

PENERAPAN KETEL UAP (*STEAM BOILER*) PADA INDUSTRI PENGOLAHAN TAHU UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI DAN KUALITAS PRODUK

Sudarman, Suwahyo, Sunyoto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
Email: drsudarman@yahoo.co.id

Abstrak. Tujuan kegiatan ini adalah untuk merancang dan membuat ketel uap untuk diterapkan pada mitra industri kecil pembuatan tahu. Sebagai tim pelaksana kegiatan ini melibatkan dosen dan mahasiswa Teknik Mesin dengan bidang keahlian yang sesuai dengan kebutuhan lapangan. Pembuatan alat dilakukan melalui tahapan perancangan/pembuatan gambar, perhitungan kekuatan, pembuatan komponen, perakitan, dan uji coba penggunaan alat. Hasil kegiatan ini adalah: (1) Telah dihasilkan satu set ketel uap (*Steam Boiler*) untuk industri tahu yang diterapkan pada industri mitra dan telah berfungsi dengan baik, (2) Ketel uap yang dihasilkan terbukti lebih efisien dan mempunyai banyak kelebihan, antara lain lebih hemat waktu (lebih singkat), hemat biaya (bahan bakar lebih sedikit) dan hemat tenaga dan kapasitas produksi lebih banyak, (3) Tahu yang diproduksi dengan bantuan ketel uap terbukti lebih berkualitas, yaitu rasa tahu lebih enak (tidak sangit) dan lebih higienis, dan (4) Biaya produksi tahu dengan bantuan ketel uap lebih rendah, maka untuk jumlah produksi yang sama akan diperoleh keuntungan yang lebih besar.

Kata kunci: ketel uap, industri tahu, efisiensi, kualitas

PENDAHULUAN

Salah satu produk makanan khas di Jawa Tengah adalah tahu yang diproduksi oleh perajin di kecamatan Badungan, kabupaten Semarang. Perbedaan pokok proses pembuatan tahu di Bandungan dengan tahu daerah lain adalah pada urutan prosesnya. Tahu pada umumnya atau di daerah lain, urutannya adalah: penggilingan-perebusan-penyaringan (ekstraksi panas). Namun pada proses pembuatan tahu di Bandungan, urutannya adalah: penggilingan-penyaringan-perebusan (ekstraksi dingin). Dengan metode ekstraksi dingin, sari kedelai hasil penyaringan memungkinkan dapat dibuat tahu maupun susu kedelai

Proses pembuatan tahu tahapannya cukup panjang dan membutuhkan mesin dan peralatan yang cukup banyak. Mesin yang dibutuhkan seperti mesin pengupas kulit ari serta mesin

penggiling kedelai sudah dimiliki industri mitra. Berdasarkan survei dan wawancara langsung terhadap pengusaha mitra, permasalahan yang dihadapi industri mitra adalah pada tahap perebusan. Pada proses ini masih dilakukan secara tradisional, yaitu perebusan secara langsung dengan bahan bakar kayu. Kelemahan cara ini adalah dapur banyak mengeluarkan asap yang dapat berpengaruh pada rasa tahu (menjadi sangit). Selain itu proses memerlukan waktu lama, dimana setiap proses selalu dimulai dari awal sehingga tidak efisien.

Untuk mengatasi kelemahan perebusan secara langsung di atas dapat dilakukan dengan penerapan ketel uap dimana perebusan dilakukan secara tidak langsung. Kelebihan perebusan dengan ketel uap adalah tahu akan bebas dari bau sangit karena asap proses pembakaran. Hal ini disebabkan tungku/dapur pembakaran ketel uap dapat diletakkan secara terpisah yang jauh dari adonan tahu. Selain itu alat ini lebih higienis, proses pemanasan juga lebih cepat, dan menurut penuturan perajin, rasanya lebih enak.

Ketel uap yang akan dikembangkan dan diterapkan nanti termasuk bagian dari teknologi tepat guna. Teknologi tepat guna (*appropriate technology*) sering disebut teknologi madya (*intermediate technology*), karena harus berada di tengah-tengah di antara ujung-ujung ekstrim yaitu antara teknologi primitif dan teknologi maju. Teknologi ini harus berskala kecil, lebih sederhana dan murah, dan lebih mudah diterapkan, tetapi harus lebih baik daripada teknologi primitif (Sonhaji, 2012:61).

Menurut Sonhaji (2012, 63-64) sebelum menerapkan teknologi tepat guna (TTG) sebaiknya dipilih teknologi dengan beberapa kriteria, antara lain: a) Teknologi yang dipilih harus dapat memenuhi kebutuhan nyata, yaitu dapat langsung dimanfaatkan dan dinikmati masyarakat setempat, b) Teknologi diprakarsai, mendapat partisipasi, meningkatkan kesempatan kerja/berusaha, dan meningkatkan penghasilan masyarakat setempat, dan d) Teknologi harus dapat meningkatkan produktivitas, nilai tambah dan mutu produksi, meningkatkan jumlah dan mutu tenaga manusia, serta menggalakkan inovasi dan kreativitas masyarakat setempat, e) Teknologi tersebut dapat meningkatkan daya guna secara optimal sumber daya alam, peralatan mudah ditangani dan dipelihara masyarakat setempat.

Berdasarkan kriteria di atas, penerapan dan pengembangan ketel uap (*steam boiler*) pada industri pengolahan tahu termasuk bagian dari teknologi tepat guna (TTG). Dalam kegiatan ini diawali dengan pembuatan desain atau perancangan alat TTG. Desain dirancang sedemikian rupa sehingga alat tersebut dapat berfungsi sesuai harapan. Sebagaimana dikemukakan Hurst (2006:4), desain teknik adalah seluruh aktivitas untuk membangun dan mendefinisikan solusi bagi masalah-masalah yang tidak dapat dipecahkan sebelumnya atau dengan cara yang berbeda dari sebelumnya. Perancang teknik menggunakan kemampuan intelektual untuk mengaplikasikan pengetahuan ilmiah dan memastikan produknya sesuai dengan kebutuhan pasar.

Penerapan Teknologi Tepat Guna adalah suatu proses atau rangkaian kegiatan untuk mempercepat alih teknologi dari pencipta atau pemilik kepada pengguna teknologi. Pengembangan

Teknologi Tepat Guna adalah kegiatan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas dalam bentuk desain, fungsi, dan manfaat dari suatu teknologi melalui proses penelitian, pengkajian, uji coba, dan fasilitasi (Lampiran Inpres RI No. 3 Tahun 2001)

Paling tidak terdapat tiga tujuan penerapan TTG, yaitu 1) Mempercepat pemulihan ekonomi, meningkatkan, dan mengembangkan kegiatan usaha ekonomi produktif masyarakat, memperluas lapangan kerja, lapangan usaha, meningkatkan produktivitas, dan mutu produksi, 2) Menunjang pengembangan wilayah melalui peningkatan kualitas sumber daya manusia dan pemanfaatan sumber daya alam secara bertanggung jawab menuju keunggulan kompetitif dalam persaingan lokal, regional, dan global, 3) Mendorong tumbuhnya inovasi di bidang teknologi.

Adapun sasaran penerapan TTG antara lain adalah 1) Masyarakat penganggur, setengah penganggur, putus sekolah, dan keluarga miskin, 2) Masyarakat yang memiliki usaha kecil dan menengah yang dalam pengembangan usahanya membutuhkan teknologi tepat guna, 3) Kawasan pedesaan dan perkotaan yang dalam pengembangan wilayahnya memerlukan teknologi tepat guna, 4) Lembaga/institusi yang secara fungsional menangani inovasi teknologi tepat guna, pelayanan masyarakat di bidang teknologi tepat guna.

Boiler pada dasarnya terdiri dari bungkuan (*drum*) yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air (Muin 1988:8). *Boiler* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu: (1) Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa, maka *boiler* diklasifikasikan menjadi *Boiler* pipa api (*fire tube boiler*) dan *Boiler* pipa air (*water tube boiler*); (2) berdasarkan pemakaiannya, *boiler* dapat diklasifikasikan menjadi *Boiler* stasioner (*stasioner boiler*) atau *boiler* tetap dan *Boiler* mobil (*mobile boiler*), *boiler* pindah atau *portable boiler*; (3) berdasarkan letak dapur (*furnace position*), *boiler* diklasifikasikan menjadi *Boiler* dengan pembakaran didalam (*internally fired steam boiler*), dan *Boiler* dengan pembakaran di luar (*outernally fired steam boiler*); (4) menurut jumlah lorong (*boiler tube*), *boiler* diklasifikasikan menjadi *boiler* dengan lorong tunggal (*single tube steam boiler*) dan *Boiler* dengan lorong ganda (*multitubuler steam boiler*); (5) berdasarkan poros tutup drum (*shell*), *boiler* diklasifikasikan menjadi *Boiler* tegak (*vertical steam boiler*) dan *Boiler* mendatar (*horizontal steam boiler*), seperti *boiler* Cornish, Lancashire, Scotch dan yang lainnya.

Dalam perancangan *boiler* ada beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan agar *boiler* yang direncanakan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang kebutuhan. Faktor yang mendasari pemilihan jenis *boiler* adalah sebagai berikut : kapasitas yang digunakan, kondisi uap yang dibutuhkan, bahan bakar yang dibutuhkan, dan konstruksi yang sederhana.

Proses perebusan bubur kedelai pada industri tahu umumnya masih dilakukan dengan alat konvensional. Proses perebusan dilakukan yaitu dengan menggunakan dandang yang dipanaskan di atas api dengan bahan bakar kayu. Proses perebusan kedelai juga dapat dilakukan dengan menggunakan pemanasan sistem uap. Proses perebusan ini dilakukan di sebuah bak

berbentuk bundar yang dibuat dari semen atau dari logam yang di bagian bawahnya terdapat pemanas uap. Uap panas berasal dari ketel uap atau *boiler* yang dialirkan melalui pipa besi. Bahan bakar yang digunakan sebagai sumber panas adalah kayu bakar. Tujuan perebusan adalah untuk mendenaturasi protein dari kedelai sehingga protein mudah terkoagulasi saat penambahan bumbu. Titik akhir perebusan ditandai dengan timbulnya gelembung-gelembung panas dan mengentalnya larutan/bubur kedelai.

Kelebihan perebusan dengan menggunakan uap panas yang dihasilkan ketel uap antara lain adalah: meningkatkan efisiensi energy, meningkatkan kapasitas produksi, menghindari kerak yang terjadi di bak pemasak, dan menghindari bau sangat pada tahu (Rahayu, 2012: 27).

METODE

Industri mitra dalam pelaksanaan penerapan dan pengembangan TTG ini dipilih melalui survei dan wawancara langsung dengan perajin tahu di Bandungan. Menurut penuturan ketua kelompok (Ibu Subiyati), produsen yang sangat membutuhkan ketel uap adalah Ibu Widari, yang memproduksi tahu merk “Asli”.

Alamat industri mitra kegiatan ini di Desa Banyukuning RT. 04/RW. 04 Kecamatan Bandungan. Industri ini berdiri sejak tahun 2002 dengan jumlah karyawan 14 orang. Manajemen usaha dan pembukuan sudah cukup bagus. Jangkauan pemasaran produk cukup luas dan sebagai pemasok (*supplier*) super market ternama seperti Carrefour, Makro, Lotte Mart, dan super market lain di Jawa Tengah dan Jawa Timur.

Untuk mencapai tujuan yang ditetapkan, dilakukan tahapan kegiatan sebagai berikut: (1) melakukan survei awal pada masyarakat calon pengguna TTG (mitra industri) untuk mendapatkan data awal berupa *need assesment* perangkat teknologi tepat guna yang dibutuhkan masyarakat sebagai dasar untuk merancang desain alat; (2) melakukan perhitungan untuk perancangan alat boiler dengan mengacu pada ASME Section IV; (3) membuat desain tiga dimensi *assembly* di laboratorium Komputer dan CAD/CAM/CAE; (4) berdasarkan gambar tiga dimensi *assembly* yang dibuat maka dilakukan analisis kekuatan struktur dari rancangan alat. Analisis menggunakan metode elemen hingga pada beberapa variasi ketebalan dinding boiler. Analisis ini untuk mendapatkan ketebalan minimum boiler yang aman untuk diwujudkan dalam bentuk produk; (5) desain alat boiler yang telah memenuhi kriteria keamanan selanjutnya dibuat gambar detail (gambar kerja) di laboratorium Komputer dan CAD/CAM/CAE; (6) proses manufaktur komponen-komponen mesin dan rangka berdasarkan gambar detail dan *assembly* di laboratorium permesinan, dan laboratorium pengelasan dan fabrikasi; (6) melakukan proses *assembly* antar komponen di laboratorium pengelasan dan fabrikasi; (7) melakukan uji coba kinerja mesin di laboratoium pengelasan dan fabrikasi; dan (8) Melakukan pengembangan dan penyempurnaan di tempat usaha mitra.

Metode rancangan yang dilakukan untuk percobaan alat boiler meliputi uji kekuatan struktur boiler menggunakan metode finite elemen hingga software CATIA V5, dan melakukan uji coba dengan membandingkan penggunaan dua bahan bakar yang berbeda yakni gas dan kayu bakar, terhadap lama proses dan biaya yang dikeluarkan. Dilakukan juga uji coba kualitas dari penggunaan alat boiler dibandingkan dengan cara memasak model lama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tim pelaksana telah berhasil mewujudkan satu set ketel uap (*steam boiler*) yang telah dipasang pada industri tahu yang dijadikan mitra kegiatan. Satu set ketel uap ini terdiri dari:

- [1]. Tabung boiler tempat air yang dipanaskan dengan ukuran $d = 75$ cm dan $t = 120$ cm.
- [2]. Di dalam tabung boiler terdapat 14 pipa api $d = 2$ inch
- [3]. Di bagian luar bodi tabung dipasang: 1) termometer, 2) manometer, 3) safety valve, 4) pipa penduga air dalam ketel
- [4]. Cerobong asap $d = 15$ cm, $t = 120$ cm
- [5]. Pipa saluran uap $d = 1,5$ inch
- [6]. Dua buah panci tempat memasak bubur kedelai dengan ukuran $d = 80$ cm dan $t = 60$ cm, atau volume = ± 300 ltr
- [7]. Blower udara dengan ukuran pipa $d = 2,5$ inch



Gambar 1. Ketel uap untuk industri tahu yang telah dioperasikan

Tabel 1. Perbandingan produksi tahu cara lama dan baru

Indikator	Cara lama (tanpa ketel uap)	Cara baru (dengan ketel uap)	Keterangan
Volume panci	4 x 100 ltr = 400 ltr	2 x 300 ltr = 600 ltr	50% lebih banyak
Waktu memasak	60 menit	30 menit	50% lebih hemat
Jeda waktu pemasakan	60 menit	20 menit	66% lebih cepat
Jumlah bahan bakar	1 m ³	2/3 m ³	33% lebih hemat
Biaya produksi (bahan bakar)	Rp 75.000,-	Rp 50.000,-	33% lebih hemat
Kualitas tahu	Kemungkinan sangat (bau asap)	Bebas dari sanggit (bau asap)	Kualitas dan rasa lebih enak

Ketel uap yang telah jadi dipasang pada industri mitra dan selanjutnya dilakukan uji coba pemakaian atau produksi tahu dengan panas uap. Berdasarkan uji coba pengoperasian ketel uap, dapat diperoleh data sebagai berikut:

- [1]. Lama pemanasan air pertama kali : 1,5 jam (tek. 2 kg/cm² suhu 120° C)
- [2]. Lama pengaliran uap : 30 menit
- [3]. Lama pemanasan berikutnya : 20 menit
- [4]. Perbandingan produksi tahu antara cara lama dan baru dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa penerapan ketel uap pada industri tahu terbukti lebih efisien dan dapat meningkatkan kualitas tahu. Dapat disimpulkan bahwa ketel uap mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan pemasakan dengan tungku sebelumnya, yaitu:

- [1]. Hemat waktu (lebih singkat),
- [2]. Hemat biaya (bahan bakar lebih sedikit),
- [3]. Hemat tenaga (waktu produksi lebih singkat),
- [4]. Lebih higienis/asap tidak masuk ruang produksi tahu,
- [5]. Kapasitas produksi lebih banyak (vol panci 2 x 300 ltr)
- [6]. Kualitas dan rasa tahu lebih enak (tidak sanggit)

Kegiatan penerapan dan pengembangan teknologi tepat guna (TTG) ini telah selesai dilaksanakan, dan secara umum telah berhasil sesuai dengan target yang telah ditentukan sebelumnya. Keberhasilan kegiatan ini tidak lepas dari aspek pendukung, antara lain dukungan dari industri mitra yang aktif terlibat dalam kegiatan ini sehingga kegiatan ini berjalan lancar. Dukungan lain adalah dari tim pelaksana, teknisi serta sarana-prasarana kegiatan, sehingga tim pelaksana tidak mengalami kendala yang berarti.

Apa yang telah diberikan tim pelaksana diharapkan betul-betul bermanfaat bagi mitra. Tim pelaksana telah berusaha maksimal agar bantuan yang diberikan sesuai dengan kebutuhan, dan peralatan yang diberikan betul-betul berfungsi dengan baik. Keuntungan dapat dilihat dari dua aspek, yaitu materi non materi. Keuntungan materi dapat dilihat dari sejauh mana peningkatan

produksi, kualitas, dan pendapatan. Keuntungan non materi juga penting, antara lain dari pekerjaan yang lebih ringan, waktu luang yang lebih banyak, kepuasan kerja, serta berkurangnya komplain dari konsumen.

Setelah TTG diterapkan, satu hal yang perlu diperhatikan adalah tentang kesinambungan program. Jangan sampai mesin/alat yang telah diberikan hanya dipakai dalam jangka pendek, misalnya mitra tidak mampu memperbaiki kerusakan mesin/alat. Untuk mengantisipasi hal ini, tim pelaksana telah memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan teknis tentang perawatan mesin/alat dan memperbaiki kerusakan ringan. Selain itu tim pelaksana selalu menjalin komunikasi dengan mitra terkait operasional mesin/alat yang telah diberikan, atau permasalahan-permasalahan yang dihadapi mitra.

Penerapan ketel uap pada industri tahu sangat membantu peningkatan produktivitas dan kualitas tahu yang dihasilkan. Walaupun demikian masih terdapat tahapan proses produksi tahu yang memerlukan pengembangan mesin/peralatan agar produktivitas dan kualitas tahu lebih meningkat lagi. Sebagai contoh mitra masih melakukan proses pemerasan bubur kedelai dan pengepresan tahu dengan peralatan sederhana/manual. Melalui pengembangan dan penerapan teknologi tepat guna pada kesempatan lain diharapkan dapat dibuat mesin pemeras dan alat pres tahu yang lebih baik.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kegiatan pengabdian ini telah berhasil sesuai dengan yang diharapkan. Kesimpulan yang dapat diambil adalah: Telah dihasilkan satu set ketel uap (*Steam Boiler*) untuk industri tahu yang diterapkan pada industri mitra (Ibu Widari) dan telah berfungsi dengan baik; Ketel uap yang dihasilkan terbukti lebih efisien dan mempunyai banyak kelebihan, antara lain lebih hemat waktu (lebih singkat), hemat biaya (bahan bakar lebih sedikit) dan hemat tenaga dan kapasitas produksi lebih banyak; Tahu yang diproduksi dengan bantuan ketel uap terbukti lebih berkualitas, yaitu rasa tahu lebih enak (tidak sangit) dan lebih higienis; Biaya produksi tahu dengan bantuan ketel uap lebih rendah, maka untuk jumlah produksi yang sama akan diperoleh keuntungan yang lebih besar.

Saran

Berdasarkan kesimpulan, dapat disampaikan rekomendasi sebagai berikut: Kepada pihak mitra industri tahu supaya memanfaatkan ketel uap dengan sebaik-baiknya dan melakukan perawatan dengan baik sehingga dapat difungsikan secara maksimal; Kepada pihak perguruan tinggi/tim pelaksana supaya tetap melakukan pendampingan dan/atau pemantauan secara berkala

untuk mengetahui kinerja ketel apa atau kendala-kendala yang dihadapi mitra; Kepada pemerintah daerah melalui dinas/instansi terkait supaya ikut memberikan bantuan atau desiminasi teknologi tepat guna ini kepada industri kecil pengolahan tahu yang belum menggunakan ketel uap.

DAFTAR PUSTAKA

ASME Code Section IV

Bruijn LA de dan Muilwijk. 1978. *Ketel Uap*. Jakarta: PT. Bhratara Karya Aksara.

Guideline Book. Catia V5

Hurst, Ken. 1999. *Prinsip-prinsip Perancangan Teknik*. Terjemahan Refina Indriasari. Jakarta: Erlangga.

Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 tahun 2001 tentang Pedoman Pelaksanaan Penerapan dan Pengembangan Teknologi Tepat Guna

Muin, Syamsir A. 1988. *Pesawat-Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)*. Jakarta: Rajawali Pers.

Rahayu, Endang Sutriswati, dkk. 2012. *Teknologi Proses Produksi Tahu*. Yogyakarta: Kanisius

Rayandi, Doni Slamet. 2008. *Panduan Wirausaha Tahu*. Yogyakarta: MedPress

Sonhadji, Ahmad. 2012. *Manusia, Teknologi, dan Pendidikan*. Malang: UM Press