

INTEGRASI KETEL UAP DAN TUNGKU HEMAT ENERGI PADA AGRO-INDUSTRI TAHU UNTUK MENINGKATKAN AKSES PANGAN RUMAH TANGGA INDUSTRIALIS

INTEGRATION OF STEAM BOILERS AND ENERGY-EFFICIENT FURNACES IN THE AGRO-INDUSTRY OF TOFU TO INCREASE ACCESS HOUSEHOLD FOOD INDUSTRIALIST

Tajidan Tajidan^{1*}, Ibrahim Ibrahim¹, Muhammad Nursan¹

¹Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

*Email penulis korespondensi: tajidan@unram.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak integrasi antara ketel uap dan tungku hemat energi pada agro-industri tahu terhadap penghematan penggunaan bahan bakar sekam dan implikasinya meningkatkan akses pangan bagi rumah tangga industri. Inovasi ini didorong oleh kebutuhan akan efisiensi energi, penghematan bahan bakar, serta peningkatan akses terhadap pangan. Penelitian dilaksanakan di Desa Puyung, Kecamatan Jonggat, Kabupaten Lombok Tengah. Unit sampel terdiri dari 30-unit usaha, terdiri atas 15 unit usaha yang memanfaatkan ketel uap dan 15 unit usaha yang tidak menggunakan ketel uap. Dari 30 unit sampel tersebut, terdapat 10 unit usaha yang menggunakan tungku hemat energi dan 20 unit usaha yang menggunakan tungku non-hemat energi. Analisis dilakukan dengan menggunakan tabel silang, grafik, dan analisis regresi linear berganda. Variabel dependen (Y) dalam penelitian ini adalah biaya bahan bakar sekam per kilogram bahan baku kedelai, sedangkan variabel independen pertama adalah teknologi ketel uap (X_1) dan variabel independen kedua adalah tungku hemat energi (X_2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ketel uap berpengaruh tidak signifikan, sementara penggunaan tungku hemat energi berpengaruh signifikan terhadap penghematan biaya bahan bakar sekam. Penggunaan tungku hemat energi mampu mereduksi biaya bahan bakar sekam, pada gilirannya meningkatkan akses pangan bagi rumah tangga industrialis.

Kata kunci: agroindustri tahu, akses pangan, ketel uap, sekam, tungku hemat energi.

ABSTRACT

This study aims to examine the impact of the integration between steam boilers and energy-efficient furnaces in the agro-industry of tofu on the savings in the use of husk fuel and its implications of increasing food access for industrial households. This innovation is driven by the need for energy efficiency, fuel savings, and increased access to food. The research was carried out in Puyung Village, Jonggat District, Central Lombok Regency. The sample unit consists of 30 business units, consisting of 15 business units that use steam boilers and 15 business units that do not use steam boilers. Of the 30 sample units, there are 10 business units that use energy-efficient furnaces and 20 business units that use non-energy-efficient furnaces. The analysis was carried out using cross tables, graphs, and multiple linear regression analysis. The dependent variable (Y) in this study is the cost of husk fuel per kilogram of control raw materials, while the first independent variable is steaming boiler technology (X_1) and the second independent variable is energy-efficient furnace (X_2). The results of the study showed that the use of steam boilers had a significant effect, while the use of energy-efficient furnaces had a significant effect on the cost savings of husk fuel. The use of energy-efficient furnaces can reduce the cost of husk fuel, in turn increasing access to food for industrialized households.

Keywords: tofu agroindustry, food access, steam boilers, husks, energy-saving furnaces

PENDAHULUAN

Agro-industri tahu merupakan salah satu sektor penting dalam penyediaan pangan berbasis protein nabati di Indonesia (Swamilaksita & Sukandar, 2023). Permintaan terhadap tahu terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan kesadaran masyarakat akan pentingnya konsumsi pangan sehat dan bergizi (Sibuea, 2021); namun proses produksi tahu skala rumah tangga maupun industri kecil masih menghadapi berbagai

tantangan, terutama terkait efisiensi energi, biaya produksi, kualitas produk akhir, dan pengelolaan sumberdaya (Putri et al., 2025).

Tahu merupakan salah satu produk pangan tradisional yang sangat populer di Indonesia dan banyak negara Asia lainnya (Herdhiansyah et al., 2022). Sebagai sumber protein nabati yang berkualitas tinggi, tahu memiliki peran penting dalam pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat. Kandungan protein dalam tahu bahkan hampir setara dengan protein hewani, menjadikannya alternatif yang ekonomis dan sehat bagi berbagai kalangan masyarakat (Mega, 2023). Selain itu, proses pembuatan tahu relatif sederhana dan dapat dilakukan oleh pelaku usaha skala kecil hingga menengah, sehingga industri tahu menjadi salah satu sektor agro-industri yang berkembang pesat dan berkontribusi signifikan terhadap ketahanan pangan nasional (Raihan et al., 2020).

Pada umumnya, proses perebusan kedelai dalam pembuatan tahu masih menggunakan metode tradisional dengan tungku sederhana berbahan bakar kayu (Pradana & Fatoni, 2021). Metode ini memiliki beberapa kelemahan, seperti efisiensi energi yang rendah, konsumsi bahan bakar yang tinggi, serta menghasilkan asap berlebih yang dapat mempengaruhi kualitas dan higienitas tahu. Selain itu, proses pemanasan yang tidak merata dan waktu produksi yang lama menyebabkan kapasitas produksi terbatas dan biaya operasional meningkat. Ketel uap (*steam boiler*) telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi proses perebusan dalam industri tahu. Penggunaan ketel uap memungkinkan pemanasan yang lebih cepat, merata, dan higienis, sehingga kualitas tahu yang dihasilkan lebih baik dan bebas dari bau asap (Sudarman et al., 2015). Selain itu, penerapan ketel uap dapat menghemat waktu produksi, mengurangi konsumsi bahan bakar, serta meningkatkan kapasitas output dan keuntungan usaha (Ramadani et al., 2023). Namun, penggunaan ketel uap saja belum sepenuhnya optimal jika tidak didukung oleh sistem tungku yang efisien.

Inovasi tungku hemat energi, seperti sistem pemisahan kayu bakar dan abu, mampu meningkatkan efisiensi pembakaran hingga 40% dibandingkan tungku konvensional (Hananto & Fahriannur, 2018). Dengan pembakaran yang lebih sempurna, kebutuhan bahan bakar dapat ditekan, emisi asap berkurang, dan lingkungan kerja menjadi lebih sehat. Integrasi antara ketel uap dan tungku hemat energi diharapkan dapat memberikan solusi komprehensif untuk meningkatkan efisiensi produksi, menurunkan biaya, serta menjaga kualitas dan keamanan pangan. Hasil penelitian (Hananto & Fahriannur, 2018) tersebut sejalan dengan hasil penelitian (Suhendi et al., 2022) yang membuktikan bahwa penggunaan kayu bakar sebagai sumber energi mampu menekan biaya produksi 8,87% dibandingkan menggunakan ampas kulit kacang.

Peningkatan efisiensi dan produktivitas melalui integrasi teknologi ini sangat relevan untuk mendukung ketahanan pangan (Ahmad Nasution et al., 2024), khususnya bagi rumah tangga industrialis yang menggantungkan akses pangan dari hasil usaha agro-industri tahu. Dengan demikian, penelitian mengenai integrasi ketel uap dan tungku hemat energi pada agro-industri tahu menjadi sangat penting untuk mendorong inovasi, keberlanjutan usaha, dan peningkatan akses pangan masyarakat secara lebih luas.

Meskipun demikian, agro-industri tahu masih menghadapi sejumlah tantangan, terutama dalam hal efisiensi energi dan kualitas produksi (Ahmad Nasution et al., 2024). Proses perebusan kedelai, yang merupakan tahap penting dalam pembuatan tahu, umumnya masih menggunakan tungku tradisional berbahan bakar kayu atau arang. Metode ini memiliki efisiensi energi yang rendah dan menyebabkan konsumsi bahan bakar yang tinggi, sehingga biaya produksi menjadi lebih mahal. Selain itu, pembakaran kayu yang tidak sempurna menghasilkan asap dan polusi yang dapat mempengaruhi

kualitas tahu, termasuk rasa dan higienitas produk. Kondisi ini juga berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan pekerja di industri tahu.

Ketel uap merupakan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi proses pemanasan dalam industri tahu (Purba, 2023). Dengan menggunakan uap sebagai media pemanas, proses perebusan kedelai menjadi lebih cepat, merata, dan higienis. Hal ini tidak hanya memperbaiki kualitas tahu yang dihasilkan, tetapi juga mengurangi waktu produksi dan konsumsi bahan bakar. Namun, penggunaan ketel uap secara optimal membutuhkan sumber energi yang efisien dan ramah lingkungan agar tidak menimbulkan beban biaya dan dampak lingkungan yang besar.

Di sisi lain, tungku hemat energi merupakan inovasi yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi pembakaran bahan bakar padat seperti kayu (Purba, 2023). Tungku ini mampu mengoptimalkan aliran udara dan pembakaran sehingga menghasilkan panas maksimal dengan konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit. Penggunaan tungku hemat energi dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan polutan lain yang berbahaya (Hananto & Fahriannur, 2018), sekaligus mengurangi biaya operasional bagi pelaku agro-industri tahu. Integrasi antara ketel uap dan tungku hemat energi pada agro-industri tahu menjadi solusi yang potensial untuk mengatasi permasalahan efisiensi energi dan kualitas produk. Dengan menggabungkan kedua teknologi ini, diharapkan proses produksi tahu dapat berjalan lebih efisien, hemat bahan bakar, dan ramah lingkungan. Selain itu, peningkatan kapasitas produksi dan kualitas tahu juga dapat meningkatkan daya saing produk di pasar, sehingga memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar bagi rumah tangga industrialis.

Peningkatan efisiensi dan produktivitas melalui integrasi teknologi ini sangat penting dalam konteks ketahanan pangan nasional. Rumah tangga industrialis yang mengelola usaha tahu skala kecil dan menengah merupakan bagian penting dari rantai pasok pangan lokal. Dengan akses teknologi yang tepat guna, mereka dapat meningkatkan produksi dan kualitas produk secara berkelanjutan. Hal ini tidak hanya membantu memenuhi kebutuhan pangan masyarakat, tetapi juga meningkatkan kesejahteraan pelaku usaha dan mendorong pembangunan ekonomi lokal. Selain aspek ekonomi dan lingkungan, penerapan ketel uap dan tungku hemat energi juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan (Manir et al., 2019). Penggunaan energi yang efisien dan pengurangan emisi polutan sejalan dengan upaya mitigasi perubahan iklim dan pelestarian sumber daya alam (Suyantri et al., 2023). Agro-industri tahu yang ramah lingkungan dapat menjadi model bagi pengembangan industri pangan lain yang berorientasi pada keberlanjutan.

Namun demikian, penerapan teknologi ini juga menghadapi tantangan, seperti kebutuhan modal investasi, pengetahuan teknis, dan adaptasi budaya kerja di kalangan pelaku usaha kecil (Nurmi, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini juga penting untuk mengkaji aspek teknis, ekonomi, dan sosial dari integrasi ketel uap dan tungku hemat energi, serta memberikan rekomendasi implementasi yang tepat dan berkelanjutan. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada penerapan integrasi ketel uap dan tungku hemat energi pada agro-industri tahu skala rumah tangga. Tujuannya adalah untuk mencapai penghematan penggunaan bahan bakar sekam dan meningkatkan akses pangan bagi rumah tangga industrialis. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi tepat guna yang mendukung ketahanan pangan dan pembangunan agro-industri tahu yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Puyung, Kecamatan Jonggat dalam wilayah Kabupaten Lombok Tengah. Pemilihan lokasi secara *purposive sampling* (Fergus et al., 2023) dengan pertimbangan bahwa Desa Puyung merupakan sentra agro-industri tahu di Kabupaten Lombok Tengah.

Unit Sampling

Sebagai unit sampling penelitian adalah usaha agro-industri tahu berskala rumah tangga di desa Puyung. Pemilihan unit sampling dilakukan secara *accidental sampling* (Junita & Mukmin, 2022) karena alasan tidak tersedianya *sampling frame*. Unit sampling terdiri atas 15-unit usaha agroindustry menggunakan ketel uap dan 15-unit sampling non-ketel uap (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah unit sampling agro-industri tahu

Teknologi	Tungku (unit usaha)		Jumlah (unit usaha)
	Hemat Energi	Non-Hemat Energi	
Ketel Uap	7	8	15
Non-Ketel Uap	3	12	15
Jumlah	10	20	30

Pemilihan Responden

Sebagai responden adalah pemilik usaha agro-industri tahu, atau pengelola yang memahami seluruh proses produksi dan pemasaran produk agroindustri tahu (Hanemann et al., 1991).

Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan menggunakan teknik observasi, survey, dan wawancara mendalam (Hanemann et al., 1991). Observasi dilakukan dengan cara pengamatan langsung dan mendokumentasikan proses produksi di lokasi kegiatan usaha. Kegiatan survey dilakukan dengan cara wawancara terstruktur menggunakan kuesioner. Pada kegiatan pengumpulan data dibantu oleh mahasiswa Program Studi Agribisnis pada semester akhir. Mahasiswa yang berperan sebagai surveyor dilatih dan didampingi ketika mengumpulkan data. Wawancara mendalam dilakukan terhadap *key informance* (Adhikari et al., 2021). Key informan adalah pihak yang mengetahui proses produksi, penggunaan bahan dan biaya yang diperlukan, peralatan dan pengorbanan lainnya dalam menghasilkan dan memasarkan produk tahu. Dalam wawancara mendalam menggunakan pedoman wawancara yang telah disiapkan terlebih dahulu.

Variabel dan Pengukuran Variabel

Variabel terdiri atas variabel dependen dan variabel independen (Adhitya et al., 2013). Sebagai variabel dependen adalah biaya bahan bakar sekam dinyatakan dalam satuan rupiah per kilogram bahan baku dengan maksud untuk mengeliminasi pengaruh bahan baku terhadap produksi. Sedangkan variabel dependen terdiri atas penggunaan teknologi ketel uap dan non-ketel uap; teknologi tungku hemat energi dan tungku non-hemat energi. Variabel independen diukur menggunakan *dummy* (nilai satu apabila menggunakan peralatan ketel uap dan/atau tungku hemat energi, bernilai 0 apabila non-ketel uap dan/atau tungku non-hemat energi).

Pengolahan dan Analisis Data

Data diolah menggunakan analisis regresi linear berganda menggunakan SPSS, dilengkapi dengan gambar atau grafik dan tabel silang.

Hipotesis

Ho = Penggunaan ketel uap dan/atau tungku hemat energi berpengaruh tidak signifikan terhadap biaya bahan bakar sekam.

Hi = Penggunaan ketel uap dan/atau tungku hemat energi berpengaruh signifikan terhadap biaya bahan bakar sekam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Varian Ketel Uap dan Tungku Terhadap Biaya Bahan Bakar

Pada Tabel 2 tampak hasil analisis varians (Anova) bahwa variasi data variabel independen berpengaruh terhadap variasi data variabel dependen atas penggunaan teknologi ketel uap dan/atau penggunaan tungku hemat energi, artinya variasi data variabel independen secara bersama-sama berpengaruh terhadap variasi data variabel dependen. Dengan kata lain bahwa variabel ketel uap dan/atau variabel jenis tungku berpengaruh terhadap biaya produksi tahu per kilogram bahan baku kedelai.

Tabel 2. Hasil analisis varians (anova) penggunaan teknologi ketel uap dan hemat energi

No	Model	Sum Squares	df	Mean Squares	F	Sig
1	Regresi	1.090,029	2	545,014	17,988	0,000 ^b
2	Residual	818,060	27	30,298		
3	Total	1.908,089	29			

Sumber: Data Primer Diolah (2025)

Analisis Regresi Parsial

Hasil analisis regresi parsial atas penggunaan ketel uap dan/atau penggunaan jenis tungku menunjukkan bahwa penggunaan ketel uap berpengaruh tidak signifikan terhadap penghematan biaya bahan bakar sekam, sedangkan penggunaan tungku hemat energi menunjukkan pengaruh yang signifikan (Tabel 3). Hipotesis null yang menyatakan bahwa ketel uap berpengaruh tidak signifikan terhadap biaya bahan bakar sekam per kilogram bahan baku kedelai dinyatakan diterima, sementara hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa penggunaan tungku hemat energi berpengaruh signifikan terhadap biaya bahan bakar sekam dinyatakan diterima, dan sebaliknya.

Tabel 3. Hasil analisis regresi penggunaan teknologi ketel uap dan tungku hemat energi

No	Variabel	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	t	Sig
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constanta)	1.277,728	55,639		22,965	0,000 ^S
2	Ketel uap (X ₁)	-9,130	66,265	-0,018	0,138	0,891 ^{NS}
3	Tungku (X ₂)	-406,989	70,285	-0,761	-5,791	0,000 ^S

Sumber: Data Primer Diolah (2025)

Persamaan regresi:

$$Y = 1.277,728 - 9,130 X_1 - 406,989 X_2$$

Keterangan:

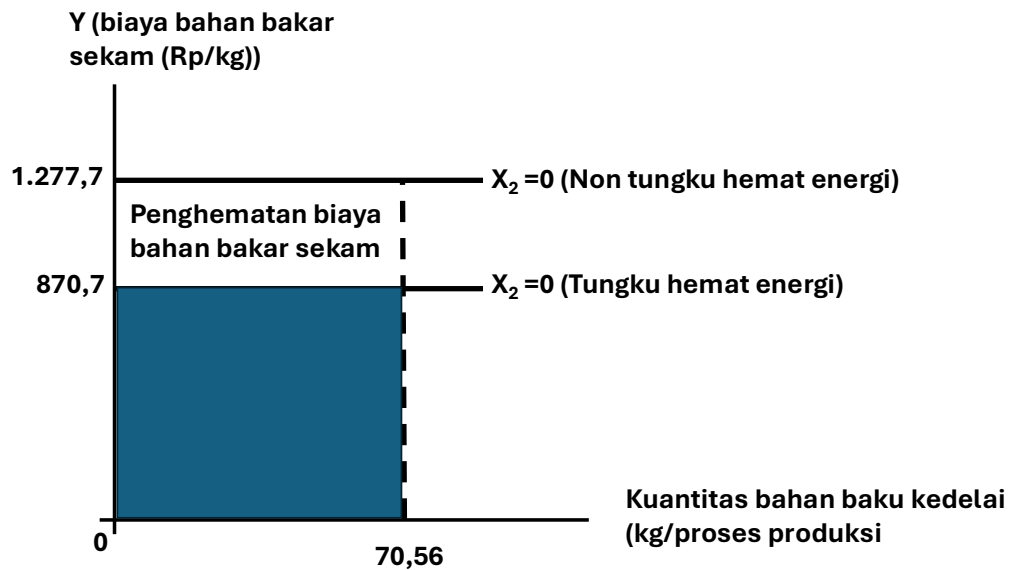
Y = biaya bahan bakar sekam (Rp/kg bahan baku kedelai).

X₁ = teknologi ketel uap/non-ketel uap (variabel dummy).

X₂ = teknologi tungku hemat energi/non-hemat energi (variabel dummy).

Penghematan Biaya Bahan Bakar

Atas dasar hasil analisis regresi pada Tabel 3 dan persamaan regresi dapat digambarkan menggunakan grafik sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik pengaruh teknologi tungku hemat energi terhadap biaya bahan bakar sekam

Grafik pada Gambar 1 tampak bahwa terjadi penghematan biaya bahan bakar sekam per kilogram bahan baku kedelai sebesar Rp 407/kg sebagai akibat dari penggunaan tungku hemat energi. Rata-rata penggunaan bahan baku dalam satu kali proses produksi 70,56 kg, maka penggunaan tungku hemat energi akan menurunkan biaya produksi Rp 28.717,56/proses produksi. Hasil analisis regresi bersesuaian dengan perhitungan matematik pada Tabel 7 yang menunjukkan bahwa penggunaan tungku hemat energi berkontribusi dalam menekan biaya bahan bakar sekam, sehingga perlu dianjurkan kepada para industrialis tahu agar menggunakan tungku hemat energi untuk mengefisiensikan proses produksi.

Hasil analisis pada Tabel 3 bersesuaian dengan perhitungan matematik pada Tabel 4 yang menunjukkan bahwa rata-rata biaya bahan bakar sekam pada penggunaan tungku hemat energi lebih rendah daripada penggunaan tungku non-hemat energi.

Tabel 4. Rata-rata biaya bahan bakar sekam (Rp/kg bahan baku kedelai)

Teknologi	Tungku (Rp/kg bahan baku kedelai)		Marjin biaya (Rp/kg)
	Hemat Energi	Non-Hemat Energi	
Ketel uap	857 (n=7)	1.290 (n=8)	1.087,93
Non-ketel uap	894 (n=3)	1.260 (n=12)	1.186,80
Rata-rata	868 (n=10)	1.272 (n=20)	1.137,37

Sumber: Data Primer Diolah (2025)

Marjin biaya bahan bakar sekam antara penggunaan tungku hemat energi dan tungku non hemat energi relatif lebih besar dibandingkan dengan marjin biaya bahan bakar sekam antara penggunaan ketel uap dengan non ketel uap (Tabel 5). Marjin biaya bahan bakar sekam memperkuat hasil analisis regresi yang membuktikan bahwa variabel ketel uap berpengaruh tidak signifikan (hipotesis null diterima, hipotesis alternatif

ditolak), sementara variabel tungku hemat energi menunjukkan pengaruh yang signifikan (hipotesis null ditolak, hipotesis alternatif diterima).

Hasil penelitian yang menyatakan bahwa penggunaan ketel uap berpengaruh tidak signifikan terhadap biaya bahan bakar sekam inline dengan hasil penelitian (Hanifah et al., 2019) bahwa penggunaan mini boiler dengan biomassa (baik pelet kayu maupun sekam) menghasilkan efisiensi energi penggunaan bahan bakar sekitar 14,03%–25,58%. Selain itu, penggunaan boiler mampu menghemat waktu proses hingga 50–53% dan biaya bahan bakar hingga 44–45% bila dibandingkan dengan pemasakan tradisional.

Tabel 5. Marjin biaya bahan bakar sekam (Rp/kg bahan baku kedelai)

Teknologi	Tungku (Rp/kg bahan baku kedelai)		Marjin biaya (Rp/kg)
	Hemat Energi	Non-Hemat Energi	
Ketel uap	857	1.290	-433
Non-ketel uap	894	1.260	-366
Marjin biaya	-37	30	-67

Sumber: Data Primer Diolah (2025)

Tertolakannya hipotesis alternatif diduga disebabkan oleh penggunaan *double* tungku, yaitu tungku ketel uap terpisah dari tungku pemasakan tahu, sehingga mengakibatkan banyak energi yang terbuang, selain itu sebagian besar dari industrialis menggunakan bahan drum bekas, volume air yang digunakan dalam ketel tergolong besar dibandingkan bahan baku yang digunakan, sehingga terjadi pemborosan energi. Hasil penelitian penggunaan ketel uap yang berpengaruh tidak signifikan terhadap penghematan penggunaan biomassa sekam diduga terjadi karena adanya kebocoran energi panas akibat banyak UMK agro-industri tahu yang belum menggunakan tungku hemat energi. Pada Tabel 1 terlihat bahwa 67% unit UMK agro-industri menggunakan tungku non-hemat energi. Penyebabnya antara lain volume air yang besar berdampak pada kebutuhan kalor lebih banyak untuk mendidihkan air hingga terbentuk uap atau volume air pada ketel belum optimal dibandingkan dengan kebutuhan volume uap yang dibutuhkan sesuai volume bahan baku yang diolah.

Penggunaan ketel uap pada usaha agroindustri tahu di desa Puyung dinilai belum efektif menekan biaya produksi, sebab antara pengusaha yang menggunakan ketel uap ataupun tidak menggunakan ketel uap menunjukkan biaya BBB sekam hampir sama. Hasil ini inline dengan hasil penelitian (Husin et al., 2012) bahwa nilai efisiensi tungku sekam pada berbagai skala uji berada di kisaran 14%–22% untuk penggunaan boiler dan 17%–21% untuk non-boiler, tergantung volume air yang diproses dan teknik pemanasan yang digunakan. Oleh karena itu mencegah kebocoran kalor pada ketel uap dengan menggunakan volume air yang lebih kecil merupakan solusi untuk mengatasi ketidakefisienan ketel uap dalam proses produksi tahu di desa Puyung. Penggunaan bahan drum bekas menjadi permasalahan tersendiri yang perlu dicarikan bahan pengganti yang lebih efektif meningkatkan suhu dan menghemat kebutuhan bahan bakar biomassa.

Kinerja ketel uap dan tungku hemat energi dalam menggunakan sekam padi dapat diperbaiki dengan menggunakan teknik *co-firing* bersama ampas tebu atau cangkang kelapa sawit. Peningkatan efisiensi dari 72% menjadi 75,5%. *Co-firing* ini juga menurunkan konsumsi bahan bakar sekam karena nilai kalor campuran lebih tinggi, serta mengurangi volume ruang bakar. Meski sekam padi memiliki kadar abu yang lebih tinggi, penerapan yang tepat dapat meminimalkan risiko kerusakan seperti *slagging* dan *fouling*. Efisiensi pembakaran sekam padi sangat dipengaruhi oleh kadar airnya. Studi menunjukkan efisiensi terbaik terjadi saat kadar air sekam dipertahankan rendah (sekitar

10-15%), misalnya dengan pengeringan atau pengukusan selama delapan jam sebelum pembakaran. Melakukan pengeringan sekam padi sebelum digunakan dapat mengurangi kandungan air, kandungan air yang tinggi dapat menghambat pembakaran sempurna dan efisiensi panas (Nawafi, 2010).

Penggunaan tungku hemat energi memberikan dampak yang positif dalam menghemat kebutuhan BBB sekam. Bagi pengusaha UMK agroindustri tahu yang menggunakan tungku hemat energi dapat menekan pengeluaran bahan bakar biomassa sebagaimana terlihat pada Tabel 5. Penggunaan tungku hemat energi telah menurunkan BBB sekam sebesar 31,76% sampai dengan 46,54%. Hasil penelitian di desa Puyung menunjukkan bahwa penggunaan tungku hemat energi lebih efisien dari hasil penelitian (Nawafi, 2010) dan (Ridwan, 2012) bahwa efisiensi termal tungku modifikasi berbasis biomassa (termasuk sekam) dapat mencapai 14,7%, jauh lebih tinggi dari tungku tradisional yang hanya sekitar 4,2%. Karena sekam padi berkarakteristik ringan dan mengandung abu tinggi, ketel perlu dirancang dengan sistem pembakaran yang mampu menjaga kestabilan pembakaran. Contohnya penggunaan saringan berupa pelat besi berlubang agar sekam tidak jatuh sebelum terbakar dan meningkatkan laju pembakaran. Namun, laju pembakaran sekam pada ketel mini cenderung lambat sehingga perlu optimasi desain agar kebutuhan uap terpenuhi (Hanifah et al., 2019).

Hasil penelitian (Tabel 5) menunjukkan bahwa penggunaan tungku hemat energi dapat menghemat biaya bahan bakar sebesar Rp 433/kg (50,52%) bahan baku yang dikombinasikan dengan ketel uap, sementara yang dikombinasi dengan non ketel uap dapat menghemat biaya bahan baku sebesar 366/kg (40,94%). Hasil penelitian ini lebih tinggi daripada hasil penelitian Nawafi et al (2010). Sesungguhnya efisiensi ketel uap dan tungku hemat energi tidak bisa dipisahkan, karena kinerja ketel uap ditentukan oleh kinerja tungku secara bersama-sama. Oleh karena itu rancangan ketel uap perlu diselaraskan dengan tungku hemat energi, sebab proses pemasakan tahu memerlukan tahap pemasakan dan tahap penggumpalan. Kedua pemasakan dan penggumpalan tersebut akan lebih efisien apabila menggunakan satu tungku. Pemisahan tungku ketel dengan tungku pemasakan mengakibatkan inefisiensi bahan bakar, karena banyak kalor yang terbuang atau tidak terpakai. Pemisahan tungku ketel dengan tungku perebusan bubur kedelai menjadi salah satu penyebab kurang hemat dalam penggunaan bahan bakar sekam. Hasil studi ini didukung oleh hasil penelitian (Hanifah et al., 2019) dan (Nawafi, 2010) bahwa ketel uap dan perebusan semestinya menggunakan tungku yang sama, karena pemisahan mengakibatkan inefisiensi bahan bakar. Agar dapat menghitung penghematan biaya bahan bakar sekam per proses produksi, maka dibutuhkan data rata-rata penggunaan bahan baku (kg/proses produksi). Pada Tabel 6 disajikan data rata-rata penggunaan bahan baku kedelai.

Tabel 6. Rata-rata penggunaan bahan baku kedelai

Teknologi	Tungku (kg/proses)		Rata-rata (kg/proses)
	Hemat Energi	Non-Hemat Energi	
Ketel uap	85,71	50,00	66,67
Non-ketel uap	54,67	59,83	58,80
Rata-rata	76,40	62,76	70,56

Sumber: Data Primer Diolah (2025)

Menggabungkan data pada Tabel 5 dan Tabel 6 dapat diperoleh hasil perhitungan penghematan biaya bahan bakar sekam per proses produksi (Tabel 7). Dalam satu kali proses produksi, terjadi penghematan biaya bahan bakar sekam akibat penggunaan ketel

uap sebesar Rp 2.466,79; sementara penghematan biaya bahan bakar sekam akibat penggunaan tungku hemat energi sebesar Rp 33.080,20.

Tabel 7. Penghematan biaya bahan bakar sekam (Rp/proses)

Teknologi	Marjin Biaya BBS (Rp/kg)	BB Kedelai (kg/proses)	Penghematan (Rp/proses)
Ketel uap	-37	66,67	-2.466,79
Tungku hemat energi	-433	76,40	-33.081,20
Rata-rata		70,56	

Keterangan: BBS = Biaya Bahan Bakar Sekam, BB = Bahan Baku Kedelai

Sumber: Data Primer Diolah (2025)

Peningkatan Akses Pangan Bagi Rumah Tangga Industrialis Tahu

Menggunakan data sekunder yang bersumber dari Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Nusa Tenggara Barat tahun 2025 bahwa harga beras kualitas medium Rp 11.000/kg, maka dari penghematan biaya bahan bakar sekam diperoleh peningkatan akses pangan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Dampak penghematan biaya bahan bakar sekam terhadap peningkatan akses pangan beras

Teknologi	Penghematan BB Sekam (Rp/proses)	Harga Beras (Rp/kg)	Peningkatan Akses Beras (kg/proses)
Ketel uap	2.466,79	11.000	0,22
Tungku hemat energi	33.081,20	11.000	3,00

Sumber: Data Primer Diolah (2025)

Usaha agroindustri tahu di desa Puyung kecamatan Jonggat tergolong usaha mikro kecil berskala rumah tangga non-formal. Peningkatan akses pangan non signifikan pada penggunaan ketel uap (0,22 kg/proses), sementara peningkatan akses pangan beras pada penggunaan tungku hemat energi signifikan sebesar tiga kg per proses produksi, atau mencapai 72 kg per bulan. Hanya dengan penggunaan tungku hemat energi memungkinkan kebutuhan pangan beras rumah tangga industrialis dapat terpenuhi. Dari aspek teoritis bahwa peningkatan pendapatan dapat meningkatkan akses pangan. Peningkatan pendapatan dapat dilakukan melalui peningkatan nilai produksi dan/atau menurunkan biaya produksi. Penggunaan tungku hemat energi berdampak pada penurunan BBB sekam yang signifikan. Penurunan BBB sekam secara teoritis akan meningkatkan pendapatan sebesar penurunan biaya produksi tersebut.

Akses pangan berkaitan erat dengan kemampuan masyarakat untuk memperoleh pangan dalam jumlah, kualitas, dan harga yang layak (Raihan et al., 2020). Oleh karena itu perbaikan kemampuan ekonomi industrialis merupakan alternatif untuk meningkatkan akses pangan. Hasil estimasi bahwa penghematan pengeluaran BBB sekam dapat meningkatkan akses pangan 3,00 kg beras per proses produksi. Jumlah ini setara dengan 72 kg beras per bulan. Suatu jumlah yang melebihi kebutuhan konsumsi beras per bulan bagi rumah tangga industrialis. Salah satu unsur penting dalam ketahanan pangan adalah akses pangan. Sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Indah et al (2025) bahwa efisiensi teknik dapat memperkuat ketahanan pangan. Efisiensi penggunaan bahan bakar melalui reduksi penggunaan bahan bakar sekam memungkinkan terjadinya peningkatan ketahanan pangan, termasuk peningkatan akses pangan (Indah et al., 2025).

Kemampuan untuk memperoleh, membeli, atau mengakses berbagai produk pangan dari hasil pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, dan atau perikanan memberi indikasi bahwa ketahanan pangan semakin membaik. Kemampuan akses pangan rumah tangga linear dengan pendapatan atau penghasilan rumah tangga (Husni & Rosadi, 2015). Efisiensi biaya termasuk efisiensi biaya bahan bakar berdampak positif terhadap peningkatan pendapatan, pada gilirannya akan meningkatkan akses pangan. Seiring dengan hasil penelitian bahwa penggunaan tungku hemat energi berdampak pada penghematan biaya bahan bakar sekam (Tabel 5). Melalui penghematan biaya bahan bakar sekam memungkinkan bagi rumah tangga industrialis untuk memperbesar akses pangan (Tabel 7 dan Tabel 8).

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian membuktikan bahwa integrasi ketel uap dan tungku hemat energi secara bersama-sama mempengaruhi biaya bahan bakar sekam, namun secara parsial bahwa penggunaan ketel uap berpengaruh tidak signifikan, sedangkan tungku hemat energi berpengaruh signifikan terhadap biaya bahan bakar sekam. Penggunaan tungku hemat energi lebih efisien daripada tungku non-hemat energi. sehingga penggunaan tungku hemat energi dapat menghemat biaya produksi sebesar 40,94% sampai dengan 50,52%, sekaligus meningkatkan akses pangan beras rumah tangga industrialis rata-rata 72 kg per bulan.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji kehilangan energi pada ketel uap dan kombinasi campuran biomassa pada tungku hemat energi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar dan penurunan biaya produksi. Kepada industrialis disarankan agar menggunakan tungku hemat energi dan satu tungku pada seluruh proses pengolahan tahu agar penggunaan bahan bakar lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, J., Timsina, J., Khadka, S. R., Ghale, Y., & Ojha, H. (2021). COVID-19 impacts on agriculture and food systems in Nepal: Implications for SDGs. *Agricultural Systems*, 186, 102990. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2020.102990>
- Adhitya, F. W., Hartono, D., & Awirya, A. A. (2013). Determinants of Agricultural Land Productivity of Food Crop Subsector in Indonesia. *Journal of Development Economics*, 14(1), 110–125.
- Ahmad Nasution, F., Muthmainnah, Asria Nanda, S., Fadliani, Muhammad Ridwan, T., & ZA, N. (2024). Peran Internet Of Thing (Iot) Dalam Perkembangan Teknologi Untuk Petani Garam Tambak Ujung Pusong Jaya. *Jurnal Malikussaleh Mengabdikan*, 3(2), 410–420.
- Fergus, L., Long, A. R., & Holston, D. (2023). Modeling Behavioral Economics Strategies in Social Marketing Messages to Promote Vegetable Consumption to Low-Resource Louisiana Residents: A Conjoint Analysis. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 123(6), 876-888.e1. <https://doi.org/10.1016/J.JAND.2023.01.011>
- Hananto, Y., & Fahriannur, A. (2018). Pembuatan Tungku Hemat Energi dengan Metoda Firewood And Ash Separated System pada Industri Pembuatan Tahu di Kecamatan Sukowono Kabupaten Jember. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 1(1).
- Hanemann, M., Loomis, J., & Kanninen, B. (1991). Statistical Efficiency of Double-

- Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation. *American Journal of Agricultural Economics*, 73(4), 1255–1263. <https://doi.org/10.2307/1242453>
- Hanifah, U., Susanti, N., & Adrianto, D. (2019). Kinerja Mini Boiler Tipe Pipa Api 3 Pass Berbahan Bakar Biomassa Pelet Kayu dan Tempurung Kelapa. *Agritech*, 39(3), 200–206.
- Herdhiansyah, D. ., Reza, Zakir, & Asriani. (2022). Kajian proses pengolahan tahu: studi kasus industri tahu di Kecamatan Kabangka Kabupaten Muna. *Jurnal Agritech*, 24(2), 231–237.
- Husin, A., Irzaman, Juansah, J., Umrih, J., Hendratno, K., & Effendy, S. (2012). Efficiency Energy in Rice Husk Fuel and Wood for *Pleurotus otreatus* Medium Sterilization . *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, , 17(2), 65–69.
- Husni, A., Rosadi, Y. (2015). Ekonomi industri pangan dan kebijakan pendukungnya. *Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis Dan Inovasi*, 10(3), 2015–2029.
- Junita, D., & Mukmin, A. (2022). Pengaruh tingkat pendidikan dan penempatan kerja terhadap kinerja pegawai pada DP3AP2KB Kabupaten Bima. *Jurnal Manajemen*, 12(1), 96. <https://doi.org/10.30738/jm.v12i1.3074>
- Indah, L.S.M., Zakaria, W.A. (2025). Technical Efficiency and Household Food Security of Cassava Farmers in Lampung Province. *Jurnal Ilmu Ilmu Agribisnis: Journal of Agribusiness Science* , 12(1), 201–211.
- Munir, M., Saraswati, S., Faizah, S., & Rifa'i, Y. (2019). Studi kelayakan bisnis dalam aspek lingkungan . *Jurnal Ilmu Ekonomi Islam*, 3(2), 157–171.
- Mega, M. Jalaluddin. Nuriman. H. (2023). Analisis usaha agroindustri tahu di Desa Pantai Kecamatan Kuantan. *JurnalGreen Swarnadwipa*, 12(2), 252–263.
- Nawafi, F. urpita, R.D., Irzaman. (2010). Optimasi Tungku Sekam Skala Industri Kecil Dengan Sistem Boiler. *Berkala Fisika*, 12(3), 77–84.
- Nurmi, L., Qoes, M., Atieq. (2024). Optimalisasi UMKM/Melalui Transformasi Digital Studi Literatur Digitalisasi UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah) di Era Masyarakat 5.0: Strategi dan Faktor. *Manajemen Business Innovation Conference-MBIC*, 7(1), 1050–1077.
- Suyantri, E., Al Idrus, A., Sri Handayani, B., Ayu Lestari, T., *Penanaman Mangrove Di Kawasan Ekowisata Bale Mangrove Poton Bako Lombok Timur*. Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA & Studi Pendidikan Biologi FKIP, P. (2023). <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v6i3.5006>
- Pradana, A., & Fatoni, R. (2021). Kajian Tekno-Ekonomis Pabrik Tahu Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Muhammadiyah Klaten. *Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Muhammadiyah Klaten*, 70–74.
- Purba, J. (2023). Perancangan Boiler Pipa Api Untuk Perebusan Bubur Kedelai Pada Industri Tahu Kapasitas Uap Jenuh 160 Kg/Jam. *Jurnal Perancangan Boiler Pipa Api Untuk Perebusan Bubur Kedelai Pada Industri Tahu Kapasitas Uap Jenuh 160 Kg/Jam* , 1(1), 1–8.
- Putri, I. A. Y., Mubarokah, M., & Widayanti, S. (2025). Strategi Pengembangan Agroindustri Tahu di Desa Tambakagung Puri Mojokerto. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 25(1), 56–64. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v25i1.5659>
- Raihan, R. Z., Kastaman, R., & Tensiska, T. (2020). Menentukan Kondisi Ketahanan Pangan Jawa Barat Wilayah IV Menggunakan Food Security Quotient (FSQ). *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 4(1), 68–76. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2020.004.01.7>
- Ramadani, D. T., Abidin, Z., & Kasymir, E. (2023). Evaluasi kelayakan finansial agroindustri tahu Sutra berdasarkan perbedaan penggunaan metode pembakaran di

- Gunung Salah Way Halim Bandar Lampung . *Jurnal Agristan*, 5(1), 88–98. <https://doi.org/10.37058/agristan.v5i1.7086>
- Ridwan, A. (2012). Design of a Biomass Furnace that is Eco-Friendly and Eco-Friendly on Traditional Wood-Fired Community Stoves. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 3(1), 69–78. <https://doi.org/10.37859/jp.v3i1.151>
- Sibuea. (2021). Study of Benefits Functional Food During Covid-19 Pandemi. *Jurnal Riset Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian (RETIPA)*, 2(1), 83–92.
- Sudarman, Suwahyo, & Soyoto. (2015). Penerapan Ketel Uap (Steam Boiler) pada industri pengolahan tahu untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi. *Sain Teknol: Jurnal Sains Dan Teknologi.*, 13(1), 71–79.
- Suhendi, Ulayya M., Aeni R., Dzahir M., Maulida'ia G., Prapanca Brahmandika I G D., Fitri R L., Sopian E., Wulandari F., Dewik L D., & Zain Moh irawan. (2022). Diversification of Tempe Products into Tempe Chips in East Kalijaga Village. *Journal of Master of Science Education Service at Mataram University* , 5(1), 259–264.
- Swamilaksita, P. D., & Sukandar, D. (2023). Proyeksi Produksi Daging Ayam Ras untuk Memenuhi Kebutuhan Protein Penduduk di Indonesia. *Jurnal Ilmu Gizi Dan Dietetik*, 1(3), 196–203. <https://doi.org/10.25182/jigd.2022.1.3.196-203>