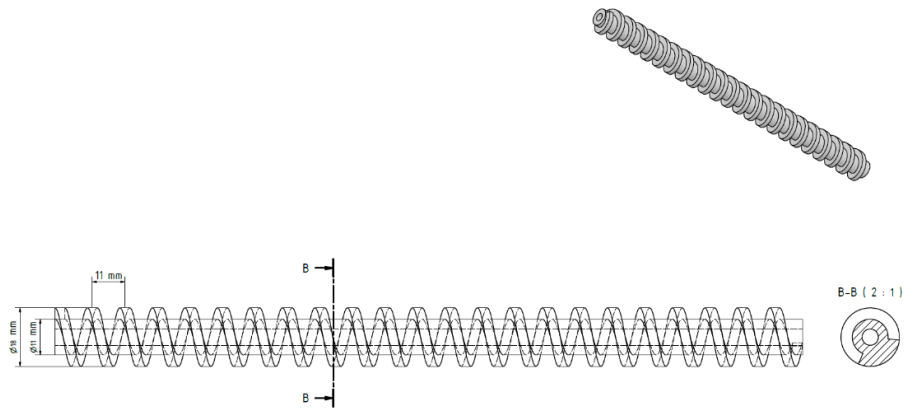
2.2 Desain dan fabrikasi Purwarupa

Purwarupa mesin *mixer* didesain dengan menggunakan *software Autodesk Inventor 2025*. *Purwarupa* ini terdiri atas tiga bagian utama, yaitu *feeder ragi*, *feeder kedelai*, dan *barrel mixer*; dimana *feeder ragi* terdiri atas *hopper*, *barrel screw ragi*, dan *screw ragi*; sedangkan *feeder kedelai* terdiri atas *hopper*, *barrel screw kedelai*, dan *screw kedelai*. Ketiga bagian utama ini ditunjukkan pada Gambar 3.

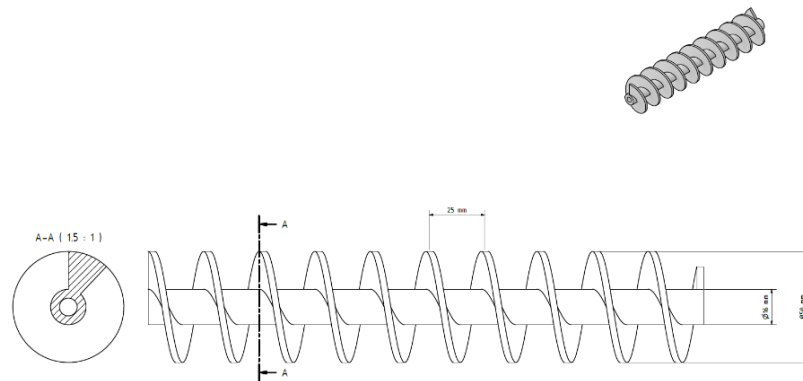


Gambar 3: Bagian-bagian utama purwarupa: (1) *feeder ragi*, (2) *feeder kedelai*, (3) *barrel mixer*

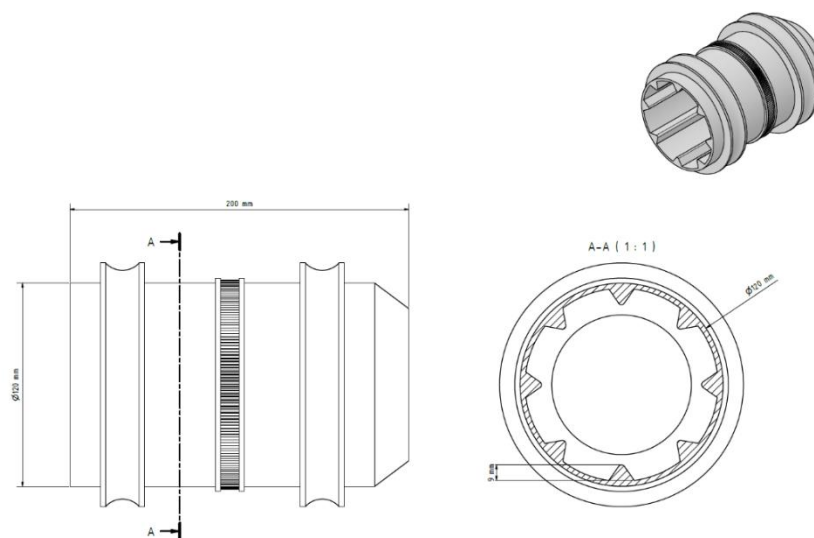
Screw ragi digunakan untuk menghantar bubuk ragi dengan kapasitas yang diinginkan didesain mempunyai diameter luar 18 mm, dengan diameter poros 11 mm dan *pitch* 11 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 4. Sementara itu *screw* kedelai memiliki dimensi lebih besar dengan diameter luar 50 mm, diameter poros 16 mm, dan *pitch* 25 mm seperti Gambar 5. *Barrel mixer* untuk mencampur berdimensi dengan diameter 120 mm dan panjang 200 mm dengan delapan (8) buah sudu di bagian dalam untuk mengangkat bahan untuk aksi pencampuran. Ini ditunjukkan pada Gambar 6. Ketiganya difabrikasi dengan 3D *printing* dengan bahan PETG karena *food grade*.



Gambar 4: Dimensi *screw* ragi



Gambar 5: Dimensi *screw* kedelai



Gambar 6: Dimensi *barrel mixer*

Setelah desain dengan detail dimensi selesai maka dilakukan fabrikasi tiap *part*. *Screw* dan *barrel* dicetak secara 3D dengan bahan PETG sedangkan kerangka penyangga dari bahan aluminium. Penggerak *screw* ragi dan kedelai menggunakan *gear motor* DC 12V dengan kecepatan 100 rpm, sedangkan *barrel mixer* digerakkan oleh gear motor DC 12V 150 rpm. Potensiometer dipasang untuk mengurangi kecepatan untuk mencapai kecepatan yang diinginkan. Adapun hasil perakitan purwarupa dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7: Purwarupa mesin mixer

2.3. Evaluasi kapasitas dan homogenitas pencampuran purwarupa

Evaluasi dilakukan untuk membandingkan kapasitas teoritis *screw* ragi dan kedelai dengan kapasitas sesungguhnya (eksperimental). Kapasitas teoritis didapatkan seperti pada persamaan 2 (Figuroa-Díaz dkk., 2019).

$$Q_V = \frac{1}{4}(D^2 - d^2) \cdot P \cdot K \cdot n \quad (2)$$

Dimana Q_V adalah kapasitas volumetrik bahan, D merupakan diameter luar dan d diameter dalam. P menunjukkan pitch, sementara K menunjukkan konstanta bahan, dan n adalah kecepatan putar. Untuk mengubah kapasitas dalam satuan masa Q_M , maka kapasitas volumetrik Q_V dikalikan masa jenis bahan (ρ) seperti pada persamaan 3.

$$Q_M = Q_V \cdot \rho \quad (3)$$

Kapasitas eksperimental didapatkan dari pengukuran dengan *screw* ragi maupun kedelai yang dijalankan pada kecepatan angular 10, 20, dan 30 rpm. Ragi maupun kedelai yang dikeluarkan ditimbang dalam waktu tertentu.

Sedangkan untuk evaluasi homogenitas pencampuran, hasil pencampuran antara kedelai dan ragi oleh *barrel mixer* dibiarkan 1 hari sampai *Rhizopus* membentuk *hyphae* filamen-filamen putih yang dapat diamati pada tempe yang telah terfermentasi. Metode penelitian yang menjadi acuan adalah penelitian Gómez-Camacho dkk. (2022) tentang estimasi secara visual tentang pertumbuhan ragi dengan memberi skala 1 sampai 4, dimana 1 tidak terlihat pertumbuhan ragi dan angka 4 mengindikasikan pertumbuhan ragi memenuhi seluruh tempe. Namun pada penelitian ini tidak digunakan skala, melainkan secara visual mengakses apakah ada tempat yang tidak ditumbuhi ragi dan apakah tekstur tempe sudah padat secara keseluruhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan kapasitas teoritis dan eksperimental

Untuk kecepatan angular 10, 20, dan 30 rpm baik untuk *screw* ragi dan kedelai, dengan persamaan (2) dan (3) dengan $K = 0,15$ didapatkan hasil perhitungan teoritis seperti pada Tabel 1.

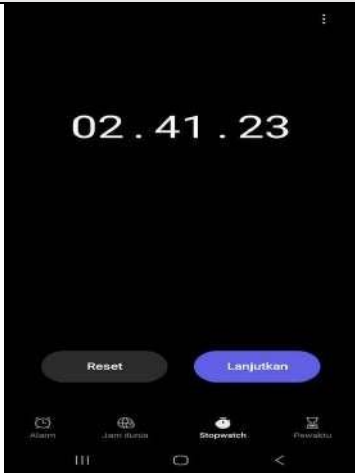

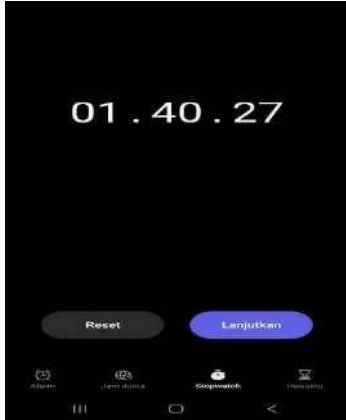

Tabel 1: Kapasitas teoritis *screw* ragi dan kedelai



Komponen	Ragi	Kedelai
D	18 mm	50 mm
d	11 mm	16 mm
P	11 mm	25 mm
ρ	0,365 gram/cm ³	0,618 gram/cm ³
Q _{V,10rpm}	275,2 mm ³ /s	6.914 mm ³ /s
Q _{M,10rpm}	100,5 gram/s	4.272,9 gram/s
Q _{V,20rpm}	550,4 mm ³ /s	13.828,1 mm ³ /s
Q _{M,20rpm}	200,9 gram/s	8.545,8 gram/s
Q _{V,30rpm}	825,6 mm ³ /s	20.742,1 mm ³ /s
Q _{M,30rpm}	301,4 gram/s	12.818,6 gram/s

Sumber: data perhitungan 2025

Kapasitas *screw* riil dianalisis secara eksperimental dengan men-setting variabel tetap berupa kecepatan angular *screw* ragi dan kedelai, yaitu keduanya 10, 20, dan 30 rpm, dan kedua *screw* dijalankan sampai keluar 100 gram kedelai, maka berapa lama waktu yang diperlukan dan ragi yang keluar dicatat. Hasil eksperimen ini diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2: Pengukuran kapasitas riil *screw* ragi dan kedelai

Kecepatan putar <i>screw</i>		Waktu keluaran kedelai (menit)	Masa ragi (gram)
Ragi	Kedelai		
10 rpm	10 rpm	 <p>Waktu yang dibutuhkan untuk sekali jalan kedelai 100 gram pada kecepatan 10 rpm yaitu 2 menit 41 detik.</p>	 <p>Jumlah ragi yang dikeluarkan dalam 2 menit 41 detik yaitu 0,482 gram.</p>
20 rpm	20 rpm	 <p>Waktu yang dibutuhkan untuk sekali jalan kedelai 100 gram pada kecepatan 20 rpm yaitu 1 menit 40 detik.</p>	 <p>Jumlah ragi yang dikeluarkan dalam 1 menit 40 detik yaitu 1,001 gram</p>






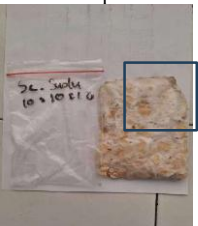




Kecepatan putar <i>screw</i>		Waktu keluaran kedelai (menit)	Masa ragi (gram)
Ragi	Kedelai		
30 rpm	30 rpm	 <p>Waktu yang dibutuhkan untuk sekali jalan kedelai 100 gram pada kecepatan 30 rpm yaitu 1 menit 10 detik.</p>	 <p>Jumlah ragi yang dikeluarkan dalam 1 menit 10 detik yaitu 1,103 gram.</p>






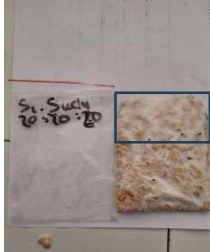




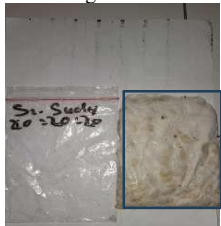





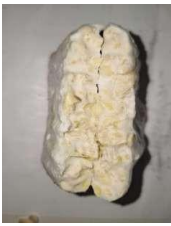



Sumber: data eksperimen 2025








Pada kecepatan putar 10 rpm untuk *screw* ragi dan kedelai, untuk mendapatkan 100 gram kedelai membutuhkan waktu 2 menit 41 detik atau 161 detik, dengan ragi 0,482 gram. Maka kapasitas *screw* kedelai didapatkan 0,62 gram/s dan kapasitas *screw* ragi sebesar 0,003 gram/s. Lebih lanjut, untuk kecepatan putar 20 rpm didapatkan kapasitas *screw* kedelai dan ragi sebesar 1 gram/s dan 0,01 gram/s; sementara itu pada 30 rpm didapatkan 1,4 gram/s dan 0,016 gram/s. Kapasitas *riil screw* sangat jauh dibawah kapasitas teoritis, meskipun kapasitas teoritis telah dihitung dengan konstanta okupansi sebesar 0,15. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah ragi dan kedelai dapat terjebak di celah antara diameter luar *screw* dengan selongsong dalam *barrel screw*. Faktor lain adalah bahan mempunyai sifat “lentur” dimana ketika didorong *screw*, ragi atau kedelai dapat menekan memasuki rongga diantara sesamanya, sedangkan perhitungan teoritis mengasumsikan bahan adalah rigid, dan ternyata ini merupakan faktor yang sangat berperan dalam menentukan kapasitas *screw*.

Homogenitas pencampuran didapat dari hasil analisis pencampuran ragi dan kedelai dengan kecepatan putar *screw* kedelai, *screw* ragi dan *barrel* ditetapkan sama, yaitu 10, 20 dan 30 rpm seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3: Homogenitas pencampuran

No sampel	Kecepatan putar A (kedelai) B (ragi) C (<i>barrel</i>)	Hasil	Patahan tengah	Potongan atas	Potongan samping	Potongan bawah
1.1	A = 10 rpm B = 10 rpm C = 10 rpm	 <p>Pertumbuhan kapang merata tetapi ada yang lebih banyak di satu tempat</p>	 <p>Pertumbuhan kapang merata</p>	 <p>Tekstur tempe kompak dan tidak mudah hancur</p>	 <p>Tempe padat dan menyatu, kapang merata</p>	 <p>Tempe padat dan menyatu, kapang merata</p>
1.2	A = 10 rpm B = 10 rpm C = 10 rpm	 <p>Pertumbuhan kapang merata tetapi ada yang lebih banyak di satu tempat</p>	 <p>Pertumbuhan kapang merata sampai bagian dalam</p>	 <p>Tekstur tempe pada bagian atas ketika dipotong sudah kompak dan tidak mudah hancur.</p>	 <p>Tempe padat dan menyatu, kapang merata</p>	 <p>Tempe padat dan menyatu, kapang merata</p>

No sampel	Kecepatan putar A (kedelai) B (ragi) C (barrel)	Hasil	Patahan tengah	Potongan atas	Potongan samping	Potongan bawah
1.3	A = 10 rpm B = 10 rpm C = 10 rpm	 Pertumbuhan kapang merata	 Pertumbuhan kapang merata sampai bagian dalam	 Tempe padat dan menyatu, kapang merata	 Tempe padat dan menyatu, kapang merata	 Tempe padat dan menyatu, kapang merata
2.1	A = 20 rpm B = 20 rpm C = 20 rpm	 Pertumbuhan kapang terlihat sudah merata, tetapi masih ada sedikit pertumbuhan kapang yang lebih banyak pada bagian atas.	 Pertumbuhan jamur sudah merata sampai bagian dalam tempe.	 Pada potongan bagian atas terlihat tekstur tempe sudah padat.	 Tempe padat dan menyatu, kapang merata	 Tempe padat dan menyatu, kapang merata
2.2	A = 20 rpm B = 20 rpm C = 20 rpm	 Jamur lebih banyak tumbuh dipermukaan dibandingkan dengan sampel sebelumnya. Pertumbuhan jamur yang banyak dapat dipengaruhi oleh banyaknya ragi yang digunakan.	 Pertumbuhan jamur sudah merata sampai bagian dalam tempe.	 Pada potongan bagian atas terlihat tekstur tempe sudah padat.	 Pada potongan bagian samping sudah terlihat kompak dan menyatu.	 Pada potongan bagian bawah tekstur tempe sudah kompak.
2.3	A = 20 rpm B = 20 rpm C = 20 rpm	 Pertumbuhan kapang terlihat sudah merata, tetapi masih ada sedikit pertumbuhan kapang yang lebih banyak pada satu bagian.	 Pertumbuhan jamur sudah merata sampai bagian dalam tempe.	 Pada potongan bagian atas terlihat tekstur tempe sudah padat.	 Pada potongan bagian samping sudah terlihat kompak dan menyatu.	 Pada potongan bagian bawah tekstur tempe sudah kompak.

No sampel	Kecepatan putar A (kedelai) B (ragi) C (<i>barrel</i>)	Hasil	Patahan tengah	Potongan atas	Potongan samping	Potongan bawah
3.1	A = 30 rpm B = 30 rpm C = 30 rpm	 Pertumbuhan jamur sudah merata di seluruh permukaan tempe.	 Pertumbuhan jamur sudah merata sampai bagian dalam tempe.	 Pada potongan bagian atas terlihat tekstur tempe sudah padat dan tidak ada rongga yang tidak ditumbuhi jamur.	 Pada potongan bagian samping sudah terlihat kompak dan menyatu.	 Pada potongan bagian bawah tekstur tempe sudah kompak.
3.2	A = 30 rpm B = 30 rpm C = 30 rpm	 Pertumbuhan jamur sudah merata keseluruhan permukaan tempe.	 Pertumbuhan jamur sudah merata sampai bagian dalam tempe.	 Pada potongan bagian atas terlihat tekstur tempe sudah padat dan tidak ada rongga yang tidak ditumbuhi jamur.	 Pada potongan bagian samping sudah terlihat kompak dan padat.	 Pada potongan bagian bawah tekstur tempe sudah kompak.
3.3	A = 30 rpm B = 30 rpm C = 30 rpm	 Pertumbuhan jamur sudah merata keseluruhan permukaan tempe.	 Pertumbuhan jamur sudah merata sampai bagian dalam tempe.	 Pada potongan bagian atas terlihat tekstur tempe sudah padat dan tidak ada rongga yang tidak ditumbuhi jamur.	 Pada potongan bagian samping sudah terlihat kompak dan padat.	 Pada potongan bagian bawah tekstur tempe sudah kompak.

Sumber: data eksperimen 2025

Hasil eksperimen seperti ditunjukkan pada tabel 3, pada saat *screw* ragi, *screw* kedelai dan drum *barrel* semuanya berputar pada 10 rpm, dimana jumlah ragi adalah 0,5% terhadap masa kedelai. Dengan tiga kali pengulangan seperti pada nomor 1.1, 1.2, dan 1.3, didapati masih ada ketidakhomogenan campuran yang menghasilkan pengumpulan masa ragi lebih banyak di satu tempat dan lebih sedikit di tempat lain. Distribusi juga masih kurang baik dimana masih terdapat rongga atau bagian yang tidak terkena ragi. Sedangkan pada putaran 20 rpm untuk *screw* ragi, *screw* kedelai dan drum *barrel*, dimana didapatkan proporsi ragi 1% terhadap berat kedelai, masih didapatkan ada ketidakhomogenan dengan pengumpulan ragi di suatu tempat lebih dari tempat lainnya, namun masa rongga atau distribusi yang tidak merata tidak ditemukan lagi. Hal ini diperlihatkan pada nomor sampel 2.1, 2.2, dan 2.3. Untuk sampel 3.1, 3.2, dan 3.3, dengan putaran *screw* ragi, *screw* kedelai dan drum *barrel* sebesar 30 rpm, dimana proporsi ragi adalah 1,4% terhadap berat kedelai, didapatkan distribusi telah merata dan tidak ditemui ketidakhomogenan. Maka 30 rpm dengan proporsi ragi 1,4% terhadap berat kedelai merupakan batas minimum untuk pencampuran yang merata. Pemberian ragi untuk tempe kedelai, dapat menggunakan ragi sampai 0,2% berat kedelai untuk pencampuran manual (Yudiono, 2023). Sedangkan untuk pencampuran dengan mesin membutuhkan ragi sampai 3% berat kedelai (Lio & Nadliroh, 2024). Jadi pemberian ragi dengan mesin membutuhkan proporsi ragi yang lebih banyak. Penggunaan mesin untuk pencampuran ragi ini dapat meningkatkan produktivitas atau mempercepat proses pencampuran sampai 300% (Mindarta dkk, 2022).

4. KESIMPULAN

Mesin mixing kedelai dengan ragi didesain dengan *screw conveyor* penghantar kedelai dan ragi, sedangkan untuk pencampurannya menggunakan *barrel mixer* dengan sudu-sudu untuk mengangkat material. Kapasitas *screw conveyor* menentukan perbandingan campuran

ragi dan kedelai dan untuk *screw* berfungsi untuk menghantar bahan dari *hopper* ke *mixer*. Terdapat perbedaan yang cukup besar antara kapasitas *screw* ragi dan kedelai yang dihitung secara teoritis dengan hasil eksperimen. Hal ini terutama disebabkan sifat “lentur” bahan, yaitu ketika ditekan, bahan dapat masuk rongga satu sama lain, sedangkan perhitungan teoritis mengasumsikan bahan padat dan kaku. Dari eksperimen pencampuran ragi dan kedelai, tempe yang padat dan kapang yang merata dapat dicapai dengan masa ragi 1,4% masa kedelai. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk menganalisis proses pencampuran di dalam *barrel*, bagaimana proses *stretching* dan *folding* yang terjadi untuk mencampur bahan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terima kasih para penulis dengan penuh rasa syukur menyampaikan penghargaan dan mengucapkan terima kasih atas dukungan finansial yang diberikan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi melalui skema Penelitian Fundamental tahun 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Astara, M. S., & Buwono, H. (2025). Analisis Tingkat Homogenitas Pencampuran Pada Mesin Mixing Dengan Menggunakan Metode ANOVA. *Journal of Mechanical Engineering*, 2(2), 9.
- Astawan, M., Prayudani, A. P. G., Haekal, M., Wresdiyati, T., & Sardjono, R. E. (2024). Germination Effects on the Physicochemical Properties and Sensory Profiles of Velvet Bean (*Mucuna pruriens*) and Soybean Tempe. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1383841.
- Azaria, A. K., & Nalhadi, A. (2024). Peningkatan Kualitas Dan Keamanan Produk Tempe Menggunakan Pendekatan Six Sigma Dan Good Manufacturing Practice (GMP). *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 6(2), 142-158.
- Figueroa-Díaz, R. A., Balvantín-García, A. D. J., Diosdado de la Peña, J. Á., Cruz-Alcantar, P., Murillo-Verduzco, I., & Pérez-Olivas, P. A. (2019). Stress Analysis in a Screw Conveyor Axis under a Specific Fault Condition. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(3).
- Gómez-Camacho, C. E., Mollea, C., Mazzarino, I., Ruggeri, B., & Bosco, F. (2022). Repurposing tempeh fermentation: a promising protein source using food residues and edible filamentous fungi. *Chemical Engineering Transactions*, 93, 37-42.
- H.L Biehl, S.A Barringer. (2004). Comparison of the Effect of Powder Properties on Coating Transfer Efficiency and Dustiness in Two Non-electrostatic and Electrostatic Systems. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 5, Issue 2, 191-198.
- Lio, A. A., & Nadliroh, K. (2024). Sistem Mixer Pencampur Ragi Pada Mesin Pembuat Tempe Skala Home Industry. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* (Vol. 8, No. 2, pp. 832-840).
- Mindarta, E. K., Wisnu, A., Thohir, M. A., & Aini, M. K. (2022). Peningkatan Kualitas dan Kuantitas Tempe Melalui Mixing Machine Berbasis Mikrokontroler Arduino Leonardo pada Home Industry di Desa Sumber Pasir Kabupaten Malang. *Jurnal Pengabdian pada Masyarakat Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Terintegrasi*, 7(1), 62-71.
- Rizal, S., Kustyawati, M. E., Astuti, S., Ristiani, D. A., Fatimah, F., Pratiwi, L. D., & Hidayat, R. (2025). Effect of Mosaccha Inoculum on Fungal and Yeast Populations, Sensory Attributes, Antioxidant Activity, and β -glucan Content in Cowpea Tempeh. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 26(6).
- Rizal, S., Kustyawati, M. E., Murhadi, & Hasanudin, U. (2021). The Growth of Yeast and Fungi, the Formation of β -glucan, and the Antibacterial Activities during Soybean Fermentation in Producing Tempeh. *International Journal of Food Science*, 2021(1), 6676042.
- Surya, R., Amalia, N., Gunawan, W. B., Taslim, N. A., Ghafoor, M., Mayulu, N., Hardinsyah, H., Syahputra, R. A., Kartawidjajaputra, F., Rizzo, G., Tjandrawinata, R. R., Subali, D., Kurniawan, R., & Nurkolis, F. (2024). Tempe as Superior Functional Antioxidant Food: From Biomechanism to Future Development of Soybean-based Functional Food. *Pharmacia*, 71, 1-7.
- van Sleuwen, R., Pantaleev, S., & Ebrahimi, M. (2024). Efficient DEM Modeling of Solid Flavor Particle Mixing in a Rotary Drum. *Powder Technology*, 437, 119559.
- Yudiono, K. (2023). Aktivitas Antioksidan, Total Polifenol, Total Flavonoid, dan Sifat Sensoris Inovasi Tempe Kedelai dengan Substitusi Tepung Daun Kelor. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17(4), 746-754.