

Perbaikan Kualitas Genteng Menggunakan Simulasi Untuk Peningkatan Penjualan Pada Home Industri Desa Winong, Kec. Maospat, Kab. Magetan

Aladdin Hidayatullah Jurjani^{1*}, Yudha Adi Kusuma¹, Halwa Annisa Khoiri¹.

¹Teknik Industri, Universitas PGRI Madiun, Kota Madiun, Jalan AURI No 14-16, 63117

Corresponding Autor : aladdin_2105103006@mhs.unipma.ac.id

Abstrak

Produksi genteng di Desa Winong, Kecamatan Maospati, Kabupaten Magetan memiliki masalah utama dalam proses produksi yaitu tingginya angka cacat produk yang disebabkan oleh proses pembakaran yang kurang optimal. Cacat produk genteng berdampak pada menurunnya kualitas dan nilai jual produk. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kualitas produksi genteng guna mendorong peningkatan penjualan. Fokus utama diarahkan pada proses pembakaran sebagai tahap kritis dalam produksi genteng. Metode simulasi sistem dinamis digunakan untuk memodelkan dan mengoptimalkan parameter pembakaran seperti suhu, durasi, aliran udara, dan efisiensi bahan bakar. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan dan wawancara terhadap 54 pengusaha genteng sebagai sampel dari total 116 unit usaha. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pengendalian suhu antara 900–1000°C, pengaturan waktu pembakaran 12–24 jam, serta penggunaan bahan bakar yang optimal mampu secara signifikan mengurangi kecacatan produk berupa retak, pecah, dan gompal. Implementasi hasil simulasi ini terbukti meningkatkan mutu genteng dan berdampak langsung pada peningkatan volume penjualan. Penelitian merekomendasikan penerapan simulasi sistem dinamis sebagai strategi perbaikan berkelanjutan pada industri genteng skala kecil.

Kata kunci: Simulasi sistem dinamis, kualitas genteng, proses pembakaran, home industri, peningkatan penjualan

Abstract

Roof tile production in Winong Village, Maospati District, Magetan Regency has a major problem in the production process, namely the high number of product defects caused by a less than optimal firing process. Roof tile product defects have an impact on decreasing the quality and selling value of the product. This study aims to improve the quality of roof tile production to encourage increased sales. The main focus is directed at the firing process as a critical stage in roof tile production. The dynamic system simulation method is used to model and optimize firing parameters such as temperature, duration, air flow, and fuel efficiency. We collected data through field observations and interviews with 54 roof tile entrepreneurs, selected from a total of 116 business units. The simulation results show that temperature control between 1000°C, setting the firing time for 12–24 hours, and optimal fuel use can significantly reduce product defects in the form of cracks, breaks, and chips. We have proven that implementing these simulation results enhances the quality of roof tiles and directly boosts sales volume. The study recommends the application of dynamic system simulation as a strategy for continuous improvement in the small-scale roof tile industry.

Keywords : *system dynamics simulation, tile quality, firing process, home industry, sales improvement*

PENDAHULUAN

Keberadaan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) di Indonesia mempunyai

peran penting dalam pembangunan ekonomi nasional. Potensi yang dimiliki oleh suatu daerah memiliki kontribusi serta dampak bagi

perekonomian nasional. Diantara banyaknya UMKM yang tersebar di wilayah Indonesia, ada UMKM pengrajin genteng yang mampu meningkatkan pendapatan daerah (A. Wulandari & Prihandani, 2022).

Produksi genteng merupakan salah satu industri yang bisa mendukung pembangunan infrastruktur di Indonesia, khususnya industri genteng pada Desa Winong, Kecamatan Maospati, Kabupaten Magetan. Genteng berkualitas tinggi tidak hanya berpengaruh pada keawetan bangunan, tetapi juga dapat meningkatkan daya tarik pasar dan penjualan produk secara keseluruhan. Namun, banyak produsen genteng menghadapi tantangan signifikan dalam menjaga kualitas produk, yang sering kali mengakibatkan menurunnya proses penjualan dikarenakan berkurangnya kepuasan pelanggan (Hussain et al., 2021).

Industri genteng Desa Winong merupakan industri kecil kerajinan yang dijalankan sejak tahun 1943. Para pengrajin genteng secara rutin memproduksi genteng dengan menggunakan teknik tradisional yang diwariskan secara turun-temurun. Bahan baku lokal dimanfaatkan secara optimal untuk mempertahankan kualitas produk genteng. Hasil produksi genteng kemudian diedarkan ke berbagai wilayah sekitar untuk memenuhi kebutuhan pembangunan rumah dan gedung (Utami, 2020).

Berkembangnya home industri pembuatan genteng khususnya di Desa Winong, mengharuskan *home industry* tersebut menjaga dan meningkatkan kualitas produk genteng yang baik agar tetap produktif dan kompetitif di pasar. Namun proses produksi genteng yang masih dilakukan secara tradisional menimbulkan berbagai permasalahan yang berdampak pada kualitas produk. Salah satu permasalahan utama yang sering terjadi adalah tingginya tingkat kecacatan genteng yang dihasilkan, khususnya akibat proses pembakaran yang tidak optimal. Industri rumah tangga produksi genteng Desa Winong menghadapi tiga jenis cacat yaitu cacat retak, cacat pecah, dan cacat gompal/tidak rata. Ketiga kategori cacat tersebut dinyatakan cacat karena genteng yang diproduksi tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan sehingga genteng yang cacat tersebut tidak dapat dipasarkan atau diperjual belikan (Khairunisa & Aviasti, 2023).

Perencanaan komposisi bahan baku dapat dilakukan melalui desain eksperimen, namun metode ini memiliki kelemahan karena memerlukan waktu yang cukup lama dan berulang. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini menggunakan metode simulasi sebagai strategi alternatif. Penggunaan Metode simulasi merupakan strategi yang tepat karena mengadaptasi suatu sistem dinamis dengan bantuan perangkat lunak komputer yang dilandasi dengan asumsi tertentu sehingga perilaku dari sistem tersebut dapat dipelajari secara ilmiah (Wulandari et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses pembakaran genteng yang berlangsung saat ini dengan pendekatan metode simulasi. Melalui pemodelan sistem menggunakan perangkat lunak simulasi, peneliti menggambarkan alur proses, mengidentifikasi titik-titik kritis penyebab cacat, dan menguji berbagai skenario perbaikan. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan rekomendasi teknis yang bisa diterapkan langsung di lapangan untuk meningkatkan efisiensi proses pembakaran, menurunkan tingkat cacat produksi, serta menghasilkan produk genteng yang lebih berkualitas dan konsisten. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kualitas produk berbanding lurus dengan peningkatan penjualan (Andrianto & Prasetyo, 2023)

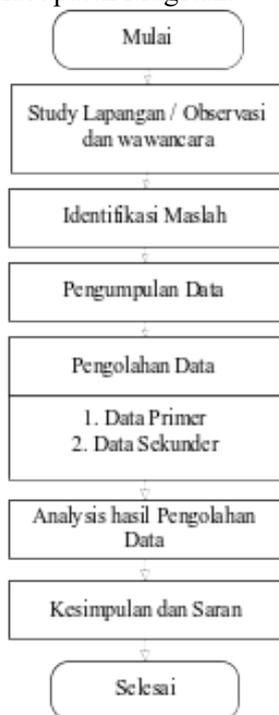
METODE

Penelitian ini dilakukan pada *home industry* produksi genteng di Desa Winong, Kecamatan Maospati, Kabupaten Magetan. Subjek penelitian ini adalah pengrajin genteng di Desa Winong. Objek penelitian ini adalah hasil produksi genteng. Gambar 1 menjelaskan peta lokasi penelitian dengan jumlah lokasi penelitian sebanyak 116 *home industry* pengrajin genteng.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan sistematis dimulai dengan kajian pustaka yang berperan untuk memberikan landasan teori yang kuat, mengidentifikasi celah penelitian yang ada, serta membandingkan temuan-temuan sebelumnya dengan hasil penelitian yang ingin dilakukan dalam mencapai tujuan yang diinginkan (Priyono et al., 2021). Gambar 2 menjelaskan proses penelitian yang berada di *home industry* Desa Winong, Kecamatan Maospati, Kabupaten Magetan.



Gambar 2. Proses penelitian

Pada Penelitian pengrajin genteng di Desa Winong data yang dibutuhkan adalah Data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara yang dilakukan oleh peneliti di

Desa Winong, sementara data sekunder diperoleh dari artikel, jurnal ilmiah, dan kantor desa (Amalia & Purnomo, 2024). Data Primer meliputi data jenis-jenis cacat pada genteng dan data penyebab kecacatan genteng (Dewi & Ummah, 2020).

Observasi lapangan menggunakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan mengamati secara langsung dan wawancara terkait kondisi nyata di lokasi penelitian (Supriyadi & Rahayu, 2022). Populasi dalam penelitian ini mencakup semua pengusaha genteng yang ada di Desa Winong, Kecamatan Maospati, Kabupaten Magetan, dengan total sebanyak 116 industri genteng. Pada penelitian Usman (2021) menggunakan rumus slovin untuk penentuan sampel pada penelitian. Rumus slovin untuk menentukan sampel dapat diketahui pada Persamaan 1.

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \tag{1}$$

$$n = \frac{116}{1 + 116(0,1)^2} = 53,7037037$$

Keterangan :

- n = Ukuran sampel/ jumlah responden
- N = Ukuran Populasi
- e = Pesentase kelonggaran ketelitian kesalahan pengambilan sampel.

Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 54 responden pengusaha genteng di Desa Winong Kecamatan Maospati Kabupaten Magetan dengan persentase kesalahan yang dapat digunakan adalah 10%. Teknik pengambilan sampel penelitian ini menggunakan *probability sampling*. Peneliti memberikan kesempatan kepada seluruh populasi pengusaha genteng untuk dipilih sebagai sampel secara acak. Sampel diambil dengan teknik Insidental, yaitu dengan memilih sampel berdasarkan kebetulan, siapa saja yang ditemui peneliti dapat dijadikan sampel dan sumber informasi yang relevan (Amalia & Purnomo, 2024).

Tujuan dari kajian pustaka dan observasi lapangan dalam penelitian ini adalah untuk membangun landasan teori yang kuat, mengidentifikasi celah dalam penelitian sebelumnya, serta memberikan informasi/data mengenai berbagai faktor apa saja yang

mempengaruhi kualitas dan efisiensi produksi genteng (Priyono et al., 2021). Hasil dari observasi lapangan digunakan sebagai penunjang dalam pengumpulan data. Dengan demikian, data hasil observasi lapangan dapat menjadi dasar yang kuat untuk melakukan analisis lebih lanjut dan merumuskan rekomendasi perbaikan dalam proses produksi genteng. Secara garis besar tahapan-tahapan yang dilakukan diantaranya yaitu Rencana penelitian, Study lapangan, pengumpulan data, analisis data, dan pengolahan data (Arifin & Sari, 2021).

Perbaikan kualitas hasil proses produksi genteng menggunakan metode simulasi. Proses simulasi dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pertama pengumpulan data lapangan yang meliputi waktu proses, suhu pembakaran, tingkat cacat produk, dan kapasitas produksi per sesi pembakaran. Kedua Pemodelan sistem, yaitu membuat model visual proses produksi genteng dengan fokus pada aktivitas pembakaran. Ketiga Validasi model yaitu mencocokkan hasil simulasi awal dengan kondisi nyata di lapangan untuk memastikan model merepresentasikan sistem aktual. Keempat skenario percobaan, yaitu menguji berbagai kombinasi variabel seperti waktu pembakaran, suhu, dan volume muatan dalam tungku untuk menemukan konfigurasi optimal. Kelima, Analisis hasil simulasi, untuk mengidentifikasi penyebab utama cacat dan merekomendasikan rekomendasi teknis yang aplikatif.

Peneliti menggunakan metode observasi lapangan dan survei kuantitatif sebagai pendekatan utama untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat produk genteng di Desa Winong. Peneliti memilih metode simulasi karena metode ini mampu menggambarkan sistem produksi secara ilmiah dan efisien dengan bantuan perangkat lunak komputer. (Heryana, 2024). Peneliti menyarankan agar penelitian selanjutnya menambahkan pendekatan kualitatif, seperti wawancara mendalam dengan pengrajin atau pemilik industri, untuk memperoleh wawasan yang lebih detail mengenai proses produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

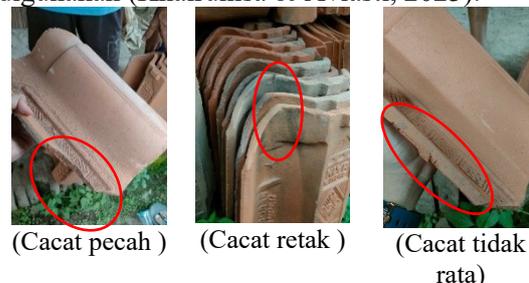
Pembahasan pada hasil penelitian ini berasal dari proses produksi genteng yang ada di Desa Winong, Kecamatan Maospati,

Kabupaten Magetan. Proses pembuatan genteng terbagi menjadi lima proses yaitu proses pencampuran bahan baku, proses percetakan/pembentukan, proses pengeringan, proses pembakaran, proses pendinginan yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses produksi genteng

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengukuran hasil produksi. Hasil produksi genteng tidak selalu bagus sehingga ada potensi cacat/defect pada produk genteng. proses produksi yang tidak terlalu bagus perlu ada kajian agar cacat/defect dapat dikurangi dengan semaksimal mungkin. Dari hasil produksi genteng mulai dari proses pencampuran bahan baku hingga proses pengeringan/pendinginan ditemukan 3 jenis cacat genteng, yaitu cacat retak genteng, cacat pecah genteng, dan cacat genteng tidak rata seperti gambar 4 dibawah ini. Ketiga kategori cacat tersebut dinyatakan tidak layak karena produk genteng yang dihasilkan tidak memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Genteng dengan kondisi cacat tidak dapat dipasarkan atau diperjualbelikan karena bentuk dan strukturnya tidak memenuhi persyaratan sebagai material bangunan yang aman, kuat, dan tahan lama, sehingga dapat membahayakan konstruksi jika tetap digunakan (Khairunisa & Aviasti, 2023).



Gambar 4. Cacat pada genteng

Tujuan pengambilan topik dari permasalahan *home industry* produksi genteng

di atas yaitu untuk memberikan teknik penyelesaian bagi pelaku usaha untuk mencapai perencanaan komposisi bahan baku yang tepat, guna menghasilkan produk genteng yang memenuhi kriteria. Peningkatan kualitas genteng pada proses produksi sering berfokus pada beberapa aspek utama yaitu proses pencampuran bahan baku, proses percetakan, dan optimasi proses pembakaran (Ardiansyah, 2024).

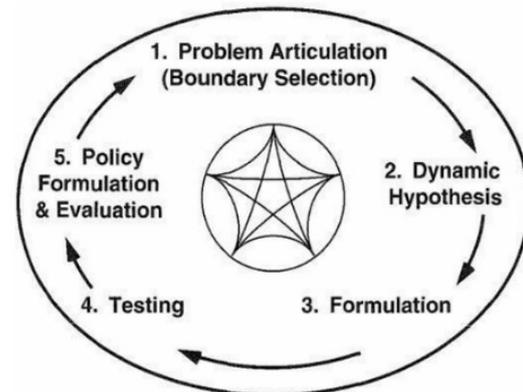
Ketiga aspek utama dalam perbaikan proses produksi di atas dengan keterbatasan waktu dan biaya penulis berfokus pada proses pembakaran yang akan disimulasikan. Peningkatan kualitas genteng pada proses pembakaran paling direkomendasikan dalam simulasi karena proses ini merupakan tahap kritis yang menentukan sifat fisik akhir genteng, seperti kekuatan, ketahanan udara, dan homogenitas warna (Pujiyanto et al., 2022).

Peningkatan kualitas genteng pada proses pembakaran dapat dilakukan dengan mengoptimalkan perpindahan panas dan parameter pembakaran melalui simulasi sistem dinamis. Oleh karena itu, perbaikan kualitas genteng dengan menggunakan simulasi sistem dinamis memungkinkan pemodelan proses pembakaran secara menyeluruh dengan mempertimbangkan variabel-variabel kritis seperti suhu, waktu pembakaran, dan cara penyusunan genteng pada tungku pembakaran (Tugino, 2021).

Simulasi ini membantu mengidentifikasi titik-titik optimasi yang dapat mengurangi cacat seperti retak dan porositas, meningkatkan homogenitas warna, serta memperbaiki kekuatan genteng secara keseluruhan (Putri & Soares, 2020). Perencanaan komposisi bahan baku dapat dilakukan melalui desain eksperimen, namun metode ini memiliki kekurangan karena memerlukan waktu yang cukup lama dan berulang. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini digunakan metode simulasi. Penggunaan Metode simulasi merupakan strategi yang tepat karena mengadaptasi suatu sistem dinamis dengan bantuan perangkat lunak komputer yang dilandasi dengan asumsi tertentu sehingga perilaku dari sistem tersebut dapat dipelajari secara ilmiah (A. C. Wulandari et al., 2023)

System Dynamic pertama kali dibangun dan disusun oleh Jay W. Forrester dalam

sebuah proyek di Massachusetts Institute of Technology (MIT) pada tahun 1956. Sistem dinamis menggambarkan sebuah sistem yang selalu berubah sepanjang waktu secara terus menerus. Menurut Erma Suryani (2023) dalam bukunya yang dikutip dari Sterman (2000), terdapat 5 tahapan yang dilakukan dalam mengembangkan model sistem dinamik. Kelima dalam tersebut ada pada Gambar 5. Penjelasan lebih lanjut adalah sebagai berikut



Gambar 5. Tahapan sistem dinamis

1. *Problem Articulation* (masalah awal)

Artikulasi Masalah dalam sistem dinamis adalah tahap awal dalam pengembangan model yang fokus pada pendefinisian dan pemahaman secara jelas terhadap permasalahan yang akan diselesaikan. Pada tahap ini, konteks masalah diidentifikasi secara rinci kemudian batasan masalah dijelaskan agar tujuan pemodelan yang ditetapkan dapat membangun model yang relevan dan efektif (Buyang & Buyang, 2021).

Pendekatan pada sistem dinamis memiliki masalah awal pada proses pembakaran. Proses pembakaran yang tidak optimal dapat mempengaruhi kualitas genteng yang dihasilkan. Suhu pembakaran yang tidak sesuai dapat menyebabkan genteng mengalami. Selain itu, waktu pembakaran yang tidak sesuai dan distribusi panas yang tidak merata di dalam tungku juga dapat meningkatkan risiko terjadinya cacat pada produk genteng. Oleh karena itu, pengendalian suhu, durasi waktu, dan pemerataan panas dalam proses pembakaran sangat penting untuk meminimalkan jumlah cacat produk agar

genteng memenuhi standar kualitas yang ditetapkan (Ulfah & Mora, 2024).

Jenis bahan bakar yang digunakan dalam proses pembakaran genteng berpengaruh terhadap kualitas genteng. Bahan bakar yang menghasilkan panas tidak tinggi, dapat menyebabkan kurangnya pemancaran suhu panas dalam tungku yang mengakibatkan genteng tidak matang merata dan berpotensi cacat. Oleh karena itu, pemilihan bahan bakar yang sesuai menjadi faktor penting dalam mengurangi cacat pada produk genteng. Permasalahan pada proses pembakaran yang dihadapi UMKM *home industry* Desa Winong dapat dianalisis dengan menggunakan diagram sebab-akibat (*causal loop diagram*). Diagram ini menggambarkan hubungan umpan balik positif dan negatif antar variabel, sehingga memudahkan pemahaman bagaimana perubahan pada satu variabel dapat mempengaruhi variabel lain dan keseluruhan sistem (Hidayat & Kusno, 2023).

2. *Formulating a dynamics hypothesis*

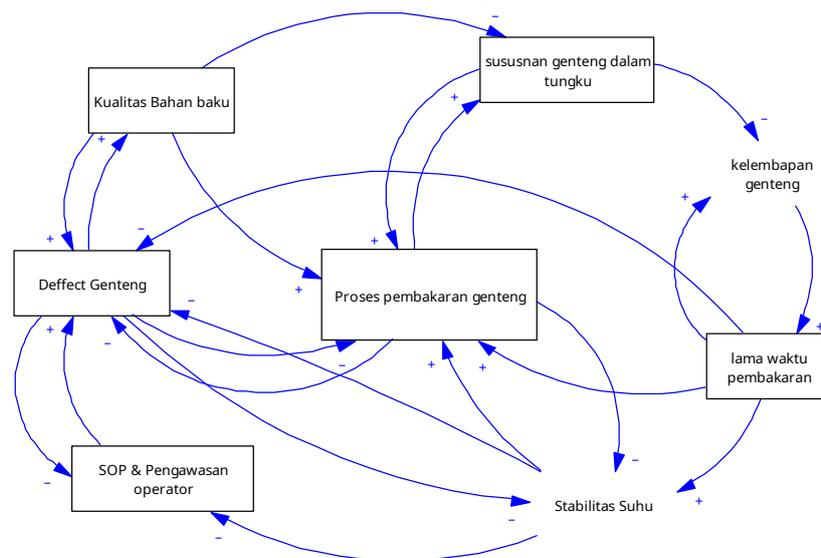
Perumusan hipotesis dalam sistem dinamis adalah tahap penyusunan hipotesis awal yang menjelaskan interaksi dan perilaku dinamis dari variabel-variabel yang terlibat dalam suatu sistem. Tahapan ini melibatkan pemetaan struktur sebab-akibat menggunakan alat seperti *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram* untuk menggambarkan dinamika sistem secara konseptual sebelum dilakukan pemodelan matematis dan simulasi lebih lanjut (Suryani et al., 2020).

Penelitian ini mengidentifikasi variabel-variabel penting yang terlibat dalam sistem pembakaran genteng. Selanjutnya, peneliti menyusun hubungan sebab-akibat antar variabel seperti suhu pembakaran, waktu pembakaran, dan konsumsi bahan bakar

yang digunakan. struktur umpan balik (*feedback loops*) yang terjadi dalam sistem, baik yang bersifat memperkuat (*reinforcing*) maupun menyeimbangkan (*balancing*). Semua kegiatan tersebut juga dilakukan dengan bantuan alat pemodelan seperti *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram* untuk membantu sistem secara sebelum kejadian lebih lanjut (Suryandaru et al., 2024).

Causal loop diagram merupakan alat bantu pemodelan yang digunakan untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar variabel dalam suatu sistem. Diagram ini menunjukkan bagaimana perubahan pada satu variabel dapat mempengaruhi variabel lain secara langsung atau tidak langsung. Peneliti menggunakan diagram ini untuk mengidentifikasi pola umpan balik dalam sistem pembakaran, baik yang memperkuat proses (*reinforcing loop*) seperti peningkatan suhu yang mempercepat pembakaran, maupun yang menyeimbangkan (*balancing loop*) seperti pengaturan aliran udara untuk menjaga suhu tetap stabil (Syahputra, 2021).

Pada tahap ini hipotesis pada sistem dinamis dirancang berdasarkan teori dan pengamatan awal mengenai hubungan sebab-akibat. Simulasi awal menjelaskan bahwa proses pembakaran genteng sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan baku, stabilitas suhu, susunan genteng dalam tungku, dan SOP serta pengawasan operator. Ketika suhu pembakaran tidak stabil dan kelembaban genteng tinggi, maka akan mempengaruhi waktu pembakaran menjadi tidak efisien sehingga dapat meningkatkan risiko cacat genteng seperti genteng yang retak, pecah, atau gompal/tidak rata (Suryani et al., 2023). *Causal loop diagram* pada proses pembakaran dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Causal loops diagram proses pembakaran genteng

Gambar 6 menjelaskan bahwa pengendalian suhu, pengawasan operator, dan pengaturan waktu pembakaran adalah faktor kritis dalam meminimalisir defect genteng. Suhu pembakaran yang tepat sangat penting untuk memastikan kualitas genteng yang optimal. Penelitian oleh Linda Selvianingrum (2023) menunjukkan bahwa suhu pembakaran sebesar $>900^{\circ}\text{C}$ dapat menghasilkan genteng dengan warna merah bata, tanpa retakan, tekstur halus, dan tidak ada lengkungan. Hal ini menandakan bahwa suhu yang stabil dan sesuai dapat mengurangi cacat pada genteng (Selvianingrum et al., 2023).

Waktu pembakaran yang tepat memastikan bahwa genteng matang secara merata. Pada penelitian Santi dan rekanya (2023) menjelaskan bahwa pengaturan waktu pembakaran yang tepat dengan durasi dan laju pemanasan yang sesuai dapat mengurangi risiko cacat seperti retakan atau lengkungan, sehingga dapat menghasilkan produk dengan kekuatan mekanik yang baik serta daya serap air yang rendah (Santi et al., 2023).

3. Formulating a simulation model

Merumuskan model simulasi merupakan langkah awal dalam membangun representasi matematis atau komputasional dari sistem nyata untuk memahami perilaku dan interaksi antar komponennya. Dalam konteks

pembakaran genteng, model simulasi digunakan untuk merepresentasikan proses termal dan kimiawi yang terjadi selama pembakaran, dengan tujuan untuk memprediksi dan mengoptimalkan hasil akhir seperti kualitas genteng, efisiensi energi/waktu, dan konsumsi bahan bakar.

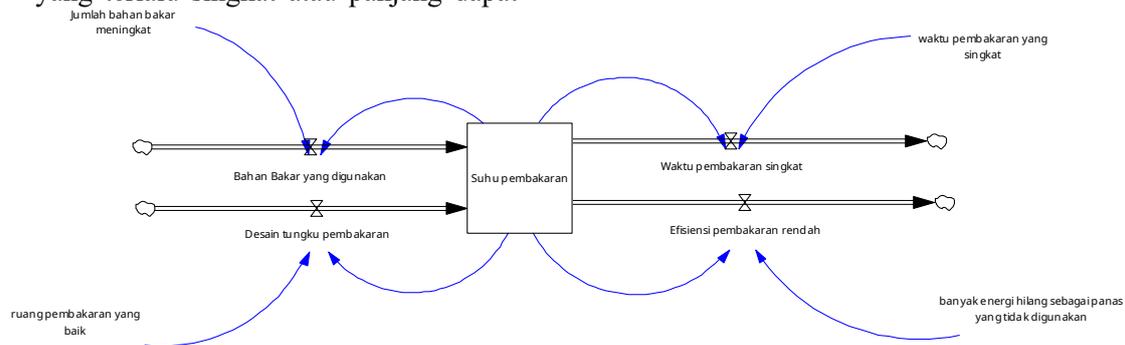
Pembakaran genteng merupakan proses kompleks yang melibatkan banyak variabel, seperti suhu, waktu pembakaran, jenis dan jumlah bahan bakar yang digunakan. Karena hubungan antar variabel tersebut bersifat dinamis dan saling mempengaruhi, maka diperlukan suatu model simulasi untuk mengidentifikasi variabel-variabel penting, mengetahui bagaimana variabel tersebut saling berinteraksi, memprediksi hasil pembakaran berdasarkan parameter tertentu (Trisnanto et al., 2024).

Model simulasi ini sangat berguna karena dapat mengurangi biaya eksperimen fisik, mempercepat proses perbaikan sistem, dan memberikan gambaran lebih akurat terhadap skenario berbeda tanpa harus melakukan uji coba langsung. *Stock and flow digram* mengenai simulasi model pada variabel-variabel yang mempengaruhi proses pembakaran genteng terdapat pada Gambar 7 tentang suhu pembakaran optimal. Gambar 8 tentang Waktu

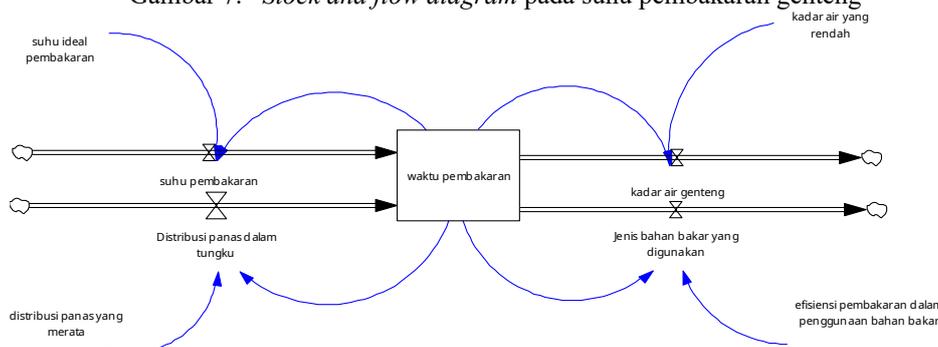
pembakaran. Gambar 9 tentang bahan bakar yang digunakan.

Gambar 7 menunjukkan bahwa untuk menghasilkan produk dengan kualitas optimal, perlu adanya kontrol yang baik terhadap suhu dan waktu selama proses pembakaran. Suhu yang tidak sesuai dan waktu pembakaran yang terlalu singkat atau panjang dapat

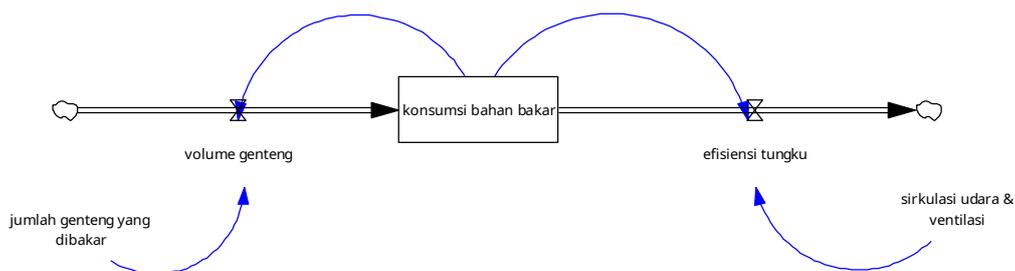
menyebabkan cacat seperti retak atau perubahan warna pada genteng. Oleh karena itu, penting bagi produsen untuk memiliki sistem pemantauan dan pengendalian suhu serta waktu yang terintegrasi dan akurat agar proses pembakaran dapat berlangsung secara optimal (Sarjono & Widiyanto, 2021).



Gambar 7. Stock and flow diagram pada suhu pembakaran genteng



Gambar 8. Stock and flow diagram waktu pembakaran genteng.



Gambar 9. Stock and flow diagram konsumsi pembakaran genteng

Gambar 8 menjelaskan tentang waktu pembakaran genteng yang dipengaruhi oleh dua variabel utama, yaitu suhu pembakaran dan kadar air genteng. Suhu pembakaran ditentukan oleh distribusi panas dalam tungku. Pendistribusian panas dalam tungku yang merata dapat mencapai nilai suhu ideal dan waktu pembakaran menjadi efisien. Di sisi lain, kadar air genteng dipengaruhi oleh jenis bahan bakar yang digunakan. Jenis penggunaan bahan

bakar yang tepat pada Gambar 9 dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan kadar udara dalam genteng, sehingga waktu pembakaran menjadi lebih optimal (Yusuf & Supriyadi, 2020). Oleh karena itu, efisiensi pembakaran berpengaruh terhadap penggunaan energi dan kualitas hasil produksi. Dari penjelasan diatas variabel yang disimulasikan terdapat pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Pemetaan variabel dalam simulasi

No	Variabel	Parameter	Sumber
1	Suhu pembakaran	900-1000°C (optimal untuk vitrifikasi)	Linda Selvianingrum (2023)
2	Waktu pembakaran	12-24 jam (tergantung bahan bakar)	Santi dkk (2023)
3	Efisiensi pembakaran/konsumsi bahan bakar	7-10 rit kayu (1 rit = 600 kg)	Torchinskij & Andreev (2020)

Tabel 1 menjelaskan perbaikan kualitas genteng pada proses pembakaran genteng. Peneliti Linda Selvianingrum (2023) menetapkan bahwa suhu pembakaran optimal untuk proses vitrifikasi berada pada rentang 900 hingga 1000°C. Santi dan rekan (2023) menyebutkan bahwa waktu pembakaran berkisar antara 12 hingga 24 jam, tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Sementara itu, Torchinskii & Andreev (2020) meneliti bahwa efisiensi pembakaran dapat dipengaruhi oleh jumlah rit kayu bakar yang digunakan dalam proses pembakaran (Yana et al., 2022)

Ketiga variabel tersebut sangat penting untuk dianalisis dalam simulasi karena berpengaruh langsung terhadap kualitas, jumlah, dan efisiensi hasil produksi genteng yang dibakar. Dengan pengaturan yang tepat terhadap parameter-parameter ini, proses pembakaran dapat berlangsung lebih efisien dan menghasilkan genteng berkualitas lebih baik (Munikhah et al., 2022).

4. Testing

Pengujian dan uji coba dalam simulasi merujuk pada proses evaluasi dan verifikasi terhadap model atau sistem yang telah dibuat untuk memastikan bahwa sistem tersebut berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dalam simulasi sistem dinamis bertujuan memvalidasi keakuratan model dan memastikan hasil simulasi sesuai dengan perilaku nyata proses pembakaran genteng. Proses pengujian (*testing*) pada simulasi sistem dinamis melibatkan validasi model dengan membandingkan hasil simulasi dengan data eksperimen atau data aktual dari proses pembakaran (Taryana et al.,

2023). Setelah dilakukan simulasi uji coba pada stock and flow diagram, hasil dari simulasi adalah grafik yang ada pada Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12.

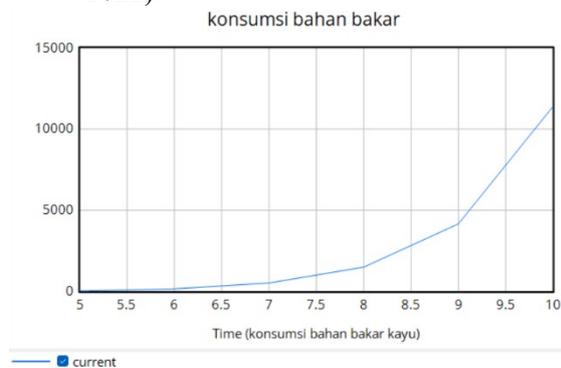
Grafik pada Gambar 10 menunjukkan hubungan antara suhu pembakaran (sumbu X) dan jumlah genteng yang dibakar (sumbu Y). Dalam grafik tersebut, sumbu X merepresentasikan jarak suhu pembakaran optimal yang berada antara 900°C hingga 1000°C, sedangkan sumbu Y menunjukkan jumlah genteng yang dibakar pada tiap suhu tersebut, dengan angka yang berkisar dari 0 hingga lebih dari 7500 satuan. Grafik hasil simulasi pada gambar 10 memperlihatkan tren peningkatan linier pada proses pembakaran genteng dari waktu ke waktu, mencerminkan sistem yang stabil dan terkontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan variabel-variabel kunci dalam proses pembakaran dapat menghasilkan peningkatan kualitas dan kuantitas produksi secara simultan seperti halnya proses pembakaran genteng pada tungku dengan jumlah genteng 7000 dengan suhu 900°C dapat menghasilkan produk yang optimal (Kartika et al., 2020).



Gambar 10. Simulasi pada suhu pembakaran

Grafik pada Gambar 11 menunjukkan hubungan antara waktu pembakaran (sumbu X) yang diukur dalam satuan jam, dan jumlah genteng yang dibakar (sumbu Y). Dalam grafik ini, sumbu X mencakup rentang waktu dari 12 hingga 24 jam, sementara sumbu Y menggambarkan jumlah genteng yang dibakar, dengan kisaran dari 0 hingga lebih dari 15.000 unit. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa semakin banyak

jumlah genteng yang dibakar, maka waktu pembakaran meningkat secara linier. Hal ini menandakan bahwa proses pembakaran berlangsung secara stabil dan bertahap, dimulai dari jam ke-12 hingga jam ke-24 (Rizky et al., 2022).



Gambar 11. Simulasi pada waktu pembakaran

Kesimpulan dari Grafik pada Gambar 11 adalah waktu antara jam ke 12 hingga jam ke 22–24 merupakan waktu yang efektif dan efisien, karena terjadi peningkatan suhu yang signifikan tanpa penurunan performa. Jika pembakaran dilakukan di bawah waktu tersebut, kemungkinan genteng belum matang sempurna; sedangkan jika terlalu lama, dapat menyebabkan pemborosan bahan bakar atau bahkan overfire (genteng pecah) (Ajis et al., 2020). Setelah pengujian hasil dari waktu dan suhu pada pembakaran, yang terakhir adalah konsumsi bahan bakar yang digunakan. Gambar 12 merupakan grafik hasil simulasi pada konsumsi bahan bakar pembakaran genteng.

Grafik pada Gambar 12 menunjukkan konsumsi bahan bakar yang digunakan dalam proses pembakaran genteng. Sumbu X merepresentasikan jumlah kayu yang digunakan dalam proses pembakaran, dengan satuan yang meningkat dari 5 ritt kayu hingga 10 ritt kayu. Sementara itu, sumbu Y menggambarkan volume genteng yang berhasil dibakar, dengan nilai mulai dari 0 hingga lebih dari 14.000 unit. Berdasarkan grafik tersebut, setelah konsumsi kayu bakar melewati angka sekitar 8 satuan ritt, grafik menunjukkan aktivitas tajam pada volume genteng yang dibakar. Artinya,

penggunaan kayu dalam jumlah yang lebih besar berbanding lurus dan bahkan eksponensial terhadap volume pembakaran genteng pada titik tertentu. Maka, pembakaran genteng sebanyak ± 7000 dengan jumlah konsumsi bahan bakar 8 rit kayu bakar akan menghasilkan genteng yang optimal (Santos et al., 2023).



Gambar 12. Simulasi pada konsumsi bahan bakar.

Ketiga grafik diatas merupakan output hasil dari simulasi pembakaran genteng. Simulasi grafik pembakaran genteng menunjukkan hubungan antara jumlah rit kayu, suhu, dan waktu pembakaran terhadap jumlah genteng yang dibakar. Jumlah kayu bakar yang digunakan mempengaruhi peningkatan jumlah genteng yang dibakar secara signifikan setelah melebihi 8 rit. Proses pembakaran yang efisien menghasilkan kualitas dan kuantitas genteng yang lebih baik secara simultan. Pengelolaan variabel suhu, waktu, dan konsumsi bahan bakar dapat mendukung tercapainya efisiensi pembakaran (Wicaksono & Hadiyanto, 2023).

5. Policy Design and evaluation

Perancangan kebijakan adalah proses sistematis untuk merancang kebijakan atau strategi guna mengatasi suatu masalah atau mencapai tujuan tertentu dalam suatu sistem. Perancangan Kebijakan Merujuk pada perancangan strategi atau kebijakan teknis untuk mengoptimalkan proses pembakaran genteng, seperti pengaturan suhu, waktu pembakaran, dan penggunaan bahan bakar yang efektif. Tujuan dari perancangan kebijakan adalah menciptakan protokol operasional yang dapat meningkatkan

kualitas genteng seperti kekuatan dan daya serap udara pada genteng, sekaligus mengurangi dampak lingkungan seperti emisi gas dan konsumsi energi (Nadir et al., 2020). Contoh kebijakan yang dirancang meliputi:

1. Pembakaran bertahap (pra-panas 48 jam + puncak 12 jam) untuk mengurangi pengulangan mikro
2. Penggunaan bahan bakar yang efektif seperti menggunakan kayu bakar sebanyak 8-10 rit guna memaksimalkan proses pembakaran. Selain itu juga bisa menggunakan substitusi bahan bakar (misal: biodiesel B50) untuk menurunkan emisi NOx hingga 7,5% tanpa mengorbankan kualitas
3. Kontrol distribusi panas menggunakan simulasi CFD untuk memastikan homogenitas suhu dalam tungku (Kunche & Mielczarek, 2021).

Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kualitas produksi genteng di Desa Winong, Kecamatan Maospati, Kabupaten Magetan dapat ditingkatkan secara signifikan melalui penerapan metode simulasi sistem dinamis. Simulasi proses pembakaran genteng dengan pengaturan suhu optimal 900–1000°C, durasi pembakaran yang tepat, dan penggunaan bahan bakar yang optimal mampu mengurangi jumlah produk cacat seperti retak, pecah, dan genteng yang tidak rata. Penurunan tingkat kecacatan genteng mengakibatkan peningkatan kualitas dan volume penjualan home industri genteng di wilayah tersebut. Pendekatan berbasis simulasi ini terbukti efektif dalam mengoptimalkan proses produksi dan efisiensi operasional pada industri skala kecil.

Peneliti menyarankan para pelaku home industri genteng di Desa Winong untuk menerapkan simulasi sistem dinamis sebagai alat perbaikan berkelanjutan dalam proses produksi, khususnya pada tahap pembakaran. Pemerintah daerah dan pihak terkait diharapkan dapat memberikan pelatihan teknis tentang pengendalian suhu, manajemen waktu pembakaran, serta standar prosedur operasional (SOP) pembakaran genteng. Selain itu, studi lanjutan sebaiknya dilakukan dengan memperluas simulasi pada tahap lain seperti pencampuran bahan baku dan proses

pengeringan, agar kualitas produk genteng dapat lebih optimal dan daya saing industri lokal semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajis, A. A., Widiarsa, F., & Ma'ruf, M. (2020). Analisa Efisiensi Termal Tungku Biomassa menggunakan Bahan Bakar Kayu Bakar. *Jurnal Transmisi*, 11(1), 1–7.
- Amalia, A. N., & Purnomo, D. (2024). Analisis Faktor-faktor Produksi Pengusaha Genteng di Desa Kendal Kecamatan Girimarto Kabupaten Wonogiri. *Journal of Economic Research and Policy Studies*, 4(2), 236–248.
- Andrianto, C., & Prasetyo, R. (2023). Dampak Simulasi terhadap Kualitas Produk dan Penjualan di Industri Genteng: Studi Kasus di Magetan. *Jurnal Sains Dan Teknik Manufactur*, 5(2), 145–150.
- Ardiansyah, M. (2024). *Dari Bocor hingga Genteng Hilang, Ini Sederet Permasalahan pada Atap Rumah*. Detik Properti. <https://www.detik.com/properti/berita/d-7535479/dari-bocor-hingga-genteng-hilang-ini-sederet-permasalahan-pada-atap-rumah>
- Arifin, Z., & Sari, R. (2021). Metode Observasi dalam Penelitian Kualitatif: Teori dan Praktek. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Sosial*, 10(2), 95–110.
- Buyang, C. G., & Buyang, J. (2021). Pemodelan Faktor Keterlambatan Proyek Penataan Dermaga Lantamal Ambon dengan Sistem Dinamik. *Jurnal Simetrik*, 10(2), 355–361.
- Dewi, S. K., & Ummah, D. M. (2020). Perbaikan Kualitas pada Produk Genteng dengan Metode Six Sigma. *Jurnal Teknik Industri*, 14(2), 87–89.
- Heryana, A. (2024). *Metodologi Penelitian Kualitatif* (D. Lestari (ed.)). CV Jejak.
- Hidayat, P., & Kusno, I. (2023). Analisis Performansi Sistem Produksi Genteng (Studi Kasus : PT . XYZ , Cikokol). *Jurnal Metris*, 14(2), 83–88.
- Hussain, M., Ahmed, S., & Khan, M. (2021). Penerapan Teknik Simulasi dalam Peningkatan Kualitas Produksi Keramik. *Jurnal Internasional Teknologi Produksi Canggih*, 113(5–6), 1245–1259.

- Kartika, A., Sriatun, & Darmawan, A. (2020). Pengaruh Serbuk Kaca dan Variasi Suhu Pembakaran pada Pembuatan Genteng Lempung Sedimentasi Banjir Kanal Timur Kota Semarang terhadap Kuat Tekan serta Daya Serapnya terhadap Air. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 11(3), 63–69.
- Khairunisa, A., & Aviasti. (2023). Usulan Perbaikan Proses Pembuatan Genteng dengan Menggunakan Metode Taguchi pada Home Industri Mahkota. *Jurnal Teknik Industri*, 3(1), 268–275.
- Kunche, A., & Mielczarek, B. (2021). Application of System Dynamic Modelling for Evaluation of Carbon Mitigation Strategies in Cement Industries: A Comparative overview of the Current State of the Art. *Journal Energies*, 14(5), 1–22.
- Munikhah, A., Ramdhani, A., Pratama, A., & Arini, R. (2022). Scenario Analysis of Indonesian Ferronickel Supply Chain Resilience with System Dynamics. *Jurnal Teknik Industri*, 24(2), 129–140.
- Nadir, U., Habib, T., Khattak, S. B., & Noor, I. (2020). Performance Improvement using Simulation Tool in a Tiles Production Facility. *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*, 39(1), 117–132.
- Priyono, A., Setiawan, B., & Rahardjo, M. (2021). Metode Penelitian dan Analisis Data: Teori dan Aplikasi dalam Kajian Pustaka. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan*, 12(3), 145–160.
- Putri, D. O., & Soares, M. (2020). Pengendalian Kualitas Genteng Beton menggunakan Metode Statistical Quality Control. *Journal of Industrial View*, 1(1), 25–34.
- Rizky, A., Muhammad, Ginting, Z., & Nur Laila, Rizka, N. (2022). Pengaruh Variasi Suhu dan Lama Waktu Pembakaran terhadap Hasil Sintetis Silika dari Daun Bambu menggunakan Metode Sol-Gel. *Journal Storage*, 2(5), 212–219.
- Santi, M., Afandi, I. H., Aqla, S., & Febriandi. (2023). Pengaruh Waktu Pembakaran terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air pada Bata Merah Berbahan Baku Tailing dan Tanah Liat. *Journal of Maining, Mineral Processing, and Energy*, 1(1), 88–94.
- Santos, T., Ramani, M., Devesa, S., Batista, C., Franco, M., & Duarte, I. (2023). Teknik Pembakaran Inovatif Keramik Cetak 3D : Studi Numerik dan Eksperimental. *Jurnal Materials*, 16(18), 1–22.
- Sarjono, & Widiyanto, A. (2021). Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Udara terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Arang Daun Jati. *Jurnal Simetris*, 15(1), 48–53.
- Selvianingrum, L., Sriatun., & Darmawan, A. (2023). Pengaruh Tipe Pembakaran terhadap Kualitas Genteng Berglasir Serbuk Kaca/TiO₂ serta Penentuan Kemampuan Fotokatalisisnya. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 16(3), 84–89.
- Supriyadi, E., & Rahayu, E. (2022). Pendekatan Kualitatif dalam Observasi Lapangan untuk Penelitian Sosial. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Humaniora*, 13(1), 75–90.
- Suryandaru, A., Aldien, T. H., Apriadi, I. M., & Sahrupi. (2024). Penanganan Emisi Gas Karbon di Kota Cilegon menggunakan Pendekatan Sistem Dinamis. *Jurnal Terapan Teknik Industri*, 5(1), 150–155.
- Suryani, E., Hendrawan, R. A., Rahmawati, U. E., & Wicaksono, M. G. (2023). *Model Sistem Dinamik Peningkatan Produktivitas Padi: Berbasis Internet of things (IoT)*. CV budi utama.
- Suryani, E., Hendrawan, R., Rahmawati, U., & Wicaksono, M. (2020). Model Simulasi untuk Meningkatkan Nilai Rantai Pasok Beras. *Jurnal Simulasi*, 16(1), 392–414.
- Syahputra, A. (2021). Penerapan Casual Loop Diagram dalam Sistem Transportasi Cerdas. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 9(2), 150–158.
- Taryana, G. P., Prasetyo, M. D., Astuti, M. D., Ayudita Oktafiani, Budiasih, E., & Wiyono. (2023). Desain Monitoring Sistem pada Tungku Pembakaran dengan Pendekatan Multi-level Digital Twin. *Jurnal Sistem Cerdas*, 6(1), 11–18.
- Trisnanto, Y. A., Hendrawan, A. T., & Khoiri, H. A. (2024). Analisis Beban Kerja Mental Operator Produksi terhadap Produktivitas PT SWA I dengan Metode DRAWS. *Jurnal REKAVASI*, 12(1), 1–8.
- Tugino. (2021). Kajian Kualitas Genteng Keramik Dengan Penambahan Pasir Sungai (Studi Kasus Pasir Sungai Blorong, Boja, Kabupaten Kendal).

- Jurnal Teknik Sipil Perancangan*, 13(1), 21–30.
- Ulfah, M., & Mora. (2024). Pengaruh Penambahan Silika (SiO₂) dan Suhu Pembakaran terhadap Karakteristik Keramik Kordierit Berbasis Abu Sekam Padi. *Jurnal Fisika Unand*, 13(1), 54–60.
- Utami, C. W. (2020). Analisis Penyebab Perubahan dari Perajin Genteng Menjadi Perajin Batu Bata (Studi Kasus Masyarakat Kelurahan Kawedanan Kecamatan Kawedanan Kabupaten Magetan. *Jurnal Teknik Industri*, 5(3), 264–271.
- Wicaksono, H. B., & Hadiyanto, H. (2023). Pemodelan Proyeksi Supply and Demand Energi di Kota Semarang Tahun 2020-2030 Menggunakan Perangkat Lunak Low-Emission Analysis Platform (LEAP). *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 4(1), 15–41.
- Wulandari, A. C., Witonohadi, A., & Puspitasari, F. (2023). Perancangan Model Simulasi dan Perbaikan Lini Produksi Pompa Air Tipe PS – 135 E Menggunakan Simulasi Diskrit dan Theory of Constraint pada PT. Tirta Intimizu Nusantara. *Jurnal Teknik Industri*, 13(1), 16–33.
- Wulandari, A., & Priliandani, N. M. I. (2022). Pemberdayaan UMKM Pengrajin Genteng Tanah Liat Di Desa Pejaten, Kediri-Tabanan, Bali. *Jurnal Keberlanjutan*, 1(2), 78–81.
- Yana, S., Nelly, N., Radhiana, R., Ibrahim, N., Zubir, A. A., Zulfikar, T. M., & Yulisma, A. (2022). Dampak Ekspansi Biomassa sebagai Energi Terbarukan: Kasus Energi Terbarukan Indonesia. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4), 4036–4050.
- Yusuf, M., & Supriyadi, E. (2020). Minimasi Penurunan Defect pada Produk Meble Berbasis Prolypropylene untuk Meningkatkan Kualitas. *Jurnal Ekobisman*, 4(3), 244–255.