

***THE INFLUENCE OF TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM) ON
EMPLOYEE PRODUCTIVITY WITH ORGANIZATIONAL CULTURE AS A
MODERATING VARIABLE (A STUDY AT CV. XYZ)***

**PENGARUH *TOTAL QUALITY MANAGEMENT* (TQM) TERHADAP
PRODUKTIVITAS KARYAWAN DENGAN BUDAYA ORGANISASI SEBAGAI
VARIABEL MODERASI (STUDI PADA CV. XYZ)**

Lucky Prameswara Saputra

Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Airlangga, Surabaya

luckyprams@gmail.com

ABSTRACT

Intense global competition drives organizations to improve employee productivity through the implementation of Total Quality Management (TQM) and the cultivation of a supportive organizational culture. This study aims to analyze the effect of Total Quality Management (TQM) on employee productivity and to examine the moderating role of organizational culture at CV. XYZ. The research employs a quantitative method utilizing Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) with SmartPLS 4 software. Data were collected through questionnaires distributed to 68 respondents at PT/CV. XYZ. The results indicate that TQM has a direct, significant positive effect on employee productivity with a P-value of 0.001 (< 0.05) and path coefficient of -0.319. However, organizational culture fails to moderate the relationship between TQM and employee productivity, yielding a P-value of 0.967 (> 0.05). This suggests that direct TQM practices drive productivity improvements, whereas entrenched cultural resistance may hinder the moderating process. The practical implication emphasizes the need for continuous training and cultural change management to optimize TQM implementation.

Keywords: *Total Quality Management, Employee Productivity, Organizational Culture, Moderating Variable, PLS-SEM.*

ABSTRAK

Persaingan global yang ketat mendorong perusahaan untuk meningkatkan produktivitas karyawan melalui penerapan Total Quality Management (TQM) dan pembentukan budaya organisasi yang kondusif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh Total Quality Management (TQM) terhadap produktivitas karyawan serta menguji peran budaya organisasi sebagai variabel moderasi pada CV. XYZ. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan Partial Least Squares (PLS-SEM) menggunakan bantuan software SmartPLS 4. Data diperoleh dari kuesioner yang disebarkan kepada 68 responden di PT/CV. XYZ. Hasil pengujian menunjukkan bahwa TQM berpengaruh positif dan signifikan terhadap produktivitas karyawan secara langsung dengan nilai P-value sebesar 0,001 ($< 0,05$) dan koefisien jalur -0,319. Namun, budaya organisasi terbukti tidak mampu memoderasi hubungan antara TQM dan produktivitas karyawan dengan nilai P-value sebesar 0,967 ($> 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa pelaksanaan TQM secara langsung berdampak pada produktivitas, sementara resistensi budaya kerja lama dapat menjadi kendala dalam proses moderasi. Implikasi dari penelitian ini menekankan pentingnya manajemen perubahan budaya dan pelatihan berkelanjutan untuk mendukung implementasi TQM yang optimal.

Kata Kunci: Total Quality Management, Produktivitas Karyawan, Budaya Organisasi, Variabel Moderasi, PLS-SEM.

PENDAHULUAN

Persaingan global yang semakin ketat mendorong organisasi untuk terus meningkatkan kinerja dan daya saing mereka di pasar. Dalam menghadapi tantangan ini, peningkatan produktivitas karyawan menjadi faktor kritis untuk meraih keunggulan kompetitif.

Organisasi yang mampu mengoptimalkan kontribusi dan efisiensi kinerja individu dalam konteks persaingan global akan lebih mampu menanggapi perubahan pasar dengan cepat dan memenangkan pangsa pasar yang berharga.

Peningkatan produktivitas karyawan melibatkan sejumlah faktor, seperti pelatihan, pengembangan keterampilan, optimalisasi proses kerja, dan adopsi teknologi terbaru. Fokus pada pemberdayaan dan peningkatan kemampuan karyawan dapat menciptakan lingkungan kerja yang mendukung pertumbuhan individu, yang pada akhirnya akan meningkatkan hasil kinerja keseluruhan organisasi. Strategi investasi pada produktivitas karyawan dianggap tak terhindarkan dalam konteks persaingan global untuk mencapai keberlanjutan dan relevansi jangka panjang di pasar yang dinamis.

Total Quality Management (TQM) menjadi dasar strategis utama dalam upaya mencapai keunggulan kualitas dan daya saing. Peningkatan produktivitas karyawan, yang termasuk pemberdayaan dan pelatihan, menjadi elemen kunci dalam TQM. Dengan melibatkan seluruh organisasi dalam usaha berkelanjutan untuk meningkatkan proses dan hasil produk atau layanan berkualitas tinggi, TQM memberikan dasar yang kokoh untuk efisiensi operasional, evaluasi kinerja, dan adaptasi cepat terhadap perubahan pasar global.

Budaya organisasi menjadi salah satu faktor peningkatan produktivitas karyawan dan penerapan Total Quality Management (TQM) saling berhubungan, membentuk dasar yang solid. Budaya yang mendorong keterlibatan, inovasi, dan pembelajaran berkelanjutan menjadi kunci keberhasilan TQM. Peningkatan produktivitas melibatkan perubahan budaya organisasi, dengan organisasi yang mendukung perubahan lebih efektif menerapkan prinsip-prinsip TQM.

Implementasi TQM yang sukses membentuk budaya organisasi yang responsif dan berfokus pada kualitas, memungkinkan mencapai keunggulan kompetitif dan pertumbuhan

berkelanjutan dan dapat meningkatkan produktivitas karyawan yang maksimal.

Tinjauan Pustaka

Total Quality Management (TQM)

Total Quality Management (TQM) telah menjadi paradigma utama dalam manajemen organisasi yang berorientasi pada kualitas. Seiring dengan perubahan dinamika bisnis, persaingan yang semakin ketat, dan ekspektasi konsumen yang terus berkembang. Total Quality Management (TQM) merupakan pendekatan sistematis yang berfokus pada kepuasan pelanggan dengan mengedepankan budaya kerja berorientasi kualitas, pencegahan cacat, dan perbaikan berkelanjutan yang melibatkan seluruh karyawan. (Kid Sadgrove dalam Nilhuda dkk, 2019).

Ada empat prinsip utama dalam TQM Menurut Hensler dan Brunell dalam (Setiawan, 2021), yaitu:

a. Kepuasan Pelanggan

Menurut Total Quality Management (TQM), pandangan terhadap kualitas dan pelanggan mengalami perluasan. Definisi kualitas tidak hanya terkait dengan kepatuhan terhadap spesifikasi tertentu, melainkan juga ditentukan oleh pandangan dan kebutuhan pelanggan.

b. Respek Terhadap Setiap Orang

Di dalam perusahaan yang berkomitmen pada standar kualitas dunia, setiap karyawan dianggap sebagai individu yang memiliki bakat dan kreativitas yang unik. Sebagai hasilnya, karyawan dianggap sebagai sumber daya paling berharga bagi organisasi. Oleh karena itu, setiap anggota organisasi diperlakukan dengan baik dan diberikan kesempatan untuk terlibat serta berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan tim.

c. Manajemen Berdasarkan Fakta

Perusahaan kelas dunia mengedepankan orientasi pada fakta, yang berarti setiap keputusan selalu didasarkan pada data, bukan sekadar perasaan atau intuisi. Terdapat dua konsep utama yang terkait dengan hal ini. Pertama, konsep prioritas, yang menunjukkan bahwa perbaikan tidak dapat dilakukan secara serentak pada semua aspek, mengingat adanya keterbatasan sumber daya. Oleh karena itu, dengan menggunakan data, manajemen dan tim dalam organisasi dapat memfokuskan upaya mereka pada situasi yang dianggap vital.

d. Perbaikan Berkesinambungan

Untuk mencapai kesuksesan, setiap perusahaan perlu menjalankan proses perbaikan secara sistematis. Konsep yang diterapkan di sini adalah siklus PDCA (plan-do-check-act), yang melibatkan langkah-langkah perencanaan rencana, pelaksanaan rencana, pemeriksaan hasil, dan tindakan korektif terhadap hasil yang diperoleh.

Budaya Organisasi

Budaya organisasi, dikenal sebagai budaya perusahaan, mencakup nilai-nilai atau norma-norma yang telah lama diterapkan dan diakui oleh anggota organisasi sebagai pedoman perilaku dalam menangani masalah organisasi atau perusahaan (Sutrisno, 2019). Budaya organisasi berperan penting sebagai faktor moderasi yang dapat memengaruhi hubungan antara TQM dan produktivitas karyawan.

Produktivitas Karyawan

Produktivitas karyawan merupakan faktor kunci dalam keberhasilan dan pertumbuhan suatu organisasi. Produktivitas kerja karyawan dapat diukur melalui hasil dari pekerjaan yang dilakukan, yang mencakup baik

aspek kualitas maupun kuantitas barang atau jasa, dengan mempertimbangkan waktu dan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan (Andriyany, 2021). Tingkat produktivitas individu dan tim secara langsung memengaruhi hasil operasional perusahaan. Hal ini melibatkan efisiensi dalam pelaksanaan tugas, optimalisasi waktu, dan kualitas pekerjaan yang dihasilkan. Meningkatkan produktivitas karyawan memerlukan strategi yang mencakup pelatihan dan pengembangan keterampilan, dan menciptakan lingkungan kerja yang mendukung kreativitas dan keterlibatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang memanfaatkan data numerik dari tahap perencanaan hingga penarikan kesimpulan melalui analisis statistik (Musianto dalam Waruwu, 2023). Populasi penelitian mencakup seluruh karyawan aktif di berbagai fungsi dan tingkatan pada perusahaan manufaktur CV. XYZ, dengan sampel sebanyak 50 karyawan yang dipilih secara acak. Data yang digunakan berupa data primer yang dikumpulkan secara langsung dari responden menggunakan instrumen kuesioner berskala Likert untuk mengukur variabel penelitian (Sekaran & Bougie dalam Jailani, 2023).

Definisi operasional mencakup variabel independen *Total Quality Management* (TQM) yang diukur melalui indikator kerja sama tim, pendekatan ilmiah, fokus pelanggan, obsesi kualitas, Pendidikan atau pelatihan, komitmen jangka panjang, serta perbaikan berkesinambungan (Diana dalam Syarifudin dkk., 2023); variabel pemoderasi Budaya Organisasi yang diukur melalui inisiatif individu, toleransi risiko, integrasi, dan kontrol (Robbins & Judge dalam Rahmania,

2024); serta variabel dependen Produktivitas Kerja yang diukur dari kualitas kerja, kuantitas kerja, ketepatan waktu, tingkat kesalahan, dan tingkat absensi (Silitonga, 2021). Analisis data dilakukan menggunakan teknik *Partial Least Squares* (PLS) untuk mengevaluasi dan memodelkan hubungan kompleks antar variabel dengan meminimalkan kesalahan kuadrat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keuntungan Additive Manufacturing

Teknik AM memiliki kekhasan yaitu dikembangkan untuk menggantikan manufaktur tradisional untuk memperluas jangkauan pilihan proses produsen dan pelanggan yang memiliki kelebihan dan kekurangan dalam setiap opsi terkait dengan aplikasi untuk tinjauan keunggulan proses AM sehingga diperlukan tiga karakteristik fitur yaitu waktu, biaya, dan fleksibilitas yang digunakan sebagai dasar evaluasi.

Tujuan penggunaan AM adalah untuk menghemat waktu produksi dan meningkatkan kecepatan produksi yang digunakan untuk mempercepat prototipe dan mengurangi waktu produksi suku cadang. Kinerja rantai pasokan dapat ditingkatkan dengan mengubah lokasi menjadi fasilitas manufaktur di berbagai lokasi regional yang dekat dengan pasar utama. Manfaat terdistribusi termasuk waktu untuk berhenti, biaya end-to-end yang lebih rendah, pemanfaatan kapasitas yang lebih rendah, kebutuhan manajemen inventaris yang lebih rendah, ketahanan yang lebih tinggi, fleksibilitas tinggi untuk variasi rantai pasokan. Tidak seperti manufaktur tradisional, ada sejumlah bahan yang harus dibuang.

AM menerapkan bahan menggunakan bahan limbah. Limbah material di AM telah berkurang hingga 40%, jika dibandingkan dengan metode tradisional. Sebanyak 95% hingga 98%

bahan dengan limbah yang telah didaur ulang (Xiong., et, al, 2022). AM tidak memerlukan sumber daya seperti fitting, pemotongan gaji, dan cairan pendingin. Produksi ini disesuaikan dengan pesanan risiko persediaan sehingga tidak ada barang jadi yang tidak terjual.

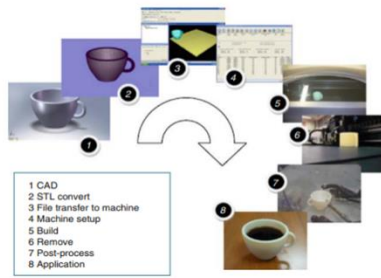


Gambar 1. Keterkaitan antara tiga fitur utama

Gambar di atas telah diilustrasikan sehubungan dengan fitur utama yang sesuai dengan keuntungan dari proses AM. Seluruh manfaat berkaitan dengan satu atau dua fitur yang berguna, mengurangi waktu dan biaya hasil fleksibel dari proses AM yang memberikan keuntungan dengan teknologi AM sebagai komponen yang rumit dan memerlukan penyelidikan lebih lanjut.

AM terdiri dari serangkaian langkah yang mengubah deskripsi CAD virtual menjadi bagian fisik. Setiap produk menggunakan AM dengan cara dan tingkat yang berbeda-beda. Produk yang lebih kecil dan sederhana mungkin hanya memanfaatkan AM untuk membuat model visualisasi, sementara produk yang lebih besar dan kompleks dengan kandungan rekayasa yang lebih tinggi dapat menggunakan AM di berbagai tahap dan iterasi dalam proses pengembangannya. AM digunakan karena kemampuannya memproduksi dengan cepat, serta sangat bermanfaat dalam hal ini karena kemampuannya untuk menghasilkan bentuk yang kompleks tanpa perlu mempertimbangkan pembuatan perkakas. Sebagian besar proses AM

setidaknya melibatkan delapan langkah dalam proses AM.



Gambar 2. Cara Penggunaan AM

Proses AM melibatkan pembuatan model CAD, konversi ke format STL, transfer dan penyesuaian pada mesin AM, pengaturan mesin, dan proses pembangunan bagian sebagian besar otomatis serta hanya memerlukan pemantauan ringan untuk memastikan tidak terjadi kesalahan, seperti habisnya material atau gangguan perangkat lunak. Setelah pembuatan, bagian diambil dengan aman dan mungkin memerlukan pasca-pemrosesan seperti pembersihan atau penguatan yang membutuhkan waktu dan ketelitian. Bagian yang telah selesai bisa digunakan atau diberi perawatan tambahan seperti pelapisan dasar dan pengecatan untuk hasil akhir yang diinginkan. Hal ini dijelaskan berdasarkan gambar diatas mengenai cara penggunaan AM.

Teknologi Additive Manufacturing pada Volkswagen Group

Bagi perusahaan besar seperti Volkswagen Group, yang mampu memproduksi sekitar 11 juta kendaraan penumpang dan komersial secara global di tahun 2017, menurutnya setiap detik dari waktu siklus atau proses sangatlah berarti (Jlaydon, 2018). Volkswagen menjadi produsen mobil terbesar di dunia, dengan berbagai cabang perusahaan dan berbagai merek yang tersebar di seluruh dunia. Seperti halnya, Volkswagen Autoeuropa yang berhasil memproduksi model seperti Scirocco dan Sharan dengan output tahunan

sekitar 100.000 mobil, memilih mengubah proses manufakturnya dengan memanfaatkan teknologi pencetakan 3D. Sebelumnya, mereka bergantung pada pemasok eksternal untuk membuat alat bantu produksi seperti jig dan fixture, yang seringkali membutuhkan waktu berminggu-minggu dan biaya yang cukup tinggi. Namun, sejak menerapkan pencetakan 3D internal, mereka berhasil memangkas biaya pengembangan alat hingga 91% dan waktu produksinya hingga 95% (Ultimaker, n.d.).

Penggunaan pencetakan 3D di Volkswagen Autoeuropa ini dimulai pada tahun 2014 dengan satu printer. Setelah melihat keunggulannya dalam hal efisiensi dan kemudahan penggunaan, perusahaan kemudian menambah jumlah printer menjadi tujuh. Dengan kapasitas ini, mereka mampu memproduksi lebih dari 1.000 alat bantu per tahun. Salah satu contohnya adalah jig perlindungan roda yang sebelumnya dipesan dari pemasok eksternal seharga €800 dan memakan waktu 56 hari untuk dibuat (O'Connor, 2018). Dengan pencetakan 3D internal, alat ini kini dapat diproduksi hanya dalam 10 hari dengan biaya €21.

Selain menghemat waktu dan biaya, pencetakan 3D juga memberikan fleksibilitas desain yang lebih besar. Tim desainer dan teknisi CAD internal dapat dengan cepat membuat dan memodifikasi alat sesuai kebutuhan, mencetaknya langsung di dekat lini produksi, dan langsung mengujinya (Engineering.com, n.d.).

Pada tahun 2016, implementasi pencetakan 3D ini telah menghemat sekitar €150.000 bagi Volkswagen Autoeuropa, dengan perkiraan penghematan meningkat menjadi €250.000 pada tahun 2017 (Ultimaker, n.d.). Investasi awal mereka dalam printer 3D Ultimaker bahkan balik

modal dalam waktu hanya dua bulan. Keberhasilan ini membuat alat-alat produksi internal mereka diadopsi sebagai praktik terbaik di seluruh Volkswagen Group.

Perkembangan Additive Manufacturing Pada Volkswagen Group

Pada awalnya, pencetakan 3D lebih umum digunakan untuk material seperti plastik dan bahan komposit. Namun, kemajuan teknologi memungkinkan penggunaannya untuk material logam, yang kemudian merevolusi industri manufaktur. Salah satu perusahaan yang berkontribusi dalam pengembangan teknologi pencetakan logam adalah Additive Industries, yang memperkenalkan sistem MetalFAB.

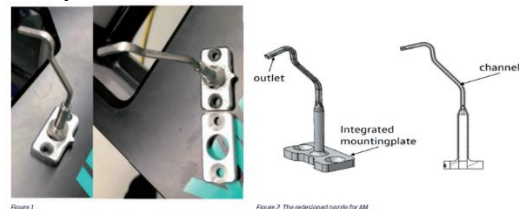
Sistem MetalFAB dirancang khusus untuk produksi manufaktur berbasis logam dengan tingkat modularitas dan otomatisasi yang tinggi. Keunggulan utama MetalFAB adalah efisiensi produksi yang lebih baik, dengan sistem yang memungkinkan pencetakan berkelanjutan dan otomatisasi penuh. Generasi berikutnya, yaitu MetalFABG2, menawarkan peningkatan signifikan dalam hal otomatisasi dan fleksibilitas. Sistem ini memiliki berbagai modul opsional yang memungkinkan produsen menyesuaikan konfigurasi sesuai dengan kebutuhan manufaktur mereka, sehingga meningkatkan efisiensi produksi sekaligus menekan biaya (Additive Industries, n.d.).

MetalFAB 300 Flex merupakan inovasi terbaru dalam teknologi ini. Sistem ini menawarkan fleksibilitas tinggi dengan area cetak yang dapat disesuaikan, sehingga memungkinkan produsen untuk mengurangi risiko investasi dalam adopsi teknologi manufaktur aditif berbasis logam.

Dengan solusi ini, perusahaan dapat lebih mudah mengadopsi pencetakan 3D dalam skala industri tanpa perlu melakukan investasi besar di awal.

Sejak tahun 2018, Volkswagen telah menggunakan teknologi pencetakan 3D logam, termasuk sistem MetalFAB, di pusat produksi mereka. Salah satu contoh sukses penerapan teknologi ini adalah dalam pembuatan nozzle Tiguan, di mana Volkswagen berhasil mengurangi biaya produksi hingga 650% serta mempercepat waktu produksi menjadi hanya dua hari.

Secara tradisional, nozzle ini dibuat dari dua bagian terpisah yang kemudian disatukan melalui proses pengelasan dan berbagai tahapan manufaktur lainnya. Proses ini tidak hanya memakan waktu lebih lama tetapi juga meningkatkan risiko kesalahan produksi. Dengan teknologi Additive Manufacturing, Volkswagen kini dapat memproduksi nozzle dalam satu langkah, tanpa memerlukan perakitan atau proses pasca-produksi yang kompleks.



Gambar 3. Nozzle Volkswagen yang dibuat dengan Teknologi AM

Pabrik Volkswagen menggunakan sistem MetalFAB dengan fitur penghapusan otomatis bubuk, yang semakin mempercepat proses produksi. Dalam satu kali pencetakan, sebanyak 48 nozzle dapat diproduksi secara bersamaan di atas satu platform. Dengan adanya empat laser yang bekerja secara paralel, waktu pencetakan hanya membutuhkan 15 jam. Jika dihitung secara keseluruhan, proses manufaktur dari awal hingga selesai hanya memakan waktu 2-3 hari, jauh lebih cepat

dibandingkan metode konvensional yang membutuhkan waktu berminggu-minggu.

Dari sisi material, nozzle yang diproduksi menggunakan MetalFAB dibuat dari baja tahan karat 316L, yang lebih murah dibandingkan material Titanium yang sebelumnya digunakan. Kombinasi dari desain yang dioptimalkan dan pemilihan material baru tetap mempertahankan kinerja mekanis yang diperlukan, sekaligus menekan biaya produksi (Additive Industries, 2023).

Keberhasilan implementasi MetalFAB mendorong Volkswagen untuk meningkatkan investasinya dalam teknologi ini. Untuk lebih meningkatkan efisiensi dan mengurangi limbah, Volkswagen memutuskan untuk membeli sistem MetalFAB kedua dari Additive Industries. Sistem terbaru ini memiliki laser otomatis dan modularitas yang memungkinkan ekspansi produksi tanpa memerlukan investasi besar.

Salah satu alasan utama Volkswagen memilih sistem ini adalah tingkat otomatisasi yang tinggi, yang tidak hanya menghilangkan proses manual tetapi juga meningkatkan keamanan kerja dan efisiensi produksi. Selain itu, teknologi ini juga memberikan dampak positif terhadap pengurangan limbah produksi, yang menjadi fokus utama dalam strategi keberlanjutan Volkswagen.

Sebagai bagian dari visi jangka panjangnya, Volkswagen menargetkan untuk memproduksi hingga 1.000.000 komponen otomotif setiap tahun menggunakan teknologi pencetakan 3D berbasis logam di pabrik Wolfsburg pada tahun 2025.

Dampak Additive Manufacturing pada Volkswagen

Volkswagen Group terus berupaya meningkatkan efisiensi dalam alur kerja

produksi di seluruh fasilitasnya yang tersebar di berbagai wilayah. Untuk mencapai keunggulan dalam proses dan lingkungan manufaktur, perusahaan ini mengandalkan Sistem Produksi Grup Volkswagen, yang memastikan standar produksi yang seragam di semua pabrik. Saat ini, Volkswagen Group mengoperasikan 123 fasilitas produksi yang mencakup pembuatan mobil penumpang, kendaraan komersial, sepeda motor, serta powertrain dan komponen otomotif. Wilayah Eropa tetap menjadi pusat utama produksi dengan 71 lokasi, termasuk 28 pabrik di Jerman. Sementara itu, 34 fasilitas berada di Asia-Pasifik, lima di Amerika Utara, sembilan di Amerika Selatan, dan empat di Afrika (Volkswagen Group, 2023).

Sejak 2014, Volkswagen Autoeuropa di Portugal telah mengadopsi teknologi additive manufacturing (pencetakan 3D) dalam proses produksinya, terutama untuk mencetak komponen perkakas yang digunakan di jalur perakitan. Penggunaan printer 3D, khususnya printer FDM desktop dari Ultimaker, memungkinkan penghematan biaya produksi yang signifikan. Pada 2016, penghematan yang diperoleh dari teknologi ini mencapai \$160.000 per tahun. Biaya produksi dapat ditekan lebih dari 90%, sementara waktu pengembangan perkakas berkurang hingga 95% dibandingkan metode konvensional (Jackson, 2017). Printer 3D ini menjadi solusi yang lebih hemat dibandingkan investasi pada mesin industri yang umumnya memiliki harga lebih dari \$100.000. Volkswagen menargetkan penghematan hingga \$200.000 per tahun, dengan potensi peningkatan mencapai \$250.000 per tahun dalam jangka panjang.

Saat ini, tujuh unit printer 3D, termasuk Ultimaker 3 dan Ultimaker 2+,

digunakan untuk mendukung jalur produksi di pabrik Autoeuropa, yang menghasilkan sekitar 100.000 unit kendaraan per tahun. Pada 2016, pabrik ini berhasil mencetak 1.000 komponen perkakas dalam satu tahun, dengan investasi awal printer 3D yang sudah kembali hanya dalam waktu dua bulan. Salah satu contoh keberhasilan implementasi teknologi ini adalah dalam produksi alat lencana pintu bagasi. Dengan menggunakan pencetakan 3D, biaya produksi alat ini hanya \$11, jauh lebih murah dibandingkan dengan \$445 jika dipesan dari pemasok eksternal. Selain itu, waktu tunggu berkurang dari 35 hari menjadi hanya 4 hari (Jackson, 2017).



Gambar 4. Perbandingan Penggunaan AM oleh Volkswagen Group

Volkswagen juga mulai menerapkan teknologi pencetakan 3D dalam pembuatan suku cadang mobil, termasuk proyek percontohan untuk model GTI khusus. Pada 2018, perusahaan meluncurkan 52 produksi baru, yang terdiri dari 29 model kendaraan baru dan penerusnya, serta 23 proyek peningkatan produk dan varian (Volkswagen Group, 2018).

Sebagai bagian dari inisiatif keberlanjutan, Volkswagen juga mengembangkan sistem untuk mengurangi limbah produksi, seperti Powder Load Tool dan Powder Recovery Station, yang mengoptimalkan penggunaan material logam dalam pencetakan 3D. Pada 2022, Volkswagen berhasil menekan biaya produksi nosel

perkakas hingga 650% lebih murah dibandingkan metode sebelumnya, yang membuat perusahaan meraih Penghargaan Aplikasi Transportasi TCT (Johnson, 2023).

Pada 2019, pencetakan 3D tetap menjadi salah satu pilar utama dalam implementasi Industri 4.0 dan digitalisasi dalam industri otomotif. Teknologi ini memungkinkan Volkswagen untuk mencetak komponen yang lebih kompleks, dengan desain yang lebih fleksibel serta proses yang lebih cepat dan hemat biaya dibandingkan manufaktur konvensional. Implementasi pencetakan 3D juga mengurangi kebutuhan akan alat produksi khusus, sehingga memungkinkan desain langsung dari model digital ke produksi fisik tanpa melalui banyak tahapan manufaktur. Seiring berkembangnya teknologi digitalisasi, Volkswagen melihat potensi besar dalam produksi otomotif skala besar berbasis digital.

Selain itu, Volkswagen mulai mengimplementasikan proyek berbasis cloud untuk mendukung digitalisasi di seluruh fasilitas produksinya. Perusahaan ini juga sukses mengintegrasikan rantai pasokan secara global, dengan lebih dari 30.000 lokasi dan 1.500 pemasok yang terhubung dalam sistem digital. Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional, mempercepat proses produksi, dan mengurangi ketergantungan pada metode manufaktur konvensional yang lebih mahal dan kurang fleksibel (Volkswagen Group, 2019).

Dengan semakin luasnya penerapan additive manufacturing, Volkswagen telah membuktikan bahwa pencetakan 3D tidak hanya mampu mengurangi biaya dan waktu produksi tetapi juga membuka peluang baru dalam desain dan inovasi produk. Langkah ini

sejalan dengan tren industri yang semakin mengarah pada digitalisasi dan produksi berbasis teknologi pintar, menjadikan Volkswagen salah satu pelopor yang menerapkan manufaktur aditif di sektor otomotif.

PENUTUPAN

Kesimpulan

Revolusi Industri 4.0 telah membawa perubahan besar dalam industri otomotif, salah satunya melalui penerapan Additive Manufacturing (AM) atau pencetakan 3D. Volkswagen Group sebagai pemimpin industri otomotif telah mengadopsi teknologi ini untuk meningkatkan efisiensi produksi, inovasi desain, dan keberlanjutan lingkungan.

AM memungkinkan produksi suku cadang yang lebih cepat, hemat biaya, dan lebih fleksibel, dibandingkan dengan metode manufaktur konvensional. Teknologi ini juga mengurangi limbah material dan emisi karbon, sejalan dengan strategi keberlanjutan Volkswagen. Salah satu contoh suksesnya adalah penggunaan sistem MetalFAB dalam pencetakan logam yang mampu mempercepat produksi hingga beberapa kali lipat serta memangkas biaya produksi secara signifikan.

Namun, penerapan teknologi ini masih menghadapi tantangan seperti biaya investasi awal yang tinggi dan keterbatasan material. Meskipun demikian, Volkswagen terus meningkatkan investasi dalam teknologi AM.

REFERENSI

Additive Industries. (n.d.). A New Metal Additive Manufacturing Era | The MetalFABG2. Retrieved from <https://www.additiveindustries.com/metalfabg2>.

Additive Industries. (2023). Volkswagen realizes a 650% cost reduction on Tiguan production tooling using the MetalFAB industrial metal Additive Manufacturing equipment. Retrieved from <https://3dee.hu/wp-content/uploads/2023/01/Additive-Industries-Volkswagen-Case-Study-HR.pdf>

Additive Industries. (n.d.). MetalFAB: The Future of Metal Additive Manufacturing. Additive Industries.

Additive Industries. (2023). How Volkswagen Optimized Nozzle Production with MetalFAB Technology. Additive Industries.

Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, 55(2), 155-162.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). "How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective." *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.

Engineering.com. (n.d.). Volkswagen Autoeuropa 3D prints manufacturing tools to save thousands of euros. Retrieved from <https://www.engineering.com/volkswagen-autoeuropa-3d-prints-manufacturing-tools-to-save-thousands-of-euros>

Gibson, Ian & Rosen, David & Stucker, Brent. (2010). Additive Manufacturing Technologies – Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. 10.1007/978-1-4419-1120-9.

- Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. Springer.
- Jackson, Beau. (2017). Volkswagen saves \$160k in tooling costs using desktop FDM 3D printers. Retrieved from <https://3dprintingindustry.com/news/volkswagen-saves-160k-tooling-costs-using-desktop-fdm-3d-printers-116640/>
- Jackson, T. (2017). 3D Printing in Automotive: The Future of Manufacturing. *Additive Manufacturing Journal*, Vol. 5(3), pp. 45-62.
- Johnson, Oliver. (2023). Volkswagen expands 3D printing capabilities with installation of its second MetalFAB system. Retrieved from <https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/metal-additive-manufacturing-news/volkswagen-expands-3d-printing-capabilities-with-installation-of-its-second-metalfab-system/>
- Jlaydon. (2018). Volkswagen: Additive Manufacturing as a Tool for Success. Retrieved from <https://d3.harvard.edu/platform-rectom/submission/volkswagen-additive-manufacturing-as-a-tool-for-success/>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. German National Academy of Science and Engineering.
- O'Connor, Daniel. (2018). *Can you jig it? Volkswagen & Ultimaker's 3D printing success*. Retrieved from <https://www.tctmagazine.com/can-you-jig-it-volkswagen-ultimaker-3d-printing>
- Prihadyanti, D. (2015). Pembelajaran Teknologi di Perusahaan Manufaktur Berintensitas Teknologi Tinggi dan Menengah-Tinggi. *Jurnal Manajemen Teknologi*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.12695/jmt.2015.14.1.1>
- Pou, Juan & Riveiro, Antonio & Davim, J. Paulo. (2021). Additive Manufacturing. *Handbooks on Advanced Manufacturing*. 10.1016/C2018-0-00910-X.
- Savitri Astrid. (2019). Revolusi Industri 4.0, Mengubah Tantangan Menjadi Peluang Di Era Dirupsi 4.0. Yogyakarta: Penerbit Ganesis.
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.
- Syed A.M. Tofail, Elias P. Koumoulos, Amit Bandyopadhyay, Susmita Bose, Lisa O'Donoghue, Costas Charitidis, (2018), Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities, *Materials Today*, <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2017.07.001>
- Ultimaker. (n.d.). *Volkswagen Autoeuropa maximizing production efficiency with 3D printed tools, jigs, and fixtures*. Retrieved from <https://ultimaker.com/learn/volkswagen-autoeuropa-maximizing-production-efficiency-with-3d-printed-tools-jigs-and-fixtures>
- Volkswagen. (2018). Annual Report 2018. Retrieved from <https://annualreport2018.volkswagenag.com/group-management-report/sustainable-value-enhancement/production.html>.
- Volkswagen Group. (2019). *Digitalization and Cloud-Based*

- Manufacturing in the Automotive Industry*. Volkswagen AG. 368–375.
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.04.008>
- Volkswagen (2021). NEW AUTO: Volkswagen Group set to unleash value in battery-electric autonomous mobility world. Retrieved from <https://www.volkswagen-group.com/en/publications/presentations/press-release-volkswagen-group-strategy-new-auto-1857/download?disposition=attachment>
- Volkswagen AG. (2021). Volkswagen strengthens expertise in 3D printing and starts additive manufacturing center. Retrieved from <https://www.volkswagen-newsroom.com>
- Volkswagen. (n.d.). History. Retrieved from <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/history-3693>.
- Volkswagen Group. (2022). *Annual Report 2022*.
- Volkswagen Group. (2023). *Volkswagen Production and Sustainability Strategy*. Volkswagen AG.
- Xiong, Gang & Tamir, Tariku & Shen, Zhen & Shang, Xiuqin & Wu, Huaiyu & Wang, Fei-Yue. (2022). A Survey on Social Manufacturing: A Paradigm Shift for Smart Prosumers. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*. 10.1109/TCSS.2022.3180201.
- Yang, F., Gu, S. (2021). Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. *Complex Intell. Syst.* 7, 1311–1325. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00267-9>
- Zhao, N., Parthasarathy, M., Patil, S., Coates, D., Myers, K., Zhu, H., & Li, W. (2023). *Direct additive manufacturing of metal parts for automotive applications*. *Journal of Manufacturing Systems*, 68,