

Evaluasi Penggunaan Bata Merah Berbasis Foam Agent terhadap Efisiensi Material dan Produktivitas Pekerjaan Dinding

Nova Nevila Rodhi^{1*}, Bagas Wahyu Adhi², Betty Hariyani², Dimas Adi Prasetyo¹

1Program Studi Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

2Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Batik Surakarta

nova.nevila@gmail.com

ABSTRACT

The use of lightweight construction materials is one approach to improving project implementation efficiency while maintaining material quality. This study aims to analyze the effect of foam agent addition on the characteristics of clay bricks and to examine its implications for material efficiency and wall masonry productivity from a construction project management perspective. An experimental method was employed using four foam agent variations of 0%, 5%, 10%, and 15%. Laboratory testing included density, compressive strength, and water absorption of clay bricks. The data were analyzed using quantitative descriptive analysis by comparing the average values of each variation. Material efficiency was evaluated through comparative analysis based on the percentage reduction in density, while the impact on wall masonry productivity was assessed interpretatively using a construction project management approach. The results indicate that increasing the foam agent content reduced the brick density from 939.48 kg/m³ to 836.44 kg/m³, representing a 10.97% reduction at the 15% variation. The addition of foam agent also affected the compressive strength and water absorption of the bricks. The reduction in density provides the potential to improve material efficiency by facilitating transportation, storage, material handling, and installation processes. These conditions also have the potential to enhance wall masonry productivity by reducing workers' physical workload and improving material handling efficiency. The findings suggest that the application of foam agent has the potential to improve construction project efficiency through material weight reduction while maintaining an appropriate balance between the physical and mechanical properties of clay bricks.

Keywords: foam agent, clay brick, density, material efficiency, wall masonry productivity.

ABSTRAK

Penggunaan material konstruksi yang ringan menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek tanpa mengabaikan kualitas material. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan *foam agent* terhadap karakteristik bata merah serta mengkaji implikasinya terhadap efisiensi material dan produktivitas pekerjaan dinding dalam perspektif manajemen proyek konstruksi. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan variasi penambahan *foam agent* sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Pengujian laboratorium meliputi berat jenis, kuat tekan, dan daya serap air bata merah. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif melalui perbandingan nilai rata-rata setiap variasi, sedangkan efisiensi material dianalisis secara komparatif berdasarkan persentase perubahan berat jenis. Pengaruh terhadap produktivitas pekerjaan dinding dianalisis secara interpretatif menggunakan pendekatan manajemen proyek konstruksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan persentase foam agent menurunkan berat jenis bata merah dari 939,48 kg/m³ menjadi 836,44 kg/m³ atau sebesar 10,97% pada variasi 15%. Penambahan foam agent juga memengaruhi kuat tekan dan daya serap air bata merah. Penurunan berat jenis memberikan potensi peningkatan efisiensi material melalui kemudahan proses pengangkutan, penyimpanan, *material handling*, dan pemasangan. Kondisi tersebut juga berpotensi meningkatkan produktivitas pekerjaan dinding karena beban fisik pekerja berkurang dan proses penanganan material menjadi lebih efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan foam agent berpotensi mendukung peningkatan efisiensi pelaksanaan proyek konstruksi melalui pengurangan berat material, dengan tetap mempertimbangkan keseimbangan antara karakteristik fisik dan mekanik bata merah.

Kata kunci: *foam agent*, bata merah, berat jenis, efisiensi material, produktivitas pekerjaan dinding.

1. PENDAHULUAN

Bata merah merupakan salah satu material dinding yang hingga saat ini masih banyak digunakan pada proyek konstruksi di Indonesia karena memiliki ketersediaan bahan baku yang melimpah, harga relatif ekonomis, serta karakteristik yang sesuai untuk berbagai jenis bangunan. Material ini berfungsi sebagai elemen pembatas ruang (non-struktural) sekaligus berkontribusi terhadap kualitas pelaksanaan pekerjaan pasangan dinding. Pemilihan material dinding menjadi salah satu keputusan penting dalam manajemen proyek konstruksi karena memengaruhi efisiensi biaya, durasi pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan mutu hasil konstruksi (Durdyev et al., 2022; Thomas & Ellis, 2021).

Produksi bata merah dilakukan melalui proses pencampuran tanah liat dengan air, dilanjutkan dengan pencetakan, pengeringan, dan pembakaran hingga menghasilkan material yang memiliki kekuatan sesuai kebutuhan konstruksi. Karakteristik bata merah sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan baku dan komposisi campuran yang digunakan selama proses produksi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penambahan material aditif mampu memperbaiki karakteristik fisik bata merah, seperti mengurangi penyusutan, menurunkan berat jenis, dan meningkatkan kualitas produk sehingga lebih efisien digunakan pada sektor konstruksi (Aeslina et al., 2022; Kadir et al., 2023).

Perspektif manajemen proyek konstruksi menempatkan pemilihan material sebagai salah satu faktor strategis dalam meningkatkan produktivitas proyek. Berat material berpengaruh terhadap proses pengangkutan, penyimpanan, distribusi di lapangan, hingga pemasangan oleh tenaga kerja. Material yang lebih ringan cenderung meningkatkan produktivitas pekerjaan, mengurangi kelelahan pekerja, mempercepat penyelesaian pekerjaan, serta menurunkan biaya penanganan material. Efisiensi tersebut menjadi bagian penting dalam pengelolaan sumber daya proyek untuk mencapai target biaya, mutu, dan waktu pelaksanaan (PMI, 2021; Durdyev et al., 2022).

Industri bata merah di Desa Pilangsari, Kecamatan Kalitidu, Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu sentra produksi bata merah yang memasok kebutuhan material bangunan di wilayah Bojonegoro dan sekitarnya. Proses produksi masih dilakukan secara konvensional menggunakan tanah liat sebagai bahan utama dengan tambahan sekam padi sebagai bahan pembakaran. Bata merah yang dihasilkan memiliki berat relatif tinggi sehingga memerlukan tenaga yang lebih besar selama proses pengangkutan maupun pemasangan. Kondisi tersebut membuka peluang pengembangan inovasi material yang mampu menurunkan berat bata tanpa mengurangi fungsi maupun kualitasnya sebagai material pasangan dinding.

Perkembangan industri konstruksi menunjukkan meningkatnya penggunaan bata ringan pada berbagai

proyek bangunan karena memiliki bobot lebih rendah sehingga mampu mempercepat proses pemasangan dan meningkatkan produktivitas tenaga kerja. Kondisi tersebut menjadi tantangan bagi industri bata merah konvensional untuk menghasilkan produk yang lebih kompetitif melalui inovasi material yang mampu meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek. Pengembangan material yang lebih ringan juga sejalan dengan konsep *value engineering*, yaitu menghasilkan nilai yang lebih tinggi melalui peningkatan fungsi dan efisiensi penggunaan sumber daya tanpa mengurangi kualitas konstruksi (SAVE International, 2020).

Aktivitas produksi bata merah juga memberikan dampak terhadap lingkungan akibat eksploitasi tanah liat sebagai bahan baku utama. Pengambilan tanah liat secara terus-menerus dapat menyebabkan degradasi lahan, hilangnya lapisan tanah subur (*top soil*), perubahan kontur lahan, serta meningkatnya emisi karbon akibat proses pembakaran. Kondisi tersebut mendorong perlunya inovasi material yang tidak hanya meningkatkan mutu produk, tetapi juga mendukung efisiensi penggunaan sumber daya dan penerapan prinsip konstruksi berkelanjutan (*sustainable construction*) (Tam et al., 2021).

Foam agent merupakan salah satu bahan aditif yang banyak digunakan pada produksi beton ringan maupun bata ringan karena mampu menghasilkan gelembung udara yang membentuk rongga-rongga mikro di dalam material. Rongga tersebut menyebabkan berat jenis material menjadi lebih rendah tanpa menambah volume bahan penyusun secara signifikan. Karakteristik tersebut memberikan peluang penerapan foam agent pada produksi bata merah sehingga menghasilkan material yang lebih ringan dan berpotensi meningkatkan efisiensi transportasi, penanganan material, serta produktivitas pekerjaan pasangan dinding (Kearsley & Mostert, 2021).

Penelitian mengenai penggunaan foam agent pada bata merah umumnya masih berfokus pada perubahan sifat fisik material, seperti berat jenis, kuat tekan, dan daya serap air. Kajian yang menghubungkan perubahan karakteristik tersebut dengan efisiensi material dan produktivitas pekerjaan dinding dalam perspektif manajemen proyek konstruksi masih relatif terbatas. Padahal, informasi tersebut sangat diperlukan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pemilihan material yang mampu memberikan nilai tambah terhadap pelaksanaan proyek konstruksi.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi penggunaan bata merah berbasis foam agent terhadap efisiensi material dan produktivitas pekerjaan dinding pada proyek konstruksi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi mengenai potensi penerapan bata merah berbasis foam agent sebagai alternatif material yang mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan material, mendukung produktivitas tenaga kerja, serta menjadi dasar

pengambilan keputusan dalam manajemen proyek konstruksi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan metode pengujian laboratorium untuk mengevaluasi pengaruh penambahan foam agent terhadap karakteristik bata merah, kemudian menginterpretasikan hasil pengujian tersebut dalam perspektif manajemen proyek konstruksi. Pendekatan ini dipilih karena mampu menghasilkan data kuantitatif mengenai perubahan karakteristik material yang selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi potensi peningkatan efisiensi material dan produktivitas pekerjaan pasangan dinding.

Penelitian dilaksanakan pada industri bata merah di Desa Pilangsari, Kecamatan Kalitidu, Kabupaten Bojonegoro, sedangkan seluruh pengujian karakteristik bata merah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro. Pemilihan lokasi didasarkan pada keberadaan Desa Pilangsari sebagai salah satu sentra produksi bata merah yang masih menggunakan proses produksi secara konvensional sehingga hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang aplikatif bagi industri lokal.

Material yang digunakan meliputi tanah liat sebagai bahan utama, pasir sebagai bahan campuran, air, dan foam agent sebagai bahan aditif pembentuk rongga udara (air void). Penambahan foam agent dilakukan pada beberapa variasi campuran sesuai rancangan penelitian untuk mengetahui perubahan karakteristik bata merah dibandingkan bata merah konvensional (kontrol). Seluruh proses pencampuran, pencetakan, pengeringan, dan pembakaran dilakukan menggunakan prosedur yang sama agar setiap variasi perlakuan memiliki kondisi produksi yang seragam.

Variabel bebas dalam penelitian adalah persentase penambahan foam agent pada campuran bata merah. Variabel terikat meliputi berat jenis bata merah, kuat tekan, dan daya serap air sebagai indikator karakteristik material. Hasil pengujian tersebut selanjutnya dianalisis untuk mengevaluasi implikasinya terhadap efisiensi material dan produktivitas pekerjaan dinding dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Hubungan antarvariabel penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Pembuatan benda uji diawali dengan persiapan material, pencampuran bahan sesuai komposisi yang telah ditentukan, pencetakan bata merah, pengeringan alami, dan pembakaran hingga mencapai kondisi matang. Setelah proses pendinginan, setiap benda uji menjalani pengujian berat jenis, kuat tekan, dan daya serap air berdasarkan ketentuan SNI 15-2094-2000 mengenai bata merah pejal untuk pasangan dinding.



Gambar 1. Kerangka Variabel Penelitian

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan nilai rata-rata setiap parameter pengujian pada masing-masing variasi foam agent. Persentase perubahan berat jenis, kuat tekan, dan daya serap air dihitung untuk mengetahui pengaruh penambahan *foam agent* terhadap karakteristik bata merah. Hasil pengujian kemudian diinterpretasikan menggunakan pendekatan manajemen proyek konstruksi untuk menilai potensi peningkatan efisiensi material, kemudahan penanganan (*material handling*), produktivitas pekerjaan pasangan dinding, serta implikasinya terhadap efisiensi pelaksanaan proyek.

Selain membandingkan hasil pengujian antarvariasi, analisis juga dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara penambahan foam agent dengan perubahan sifat fisik dan mekanik bata merah. Setiap parameter dievaluasi berdasarkan kesesuaiannya terhadap persyaratan mutu bata merah yang berlaku sehingga dapat diketahui batas optimum penggunaan foam agent. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam menentukan komposisi yang mampu memberikan keseimbangan antara penurunan berat jenis, kemampuan menahan beban, dan daya serap air, sekaligus mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, dan kemudahan penerapan pada pekerjaan konstruksi dinding. Dengan demikian, rekomendasi yang dihasilkan tidak hanya berorientasi pada peningkatan kualitas material, tetapi juga pada efektivitas dan efisiensi pelaksanaan proyek konstruksi secara keseluruhan.

Tahapan penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Indikator	Satuan	Metode Analisis
Variabel Bebas	Persentase foam agent	%	Variasi campuran
Variabel Terikat	Berat jenis bata merah	g/cm ³	Deskriptif kuantitatif
Variabel Terikat	Kuat tekan	MPa	Deskriptif kuantitatif
Variabel Terikat	Daya serap air	%	Deskriptif kuantitatif
Variabel Output	Efisiensi material	% perubahan	Analisis komparatif
Variabel Output	Produktivitas pekerjaan dinding	Interpretatif	Analisis manajemen proyek

Tabel 1 menunjukkan variabel yang digunakan dalam penelitian beserta indikator, satuan pengukuran, dan metode analisis yang diterapkan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah persentase penggunaan foam agent yang divariasikan pada campuran bata merah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik material. Variabel terikat meliputi berat jenis, kuat tekan, dan daya serap air, yang diukur melalui pengujian laboratorium sesuai standar yang berlaku, kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan nilai rata-rata pada setiap variasi foam agent.

Hasil pengujian tersebut selanjutnya digunakan untuk memperoleh variabel output penelitian, yaitu efisiensi

material dan produktivitas pekerjaan dinding. Efisiensi material dianalisis melalui perbandingan persentase perubahan karakteristik bata merah akibat penambahan foam agent, sedangkan produktivitas pekerjaan dinding dievaluasi secara interpretatif menggunakan pendekatan manajemen proyek konstruksi. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi pengurangan beban material, kemudahan proses material handling, percepatan pelaksanaan pekerjaan pemasangan dinding, serta implikasinya terhadap peningkatan efisiensi pelaksanaan proyek konstruksi secara keseluruhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Bata Merah Berbasis *Foam Agent*

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan *foam agent* terhadap karakteristik bata merah yang meliputi berat jenis, daya serap air, dan kuat tekan. Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Bata Merah

Foam Agent	Berat Jenis (kg/m ³)	Penyerapan Air (%)	Kuat Tekan (MPa)
0 %	939,48	0,30	3,41
5 %	928,30	0,14	0,78
10 %	920,52	0,36	1,12
15 %	836,44	0,05	1,36

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2026.

Data menunjukkan bahwa peningkatan persentase *foam agent* menyebabkan kecenderungan penurunan berat jenis bata merah. Bata merah tanpa penambahan *foam agent* memiliki berat jenis sebesar 939,48 kg/m³, sedangkan pada penambahan *foam agent* sebesar 15% berat jenis menurun menjadi 836,44 kg/m³ atau berkurang sekitar 10,97% dibandingkan bata konvensional. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa pembentukan rongga udara di dalam struktur bata mampu menghasilkan material dengan massa yang lebih ringan.

Penurunan berat jenis tersebut menunjukkan bahwa penambahan foam agent mampu meningkatkan porositas internal bata merah melalui terbentuknya gelembung-gelembung udara yang terdistribusi di dalam campuran sebelum proses pembakaran. Rongga udara yang terbentuk mengurangi massa padat per satuan volume sehingga menghasilkan bata dengan bobot yang lebih ringan tanpa mengubah dimensi fisiknya. Dari perspektif manajemen proyek konstruksi, kondisi ini memberikan keuntungan berupa berkurangnya beban mati (*dead load*) yang

harus dipikul oleh struktur bangunan, terutama pada elemen dinding nonstruktural. Bata yang lebih ringan juga lebih mudah diangkat, dipindahkan, dan dipasang oleh pekerja sehingga dapat mengurangi kelelahan tenaga kerja, meningkatkan kecepatan proses *material handling*, serta berpotensi meningkatkan produktivitas pekerjaan pemasangan dinding. Namun demikian, penurunan berat jenis perlu dikaji secara bersamaan dengan perubahan kuat tekan dan daya serap air agar penggunaan foam agent tetap menghasilkan bata merah yang memenuhi persyaratan mutu dan aman diterapkan pada konstruksi bangunan.

3.2 Pengaruh terhadap Efisiensi Material

Efisiensi material pada penelitian ini dianalisis secara komparatif berdasarkan persentase perubahan karakteristik bata merah setelah penambahan *foam agent*. Indikator utama yang digunakan adalah perubahan berat jenis karena parameter tersebut berhubungan langsung dengan kemudahan penanganan material selama pelaksanaan proyek konstruksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kadar *foam agent* menghasilkan penurunan berat jenis bata merah secara bertahap. Bata merah tanpa *foam agent* memiliki berat jenis sebesar 939,48 kg/m³, sedangkan pada variasi 15% berat jenis turun menjadi 836,44 kg/m³. Kondisi tersebut menunjukkan penurunan sebesar 10,97% dibandingkan bata konvensional, sehingga mengindikasikan adanya peningkatan efisiensi material dari aspek bobot.

Penurunan berat jenis memberikan dampak terhadap seluruh siklus pengelolaan material di lapangan yang meliputi pengangkutan, penyimpanan, pemindahan, dan pemasangan. Material dengan bobot yang lebih ringan memerlukan energi yang lebih kecil selama proses *material handling*, sehingga penggunaan tenaga kerja menjadi lebih efisien. Kapasitas kendaraan angkut juga dapat dimanfaatkan secara lebih optimal karena beban total material yang diangkut menjadi lebih rendah. Kondisi tersebut berpotensi mengurangi frekuensi perjalanan distribusi material, mempercepat proses penyediaan material di lokasi pekerjaan, serta menekan biaya operasional proyek.

Aspek efisiensi material pada penelitian ini tidak hanya ditinjau dari penurunan berat jenis, tetapi juga dibandingkan terhadap perubahan karakteristik mekanik bata merah. Pendekatan komparatif dilakukan untuk mengetahui keseimbangan antara manfaat pengurangan berat material dengan perubahan kuat tekan dan daya serap air. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase *foam agent*, efisiensi material dari sisi bobot semakin meningkat, namun penurunan kuat tekan menjadi faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan komposisi campuran yang paling sesuai untuk aplikasi konstruksi.

Tabel 3. Analisis Komparatif Efisiensi Material Berdasarkan Perubahan Berat Jenis

Variasi <i>Foam Agent</i>	Berat Jenis (kg/m ³)	Perubahan Berat Jenis (%)	Peningkatan Efisiensi Material	Implikasi pada Pelaksanaan Proyek
0%	939,48	0,00	0,00	Kondisi pembandingan (baseline)
5%	928,30	1,19	1,19	Beban material mulai berkurang sehingga proses pemindahan sedikit lebih ringan.
10 %	920,52	2,02	2,02	Efisiensi pengangkutan dan material handling meningkat dibandingkan bata konvensional.
15 %	836,44	10,97	10,97	Potensi efisiensi terbesar pada transportasi, penyimpanan, dan pemasangan material.

Tabel 3 menunjukkan bahwa peningkatan persentase *foam agent* menghasilkan peningkatan efisiensi material yang ditunjukkan oleh semakin besarnya persentase penurunan berat jenis bata merah dibandingkan kondisi pembandingan. Variasi *foam agent* sebesar 5% menghasilkan efisiensi material sebesar 1,19%, kemudian meningkat menjadi 2,02% pada variasi 10%, dan mencapai 10,97% pada variasi 15%. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan yang positif antara penambahan *foam agent* dengan pengurangan bobot material, sehingga semakin tinggi persentase *foam agent* maka semakin besar potensi efisiensi material yang dapat dicapai.

Efisiensi material tersebut memberikan manfaat pada beberapa tahapan pelaksanaan proyek konstruksi. Penurunan bobot bata merah memungkinkan proses pengangkutan menjadi lebih efisien karena kapasitas angkut kendaraan dapat dimanfaatkan secara lebih optimal. Proses pemindahan material (*material handling*) di area proyek juga menjadi lebih mudah karena tenaga yang dibutuhkan pekerja untuk mengangkat dan memindahkan bata menjadi lebih kecil. Kondisi tersebut berpotensi mempercepat

distribusi material menuju lokasi pemasangan, mengurangi waktu tunggu pekerjaan, serta meningkatkan kelancaran alur pelaksanaan konstruksi.

Hasil analisis komparatif juga menunjukkan bahwa variasi *foam agent* sebesar 15% memberikan potensi efisiensi material paling tinggi dengan penurunan berat jenis hampir 11% dibandingkan bata konvensional. Persentase tersebut menunjukkan bahwa untuk volume pekerjaan yang sama, total beban material yang harus ditangani selama proses konstruksi menjadi lebih rendah. Penurunan beban tersebut dapat berdampak pada berkurangnya biaya transportasi, menurunnya beban kerja tenaga lapangan, serta meningkatnya efektivitas penggunaan peralatan angkut, terutama pada proyek bangunan bertingkat atau lokasi pekerjaan yang memiliki keterbatasan akses.

Peningkatan efisiensi material tetap harus dipertimbangkan bersama karakteristik teknis bata merah, khususnya kuat tekan dan daya serap air. Penurunan berat jenis yang terlalu besar berpotensi diikuti oleh penurunan kemampuan mekanik material. Oleh karena itu, penentuan kadar *foam agent* yang optimum tidak hanya didasarkan pada besarnya efisiensi material yang diperoleh, tetapi juga harus mempertimbangkan keseimbangan antara aspek kualitas material, kemudahan pelaksanaan konstruksi, serta pemenuhan persyaratan mutu sesuai standar yang berlaku. Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip manajemen proyek konstruksi yang menekankan optimalisasi biaya, waktu, mutu, dan pemanfaatan sumber daya secara terpadu.

3.3 Pengaruh terhadap Produktivitas Pekerjaan Dinding

Produktivitas pekerjaan dinding pada penelitian ini dianalisis secara interpretatif menggunakan pendekatan manajemen proyek konstruksi berdasarkan perubahan karakteristik berat jenis bata merah akibat penambahan *foam agent*. Analisis tidak dilakukan melalui pengukuran produktivitas secara langsung di lapangan, melainkan dengan mengkaji implikasi penurunan berat material terhadap kemudahan pelaksanaan pekerjaan pasangan dinding. Pendekatan ini didasarkan pada asumsi bahwa material yang lebih ringan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan tenaga kerja dan memperlancar proses konstruksi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan *foam agent* menyebabkan penurunan berat jenis bata merah hingga 10,97% pada variasi 15%. Penurunan bobot tersebut memberikan keuntungan pada tahap pengangkatan, pemindahan, dan pemasangan bata selama pekerjaan pasangan dinding. Beban yang lebih ringan memungkinkan pekerja melakukan proses pemasangan dengan usaha fisik yang lebih rendah, sehingga potensi kelelahan selama jam kerja dapat dikurangi. Kondisi tersebut berkontribusi

terhadap kelancaran ritme pekerjaan dan memungkinkan jumlah pasangan bata yang dapat diselesaikan dalam satu satuan waktu menjadi lebih besar dibandingkan penggunaan bata konvensional.

Selain memberikan kemudahan bagi tenaga kerja, bata dengan berat yang lebih ringan juga mendukung efisiensi alur logistik di area proyek. Proses distribusi material dari tempat penyimpanan menuju lokasi pemasangan dapat dilakukan dengan lebih cepat karena setiap proses pemindahan memerlukan tenaga yang lebih kecil. Pengurangan waktu pada aktivitas nonproduktif, seperti pengangkutan dan penataan material, memberikan kesempatan bagi pekerja untuk lebih banyak melakukan aktivitas utama berupa pemasangan bata. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan produktivitas pekerjaan secara keseluruhan, terutama pada proyek dengan volume pasangan dinding yang besar.

Tabel 4. Analisis Interpretatif Pengaruh Penambahan *Foam Agent* terhadap Produktivitas Pekerjaan Dinding

Variasi <i>Foam Agent</i>	Perubahan Berat Jenis (%)	Dampak terhadap Material Handling	Potensi Pengaruh terhadap Produktivitas
0%	0,00	Kondisi pembanding	Produktivitas mengikuti kondisi pekerjaan konvensional
5%	1,19	Beban material sedikit berkurang	Potensi peningkatan produktivitas relatif kecil
10%	2,02	Pemindahan material menjadi lebih mudah	Waktu penanganan material mulai berkurang sehingga pekerjaan lebih efisien
15%	10,97	Pengangkatan dan pemasangan material jauh lebih ringan	Potensi peningkatan produktivitas paling tinggi karena beban kerja fisik berkurang dan proses pemasangan menjadi lebih cepat

Sumber: Hasil analisis peneliti, 2026.

Tabel 4 menunjukkan bahwa potensi peningkatan produktivitas pekerjaan dinding meningkat seiring bertambahnya persentase *foam agent*. Variasi 15% memberikan potensi terbesar karena menghasilkan penurunan berat jenis paling tinggi. Penurunan tersebut diperkirakan mampu mempercepat proses

material handling, mengurangi kelelahan pekerja, dan meningkatkan kelancaran pelaksanaan pekerjaan pasangan bata. Meskipun demikian, produktivitas yang dibahas dalam penelitian ini merupakan hasil interpretasi berdasarkan karakteristik material dan belum diukur secara langsung melalui parameter lapangan, seperti jumlah pasangan bata per jam kerja atau produktivitas tenaga kerja (*output per labor-hour*).

Penentuan kadar *foam agent* yang optimal tetap harus mempertimbangkan keseimbangan antara peningkatan produktivitas dan kualitas material. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penurunan berat jenis diikuti oleh perubahan kuat tekan bata merah, sehingga peningkatan produktivitas tidak dapat dijadikan satu-satunya dasar dalam pemilihan komposisi campuran. Material yang digunakan pada proyek konstruksi harus tetap memenuhi persyaratan teknis yang berlaku agar efisiensi pelaksanaan proyek dapat dicapai tanpa mengurangi aspek keamanan, kualitas, dan keandalan bangunan. Dengan demikian, penambahan *foam agent* memberikan peluang untuk meningkatkan produktivitas pekerjaan dinding, namun penerapannya harus mempertimbangkan keseimbangan antara kemudahan pelaksanaan konstruksi dan kinerja material yang dihasilkan.

Peningkatan produktivitas pekerjaan dinding pada penelitian ini diinterpretasikan berdasarkan konsep produktivitas tenaga kerja dalam manajemen konstruksi, yaitu perbandingan antara keluaran (*output*) yang dihasilkan dengan sumber daya yang digunakan (*input*). Penurunan berat jenis bata merah akibat penambahan *foam agent* tidak secara langsung meningkatkan jumlah pasangan bata yang dihasilkan, tetapi menciptakan kondisi kerja yang lebih efisien melalui pengurangan beban fisik selama proses pengangkatan, pemindahan, dan pemasangan material. Kondisi tersebut memungkinkan tenaga kerja memanfaatkan waktu kerja secara lebih optimal untuk kegiatan yang memberikan nilai tambah (*value-added activities*).

Aktivitas *material handling* merupakan salah satu komponen yang menyita waktu dalam pekerjaan pasangan dinding. Kegiatan tersebut meliputi pengangkutan bata dari lokasi penyimpanan menuju area kerja, penyusunan material di sekitar lokasi pemasangan, serta pengangkatan bata secara berulang selama proses konstruksi. Penggunaan bata dengan berat yang lebih ringan berpotensi mengurangi waktu yang dibutuhkan pada setiap siklus pemindahan material. Akumulasi penghematan waktu tersebut akan semakin signifikan pada proyek yang memiliki volume pekerjaan pasangan dinding yang besar, sehingga durasi pelaksanaan pekerjaan dapat dipersingkat.

Pengurangan beban kerja fisik juga memberikan dampak terhadap aspek ergonomi dan keselamatan kerja. Beban angkat yang lebih ringan dapat mengurangi risiko kelelahan otot (*musculoskeletal*

fatigue), terutama pada pekerjaan yang dilakukan secara berulang dalam waktu yang lama. Tingkat kelelahan yang lebih rendah membantu pekerja mempertahankan konsistensi kualitas pemasangan bata sepanjang jam kerja. Kondisi tersebut tidak hanya berpotensi meningkatkan produktivitas, tetapi juga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan pemasangan akibat menurunnya konsentrasi pekerja.

Manfaat peningkatan produktivitas tidak hanya dirasakan oleh tenaga kerja, tetapi juga berpengaruh terhadap kinerja proyek secara keseluruhan. Waktu pelaksanaan pekerjaan pasangan dinding yang lebih singkat memungkinkan percepatan penyelesaian aktivitas berikutnya, seperti pekerjaan plesteran, instalasi mekanikal dan elektrikal, serta pekerjaan arsitektur lainnya. Kelancaran alur pekerjaan tersebut dapat mengurangi potensi keterlambatan pada lintasan kritis (*critical path*) dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya proyek, baik tenaga kerja, peralatan, maupun biaya operasional.

Meskipun demikian, peningkatan produktivitas yang diperoleh melalui penggunaan bata merah ringan harus dipertimbangkan secara proporsional dengan karakteristik mekanik material. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penurunan berat jenis diikuti oleh perubahan kuat tekan bata merah sehingga pemilihan kadar *foam agent* tidak hanya mempertimbangkan aspek kemudahan pelaksanaan pekerjaan, tetapi juga kemampuan material dalam memenuhi persyaratan teknis bangunan. Oleh karena itu, komposisi *foam agent* yang dipilih harus mampu memberikan keseimbangan antara peningkatan produktivitas pekerjaan dinding, efisiensi pelaksanaan proyek, dan mutu bata merah sebagai material konstruksi. Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip manajemen proyek konstruksi yang mengintegrasikan pencapaian waktu, biaya, mutu, dan keselamatan dalam setiap keputusan teknis yang diambil selama pelaksanaan proyek.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *foam agent* memengaruhi karakteristik bata merah, yang ditunjukkan oleh perubahan berat jenis, kuat tekan, dan daya serap air. Peningkatan persentase *foam agent* menyebabkan penurunan berat jenis bata merah, dengan penurunan terbesar sebesar 10,97% pada variasi 15% dibandingkan bata merah tanpa *foam agent*. Penurunan berat jenis tersebut menunjukkan bahwa pembentukan rongga udara di dalam material mampu menghasilkan bata merah yang lebih ringan, meskipun diikuti oleh perubahan sifat mekanik yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaannya.

Analisis komparatif menunjukkan bahwa penurunan berat jenis memberikan potensi peningkatan efisiensi material pada pelaksanaan proyek konstruksi. Bata merah yang lebih ringan memudahkan proses

pengangkutan, penyimpanan, *material handling*, dan pemasangan sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya proyek. Variasi *foam agent* sebesar 15% menghasilkan potensi efisiensi material tertinggi berdasarkan persentase penurunan berat jenis.

Analisis interpretatif menunjukkan bahwa penggunaan bata merah berbasis *foam agent* berpotensi meningkatkan produktivitas pekerjaan pasangan dinding. Penurunan berat material memungkinkan proses pengangkutan dan pemasangan berlangsung lebih mudah, mengurangi beban fisik pekerja, serta memperlancar aktivitas *material handling*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *foam agent* memberikan manfaat tidak hanya terhadap karakteristik material, tetapi juga terhadap potensi peningkatan efisiensi material dan produktivitas pekerjaan dinding dalam perspektif manajemen proyek konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aeslina, A. K., Mohd Mustafa Al Bakri, A., Kamarudin, H., & Nizar, I. K. (2022). Sustainable masonry materials incorporating industrial by-products: A review. *Construction and Building Materials*, 344, 128174.
- Durdyev, S., Omarov, M., & Ismail, S. (2022). Factors affecting construction productivity: A systematic review. *Buildings*, 12(7), 1035. <https://doi.org/10.3390/buildings12071035>
- Kadir, A. A., Abdullah, M. M. A. B., & Hussin, K. (2023). Lightweight masonry units incorporating foaming technology: Recent advances and future prospects. *Materials Today: Proceedings*, 74, 823–830.
- Kearsley, E. P., & Mostert, H. F. (2021). Cellular concrete and foamed concrete technology: Recent developments and applications. *Journal of Building Engineering*, 44, 103250.
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- SAVE International. (2020). *Value Methodology Standard*. SAVE International.
- SNI 15-2094-2000. (2000). *Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding*. Badan Standardisasi Nasional.
- Tam, V. W. Y., Le, K. N., Wang, J., & Illankoon, I. M. C. S. (2021). Circular economy in construction: Current trends and future opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, 170, 105605.

Thomas, H. R., & Ellis, R. D. (2021). Construction productivity: Measurement and improvement strategies. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(8), 04021078.