SEMAR
Jurnal Sosial dan Pengabdian Masyarakat

Volume 4 Nomor 3 Tahun 2026
E-ISSN : 2987-0755
DOI : 10.59966/semar.v4i2.2079

PEMBERDAYAAN PENGRAJIN GENTENG KELURAHAN KARANGGENENG BOYOLALI MELALUI IMPLEMENTASI MESIN FURNACE ELEKTRIK MENUJU TRANSFORMASI INDUSTRI RENDAH EMISI BERBASIS ENERGI BARU TERBARUKAN

Mufti Reza Aulia Putra[1], Muhammad Nizam[2], Feri Adriyanto[3], Inayati[4], Warindi[5], Joko Slamet Saputro[6], Miftahul Anwar[7], Agus Ramelan[8], Hari Magfiroh[9], Chico Hermanu Brilianto[10]
Universitas Sebelas Maret, Indonesia
muftireza@staff.uns.ac.id

Diserahkan tanggal 26 Agustus 2025 | Diterima tanggal 03 September 2025 | Diterbitkan tanggal 30 September 2026

Abstract:
The roofing tile industry in Karanggeneng Village, Boyolali Regency, remains dependent on conventional firing systems using firewood, resulting in low thermal efficiency, unstable temperature distribution, inconsistent product quality, and relatively high carbon emissions. These limitations reduce production efficiency and hinder the competitiveness of small-scale roofing tile enterprises. This community service program aimed to empower local roofing tile craftsmen through the implementation of an electric furnace equipped with an insulated heating chamber, multi-level product racks, a controlled electrical heating system, and an operational training program. The program was conducted using a participatory approach consisting of problem identification, system design, prototype fabrication, installation, equipment handover, technical training, operational assistance, and evaluation. The implementation successfully produced an operational furnace prototype that provides more controlled heating conditions while improving craftsmen's understanding of equipment operation, electrical safety, and energy management. The collaboration between Universitas Sebelas Maret and community partners also strengthened knowledge transfer and technology adoption within the local industry. This community service contributes directly to Sustainable Development Goal (SDG) 4 by enhancing community competencies through technical education and training, and SDG 17 by strengthening partnerships among universities, local communities, and stakeholders to support sustainable industrial transformation.

Keywords: *Community Empowerment, Electric Furnace, Roofing Tile Industry, Renewable Energy, SDGs*

Abstrak*:*
Industri genteng di Kelurahan Karanggeneng, Kabupaten Boyolali, masih mengandalkan proses pembakaran konvensional berbahan bakar kayu yang memiliki efisiensi termal rendah, distribusi temperatur yang tidak merata, kualitas produk yang kurang konsisten, serta menghasilkan emisi karbon yang relatif tinggi. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya efisiensi proses produksi dan daya saing industri genteng skala kecil. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan memberdayakan pengrajin genteng melalui penerapan mesin furnace elektrik yang dilengkapi ruang pemanas berisolasi, rak penyusun produk bertingkat, sistem pemanas listrik terkontrol, serta pelatihan pengoperasian alat. Metode pelaksanaan dilakukan secara partisipatif melalui tahapan identifikasi permasalahan, perancangan sistem, fabrikasi prototipe, instalasi, serah terima alat, pelatihan teknis, pendampingan operasional, dan evaluasi kegiatan. Hasil pelaksanaan menunjukkan bahwa mesin furnace berhasil direalisasikan dan siap digunakan sebagai media pemanasan yang lebih terkontrol, sekaligus meningkatkan pemahaman mitra mengenai pengoperasian peralatan, keselamatan kelistrikan, dan manajemen energi. Sinergi antara Universitas Sebelas Maret dan kelompok pengrajin juga memperkuat proses transfer teknologi sehingga meningkatkan kesiapan mitra dalam mengadopsi teknologi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Program pengabdian ini memberikan kontribusi terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) khususnya SDG 4 (Pendidikan Berkualitas) melalui peningkatan kapasitas masyarakat berbasis pelatihan serta SDG 17 (Kemitraan untuk Mencapai Tujuan) melalui kolaborasi antara perguruan tinggi, masyarakat, dan berbagai pemangku kepentingan dalam mendukung transformasi industri yang berkelanjutan.

Kata Kunci*: Pengabdian Masyarakat, Furnace Elektrik, Industri Genteng, Energi Baru Terbarukan, SDGs*

Copyright © 2026, Author
This is an open-access article under the CC BY-NC-SA 4.0



PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri kecil dan menengah memiliki peranan penting dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional, khususnya pada sektor manufaktur berbasis masyarakat. Salah satu industri yang masih bertahan hingga saat ini adalah industri genteng tradisional yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia. Kelurahan Karanggeneng, Kabupaten Boyolali, merupakan salah satu sentra produksi genteng yang telah berkembang secara turun-temurun dan menjadi sumber mata pencaharian utama bagi sebagian masyarakat. Aktivitas produksi dilakukan dalam skala rumah tangga dengan memanfaatkan sumber daya lokal, sehingga keberlangsungan industri ini sangat berpengaruh terhadap kondisi sosial dan ekonomi masyarakat sekitar.

Meskipun memiliki potensi yang besar, proses produksi genteng masih menghadapi berbagai kendala, terutama pada tahap pembakaran. Sebagian besar pengrajin masih menggunakan tungku konvensional berbahan bakar kayu dengan sistem pengendalian temperatur yang dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman operator. Kondisi tersebut menyebabkan distribusi panas di dalam ruang pembakaran tidak merata sehingga menghasilkan kualitas produk yang kurang konsisten. Selain itu, efisiensi termal tungku relatif rendah akibat kehilangan panas yang tinggi, sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih besar dan waktu proses pembakaran menjadi lebih lama. Dampak lainnya adalah meningkatnya emisi gas buang yang berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan dan menurunkan efisiensi proses produksi [1].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem pemanas elektrik dengan pengendalian temperatur yang baik mampu menghasilkan distribusi panas yang lebih seragam dibandingkan sistem pembakaran konvensional [2], [3], [4]. Penggunaan material isolasi termal, elemen pemanas listrik, serta sistem kontrol temperatur memungkinkan proses pemanasan berlangsung secara lebih stabil sehingga mampu meningkatkan kualitas produk sekaligus menekan kehilangan energi [4]. Selain itu, perkembangan teknologi energi baru terbarukan juga membuka peluang penerapan sistem elektrifikasi pada industri kecil sebagai bagian dari transformasi menuju industri rendah emisi.

Namun demikian, adopsi teknologi tersebut pada industri genteng skala kecil masih relatif terbatas. Permasalahan yang dihadapi bukan hanya berkaitan dengan ketersediaan teknologi, tetapi juga rendahnya kapasitas sumber daya manusia dalam mengoperasikan peralatan modern, terbatasnya pengetahuan mengenai manajemen energi, serta minimnya pendampingan dalam proses alih teknologi [5], [6]. Oleh karena itu, diperlukan suatu program pengabdian kepada masyarakat yang tidak hanya menghasilkan inovasi teknologi, tetapi juga mampu meningkatkan kompetensi mitra melalui pelatihan dan pendampingan secara berkelanjutan.

Program Pemberdayaan Pengrajin Genteng Kelurahan Karanggeneng, Boyolali Menuju Transformasi Industri Rendah Emisi Berbasis Energi Baru Terbarukan disusun sebagai salah satu bentuk implementasi hasil penelitian Universitas Sebelas Maret ke masyarakat. Kegiatan difokuskan pada pengembangan dan implementasi mesin furnace elektrik sebagai teknologi tepat guna untuk mendukung proses pemanasan produk genteng secara lebih efisien, aman, dan ramah lingkungan. Selain pengembangan peralatan, program juga mencakup kegiatan serah terima alat, pelatihan pengoperasian, pendampingan teknis, serta penguatan pemahaman mengenai keselamatan kerja dan pengelolaan energi sehingga teknologi yang diterapkan dapat dimanfaatkan secara optimal oleh mitra.

Pelaksanaan program ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas proses produksi, memperkuat kapasitas teknis pengrajin, serta membangun kolaborasi yang berkelanjutan antara perguruan tinggi dan masyarakat. Oleh karena itu, kegiatan ini tidak hanya menghasilkan luaran berupa mesin furnace elektrik sebagai teknologi tepat guna, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 4 (Quality Education) melalui peningkatan kompetensi masyarakat berbasis pelatihan dan transfer teknologi, serta SDG 17 (Partnerships for the Goals) melalui penguatan sinergi antara perguruan tinggi, mitra industri

kecil, pemerintah daerah, dan masyarakat dalam mendukung transformasi industri yang berkelanjutan.

METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan Participatory Action yang menempatkan mitra sebagai subjek utama dalam setiap tahapan pelaksanaan program. Pendekatan ini dipilih agar solusi yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan riil pengrajin, mudah diimplementasikan, serta memiliki keberlanjutan setelah program pengabdian selesai dilaksanakan. Seluruh rangkaian kegiatan dilaksanakan di sentra industri genteng Kelurahan Karanggeneng, Kabupaten Boyolali, melalui sinergi antara tim pengabdian Universitas Sebelas Maret dengan kelompok pengrajin genteng sebagai mitra utama. Metode pelaksanaan kegiatan terdiri atas enam tahapan utama sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan kegiatan diawali dengan proses identifikasi permasalahan melalui observasi lapangan dan diskusi bersama mitra untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi proses produksi yang sedang berlangsung. Kegiatan identifikasi difokuskan pada sistem pembakaran genteng, konsumsi energi, kualitas hasil produksi, serta kesiapan sumber daya manusia dalam menerima penerapan teknologi baru. Hasil observasi menunjukkan bahwa proses pembakaran masih menggunakan tungku konvensional berbahan bakar kayu dengan pengaturan temperatur yang dilakukan secara manual sehingga distribusi panas belum merata dan efisiensi energi masih relatif rendah. Kondisi tersebut menjadi dasar dalam penyusunan solusi teknologi berupa mesin furnace elektrik yang dirancang sesuai karakteristik proses produksi mitra.

Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, dilakukan proses perancangan mesin furnace dengan mempertimbangkan aspek kapasitas ruang pemanas, efisiensi termal, kemudahan pengoperasian, keselamatan kerja, serta kemudahan perawatan. Sistem yang dikembangkan terdiri atas ruang pemanas berisolasi, rak penyusun produk bertingkat, sistem pemanas listrik berbasis elemen heater, panel kontrol, serta sistem ventilasi untuk membantu pemerataan distribusi temperatur [4]. Seluruh rancangan kemudian direalisasikan melalui proses fabrikasi dan integrasi komponen mekanik maupun elektrikal hingga menghasilkan prototipe mesin furnace yang siap digunakan sebagai media proses pemanasan.

Setelah proses fabrikasi selesai, dilakukan pengujian awal terhadap seluruh sistem untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai dengan rancangan. Pengujian meliputi

pemeriksaan panel kontrol, sistem pemanas, fungsi perangkat proteksi, serta respon temperature controller terhadap perubahan temperatur.

Implementasi program dilanjutkan dengan kegiatan serah terima mesin furnace kepada kelompok pengrajin genteng sebagai bentuk alih teknologi dari perguruan tinggi kepada masyarakat. Kegiatan tersebut tidak hanya berupa penyerahan peralatan, tetapi juga dilanjutkan dengan demonstrasi pengoperasian mesin, penjelasan fungsi setiap komponen, prosedur keselamatan kerja, serta tata cara perawatan alat. Selanjutnya tim pengabdian memberikan pelatihan dan pendampingan secara langsung sehingga seluruh peserta memperoleh pengalaman praktik dalam mengoperasikan mesin furnace secara mandiri.

Pada tahap akhir dilakukan kegiatan monitoring dan evaluasi terhadap pelaksanaan program. Evaluasi dilakukan melalui observasi selama proses pelatihan, diskusi dengan mitra, serta penilaian terhadap kesiapan pengrajin dalam mengoperasikan mesin furnace. Selain mengevaluasi aspek teknis, kegiatan monitoring juga difokuskan pada peningkatan pemahaman peserta mengenai keselamatan kerja, pengelolaan energi, dan pemanfaatan teknologi tepat guna sebagai bagian dari upaya modernisasi proses produksi. Hasil evaluasi menjadi dasar penyusunan rekomendasi pengembangan program pada tahap selanjutnya sehingga implementasi teknologi dapat berjalan secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, metode pelaksanaan yang diterapkan dalam kegiatan ini tidak hanya menghasilkan luaran berupa mesin furnace elektrik sebagai teknologi tepat guna, tetapi juga memperkuat kapasitas sumber daya manusia melalui proses transfer pengetahuan dan pendampingan berkelanjutan. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini memberikan kontribusi terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 4 (Quality Education) melalui peningkatan kompetensi masyarakat berbasis pelatihan dan transfer teknologi, serta SDG 17 (Partnerships for the Goals) melalui penguatan kolaborasi antara Universitas Sebelas Maret, kelompok pengrajin genteng, dan berbagai pemangku kepentingan dalam mendukung transformasi industri kecil menuju sistem produksi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

PEMBAHASAN

Pelaksanaan Program Kemitraan Masyarakat (PKM HGR-UNS) dilaksanakan sebagai upaya pemberdayaan kelompok pengrajin genteng di Kelurahan Karanggeneng, Kabupaten Boyolali melalui penerapan teknologi tepat guna berupa mesin furnace elektrik. Kegiatan tidak hanya berfokus pada pengembangan perangkat teknologi, tetapi juga mencakup proses alih teknologi, peningkatan kompetensi sumber daya manusia, serta penguatan kemitraan antara perguruan tinggi dan masyarakat. Pendekatan tersebut diharapkan mampu menghasilkan perubahan yang berkelanjutan terhadap sistem produksi mitra sekaligus meningkatkan kesiapan industri genteng dalam menghadapi transformasi menuju industri rendah emisi.

Berdasarkan tahapan pelaksanaan yang telah dilakukan, hasil kegiatan dapat dikelompokkan menjadi beberapa capaian utama, yaitu fabrikasi mesin furnace, implementasi sistem pemanas, serah terima teknologi, pelaksanaan pelatihan, serta evaluasi dampak kegiatan terhadap mitra.

Kondisi Awal Mitra

Sebelum pelaksanaan program, tim melakukan observasi terhadap proses produksi genteng yang dilakukan oleh mitra. Hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh proses pembakaran masih menggunakan tungku konvensional berbahan bakar kayu. Pengaturan temperatur dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman operator tanpa adanya instrumen pengukuran maupun sistem pengendalian temperatur.

Kondisi tersebut menyebabkan beberapa permasalahan utama, antara lain distribusi panas yang tidak merata di dalam ruang pembakaran, konsumsi energi yang tinggi akibat kehilangan

panas, waktu pembakaran yang relatif lama, serta kualitas hasil pembakaran yang belum seragam. Selain aspek teknis, mitra juga belum memiliki pengalaman dalam mengoperasikan sistem pemanas berbasis listrik maupun memahami konsep dasar manajemen energi dan keselamatan instalasi kelistrikan.

Temuan tersebut menjadi dasar dalam penyusunan solusi pengabdian berupa implementasi mesin furnace elektrik yang lebih efisien, mudah dioperasikan, serta didukung oleh kegiatan pelatihan sehingga teknologi dapat dimanfaatkan secara optimal oleh kelompok pengrajin.

Fabrikasi Mesin Furnace Elektrik

Tahap pertama dalam implementasi program adalah proses fabrikasi mesin furnace sebagai media utama proses pemanasan. Perancangan furnace dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas produksi mitra, kemudahan operasional, efisiensi termal, serta aspek keselamatan kerja.

Konstruksi furnace menggunakan rangka baja yang dipadukan dengan ruang pemanas berlapis material isolasi termal. Penggunaan material isolasi bertujuan untuk mengurangi kehilangan panas selama proses pemanasan sehingga energi yang dihasilkan elemen pemanas dapat dimanfaatkan secara lebih efektif. Selain meningkatkan efisiensi termal, konstruksi tersebut juga meningkatkan keamanan operator karena temperatur permukaan luar furnace menjadi lebih rendah dibandingkan ruang pemanas.



Gambar 2. Hasil Fabrikasi Mesin Furnace

Secara keseluruhan proses fabrikasi telah menghasilkan struktur utama furnace sesuai dengan desain yang direncanakan. Seluruh bagian utama seperti ruang pemanas, pintu furnace, sistem penguncian, dudukan rak, panel instalasi, dan jalur kelistrikan telah berhasil direalisasikan sehingga siap memasuki tahap integrasi sistem.

Pembuatan Rak Pemanas Bertingkat

Salah satu pengembangan utama dibandingkan sistem pemanasan sederhana adalah penggunaan rak penyusun produk bertingkat. Rak dirancang menggunakan konstruksi baja dengan konfigurasi multi-level sehingga mampu meningkatkan kapasitas penempatan genteng dalam satu kali proses pemanasan. Selain mempertimbangkan kapasitas, desain rak juga memperhatikan kemudahan proses loading dan unloading produk.

Rak dilengkapi roda (caster wheel) sehingga operator dapat menarik maupun memasukkan rak ke dalam furnace tanpa harus memindahkan produk satu per satu. Konsep tersebut diharapkan mampu meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi risiko kerusakan produk selama proses pemindahan.



Gambar 3. Rak Penyusun Produk di Dalam Furnace

Selain meningkatkan kapasitas produksi, penggunaan rak bertingkat juga memberikan distribusi posisi produk yang lebih seragam sehingga proses pemanasan dapat berlangsung lebih merata dibandingkan metode penumpukan produk secara konvensional.

Implementasi Sistem Pemanas dan Panel Kontrol

Keunggulan utama mesin furnace yang dikembangkan terletak pada penggunaan sistem pemanas elektrik yang dikendalikan secara otomatis. Sistem pemanas menggunakan empat buah elemen heater dengan total daya sebesar 2 kW. Konfigurasi tersebut dipilih berdasarkan kebutuhan kapasitas ruang furnace sehingga mampu menghasilkan distribusi panas yang lebih merata pada seluruh bagian ruang pemanas. Seluruh elemen pemanas dikendalikan menggunakan temperature controller sehingga operator dapat mengatur temperatur sesuai kebutuhan proses pemanasan.

Sebagai pusat kendali sistem, furnace dilengkapi panel kontrol yang terdiri atas Miniature Circuit Breaker (MCB), Solid State Relay (SSR), indikator operasi, push button, terminal block, emergency stop, serta temperature controller. Konfigurasi tersebut memberikan tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan sistem pemanas sederhana karena seluruh rangkaian telah dilengkapi proteksi terhadap arus lebih maupun gangguan kelistrikan.



Gambar 4. Panel Kontrol Mesin Furnace

Implementasi panel kontrol juga memberikan kemudahan bagi operator dalam melakukan pemantauan kondisi operasi. Seluruh proses pemanasan dapat dikendalikan dari satu titik sehingga pengoperasian menjadi lebih praktis, aman, dan mudah dipelajari oleh pengguna.

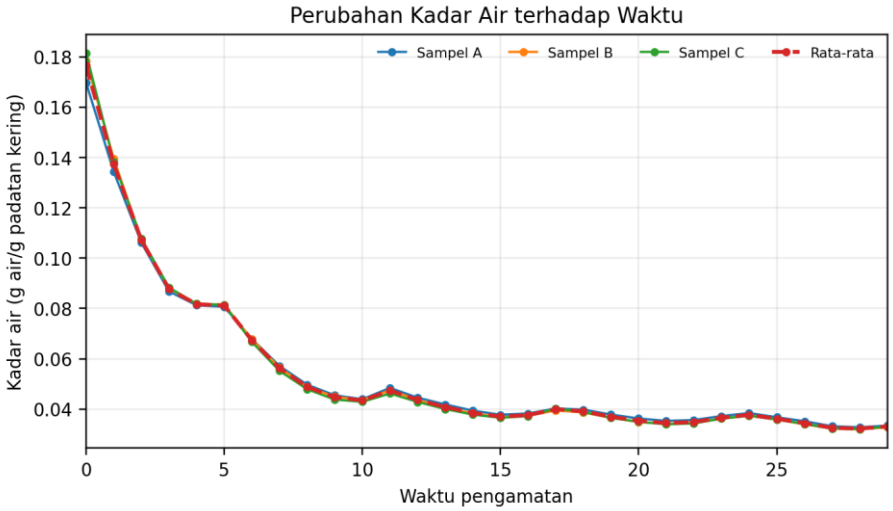
Pengujian dan Evaluasi Karakteristik Material

Pengujian dilakukan untuk memperoleh karakteristrik kadar air material genteng pada beberapa tahaopan sebelum proses pembakaran. Parameter yang dianalisis meliputi massa sampel, massa air yang diuapkan, kadar air basis kering, moiseture ratio (MR), serta kecepatan pengeringan [7], [8]. Data pengujian digunakan sebagai informasi pendukung untuk menentukan kondisi material yang siap memasuki proses pembakaran menggunakan furnace elektrik. Hasil pengukuran pada tiga kondisi material menunjukkan penurunan kadar air rata-rata dari 0,2630 g air/g padatan kering pada kondisi siap cetak menjadi 0,1765 g air/g padatan kering pada kondisi siap jemur dan 0,0746 g air/g padatan kering pada kondisi siap bakar. Dengan demikian, kadar air pada kondisi siap bakar berkuang sebesar 71,64% dibandingkan kondisi siap cetak. Ringkasan hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakteristik Kadar Air Material pada Tahapan Proses

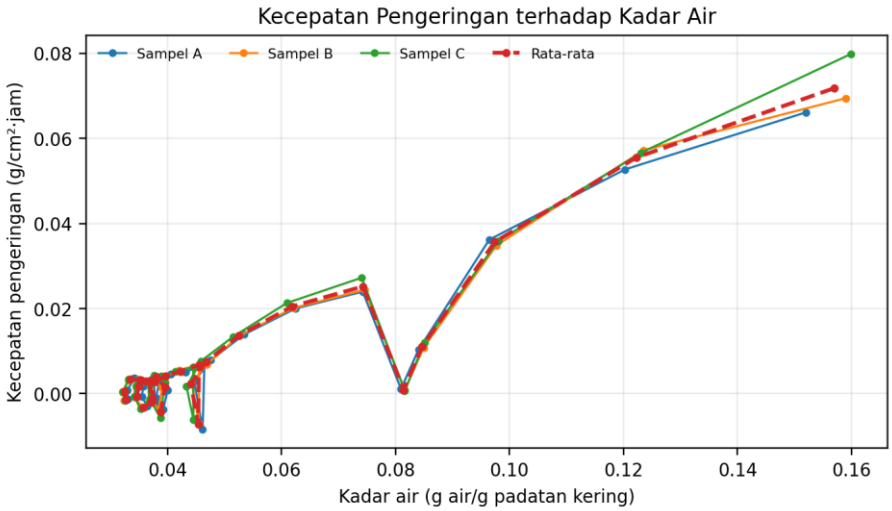
Tahapan Material	Kadar Air Rata-Rata (g air/g Padatan Kering)	Penurunan terhadap Kondisi Siap Cetak
Siap cetak	0,2630	-
Siap jemur	0,1765	32,90%
Siap bakar	0,0746	71,64%

Perubahan kadar air selama waktu pengamatan ditunjukkan pada Gambar 5. Secara umum, kadar air seluruh sampel menurun tajam pada tahap awal pengamatan dan selanjutnya cenderung melandai. Nilai rata-rata turun dari 0,1765 menjadi 0,0331 g air/g padatan kering pada akhir pengamatan. Fluktuasi kecil pada beberapa titik menunjukkan bahwa kondisi lingkungan selama pengamatan masih memengaruhi laju perpindahan massa air dari material.



Gambar 5. Perubahan Kadar Air Sampel terhadap Waktu Pengamatan

Perubahan moisture ratio (MR) pada Gambar 6. Memperlihatkan kecenderungan yang sama. Nilai MR rata-rata berkurang dari 1,000 pada awal pengamatan menjadi sekitar 0,188 pada akhir pengamatan. Penurunan MR menunjukkan bahwa kandungan air relatif terhadap kondisi awal semakin kecil selama proses pengeringan [9].



Gambar 7. Kecepatan Pengeringan terhadap Kadar Air Material

Karakterisasi tersebut merupakan data pendukung kondisi material dan bukan pengukuran langsung performa elemen heater pada furnace. Data ini digunakan untuk memperjelas kondisi material sebelum proses pembakaran, sedangkan pengujian fungsi furnance mencakup pemeriksaan panel kontrol, sistem pemanas, perangkat proteksi dan respons temperatur controler sebagaiman dijelaskan pada metodologi. Dengan demikian, hasil pengujian memberikan dasar kuantitatif dalam menghubungkan kondisi material dengan penerapan teknologi pemanasan yang dikembangkan.

Serah Terima Teknologi kepada Mitra

Salah satu indikator keberhasilan kegiatan pengabdian adalah terlaksananya proses alih teknologi kepada masyarakat. Setelah seluruh proses fabrikasi dan pengujian awal selesai dilakukan, tim PKM HGR-UNS melaksanakan kegiatan serah terima mesin furnace kepada kelompok pengrajin genteng di Kelurahan Karanggeneng.

Kegiatan ini dihadiri oleh tim pelaksana, perwakilan mitra, tokoh masyarakat, serta perangkat kelurahan sebagai bentuk dukungan terhadap implementasi teknologi tepat guna di lingkungan industri kecil.



Gambar 8. Serah Terima Mesin Furnace kepada Mitra

Serah terima tidak hanya bersifat simbolis, tetapi juga menjadi momentum dimulainya proses pemanfaatan teknologi oleh masyarakat. Pada kesempatan tersebut tim menjelaskan fungsi setiap komponen, prosedur pengoperasian, jadwal perawatan, serta rencana pendampingan lanjutan sehingga keberlanjutan program dapat terjaga..

Pelatihan Pengoperasian Mesin Furnace

Keberhasilan implementasi teknologi tidak hanya ditentukan oleh kualitas alat yang dikembangkan, tetapi juga oleh kemampuan pengguna dalam mengoperasikannya. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian dilanjutkan dengan pelatihan teknis kepada seluruh mitra. Materi pelatihan meliputi:

- Pengenalan Sistem Furnace;
- Fungsi Setiap Komponen;
- Prosedur Pengoperasian Panel Kontrol;
- Pengaturan Temperatur;
- Prosedur Keselamatan Kerja;
- Inspeksi Rutin;
- Pemeliharaan Sistem.

Pelatihan dilakukan menggunakan metode learning by doing, yaitu peserta memperoleh penjelasan teori kemudian langsung mempraktikkan pengoperasian mesin furnace di bawah pendampingan tim pengabdian. Pendekatan tersebut memberikan kesempatan kepada peserta untuk memahami hubungan antara teori dan praktik sehingga proses transfer teknologi berlangsung lebih efektif.

Selama pelatihan terlihat antusiasme peserta dalam mempelajari teknologi baru. Sebagian besar peserta menyatakan bahwa sistem kontrol elektrik lebih mudah dipahami dibandingkan yang mereka bayangkan karena seluruh fungsi telah disusun secara sistematis pada panel kontrol.

Dampak Program terhadap Mitra

Pelaksanaan program memberikan beberapa dampak positif terhadap kelompok pengrajin. Dari aspek teknologi, mitra memperoleh mesin furnace yang mampu mendukung proses pemanasan secara lebih terkontrol dibandingkan sistem konvensional. Keberadaan panel kontrol dan sistem pengaturan temperatur memberikan kemudahan dalam mengoperasikan alat sekaligus meningkatkan aspek keselamatan kerja.

Dari aspek sumber daya manusia, pelatihan yang diberikan berhasil meningkatkan pengetahuan mitra mengenai prinsip kerja sistem pemanas elektrik, prosedur pengoperasian, keselamatan instalasi listrik, serta pentingnya pengelolaan energi dalam proses produksi.

Selain itu, kegiatan ini juga memperkuat hubungan antara perguruan tinggi dan masyarakat melalui proses pendampingan yang berkesinambungan. Mitra tidak lagi hanya menjadi penerima bantuan peralatan, tetapi terlibat secara aktif mulai dari identifikasi kebutuhan, proses fabrikasi, pengujian, hingga evaluasi teknologi. Pendekatan partisipatif tersebut diharapkan mampu meningkatkan rasa memiliki terhadap teknologi yang telah dikembangkan sehingga peluang keberlanjutan program menjadi lebih besar..

Kontribusi terhadap Sustainable Development Goals (SDGs)

Program pengabdian ini memberikan kontribusi nyata terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 4 (Quality Education) dan SDG 17 (Partnerships for the Goals).

Kontribusi terhadap SDG 4 diwujudkan melalui kegiatan pelatihan, transfer teknologi, pendampingan operasional, serta peningkatan kapasitas kelompok pengrajin dalam memahami teknologi pemanas berbasis listrik. Proses pembelajaran dilakukan secara langsung melalui praktik pengoperasian sehingga peserta memperoleh kompetensi baru yang dapat diterapkan dalam kegiatan produksi sehari-hari.

Sementara itu, implementasi SDG 17 tercermin dari terbentuknya kemitraan yang kuat antara Universitas Sebelas Maret dengan kelompok pengrajin genteng, pemerintah setempat, serta berbagai pihak yang mendukung pengembangan teknologi tepat guna. Kolaborasi tersebut

menjadi fondasi penting dalam mempercepat adopsi inovasi hasil penelitian ke masyarakat sekaligus memperkuat keberlanjutan program pengabdian.

Lebih jauh, pengembangan mesin furnace elektrik juga membuka peluang integrasi dengan sistem energi baru terbarukan pada tahap pengembangan berikutnya sehingga mendukung transformasi industri genteng menuju sistem produksi yang lebih efisien, modern, dan rendah emisi [6], [10].

SIMPULAN

Program Pengabdian kepada Masyarakat melalui kegiatan Pemberdayaan Pengrajin Genteng Kelurahan Karanggeneng, Boyolali Menuju Transformasi Industri Rendah Emisi Berbasis Energi Baru Terbarukan telah berhasil dilaksanakan melalui penerapan teknologi tepat guna berupa mesin furnace elektrik yang dirancang sesuai dengan kebutuhan mitra. Kegiatan tidak hanya menghasilkan luaran fisik berupa mesin furnace yang telah melalui proses perancangan, fabrikasi, pengujian, dan implementasi, tetapi juga menghasilkan proses alih teknologi yang didukung dengan pelatihan dan pendampingan sehingga mitra memiliki pemahaman yang lebih baik mengenai pengoperasian peralatan, keselamatan kerja, serta pemeliharaan sistem.

Pendekatan partisipatif yang diterapkan selama pelaksanaan kegiatan memungkinkan mitra terlibat secara aktif mulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi program. Keterlibatan tersebut meningkatkan penerimaan terhadap teknologi yang diimplementasikan serta memperkuat kesiapan pengrajin dalam mengadopsi inovasi untuk mendukung proses produksi yang lebih efisien, aman, dan ramah lingkungan. Selain memberikan solusi terhadap permasalahan teknis pada proses pemanasan, program ini juga memperkuat kapasitas sumber daya manusia melalui transfer pengetahuan dan peningkatan kompetensi dalam pemanfaatan teknologi berbasis energi listrik.

Kolaborasi antara Universitas Sebelas Maret, kelompok pengrajin genteng, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan lainnya menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan implementasi program. Sinergi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan teknologi tepat guna tidak hanya memerlukan inovasi teknis, tetapi juga kemitraan yang berkelanjutan agar teknologi dapat dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini memberikan kontribusi terhadap transformasi industri genteng skala kecil menuju sistem produksi yang lebih modern dan berkelanjutan. Program ini juga mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 4 (Quality Education) melalui peningkatan kapasitas masyarakat berbasis pelatihan dan transfer teknologi, serta SDG 17 (Partnerships for the Goals) melalui penguatan kolaborasi antara perguruan tinggi, masyarakat, dan berbagai pemangku kepentingan dalam mendorong penerapan inovasi teknologi bagi pembangunan yang berkelanjutan.

Sebagai tindak lanjut, diperlukan kegiatan pendampingan secara berkelanjutan untuk mengevaluasi performa mesin furnace dalam penggunaan jangka panjang, mengidentifikasi peluang peningkatan efisiensi energi, serta mengembangkan integrasi dengan sistem energi baru terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [6]. Selain itu, model pemberdayaan yang diterapkan pada kegiatan ini berpotensi direplikasi pada sentra industri genteng lainnya sebagai salah satu strategi percepatan transformasi industri kecil menuju sistem produksi yang lebih efisien, rendah emisi, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Fil'ardiani, N. U., Sunarto, & Sunarhadi, M. A. (2025). Aksi mitigasi dan inventarisasi emisi pada sentra industri genteng di Kampung Iklim Demakan, Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo. Indonesian Journal of Environment and Disaster, 4(2).

[2] Putra, M. R. A., Nizam, M., Tjahjana, D. D. D. P., Arifin, Z., Lenggana, B. W., & Inayati, I. (2022). Analysis of Heat Generation on Unipolar Axial Eddy Current Brake Disc and Its Effect on Braking Performance. World Electric Vehicle Journal, 13(10), 180.

[3] Putra, M. R. A., Tjahjana, D. D. D. P., Nizam, M., Arifin, Z., Lenggana, B. W., & Inayati, I. (2023). Axial Unipolar Eddy Current Brake Performance Characteristics Against Heat Increase in Rotor. Automotive Experiences, 6(1), 14–22.

[4] Balli, L., Hlimi, M., Achenani, Y., Atifi, A., & Hamri, B. (2024). Experimental study and numerical modeling of the thermal behavior of an industrial prototype ceramic furnace: Energy and environmental optimization. Energy and Built Environment, 5(2), 244–254.

[5] International Organization for Standardization. (2023). ISO/PAS 50010:2023: Energy management systems—Energy management guidance for net zero energy. Geneva: ISO

[6] International Energy Agency. (2024). Energy efficiency policy toolkit 2024: From Versailles to Nairobi. Paris: IEA.

[7] Da Silva, R., Santos, R. S., Diniz, D. D. S., Facundo, E. A., de Souza Neto, V. F., Chaves, F. S., Dantas, R. R., & Silva, G. B. M. (2024). Behavior evaluation of the fluid dynamics of a drying process to obtain roof tiles. Revista Foco, 17(2), e4367.

[8] Nait-Ali, B., Alzina, A., Lauro, N., & Smith, D. S. (2024). Perspectives in drying of ceramics. Open Ceramics, 17, 100554.

[9] Briesta, L., Wagner, R., Tretau, A., Tsotsas, E., & Vorhauer-Hugeta, N. (2022). Microwave-assisted drying of clay roof tiles. Drying Technology, 40(9), 1804–1818.

[10] Nizam, M., Warindi, Adriyanto, F., Anwar, M., Ramelan, A., Saputro, J. S., Putra, M. R. A., Maghfiroh, H., & Inayati, I. (2023). Design optimization of standalone PV-battery system for LED street lighting in Magetan, Indonesia. E3S Web of Conferences, 465, 02051.