

Pengaruh Bahan Bantu Terhadap Volume Produksi Logam Timah di PT. Timah Tbk Muntok, Bangka Barat

Frans Dito¹, Sulida Erliyana^{2*}, Karjono³

^{1,2,3} Program Studi Manajemen Pelabuhan dan Logistik Maritim, Politeknik Bumi

*e-mail korespondensi: erliyanasulida@yahoo.co.id

Abstract

This study aims to analyze the effect of auxiliary materials on the production volume of tin metal at PT Timah Tbk, Muntok, West Bangka. A descriptive quantitative approach was employed, presenting data in numerical form to assess the degree of influence between the examined variables. The sampling technique followed the minimum requirement of 20 times the number of variables. With two variables under investigation, a total of 40 samples were collected. Data analysis was conducted using simple linear regression to determine the significance of the relationship between auxiliary materials and production volume. The results indicate a positive and significant effect of auxiliary materials on tin metal production volume. This is evidenced by a significance value (Sig.) of 0.000, which is lower than the alpha level of 0.05, and a t-value of 5.484, which exceeds the t-table value of 2.024. Consequently, the null hypothesis (H_0) is rejected, and the alternative hypothesis (H_a) is accepted. These findings confirm that the availability and application of auxiliary materials play a crucial role in enhancing the production volume of tin metal within the company.

Keywords: *auxiliary materials, production volume, tin metal*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh bahan bantu terhadap volume produksi logam timah di PT Timah Tbk, Muntok, Bangka Barat. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif, dengan penyajian data dalam bentuk angka guna mengukur tingkat hubungan antara variabel yang diteliti. Jumlah sampel ditentukan berdasarkan ketentuan minimal pengambilan sampel, yaitu 20 kali jumlah variabel. Dengan dua variabel yang dikaji, maka diperoleh 40 sampel sebagai dasar analisis. Teknik analisis yang digunakan adalah regresi linear sederhana untuk menguji signifikansi hubungan antara bahan bantu dan volume produksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa bahan bantu berpengaruh positif dan signifikan terhadap volume produksi logam timah. Hal ini dibuktikan melalui nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,000 yang lebih kecil dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), serta nilai t-hitung sebesar 5,484 yang lebih besar dari t-tabel sebesar 2,024. Hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima. Temuan ini menegaskan bahwa ketersediaan dan penggunaan bahan bantu merupakan faktor penting dalam peningkatan volume produksi logam timah di perusahaan tersebut.

Kata Kunci: *bahan bantu, volume produksi, logam timah*

PENDAHULUAN

Industri pertambangan merupakan sektor strategis yang berperan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi nasional serta meningkatkan pendapatan negara. Keberadaannya tidak hanya menjadi sumber devisa, tetapi juga memiliki peran sebagai penggerak sektor-sektor lain melalui efek pengganda (multiplier effect) yang ditimbulkan (Nugroho et al., 2022). Sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, kegiatan pertambangan meliputi seluruh tahapan mulai dari penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, hingga pengangkutan dan penjualan hasil tambang. Hal ini

menunjukkan bahwa aktivitas pertambangan merupakan proses yang kompleks dan saling terkait, dengan keterlibatan berbagai sumber daya termasuk bahan bantu produksi.

Indonesia, sebagai negara yang berada di jalur Sabuk Timah Asia Tenggara (Southeast Asian Tin Belt), memiliki potensi sumber daya timah yang sangat besar. Sabuk ini mencakup wilayah Sumatera, Kepulauan Bangka Belitung, hingga bagian barat Kalimantan. Berdasarkan laporan US Geological Survey (2023), Indonesia menempati posisi ketiga dunia dalam produksi timah, dengan angka produksi sebesar 52 ribu metrik ton. Meskipun demikian, angka ini menunjukkan penurunan signifikan dari tahun sebelumnya yang mencapai 70 ribu metrik ton. Penurunan produksi ini tentu menjadi perhatian serius, mengingat timah merupakan salah satu komoditas ekspor strategis bagi Indonesia.

Logam timah (Sn) memiliki berbagai aplikasi penting, mulai dari pelapisan logam, solder elektronik, hingga bahan baku industri kimia. Ketahanannya terhadap korosi menjadikannya ideal untuk pelapisan wadah makanan serta komponen elektronik (Naurah, 2024). Seiring dengan meningkatnya permintaan global terhadap produk-produk berbasis timah, keberlangsungan dan efisiensi proses produksinya menjadi aspek yang sangat krusial untuk dipertahankan dan ditingkatkan.

PT. Timah Tbk, yang merupakan anak perusahaan Holding Industri Pertambangan MIND ID, merupakan produsen dan eksportir logam timah terbesar di Indonesia. Didirikan pada tahun 1976, perusahaan ini memiliki wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) yang sangat luas, mencakup 331.580 hektare untuk pertambangan darat dan 184.400 hektare untuk wilayah laut (Yulianti, 2020). Kegiatan utama PT. Timah Tbk mencakup keseluruhan rantai nilai industri timah, mulai dari eksplorasi, penambangan, pengolahan, hingga pemasaran dan distribusi produk. Produk unggulan mereka, "Bangka Tin", dikenal secara internasional dengan kualitas tinggi, berwarna putih keperakan dan mengandung kadar timah murni yang tinggi.

Produksi logam timah merupakan proses industri yang kompleks dan padat modal, yang tidak hanya bergantung pada kualitas bijih timah, tetapi juga pada ketersediaan dan efisiensi penggunaan bahan pendukung atau bahan bantu. Bahan bantu dalam industri pengolahan logam adalah komponen esensial yang digunakan secara tidak langsung dalam proses produksi, namun sangat berpengaruh terhadap hasil akhir. Contoh bahan bantu antara lain bahan kimia untuk pemurnian, pelumas, bahan pengikat, dan aditif lainnya yang mendukung proses peleburan dan pembentukan logam.

Ketersediaan bahan bantu yang optimal merupakan syarat mutlak untuk menjamin kelancaran proses produksi. Kekurangan bahan bantu dapat menyebabkan gangguan operasional, penurunan kualitas produk, bahkan terhentinya aktivitas produksi secara keseluruhan. Sebaliknya, kelebihan persediaan bahan bantu dapat meningkatkan biaya penyimpanan, risiko kerusakan, serta potensi pemborosan. Oleh karena itu, manajemen bahan bantu menjadi elemen strategis dalam sistem produksi logam timah, terutama di tengah tekanan efisiensi dan persaingan global yang semakin ketat (Utami & Rachmawati, 2021).

Efektivitas penggunaan bahan bantu juga memiliki korelasi langsung dengan tingkat efisiensi dan produktivitas perusahaan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengelolaan bahan penolong yang baik dapat meningkatkan output produksi, memperpendek waktu proses, serta menurunkan tingkat cacat produk (Rahman et al., 2020). Dalam industri pertambangan dan pengolahan logam, pemilihan jenis, spesifikasi, dan jumlah bahan bantu yang sesuai merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan operasional.

Studi yang dilakukan oleh Harahap et al. (2023) menyatakan bahwa dalam industri pengolahan logam berbasis mineral, manajemen bahan bantu berperan sebagai penunjang kualitas, efisiensi energi, serta stabilitas proses kimia dan termal dalam produksi. Dalam PT. Timah Tbk, penggunaan bahan bantu memiliki peran strategis dalam menjamin bahwa hasil produksi sesuai dengan standar mutu internasional yang dipersyaratkan pasar ekspor.

Di sisi lain, penurunan volume produksi logam timah dalam beberapa tahun terakhir di Indonesia, khususnya di wilayah Bangka Barat, dapat dijadikan indikasi perlunya evaluasi terhadap faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi produksi. Salah satu faktor yang relevan dan sering terabaikan adalah pengelolaan bahan bantu. Oleh karena itu, penting untuk menelaah sejauh mana bahan bantu berkontribusi terhadap fluktuasi volume produksi di perusahaan tambang logam timah.

Dalam kerangka teoritis, hubungan antara variabel input (seperti bahan bantu) dan output produksi dapat dianalisis melalui pendekatan ekonomi produksi. Dalam pendekatan ini, bahan bantu dikategorikan sebagai input tidak langsung yang memberikan kontribusi terhadap produktivitas faktor utama (tenaga kerja, mesin, dan bahan baku utama). Oleh karena itu, hubungan antara ketersediaan dan pengelolaan bahan bantu dengan volume produksi logam timah merupakan hubungan yang logis dan layak untuk diteliti secara ilmiah.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengaruh bahan bantu terhadap volume produksi logam timah di PT. Timah Tbk, Muntok, Bangka Barat. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan utama untuk menjawab tiga pertanyaan penelitian, yaitu: 1). Bagaimana pengaruh bahan bantu terhadap volume produksi logam timah di PT. Timah Tbk Muntok, Bangka Barat? 2). Seberapa besar pengaruh bahan bantu terhadap volume produksi logam timah di PT. Timah Tbk Muntok, Bangka Barat, 3). Apakah terdapat hubungan antara penggunaan bahan bantu dengan peningkatan volume produksi logam timah di PT. Timah Tbk Muntok, Bangka Barat?

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis, khususnya dalam mendukung efisiensi operasional PT. Timah Tbk serta sebagai acuan bagi industri pertambangan lainnya dalam mengelola penggunaan bahan bantu secara optimal. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengambil kebijakan dalam merumuskan strategi peningkatan produksi dan daya saing industri logam nasional di tengah dinamika pasar global yang terus berkembang.

Bahan Bantu dalam Proses Produksi

Bahan bantu atau sering disebut sebagai bahan penolong merupakan komponen yang tidak secara langsung membentuk bagian dari produk akhir, namun sangat berperan dalam mendukung kelancaran dan efisiensi proses produksi. Bahan ini mencakup berbagai jenis material seperti pelumas, bahan bakar, zat kimia pendukung, serta perlengkapan operasional lainnya yang digunakan selama proses manufaktur berlangsung (Mufida et al., 2019). Meskipun tidak masuk dalam struktur fisik produk, bahan bantu memiliki nilai strategis karena kegagalannya dalam penyediaan dapat menyebabkan gangguan proses produksi, peningkatan biaya operasional, hingga turunnya kualitas produk.

Menurut Gunawan et al. (2021), dalam industri manufaktur, bahan bantu dikategorikan sebagai elemen produksi tidak langsung (indirect materials) yang berfungsi untuk mendukung produktivitas utama. Efektivitas penggunaan bahan bantu ditentukan oleh beberapa faktor seperti ketepatan pemilihan jenis bahan, perhitungan kebutuhan aktual, serta efisiensi distribusi dalam rantai proses produksi. Oleh karena itu, manajemen bahan bantu yang baik dapat menjadi determinan penting dalam pencapaian produktivitas dan efisiensi perusahaan.

Dalam industri pertambangan dan pengolahan logam, bahan bantu seperti fluks, bahan kimia pemurnian, serta pelumas mesin peleburan memiliki peran vital dalam menjamin kelancaran proses dan menjaga kualitas logam hasil olahan. Penggunaan bahan bantu juga berkontribusi terhadap keselamatan kerja, ketahanan alat produksi, serta kestabilan suhu dan tekanan dalam reaktor peleburan (Harahap et al., 2023).

Produksi dan Karakteristik Proses Produksi

Produksi dalam pengertian ekonomi adalah kegiatan yang bertujuan menambah nilai guna suatu barang atau jasa melalui pemanfaatan sumber daya seperti tenaga kerja, mesin, bahan baku, dan modal (Herawati & Mulyani, 2016). Proses produksi melibatkan serangkaian tahapan mulai dari input bahan mentah, transformasi dalam bentuk kegiatan teknis maupun kimiawi, hingga keluaran berupa produk siap jual.

Proses produksi dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuknya, antara lain: proses produksi kimia (chemical process), proses deformasi, perakitan (assembly), pengangkutan (transportation), serta layanan administratif (administrative service). Dari sisi alur kerja, proses ini dapat bersifat kontinu atau intermiten, tergantung pada jenis industri dan skala produksi yang dijalankan.

Dalam studi oleh Kurniawan & Lestari (2020), dijelaskan bahwa efektivitas proses produksi sangat bergantung pada keterpaduan antara input dan penggunaan teknologi yang tepat. Ketidakseimbangan dalam penggunaan bahan penunjang seperti bahan bantu dapat mengakibatkan ketidakteraturan aliran proses dan menurunkan produktivitas secara keseluruhan.

Dalam industri logam, khususnya pengolahan logam timah, proses produksi mencakup beberapa tahapan utama, seperti pemisahan mineral bijih, peleburan, pemurnian, serta pencetakan logam. Setiap tahapan tersebut memerlukan kondisi teknis dan peralatan yang spesifik, yang pada gilirannya membutuhkan dukungan bahan bantu yang sesuai untuk menjaga kestabilan proses dan mutu produk.

Karakteristik dan Manfaat Logam Timah

Timah merupakan unsur kimia dengan simbol Sn (dari bahasa Latin Stannum) dan nomor atom 50. Sebagai logam berwarna putih keperakan, timah memiliki sifat tahan karat, tidak mudah teroksidasi di udara, serta memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tinggi. Kekerasan timah tergolong rendah, namun logam ini sangat mudah dibentuk dan diproses, menjadikannya bahan yang ideal untuk berbagai aplikasi industri (Irzon, 2021b).

Sumber utama timah berasal dari mineral cassiterite (SnO_2), yang umumnya ditemukan pada endapan primer seperti alluvium, eluvial, dan koluvium. Dalam praktik pertambangan modern, logam timah juga diperoleh dari proses ekstraksi pada batuan granit dan urat kuarsa yang mengandung timah, terutama di wilayah Bangka Belitung dan Kalimantan Barat.

Timah banyak digunakan dalam industri pelapisan logam, solder elektronik, bahan kimia, serta pembuatan wadah makanan. Dalam jumlah kecil, timah aman digunakan dalam industri makanan, namun beberapa senyawa organotin seperti trialkiltin dan triariltin dapat bersifat toksik jika tidak ditangani secara tepat (Naurah, 2024).

Keunggulan logam timah yang tahan terhadap korosi menjadikannya komoditas penting dalam rantai pasok global, khususnya untuk industri elektronik dan makanan. Peningkatan efisiensi produksi logam timah menjadi kebutuhan yang mendesak bagi negara produsen seperti Indonesia.

Pengaruh Bahan Bantu Terhadap Produksi

Banyak penelitian menyoroti peran penting bahan bantu terhadap kinerja produksi. Salah satunya adalah studi oleh Wati, Sulaiman, dan Gasim (2022) yang meneliti pengaruh persediaan bahan baku terhadap proses produksi dengan volume penjualan sebagai variabel moderasi. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa ketersediaan bahan baku (termasuk bahan bantu) memiliki pengaruh signifikan terhadap kelangsungan proses produksi. Dalam ini, semakin baik pengelolaan bahan penunjang, maka semakin optimal pula proses produksi yang berlangsung.

Penelitian serupa oleh Rahman et al. (2020) pada industri pengolahan logam menunjukkan bahwa penggunaan bahan bantu secara efisien dapat memperpendek waktu proses produksi, menurunkan tingkat produk cacat, serta meningkatkan output akhir. Selain itu, pengendalian bahan bantu secara tepat berkontribusi terhadap pengurangan biaya produksi dan peningkatan margin keuntungan perusahaan.

Dalam industri timah, peran bahan bantu bahkan lebih strategis mengingat karakteristik proses peleburan dan pemurnian yang memerlukan stabilitas suhu tinggi, pemisahan logam dari unsur pengotor, serta kestabilan tekanan dalam proses metalurgi. Harahap et al. (2023) menggarisbawahi bahwa pemilihan bahan bantu yang sesuai dengan karakteristik bijih timah dapat meningkatkan efisiensi reaksi reduksi serta mengurangi penggunaan energi secara signifikan.

Implikasi Manajerial dan Operasional

Dari perspektif manajerial, pengelolaan bahan bantu bukan hanya persoalan teknis, tetapi juga menyangkut efisiensi biaya, penjadwalan pengadaan, hingga manajemen risiko operasional. Kelebihan stok bahan bantu dapat menyebabkan akumulasi biaya penyimpanan, peningkatan risiko kerusakan bahan, serta potensi penurunan kualitas. Di sisi lain, kekurangan bahan bantu dapat menghambat proses produksi secara langsung, menyebabkan downtime mesin, dan menurunkan kapasitas produksi secara keseluruhan (Utami & Rachmawati, 2021).

, penting bagi manajemen perusahaan untuk mengintegrasikan strategi pengadaan dan penggunaan bahan bantu ke dalam sistem perencanaan produksi dan pengendalian persediaan. Penggunaan perangkat lunak Enterprise Resource Planning (ERP), misalnya, dapat membantu perusahaan dalam memantau kebutuhan aktual, jadwal pengiriman, serta prediksi permintaan berdasarkan histori produksi dan tren pasar.

Dalam PT. Timah Tbk, sebagai perusahaan tambang timah terintegrasi, keberhasilan produksi logam timah sangat ditentukan oleh efisiensi seluruh elemen pendukung proses produksi, termasuk bahan bantu. Ketepatan dalam pemilihan jenis bahan bantu, perencanaan jumlah kebutuhan, serta kontrol kualitas bahan sangat menentukan keberhasilan output logam timah dengan mutu tinggi dan biaya yang kompetitif.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis deskriptif asosiatif untuk menganalisis pengaruh bahan bantu terhadap volume produksi logam timah di PT. Timah Tbk, Muntok, Bangka Barat. Lokasi penelitian dipilih berdasarkan peran strategis perusahaan tersebut dalam industri pertambangan timah nasional. Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan, dengan jumlah sampel sebanyak 40 data pengamatan yang diambil melalui metode purposive sampling.

Variabel yang dikaji terdiri dari bahan bantu sebagai variabel independen dan volume produksi sebagai variabel dependen. Data dikumpulkan melalui wawancara semi-terstruktur dan dokumentasi laporan internal perusahaan. Analisis data dilakukan dengan regresi linear sederhana, untuk mengukur sejauh mana pengaruh bahan bantu terhadap volume produksi. Uji signifikansi dilakukan dengan uji t pada tingkat signifikansi 5%.

Validitas dan reliabilitas instrumen diuji terlebih dahulu untuk memastikan akurasi data. Seluruh proses penelitian dilakukan dengan menjunjung tinggi etika akademik dan menjaga kerahasiaan data perusahaan. Metode ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris yang mendukung pengambilan keputusan operasional dalam manajemen bahan bantu di sektor industri logam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Bahan Bantu terhadap Volume Produksi Logam Timah di PT. Timah Tbk Muntok, Bangka Barat

Hasil analisis regresi linier sederhana menunjukkan bahwa penggunaan bahan bantu memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap volume produksi logam timah di PT. Timah Tbk, Muntok, Bangka Barat. Koefisien regresi sebesar 0,538 mengindikasikan bahwa setiap peningkatan satu satuan dalam penggunaan bahan bantu akan meningkatkan volume produksi logam timah sebesar 0,538 satuan. Selain itu, nilai signifikansi sebesar 0,000 yang lebih kecil dari batas kritis 0,05 menegaskan bahwa pengaruh tersebut bersifat signifikan secara statistik. Temuan ini menunjukkan bahwa bahan bantu bukan hanya sekadar komponen tambahan dalam proses produksi, melainkan memiliki kontribusi substansial dalam menunjang efektivitas dan efisiensi proses produksi logam timah.

Dalam praktiknya, bahan bantu seperti *flux* (zat pelarut), reduktor, serta aditif kimia lainnya digunakan dalam proses peleburan untuk mempercepat reaksi kimia, menurunkan titik leleh bahan baku, meminimalkan kandungan pengotor, serta meningkatkan kemurnian logam hasil akhir. Peran ini menjadi sangat penting dalam industri ekstraksi logam seperti PT. Timah Tbk, di mana efisiensi proses dan kualitas produk sangat bergantung pada optimalisasi seluruh variabel produksi, termasuk bahan bantu.

Secara teoritis, temuan ini selaras dengan prinsip dalam teori produksi dan manajemen operasi yang menyatakan bahwa input tambahan yang digunakan secara tepat dapat meningkatkan produktivitas, memperpendek waktu siklus produksi, serta mengurangi pemborosan sumber daya (Heizer, Render, & Munson, 2020). Dalam sistem produksi berbasis proses, efisiensi tidak hanya ditentukan oleh tenaga kerja dan mesin, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh material penunjang yang mendukung kelancaran dan hasil akhir dari proses industri.

Lebih lanjut, studi oleh Hidayat et al. (2022) dalam analisisnya terhadap industri pengolahan logam menyatakan bahwa pemilihan jenis bahan bantu yang sesuai dengan karakteristik bahan baku serta pengelolaan yang cermat terhadap jumlah penggunaannya dapat secara signifikan meningkatkan output produksi dan menekan tingkat *waste* selama proses berlangsung. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan berbasis efisiensi dalam penggunaan bahan bantu untuk mencapai kinerja produksi yang optimal.

Dapat disimpulkan bahwa pengelolaan bahan bantu secara strategis dan tepat sasaran berkontribusi langsung terhadap peningkatan volume produksi logam timah. Implikasi praktis dari temuan ini adalah perlunya evaluasi berkala terhadap jenis, jumlah, dan metode aplikasi bahan bantu agar dapat terus disesuaikan dengan dinamika proses produksi dan kebutuhan output. Selain itu, dibutuhkan pendekatan manajemen bahan penolong yang berbasis data dan analisis proses untuk mendukung kesinambungan produksi yang kompetitif dan berkelanjutan di industri logam nasional.

Besaran Pengaruh Bahan Bantu terhadap Volume Produksi Logam Timah

Besaran kontribusi penggunaan bahan bantu terhadap volume produksi logam timah di PT. Timah Tbk Muntok diukur secara kuantitatif melalui analisis koefisien determinasi (R^2). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai R^2 sebesar 0,442, yang berarti bahwa sebesar 44,2% variasi dalam volume produksi logam timah dapat dijelaskan oleh variasi dalam penggunaan bahan bantu. Sementara itu, sisanya sebesar 55,8% dijelaskan oleh faktor-faktor lain di luar model penelitian ini, seperti kondisi teknis peralatan, tingkat keterampilan operator, kebijakan operasional perusahaan, serta variabel eksternal seperti cuaca, ketersediaan energi, dan pasokan bahan baku.

Angka R^2 yang berada pada kisaran menengah tersebut mengindikasikan bahwa pengaruh bahan bantu terhadap volume produksi bersifat substansial, meskipun bukan satu-satunya

determinan utama dalam proses produksi logam timah. Hal ini sejalan dengan pandangan Mulyadi dan Wahyudi (2020), yang menyatakan bahwa nilai R^2 dalam kisaran 0,4 hingga 0,6 merepresentasikan adanya hubungan yang cukup kuat antara variabel independen dan dependen, namun juga menandakan adanya keterlibatan faktor-faktor lain yang turut memengaruhi kinerja sistem produksi secara keseluruhan.

Dalam industri pengolahan logam, berbagai penelitian kontemporer menggarisbawahi pentingnya pendekatan integratif dalam upaya peningkatan produktivitas. Misalnya, studi oleh Pranoto et al. (2021) menekankan bahwa efisiensi produksi tidak hanya bergantung pada kualitas dan kuantitas bahan bantu, tetapi juga pada performa mesin, keteraturan pemeliharaan peralatan, serta pengelolaan sumber daya manusia yang efektif. Oleh karena itu, kendati bahan bantu memiliki pengaruh signifikan secara statistik, optimalisasi variabel ini harus disertai dengan strategi manajemen yang komprehensif terhadap seluruh rantai proses produksi.

Lebih jauh lagi, nilai R^2 yang belum mencapai 0,5 juga mengisyaratkan perlunya pengembangan model prediktif yang lebih holistik, dengan memasukkan variabel-variabel tambahan yang relevan. Variabel-variabel tersebut dapat meliputi efisiensi energi, tingkat recovery logam, waktu siklus produksi, serta faktor eksternal seperti kebijakan lingkungan dan kondisi pasar global yang mempengaruhi stabilitas produksi. Hal ini sejalan dengan pendekatan sistemik dalam manajemen produksi modern yang menempatkan proses industri sebagai sistem dinamis yang dipengaruhi oleh interaksi multidimensi (Stevenson, 2022).

Meskipun penggunaan bahan bantu terbukti memberikan kontribusi yang berarti terhadap peningkatan volume produksi, keberhasilan perusahaan dalam mencapai efisiensi maksimal tetap bergantung pada sinergi antara berbagai elemen pendukung dalam sistem produksi. Oleh karena itu, manajemen PT. Timah Tbk disarankan untuk tidak hanya berfokus pada optimalisasi bahan bantu, tetapi juga mengembangkan sistem pemantauan dan evaluasi terpadu yang mampu mengidentifikasi serta mengelola variabel-variabel lain yang turut menentukan keberhasilan produksi logam timah secara berkelanjutan.

Hubungan antara Penggunaan Bahan Bantu dan Peningkatan Volume Produksi Logam Timah

Hubungan antara intensitas penggunaan bahan bantu dengan volume produksi logam timah di PT. Timah Tbk Muntok telah dianalisis secara kuantitatif melalui pendekatan regresi linier. Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel bersifat signifikan dan linier, sebagaimana ditunjukkan oleh uji linearitas dengan nilai signifikansi sebesar 0,180 ($> 0,05$). Nilai ini menandakan bahwa asumsi dasar linearitas dalam model regresi telah terpenuhi, sehingga interpretasi hubungan kausal antara variabel bebas (penggunaan bahan bantu) dan variabel terikat (volume produksi) menjadi lebih valid dan dapat diandalkan. Sebagaimana dinyatakan oleh Ghozali (2018), linearitas merupakan syarat utama dalam membangun model regresi yang akurat dan representatif terhadap fenomena empiris.

Uji hipotesis yang dilakukan melalui analisis *t-test* menghasilkan nilai *t hitung* sebesar 5,484 yang jauh melampaui nilai *t tabel* sebesar 2,024 pada tingkat signifikansi 5%. Selain itu, nilai *p-value* sebesar 0,000 memperkuat keyakinan bahwa pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen bersifat signifikan secara statistik. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan bantu memberikan kontribusi yang nyata terhadap peningkatan volume produksi logam timah. Dengan kata lain, setiap peningkatan dalam efisiensi dan intensitas penggunaan bahan bantu memiliki potensi untuk meningkatkan output produksi secara langsung dan proporsional.

Konsistensi dari hasil uji statistik juga diperkuat oleh terpenuhinya asumsi-asumsi klasik dalam analisis regresi. Uji normalitas menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,200 ($> 0,05$), yang mengindikasikan bahwa distribusi data residual berada

dalam batas normal. Hal ini penting untuk memastikan bahwa estimasi parameter regresi tidak bias. Sementara itu, hasil uji heteroskedastisitas memperlihatkan sebaran residual yang acak dan tidak membentuk pola tertentu, yang menandakan bahwa model regresi tidak mengalami masalah heteroskedastisitas dan memiliki sifat homoskedastik. , validitas model dapat dipertahankan dan inferensi yang dihasilkan menjadi lebih robust (Gujarati & Porter, 2020).

Selain aspek statistik, dimensi sosiologis dari data juga perlu dicermati. Karakteristik responden menunjukkan bahwa mayoritas pekerja yang terlibat dalam proses produksi adalah laki-laki (97,5%). Hal ini mencerminkan karakteristik khas industri pertambangan yang secara historis dan kultural didominasi oleh tenaga kerja pria. Menurut Putri et al. (2021), dominasi laki-laki dalam sektor ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti tuntutan fisik pekerjaan, persepsi sosial terhadap kerja tambang, serta struktur organisasi yang cenderung maskulin. Walaupun variabel ini tidak secara langsung memengaruhi hasil regresi, pemahaman terhadap sosial ini tetap relevan dalam proses interpretasi dan pengambilan kebijakan berbasis data.

Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pengelolaan bahan bantu secara strategis dalam mendukung proses produksi. Efektivitas bahan bantu tidak hanya berdampak pada peningkatan kuantitas hasil produksi, tetapi juga berkaitan erat dengan efisiensi operasional secara keseluruhan. Dalam industri pertambangan yang menghadapi tantangan kompetisi global dan tekanan terhadap efisiensi biaya, optimalisasi penggunaan bahan bantu dapat menjadi salah satu elemen kunci dalam upaya peningkatan daya saing perusahaan (Rahman et al., 2020).

Secara praktis, hasil ini menjadi dasar argumentatif untuk mendorong penguatan sistem manajemen bahan bantu, baik dari aspek pemilihan jenis, kuantitas, maupun metode aplikasinya dalam proses peleburan logam. Evaluasi berkala terhadap efektivitas bahan bantu juga perlu dilakukan untuk mengantisipasi dinamika perubahan kualitas bijih timah dan kondisi operasional lainnya. Sejalan dengan rekomendasi yang dikemukakan oleh Wibowo dan Santosa (2021), implementasi sistem monitoring berbasis data real-time dalam proses produksi dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan penggunaan bahan bantu.

, Dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan dan positif antara penggunaan bahan bantu dengan peningkatan volume produksi logam timah. Hubungan ini bersifat konsisten dan didukung oleh berbagai uji statistik serta tual, baik dari sisi teknis maupun sosial. Implikasi dari temuan ini memperkuat pentingnya strategi manajemen bahan bantu sebagai bagian integral dari sistem produksi yang berkelanjutan dan adaptif terhadap tantangan industri masa kini.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif dan kajian teoritis yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bantu memiliki pengaruh yang signifikan dan positif terhadap volume produksi logam timah di PT. Timah Tbk, Muntok, Bangka Barat. Nilai koefisien regresi sebesar 0,538 menegaskan bahwa peningkatan penggunaan bahan bantu secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan output produksi. Hal ini memperlihatkan bahwa bahan bantu tidak hanya berfungsi sebagai pelengkap dalam proses industri, tetapi memainkan peranan strategis dalam mempercepat reaksi kimia, meningkatkan efisiensi peleburan, serta menghasilkan logam dengan kualitas yang lebih tinggi.

Analisis koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,442 menunjukkan bahwa hampir setengah dari variasi dalam volume produksi dapat dijelaskan oleh variabel penggunaan bahan bantu. Temuan ini menggambarkan adanya hubungan yang cukup kuat antara kedua variabel, namun juga menandakan bahwa keberhasilan proses produksi dipengaruhi oleh berbagai faktor lain, baik internal maupun eksternal. Faktor-faktor tersebut mencakup efisiensi peralatan, keterampilan tenaga kerja, kualitas bahan baku, serta stabilitas kondisi operasional.

Meskipun bahan bantu terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap output produksi, pendekatan parsial dalam pengelolaannya tidaklah cukup. Optimalisasi produksi logam timah menuntut sinergi antar komponen dalam sistem produksi secara keseluruhan, termasuk teknologi, sumber daya manusia, serta tata kelola operasional yang adaptif. Implikasi praktis dari temuan ini mengarah pada pentingnya perumusan strategi manajemen bahan bantu yang terintegrasi, berbasis data, serta dilakukan secara periodik guna mengantisipasi dinamika operasional dan kebutuhan pasar yang terus berubah.

Selain itu, hasil penelitian ini juga menjadi dasar untuk mengembangkan model produksi yang lebih holistik, dengan mempertimbangkan variabel tambahan yang relevan untuk meningkatkan akurasi prediksi dan efektivitas kebijakan produksi. Upaya perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) melalui sistem evaluasi kinerja produksi berbasis indikator teknis dan ekonomis sangat diperlukan guna menjaga daya saing perusahaan dalam industri logam yang semakin kompetitif.

Secara keseluruhan, penggunaan bahan bantu merupakan faktor determinan yang substansial dalam mendukung produktivitas industri pengolahan timah. Namun, keberhasilan optimalisasi volume produksi tetap memerlukan pendekatan sistemik dan kolaboratif yang mencakup seluruh aspek dalam rantai proses industri secara menyeluruh dan berkelanjutan.

isasi bahan bantu menjadi faktor penting dalam meningkatkan produktivitas perusahaan.

Saran

PT. Timah Tbk disarankan untuk terus mengoptimalkan penggunaan bahan bantu melalui evaluasi berkala terhadap jenis, dosis, dan efektivitasnya dalam proses produksi. Pengembangan sistem monitoring berbasis data juga diperlukan untuk memastikan efisiensi pemakaian bahan bantu secara real-time. Selain itu, pendekatan manajemen produksi yang holistik, mencakup aspek teknis, sumber daya manusia, dan pemeliharaan peralatan, perlu diterapkan guna mendukung peningkatan volume produksi secara berkelanjutan dan kompetitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik* (Revisi ed.). Rineka Cipta.
- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). SAGE Publications.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25* (9 ed.). Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Gunawan, D., Ramadhani, A., & Suryanto, T. (2021). Manajemen bahan penolong dalam industri manufaktur: Efisiensi dan efektivitas operasional. *Jurnal Teknologi dan Industri*, 13(2), 112–121. <https://doi.org/10.22225/jti.13.2.2021.112-121>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2021). *Basic Econometrics* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2020). *Multivariate Data Analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
- Harahap, A. M., Sari, D. P., & Hutabarat, R. M. (2023). Efektivitas bahan bantu dalam proses metalurgi logam dasar. *Jurnal Teknologi Mineral*, 25(1), 55–66. <https://doi.org/10.31294/jtm.v25i1.17632>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management* (13th ed.). Pearson.
- Herawati, R., & Mulyani, D. (2016). Proses produksi dan pengendalian kualitas dalam industri manufaktur. *Jurnal Sistem Industri*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.9744/jti.15.1.1-12>
- Hidayat, A., Prasetyo, A., & Kurniawan, M. (2022). Analisis efisiensi bahan tambahan dalam produksi logam: Studi pada sektor peleburan. *Jurnal Industri Logam*, 17(2), 87–97.
- Irzon, A. (2021b). Karakteristik dan aplikasi logam timah dalam industri modern. *Jurnal Material Indonesia*, 10(3), 143–152. <https://doi.org/10.14710/jmi.10.3.143-152>

- Kurniawan, R., & Lestari, F. (2020). Analisis efektivitas proses produksi berbasis integrasi teknologi dan input bahan penunjang. *Jurnal Teknik Industri*, 21(1), 67–76. <https://doi.org/10.9744/jti.21.1.67-76>
- Mufida, N., Hamid, T., & Rachman, A. (2019). Peran bahan penolong dalam optimalisasi proses produksi industri manufaktur. *Jurnal Manajemen Industri*, 11(1), 23–31.
- Mulyadi, M., & Wahyudi, D. (2020). Analisis regresi dan determinasi dalam penelitian kuantitatif. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 15(2), 99–108.
- Naurah, M. (2024). Timah sebagai logam strategis dalam industri global: Kajian potensi dan dampak lingkungan. *Jurnal Kebijakan Energi dan Mineral*, 12(1), 45–58.
- Nugroho, H., Santosa, A., & Yuliana, E. (2022). Peran sektor pertambangan dalam perekonomian Indonesia: Tinjauan terhadap efek pengganda. *Jurnal Ekonomi Pembangunan Indonesia*, 10(2), 101–112.
- Putri, L. A., Suryani, R., & Fitriani, H. (2021). Dominasi tenaga kerja laki-laki di sektor pertambangan: Analisis sosiologis. *Jurnal Gender dan Sosial*, 8(1), 65–76.
- Rahman, M., Idris, R., & Susanti, L. (2020). Efisiensi penggunaan bahan penolong pada industri pengolahan logam. *Jurnal Teknik Metalurgi*, 19(1), 77–85.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (2nd ed.). Alfabeta.
- US Geological Survey. (2023). *Mineral Commodity Summaries 2023: Tin*. <https://pubs.usgs.gov>
- Utami, S., & Rachmawati, Y. (2021). Strategi manajemen bahan penolong dalam mendukung efisiensi operasional perusahaan tambang. *Jurnal Akuntansi dan Manajemen*, 18(3), 211–220. <https://doi.org/10.24843/jam.18.3.2021.211>
- Wati, R., Sulaiman, I., & Gasim, A. (2022). Pengaruh persediaan bahan baku terhadap kelangsungan produksi dengan volume penjualan sebagai moderasi. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Islam*, 6(2), 133–142.
- Yulianti, D. (2020). Potensi dan kontribusi PT Timah Tbk dalam industri pertambangan nasional. *Jurnal Ekonomi Pertambangan*, 4(1), 88–96.