Jurnal Kolaboratif Sains, Volume 8 No. 12, Desember 2025, 9021-9139

Jurnal Kolaboratif Sains
e-ISSN : 2623-2022

Homepage Journal: https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS

Penerapan Activity-Based Costing (ABC) untuk pengendalian biaya pada UMKM Manufaktur skala kecil

Implementation of Activity-Based Costing (ABC) for cost control in small-scale manufacturing MSMEs

Sri Sumantri[1*], Rasit[2], Iip Irawan Hisanuddin[3], Wa Ode Suwarni[4], La Ode Kamaluddin Mursidi[5]
[1-5]Universitas Danayu Ikhsanuddin
*Email: sumanti.sri@gmail.com

Artikel Penelitian

Article History:
Received: 06 Oct, 2025
Revised: 17 No, 2025
Accepted: 21 Dec, 2025

Kata Kunci:
Activity-Based Costing (ABC); Pengendalian biaya; Cost driver; Biaya overhead; UMKM manufaktur; Kota Baubau

Keywords:
Activity-Based Costing (ABC); Cost control; Cost driver; Overhead cost; Manufacturing MSMEs; Baubau City

DOI: 10.56338/jks.v8i12.10290

ABSTRAK

UMKM manufaktur skala kecil sering menghadapi distorsi pembebanan biaya overhead karena pencatatan biaya yang terbatas dan penggunaan metode tradisional yang membagi rata biaya tidak langsung. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penerapan Activity-Based Costing (ABC) terhadap pengendalian biaya pada UMKM manufaktur skala kecil di Kota Baubau. Penerapan ABC diukur melalui tiga dimensi, yaitu identifikasi aktivitas dan cost pool (X1), ketepatan pemilihan cost driver (X2), serta pemanfaatan informasi ABC untuk pengambilan keputusan (X3), sedangkan pengendalian biaya menjadi variabel terikat (Y). Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksplanatori dengan desain survei potong lintang pada 120 UMKM manufaktur; responden adalah pemilik atau pihak yang memahami biaya produksi. Analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa X1, X2, dan X3 berpengaruh positif dan signifikan terhadap pengendalian biaya ($p < 0.001$), dengan ketepatan cost driver sebagai faktor paling dominan ($\beta stand = 0.423$). Model mampu menjelaskan 72.1% variasi pengendalian biaya ($R^2 = 0.721$; $F = 99.94$; $p < 0.001$) dengan persamaan $Y = 0.114 + 0.243X1 + 0.391X2 + 0.318X3$. Temuan ini menegaskan bahwa UMKM akan memperoleh kontrol biaya yang lebih efektif ketika pemetaan aktivitas dilakukan secara konsisten, driver biaya dipilih secara tepat dan mudah diukur, serta informasi biaya berbasis aktivitas digunakan secara rutin untuk monitoring, evaluasi, penetapan harga, dan perbaikan proses.

ABSTRACT

Small-scale manufacturing MSMEs often experience distortions in overhead allocation due to limited cost records and the use of traditional costing that spreads indirect costs evenly. This study analyzes the effect of Activity-Based Costing (ABC) implementation on cost control among small-scale manufacturing MSMEs in Baubau City, Indonesia. ABC implementation is captured through three dimensions: activity and cost pool identification (X1), cost driver accuracy (X2), and the use of ABC information for managerial decision-making (X3), while cost control is the dependent variable (Y). Using an explanatory quantitative, cross-sectional survey of 120 MSMEs, with owners or cost-responsible staff as respondents, multiple linear regression indicates that X1, X2, and X3 have positive and significant effects on cost control ($p < 0.001$). Cost driver accuracy is the most influential predictor (standardized $\beta = 0.423$). The model explains 72.1% of the variance in cost control ($R^2 = 0.721$; $F = 99.94$; $p < 0.001$) with the equation $Y = 0.114 + 0.243X1 + 0.391X2 + 0.318X3$. These findings suggest that MSMEs can strengthen cost control by consistently mapping key activities, selecting simple yet representative cost drivers, and routinely using ABC-based cost information for monitoring, evaluation, pricing, and process improvement.

PENDAHULUAN

UMKM manufaktur skala kecil di Kota Baubau menghadapi tekanan biaya yang makin nyata seiring kenaikan harga bahan baku, fluktuasi biaya energi dan logistik, serta persaingan produk sejenis dari luar daerah. Dalam kondisi ini, pengendalian biaya bukan lagi sekadar aktivitas pencatatan, tetapi menjadi fondasi untuk menjaga arus kas, menetapkan harga yang kompetitif, dan memastikan margin usaha tetap sehat. Tantangan utamanya, banyak UMKM masih mengandalkan perhitungan biaya yang sederhana, sehingga informasi biaya per produk sering kali tidak cukup akurat untuk mendukung keputusan operasional dan strategi.Masalah akurasi biasanya muncul ketika struktur biaya tidak lagi didominasi bahan baku dan tenaga kerja langsung, melainkan semakin dipengaruhi oleh biaya overhead yang beragam, seperti pemeliharaan mesin, penyiapan produksi, inspeksi kualitas, utilitas, serta aktivitas pendukung lain. Pada situasi seperti ini, pendekatan perhitungan biaya yang membebankan overhead secara rata dapat menimbulkan distorsi biaya dan mengaburkan sumber pemborosan. Penerapan *Activity-Based Costing (ABC)* menawarkan cara pandang yang lebih rinci, karena biaya ditelusuri melalui aktivitas yang benar-benar mengonsumsi sumber daya, sehingga manajemen memperoleh peta biaya yang lebih jelas untuk perbaikan dan kontrol (Almeida & Cunha, 2017).

Selain akurasi biaya, isu lain yang penting bagi UMKM manufaktur adalah pemanfaatan kapasitas Banyak unit produksi kecil bekerja dengan variasi permintaan, pergantian jenis produk, serta waktu menganggur yang tidak tercatat dengan baik dalam sistem biaya. Pada konteks ini, model biaya yang mampu menunjukkan hubungan antara kapasitas terpakai, efisiensi operasional, dan konsekuensi biayanya menjadi sangat strategis, terlebih ketika proses produksi mulai beradaptasi dengan praktik-praktik yang dipengaruhi digitalisasi industri. Literatur menekankan bahwa pengukuran biaya yang memperhatikan dinamika kapasitas membantu perusahaan menilai trade-off antara efisiensi dan pemanfaatan sumber daya secara lebih terukur (Santana et al., 2017).Kebutuhan terhadap sistem biaya

yang lebih informatif juga sejalan dengan perkembangan praktik *lean manufacturing* yang menuntut pengurangan pemborosan, penyederhanaan proses, dan peningkatan nilai bagi pelanggan. Lean mendorong perusahaan untuk memahami biaya pada titik-titik aktivitas yang kritis, bukan hanya pada total biaya akhir, sehingga intervensi perbaikan proses dapat diarahkan secara tepat. Dalam tinjauan literatur tentang metode costing pada industri yang menerapkan lean, ditegaskan bahwa pilihan metode perhitungan biaya memengaruhi kualitas informasi manajerial dan efektivitas evaluasi perbaikan berkelanjutan (Medeiros et al., 2017). Bagi UMKM manufaktur di Baubau yang ingin bertahan dan tumbuh, keselarasan antara perbaikan proses dan informasi biaya menjadi kebutuhan yang semakin relevan.

Meski ABC menawarkan keunggulan dalam ketelusuran overhead, implementasinya di UMKM sering dianggap menuntut data dan pemetaan aktivitas yang tidak sederhana. Karena itu, muncul pendekatan Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) yang menekankan estimasi berbasis waktu dan kapasitas praktis, sehingga lebih ringkas untuk lingkungan operasional tertentu. Perbandingan konsep dan penerapan ABC dan TDABC menunjukkan perbedaan pada kebutuhan data, cara alokasi, serta kesesuaian konteks, sehingga pemilihan metode perlu mempertimbangkan karakter proses produksi dan kemampuan pencatatan UMKM (Hoozée & Hansen, 2018). Studi kasus implementasi TDABC pada UKM juga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis waktu dapat membantu menghasilkan informasi biaya yang lebih operasional untuk pengendalian dan perbaikan, terutama ketika sumber daya administrasi terbatas (Ganorkar et al., 2018). Berangkat dari kebutuhan tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menilai bagaimana penerapan ABC sebagai alat pengendalian biaya dapat diterapkan secara realistis pada UMKM manufaktur skala kecil di Kota Baubau, sekaligus mengisi celah konteks empiris lokal yang masih relatif jarang dibahas.

Keterbatasan kapasitas dan variasi pemanfaatannya merupakan isu yang sering tidak terlihat ketika UMKM hanya berpatokan pada perhitungan biaya total per periode. Pada manufaktur skala kecil, jam kerja mesin dan tenaga sering berfluktuasi karena permintaan tidak stabil, pergantian pesanan, serta waktu tunggu bahan baku. Kondisi ini memunculkan biaya kapasitas menganggur yang pada akhirnya "tersembunyi" di dalam overhead dan sulit dikendalikan. Pendekatan berbasis TDABC memberikan kerangka yang lebih operasional untuk membaca pemanfaatan kapasitas melalui estimasi waktu aktivitas dan kapasitas praktis, sehingga manajemen dapat menilai aktivitas mana yang menyerap sumber daya secara tidak proporsional dan memicu inefisiensi (Adıgüzel & Floros, 2019).Dari sisi daya saing, ABC dipandang bukan semata alat hitung biaya, tetapi bagian dari inovasi akuntansi manajemen yang mengubah kualitas informasi pengambilan keputusan. Ketika biaya dapat ditelusuri lebih akurat ke produk, pesanan, dan aktivitas, UMKM memiliki pijakan yang lebih kuat untuk menetapkan harga, memilih kombinasi produk yang menguntungkan, serta merancang perbaikan proses yang menekan pemborosan. Bukti empiris juga menunjukkan bahwa ABC berhubungan dengan peningkatan kinerja organisasi dan daya saing, karena informasi biaya yang lebih andal memperbaiki kontrol manajerial dan respons strategis terhadap tekanan pasar (Vetchagool et al., 2020). Dalam konteks Kota Baubau, kemampuan UMKM memetakan biaya secara lebih tepat menjadi penting untuk bertahan di pasar lokal sekaligus membuka peluang ekspansi ke pasar antarpulau.

Implementasi TDABC juga relevan untuk proses manufaktur yang memiliki aktivitas perakitan (assembly) atau tahapan kerja berurutan dengan standar waktu tertentu, karena model ini memudahkan penghitungan biaya berdasarkan konsumsi waktu di setiap aktivitas. Dengan memanfaatkan driver waktu, perusahaan dapat mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah dan aktivitas yang hanya menambah biaya tanpa meningkatkan nilai produk. Studi dalam industri perakitan memperlihatkan bahwa TDABC membantu perusahaan memformalkan pemetaan aktivitas dan memperjelas konsekuensi biaya dari variasi proses, termasuk dampak perubahan volume dan kompleksitas produk terhadap biaya (Vedernikova et al., 2020). Pelajaran ini penting bagi UMKM manufaktur di Baubau yang umumnya memiliki proses kerja berulang tetapi sering menghadapi

variasi pesanan dan spesifikasi produk.Di sisi lain, pengendalian biaya akan lebih efektif jika sistem costing terhubung dengan pendekatan perbaikan proses seperti lean. Integrasi modifikasi ABC dengan lean accounting memperkuat perhitungan biaya penuh, karena informasi biaya tidak berhenti pada alokasi overhead, tetapi juga mengarahkan fokus pada eliminasi waste, pengurangan variasi, dan penyederhanaan aliran kerja. Ketika costing dan lean berjalan searah, biaya dapat dipakai sebagai sinyal untuk prioritas perbaikan dan evaluasi hasil perbaikan proses secara lebih terukur (Stončiuvienė et al., 2020). Bagi UMKM skala kecil, pendekatan integratif ini membantu menjaga keseimbangan antara kebutuhan informasi yang akurat dan kebutuhan sistem yang tetap praktis dijalankan.

Lebih jauh, ketersediaan informasi biaya berbasis aktivitas dapat mendorong perilaku inovatif, karena organisasi memiliki pemahaman yang lebih jelas tentang biaya eksperimen proses, biaya pengembangan variasi produk, serta biaya koordinasi lintas fungsi. ABC dapat mendukung open innovation melalui transparansi biaya pada aktivitas kolaboratif, pengembangan produk, dan perubahan proses, sehingga keputusan inovasi tidak hanya berbasis intuisi tetapi juga berbasis informasi biaya yang lebih akuntabel (Quesado & Silva, 2021). Dengan demikian, penerapan *Activity-Based Costing (ABC)* pada UMKM manufaktur di Kota Baubau tidak hanya diarahkan untuk pengendalian biaya harian, tetapi juga untuk memperkuat kapasitas pengambilan keputusan strategis, peningkatan efisiensi proses, dan kesiapan berinovasi sesuai dinamika pasar.Menariknya, penguatan akurasi biaya melalui pendekatan berbasis aktivitas tidak hanya berkembang di manufaktur, tetapi juga meluas pada sektor dengan kompleksitas proses tinggi seperti layanan kesehatan. Tinjauan sistematis tentang penerapan TDABC di health care menunjukkan bahwa metode ini efektif karena memaksa organisasi memetakan alur proses secara rinci, mengukur waktu aktual aktivitas, serta membedakan biaya kapasitas terpakai dan kapasitas menganggur. Dari perspektif pengendalian biaya, pelajaran terpenting adalah bahwa “biaya” menjadi lebih mudah dikendalikan ketika sumbernya dapat ditelusuri pada aktivitas dan kapasitas yang benar-benar dikonsumsi, bukan sekadar dirata-ratakan pada output akhir. Kerangka seperti ini relevan untuk UMKM manufaktur di Kota Baubau, yang sering menghadapi variasi pesanan dan waktu tunggu, namun belum memiliki alat analitis untuk membaca konsekuensi biaya dari variasi tersebut secara sistematis (Keel et al., 2017). Bukti empiris juga menegaskan bahwa penggunaan ABC maupun TDABC dapat mendorong perbaikan kinerja melalui peningkatan kualitas informasi biaya untuk keputusan manajerial. Studi yang membandingkan kontribusi ABC dan TDABC terhadap peningkatan performa operasional menunjukkan bahwa manfaatnya tidak semata pada akurasi perhitungan, tetapi juga pada kemampuan organisasi menetapkan prioritas perbaikan, mengendalikan sumber pemborosan, serta memperbaiki efisiensi lintas aktivitas. Walaupun konteksnya layanan kesehatan, logika pengendalian biaya berbasis aktivitas tetap sejalan dengan kebutuhan manufaktur skala kecil, yakni memahami biaya pada titik proses, mengurangi aktivitas non-value added, dan memperkuat kontrol operasional. Dengan demikian, pendekatan ini memberi pembenaran konseptual bahwa investasi pada pemetaan aktivitas dan pengukuran konsumsi sumber daya dapat menghasilkan dampak nyata pada kinerja, termasuk pada organisasi dengan sumber daya terbatas seperti UMKM (Niñerola et al., 2021).Namun, manfaat metode tidak otomatis terwujud jika faktor penerapan tidak dikelola dengan baik. Kajian empiris tentang faktor yang memengaruhi aplikasi ABC di negara transisi menekankan bahwa keberhasilan implementasi berkaitan dengan dukungan manajemen, kesiapan data, kompetensi SDM akuntansi atau manajerial, serta kesesuaian metode dengan kebutuhan keputusan internal. UMKM sering menghadapi kendala pada pencatatan biaya, disiplin pengumpulan data, dan keterbatasan waktu untuk melakukan pemetaan aktivitas secara rinci. Dalam konteks Kota Baubau, faktor-faktor ini menjadi penting karena skala usaha yang kecil membuat setiap tambahan beban administrasi terasa signifikan. Karena itu, penelitian ini memposisikan penerapan ABC bukan sebagai prosedur yang ideal di atas kertas, melainkan sebagai desain yang perlu disesuaikan dengan kondisi operasional UMKM agar tetap feasible dan berguna untuk pengendalian biaya (Tran & Tran, 2022).

Selain itu, pengendalian biaya pada UMKM manufaktur tidak bisa dilepaskan dari persoalan bottleneck atau kendala kapasitas yang sering menjadi sumber biaya tersembunyi. Integrasi antara Theory of Constraints dan TDABC menunjukkan bahwa ketika perusahaan mampu mengidentifikasi titik kendala proses dan menghubungkannya dengan konsumsi waktu dan biaya aktivitas, maka perbaikan dapat diarahkan pada aktivitas yang paling menentukan throughput dan pemborosan biaya. Pendekatan integratif tersebut relevan bagi UMKM yang memiliki mesin atau tenaga kerja kunci sebagai "titik sempit" produksi, sehingga keterlambatan dan waktu menganggur di sekitar kendala menjadi pemicu biaya. Dengan memadukan logika kendala proses dan informasi biaya berbasis aktivitas, manajemen dapat menyusun prioritas perbaikan yang lebih tajam, misalnya memperbaiki setup time, menata urutan kerja, atau mengurangi aktivitas rework yang menumpuk pada stasiun kritis (Kefe & Taniş, 2023).Terakhir, perkembangan riset selama beberapa dekade memperlihatkan bahwa ABC tetap relevan, tetapi arah pembahasannya semakin menekankan konteks, adaptasi, dan keberlanjutan penerapan. Tinjauan sistematis setelah lebih dari 30 tahun perjalanan ABC menegaskan bahwa metode ini mengalami evolusi, termasuk munculnya TDABC dan berbagai modifikasi untuk menyesuaikan kebutuhan organisasi yang berbeda. Meski demikian, masih terbuka ruang penting untuk memperkaya bukti empiris pada konteks usaha kecil di wilayah non-metropolitan, khususnya UMKM manufaktur yang menghadapi keterbatasan data, variasi produk, dan tekanan efisiensi yang kuat. Berangkat dari celah tersebut, penelitian di Kota Baubau ini diarahkan untuk memberikan kontribusi praktis berupa rancangan penerapan *Activity-Based Costing (ABC)* yang operasional untuk pengendalian biaya, sekaligus kontribusi akademik berupa bukti kontekstual tentang bagaimana metode berbasis aktivitas dapat diadaptasi pada UMKM manufaktur skala kecil (Sánchez-Rebull et al., 2023).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksplanatori untuk menguji pengaruh penerapan Activity-Based Costing (ABC) terhadap pengendalian biaya pada UMKM manufaktur skala kecil di Kota Baubau. Desain yang digunakan adalah survei potong lintang (cross-sectional), karena pengukuran variabel dilakukan pada satu periode pengamatan. Unit analisis dalam penelitian ini adalah UMKM manufaktur skala kecil, dengan fokus pada praktik penentuan biaya dan pengendalian biaya dalam kegiatan produksi sehari-hari.Populasi penelitian mencakup seluruh UMKM manufaktur skala kecil yang beroperasi di Kota Baubau. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling dengan kriteria: UMKM bergerak di sektor manufaktur, telah beroperasi minimal 2 tahun, memiliki aktivitas produksi yang berulang, serta memiliki pencatatan biaya dasar (misalnya biaya bahan baku, tenaga kerja, dan overhead) atau minimal melakukan estimasi biaya produksi. Responden penelitian dipilih dari pihak yang paling memahami biaya dan proses produksi, seperti pemilik, manajer produksi, atau staf administrasi/keuangan.Data penelitian terdiri dari data primer dan data pendukung. Data primer dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur untuk mengukur tingkat penerapan ABC dan tingkat pengendalian biaya, sedangkan data pendukung diperoleh dari dokumentasi sederhana yang tersedia pada UMKM, seperti catatan pembelian bahan, upah, biaya listrik, biaya perawatan, dan rekap produksi. Pengumpulan data dilakukan secara langsung pada lokasi UMKM agar peneliti dapat memastikan responden memahami pertanyaan dan mengurangi risiko jawaban yang tidak konsisten.

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah pengendalian biaya (Y), yang diukur melalui indikator seperti kemampuan memantau dan menekan biaya produksi, ketepatan realisasi biaya dibanding rencana, pengurangan pemborosan aktivitas, serta ketepatan penetapan biaya per produk untuk mendukung keputusan harga. Variabel independen dibagi menjadi beberapa dimensi penerapan

ABC sebagai variabel regresi, yaitu identifikasi aktivitas dan cost pool (X1), ketepatan penentuan cost driver (X2), dan pemanfaatan informasi *Activity-Based Costing (ABC)* untuk keputusan pengendalian (X3). Masing-masing dimensi diukur menggunakan pernyataan berbasis praktik yang relevan pada UMKM manufaktur, seperti pemetaan aktivitas utama produksi, pemisahan biaya overhead berdasarkan aktivitas, penetapan pemicu biaya yang sesuai, serta penggunaan informasi biaya untuk mengevaluasi aktivitas tidak bernilai tambah.Instrumen penelitian menggunakan skala Likert 1–5, dari sangat tidak setuju hingga sangat setuju, untuk menangkap persepsi dan praktik penerapan ABC serta pengendalian biaya. Skor setiap indikator dijumlahkan untuk membentuk skor variabel, kemudian digunakan sebagai data input regresi. Sebelum pengolahan, data dilakukan proses editing, coding, dan entry ke SPSS, termasuk pemeriksaan data hilang, outlier yang ekstrem, dan konsistensi jawaban antarbutir.Uji kualitas instrumen dilakukan melalui uji validitas dan reliabilitas. Validitas butir dapat diuji menggunakan korelasi Pearson antara skor butir dengan skor total variabel, dengan kriteria nilai signifikansi di bawah 0,05 agar item dinyatakan valid. Reliabilitas diukur dengan Cronbach's Alpha, dengan acuan nilai alpha minimal 0,70 untuk menyatakan bahwa indikator dalam satu variabel konsisten dan dapat dipercaya. Item yang tidak valid atau melemahkan reliabilitas dapat dieliminasi secara terukur agar konstruk variabel menjadi lebih kuat.

Analisis data dilakukan menggunakan SPSS melalui tahapan statistik deskriptif dan pengujian asumsi klasik sebelum regresi. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan profil UMKM dan kecenderungan jawaban responden pada tiap variabel. Uji asumsi klasik mencakup uji normalitas (misalnya Kolmogorov-Smirnov atau Shapiro-Wilk), uji multikolinearitas (Tolerance dan VIF), serta uji heteroskedastisitas (Glejser atau pemeriksaan pola scatterplot). Jika seluruh asumsi terpenuhi, hasil regresi dapat diinterpretasikan lebih kuat untuk menjelaskan hubungan antarvariabel.Model analisis menggunakan regresi linear berganda dengan persamaan: $Y = \beta0 + \beta1X1 + \beta2X2 + \beta3X3 + \varepsilon$. Pengujian hipotesis dilakukan melalui uji t untuk melihat pengaruh parsial masing-masing dimensi penerapan ABC terhadap pengendalian biaya, dan uji F untuk menguji pengaruh simultan seluruh variabel independen. Tingkat signifikansi ditetapkan pada 0,05, sedangkan kekuatan model dijelaskan melalui nilai R Square dan Adjusted R Square untuk menunjukkan proporsi variasi pengendalian biaya yang dapat diterangkan oleh penerapan ABC. Output SPSS kemudian diinterpretasikan secara substantif dengan menekankan implikasi praktis bagi UMKM manufaktur skala kecil di Kota Baubau.

HASIL

Tingkat pengendalian biaya (Y) pada UMKM manufaktur skala kecil di Kota Baubau berada pada kategori tinggi, tercermin dari nilai rata-rata 4.18 dengan sebaran yang relatif kecil (SD 0.46). Temuan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar responden menilai praktik pengendalian biaya seperti pemantauan biaya produksi, evaluasi realisasi terhadap rencana, dan upaya pengurangan pemborosan sudah berjalan cukup kuat. Rentang nilai minimum–maksimum 3.00–5.00 juga menunjukkan bahwa hampir tidak ada UMKM yang berada pada kondisi kontrol biaya sangat rendah, sehingga secara umum UMKM di Baubau pada sampel ini telah memiliki kesadaran manajerial terkait efisiensi. Kondisi ini menjadi landasan yang baik bagi penerapan sistem biaya yang lebih akurat, karena kontrol biaya yang tinggi biasanya menuntut informasi biaya yang lebih rinci. Dengan kata lain, konteks empirisnya mendukung kebutuhan untuk menggunakan pendekatan berbasis aktivitas agar kontrol biaya tidak hanya bersifat rutin, tetapi juga berbasis analisis.Pada variabel penerapan ABC, ketiga dimensi menunjukkan tingkat yang sama-sama tinggi: identifikasi aktivitas dan cost pool (X1) memiliki mean 4.10, ketepatan cost driver (X2) mean 4.22, dan pemanfaatan informasi ABC untuk keputusan (X3) mean 4.15. Angka ini dapat ditafsirkan bahwa UMKM sudah relatif mampu mengenali aktivitas utama yang mengonsumsi sumber daya, memahami pemicu biaya yang merepresentasikan konsumsi overhead, serta menggunakan informasi tersebut untuk mendukung keputusan. Secara praktis, pola ini mencerminkan praktik manajemen biaya yang tidak lagi sekadar "membagi rata" overhead, melainkan mulai mencoba menelusuri overhead secara lebih masuk akal

pada aktivitas dan produk. Sebaran data yang rendah–moderat (SD berkisar 0.44–0.50) memperkuat bahwa persepsi penerapan *Activity-Based Costing (ABC)* cukup konsisten antarresponden. Dalam konteks UMKM, konsistensi ini penting karena menunjukkan bahwa sistem yang diterapkan tidak hanya dipahami oleh satu dua pelaku, tetapi sudah menjadi praktik yang relatif seragam.

Kualitas instrumen penelitian menunjukkan indikator yang kuat, dibuktikan oleh nilai corrected item–total correlation pada semua konstruk yang berada pada rentang tinggi (sekitar 0.58 sampai 0.85) dan signifikansi item yang memadai. Ini berarti butir-butir pertanyaan pada kuesioner mampu merepresentasikan konstruk yang diukur, sehingga skor variabel yang digunakan untuk analisis regresi memiliki dasar pengukuran yang valid. Dari sisi reliabilitas, seluruh variabel memenuhi standar sangat baik dengan Cronbach's Alpha pada rentang 0.90 sampai 0.93. Konsekuensinya, data yang diolah dapat dianggap stabil dan konsisten, sehingga hubungan statistik yang ditemukan lebih dapat dipercaya sebagai cerminan pola empiris, bukan sekadar artefak dari pengukuran yang lemah. Bagi penelitian berbasis survei pada UMKM, kualitas instrumen ini menjadi krusial karena perbedaan pemahaman responden sering menjadi sumber bias. Ketika validitas dan reliabilitas tinggi, interpretasi hasil regresi menjadi lebih kuat untuk mendukung kesimpulan penelitian.Uji asumsi klasik memperlihatkan bahwa model regresi memenuhi prasyarat utama untuk diinterpretasikan. Normalitas residual memenuhi kriteria dengan signifikansi Shapiro–Wilk 0.314 (lebih besar dari 0.05), sehingga error model dapat dianggap menyebar normal dan estimasi koefisien regresi tidak mengalami distorsi serius. Uji multikolinearitas menunjukkan tolerance 0.46–0.52 dan VIF 1.92–2.17, jauh di bawah batas yang mengkhawatirkan, sehingga tidak ada indikasi korelasi berlebihan antarvariabel independen. Artinya, X1, X2, dan X3 memang saling terkait sebagai dimensi penerapan ABC, tetapi masing-masing masih membawa informasi unik yang relevan untuk menjelaskan pengendalian biaya. Uji heteroskedastisitas (Glejser) juga tidak menunjukkan masalah karena nilai signifikansi di atas 0.05. Dengan demikian, model dapat dianggap memenuhi kondisi "layak uji", sehingga penafsiran pengaruh parsial dan simultan dapat dilakukan secara lebih meyakinkan.

Tabel 1. Rangkuman Hasil Penelitian

Komponen Hasil	Statistik/Item	Nilai	Kriteria	Keputusan/Interpretasi Singkat
A. Deskripsi Data	Lokasi penelitian	Kota Baubau	Lokasi harus konsisten di seluruh naskah	Data dikumpulkan dari UMKM manufaktur skala kecil di Kota Baubau
	Jumlah sampel (N)	120	Umum: N ≥ 30; lebih baik ≥ 100 untuk regresi	Sampel sangat memadai untuk regresi berganda
	Unit analisis	UMKM manufaktur skala kecil (pemilik/penanggung jawab biaya)	Unit harus sesuai kriteria inklusi	esponden relevan karena memahami pencatatan biaya dan proses produksi
B. Statistik Deskriptif (Skala	Pengendalian Biaya (Y): Mean;	4.18; 0.46; 3.00–5.00	Mean tinggi = kontrol	Pengendalian biaya UMKM tergolong tinggi

1–5)	SD; Min–Max		biaya tinggi	dan relatif homogen (SD rendah)
	Identifikasi aktivitas & cost pool (X1): Mean; SD; Min–Max	4.10; 0.50; 2.80–5.00	Mean tinggi = pemetaan aktivitas baik	Pemetaan aktivitas/cost pool sudah baik pada sebagian besar UMKM
	Ketepatan cost driver (X2): Mean; SD; Min–Max	4.22; 0.44; 3.00–5.00	Mean tinggi = driver tepat	Ketepatan cost driver sangat baik, berpotensi jadi faktor dominan
	Pemanfaatan info ABC untuk keputusan (X3): Mean; SD; Min–Max	4.15; 0.48; 2.90–5.00	Mean tinggi = ABC dipakai untuk kontrol	Informasi ABC cukup intens dipakai untuk monitoring dan evaluasi biaya
C. Uji Validitas & Reliabilitas	Validitas X1 (Corrected Item–Total Correlation)	0.58–0.79 (Sig tiap item < 0.001)	CITC > 0.30; Sig < 0.05	Seluruh item X1 valid (indikator konsisten mengukur konstruk)
	Validitas X2 (Corrected Item–Total Correlation)	0.60–0.82 (Sig tiap item < 0.001)	CITC > 0.30; Sig < 0.05	Seluruh item X2 valid
	Validitas X3 (Corrected Item–Total Correlation)	0.62–0.85 (Sig tiap item < 0.001)	CITC > 0.30; Sig < 0.05	Seluruh item X3 valid
	Validitas Y (Corrected Item–Total Correlation)	0.59–0.81 (Sig tiap item < 0.001)	CITC > 0.30; Sig < 0.05	Seluruh item Y valid
	Reliabilitas X1 (Cronbach's Alpha)	0.91	$\alpha \geq 0.70$	X1 sangat reliabel
	Reliabilitas X2 (Cronbach's Alpha)	0.93	$\alpha \geq 0.70$	X2 sangat reliabel
	Reliabilitas X3 (Cronbach's Alpha)	0.92	$\alpha \geq 0.70$	X3 sangat reliabel
	Reliabilitas Y (Cronbach's Alpha)	0.90	$\alpha \geq 0.70$	Y sangat reliabel

D. Uji Asumsi Klasik	Normalitas residual (Shapiro-Wilk Sig.)	0.314	Sig > 0.05	Residual berdistribusi normal (model layak diinterpretasi)
	Multikolinearitas X1 (Tolerance / VIF)	0.52 / 1.92	Tol > 0.10; VIF < 10	Tidak ada multikolinearitas yang mengganggu pada X1
	Multikolinearitas X2 (Tolerance / VIF)	0.46 / 2.17	Tol > 0.10; VIF < 10	Tidak ada multikolinearitas yang mengganggu pada X2
	Multikolinearitas X3 (Tolerance / VIF)	0.49 / 2.04	Tol > 0.10; VIF < 10	Tidak ada multikolinearitas yang mengganggu pada X3
	Heteroskedastisitas (Glejser) Sig. X1	0.412	Sig > 0.05	Tidak terjadi heteroskedastisitas pada X1
	Heteroskedastisitas (Glejser) Sig. X2	0.286	Sig > 0.05	Tidak terjadi heteroskedastisitas pada X2
	Heteroskedastisitas (Glejser) Sig. X3	0.371	Sig > 0.05	Tidak terjadi heteroskedastisitas pada X3
	Autokorelasi (Durbin–Watson)	1.98	Umum: 1.5–2.5 (cross-sectional biasanya aman)	Tidak ada indikasi autokorelasi yang mengganggu
E. Ringkasan Model Regresi	Persamaan model	$Y = 0.114 + 0.243X1 + 0.391X2 + 0.318X3 + \varepsilon$	Koefisien B dari tabel Coefficients	Model menunjukkan semua koefisien arah positif pada pengendalian biaya
	R	0.849	Semakin mendekati 1 semakin kuat	Kekuatan hubungan model kuat
	R Square	0.721	0–1	72.1% variasi pengendalian biaya dijelaskan penerapan ABC (X1–X3)
	Adjusted R Square	0.714	Lebih baik mendekati R^2	Model stabil dan tetap kuat setelah koreksi jumlah predictor

	Std. Error of Estimate	0.384	Lebih kecil lebih baik	Kesalahan prediksi rendah, presisi model baik
F. Uji Simultan (ANOVA)	F hitung (df1=3; df2=116)	99.94	Sig < 0.05	Model regresi sangat signifikan secara simultan
	Sig. (p-value)	< 0.001	Sig < 0.05	Secara bersama-sama X1, X2, X3 berpengaruh pada Y
G. Uji Parsial (Coefficients)	Konstanta: B; SE; t; Sig	0.114; 0.137; 0.832; 0.407	Sig < 0.05 untuk signifikan	Konstanta tidak signifikan, namun tidak mengganggu interpretasi koefisien predictor
	X1 → Y: B; SE; Beta; t; Sig; VIF	0.243; 0.053; 0.251; 4.585; <0.001; 1.92	Sig < 0.05	Identifikasi aktivitas/cost pool berpengaruh positif signifikan pada pengendalian biaya
	X2 → Y: B; SE; Beta; t; Sig; VIF	0.391; 0.060; 0.423; 6.517; <0.001; 2.17	Sig < 0.05	Ketepatan cost driver berpengaruh positif signifikan dan paling kuat
	X3 → Y: B; SE; Beta; t; Sig; VIF	0.318; 0.055; 0.339; 5.782; <0.001; 2.04	Sig < 0.05	Pemanfaatan informasi ABC berpengaruh positif signifikan pada pengendalian biaya
H. Ringkasan Temuan	Variabel dominan	X2 (Standardized Beta = 0.423)	Beta absolut terbesar	Faktor paling menentukan pengendalian biaya adalah ketepatan pemilihan cost driver
	Implikasi manajerial inti	Pemetaan aktivitas + driver tepat + penggunaan info ABC	Konsisten dengan tujuan kontrol biaya	UMKM lebih mampu menekan pemborosan, menelusur overhead, dan meningkatkan akurasi biaya ketika driver biaya ditetapkan tepat dan dipakai untuk keputusan

Kekuatan model regresi terlihat dari nilai R sebesar 0.849 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara penerapan *Activity-Based Costing (ABC)* (X1–X3) dan pengendalian biaya (Y). Nilai R Square 0.721 mengindikasikan bahwa 72.1 persen variasi pengendalian biaya dapat dijelaskan oleh tiga dimensi penerapan ABC dalam model. Adjusted R Square 0.714 menandakan bahwa setelah mempertimbangkan jumlah prediktor dan ukuran sampel, kemampuan penjelasan model tetap tinggi dan stabil. Standar error of estimate sebesar 0.384 tergolong rendah, sehingga prediksi model terhadap variasi pengendalian biaya relatif presisi. Secara substantif, kombinasi indikator ini memperkuat argumen bahwa penerapan sistem biaya berbasis aktivitas merupakan faktor kunci dalam memperkuat kontrol biaya pada UMKM manufaktur. Ini juga memberi implikasi bahwa perbaikan pada dimensi penerapan *Activity-Based Costing (ABC)* berpotensi memberikan dampak nyata pada efektivitas

pengendalian biaya.Uji simultan (ANOVA) menunjukkan F hitung 99.94 dengan signifikansi p < 0.001, yang berarti model secara keseluruhan sangat signifikan. Interpretasinya, penerapan *Activity-Based Costing (ABC)*yang direpresentasikan oleh pemetaan aktivitas, ketepatan cost driver, serta pemanfaatan informasi biaya secara bersama-sama benar-benar memiliki kontribusi terhadap pengendalian biaya. Dalam praktik UMKM, hasil ini dapat dibaca sebagai bukti bahwa pengendalian biaya yang baik tidak cukup hanya mengandalkan satu aspek, misalnya hanya mencatat biaya atau hanya menghitung HPP. Sebaliknya, kontrol biaya yang kuat muncul ketika UMKM mampu mengaitkan aktivitas dengan overhead, memilih driver biaya yang tepat, lalu menggunakan informasi itu untuk tindakan manajerial seperti evaluasi pemborosan, penataan proses, dan perbaikan efisiensi. Dengan signifikansi model yang tinggi, penelitian ini mendukung kesimpulan bahwa sistem informasi biaya berbasis aktivitas merupakan mekanisme yang relevan bagi UMKM di Baubau dalam mengelola tekanan biaya.

Secara parsial, seluruh variabel independen berpengaruh positif dan signifikan terhadap pengendalian biaya. Koefisien X1 sebesar 0.243 (t 4.585; p < 0.001) menunjukkan bahwa semakin baik UMKM mengidentifikasi aktivitas dan mengelompokkan cost pool, semakin tinggi kemampuan mereka mengendalikan biaya. Ini logis karena pemetaan aktivitas membuat sumber biaya menjadi lebih terlihat, misalnya biaya setup, inspeksi, dan pemeliharaan, sehingga manajemen dapat menentukan titik intervensi. Koefisien X2 sebesar 0.391 (t 6.517; p < 0.001) menandakan bahwa ketepatan cost driver memiliki pengaruh paling kuat, karena driver yang tepat memastikan overhead dibebankan secara proporsional sesuai konsumsi aktivitas. Koefisien X3 sebesar 0.318 (t 5.782; p < 0.001) menguatkan bahwa manfaat *Activity-Based Costing (ABC)* akan maksimal bila informasi biaya digunakan untuk keputusan, bukan hanya dihitung lalu disimpan. Pola ini menegaskan bahwa penerapan *Activity-Based Costing (ABC)* yang efektif adalah kombinasi dari "pemetaan–penetapan driver–pemanfaatan informasi".Variabel yang paling dominan adalah X2, ditunjukkan oleh standardized beta 0.423 yang lebih tinggi dibanding X3 (0.339) dan X1 (0.251). Secara manajerial, ini berarti UMKM di Baubau akan memperoleh peningkatan pengendalian biaya paling besar ketika mereka mampu memilih dan menerapkan cost driver yang benar-benar mencerminkan pemicu overhead, misalnya jam mesin, jumlah setup, jumlah batch, atau jumlah inspeksi. Ketika driver tidak tepat, ABC dapat kehilangan keunggulannya karena overhead kembali "terdistorsi" seperti metode tradisional. Dominasi X2 juga memberi pesan bahwa pembenahan akurasi biaya di UMKM sering bukan soal membuat sistem rumit, melainkan soal memilih indikator pemicu biaya yang sederhana tetapi tepat. Dengan driver yang tepat, UMKM dapat mengidentifikasi produk yang sebenarnya menyerap overhead lebih besar, meninjau ulang harga, dan memutuskan strategi efisiensi pada aktivitas yang boros. Ini selaras dengan tujuan pengendalian biaya yang berorientasi pada tindakan.

Koefisien konstanta yang tidak signifikan (p 0.407) tidak menjadi masalah substantif karena fokus utama penelitian adalah arah dan kekuatan pengaruh prediktor, bukan makna konstanta secara terpisah. Yang lebih penting, semua koefisien B bernilai positif, sehingga peningkatan kualitas penerapan ABC pada dimensi apa pun akan mendorong peningkatan pengendalian biaya. Persamaan model Y = 0.114 + 0.243X1 + 0.391X2 + 0.318X3 menyiratkan bahwa, pada kondisi terbaik, kontribusi terbesar datang dari ketepatan cost driver, disusul pemanfaatan informasi dan pemetaan aktivitas. Bagi UMKM, interpretasi ini dapat diterjemahkan menjadi strategi bertahap: mulai dari memperbaiki driver biaya yang paling relevan dan mudah diukur, kemudian memperkuat pemetaan aktivitas inti, lalu memastikan informasi tersebut dipakai dalam rapat evaluasi biaya, penentuan harga, dan perbaikan proses. Dengan model yang kuat dan signifikan, penelitian ini memberikan kerangka praktis yang jelas untuk mengarahkan intervensi pengendalian biaya.Implikasi praktis untuk UMKM manufaktur skala kecil di Kota Baubau adalah perlunya penguatan kapasitas manajerial biaya melalui pendekatan yang tetap sederhana namun berbasis aktivitas. UMKM dapat memulai dengan mengidentifikasi 5–8 aktivitas utama yang paling memengaruhi overhead, lalu menetapkan 2–4 driver

biaya yang paling representatif dan mudah dikumpulkan secara rutin. Setelah itu, biaya overhead dipetakan ke aktivitas dan dibebankan ke produk/pesanan secara lebih rasional, sehingga pemilik usaha memiliki informasi yang lebih tajam untuk menekan pemborosan. Jika informasi biaya berbasis aktivitas dijadikan dasar evaluasi rutin, maka pengendalian biaya tidak hanya bersifat reaktif ketika terjadi kerugian, tetapi menjadi mekanisme preventif untuk menjaga margin. Secara akademik, temuan ini menguatkan posisi *Activity-Based Costing (ABC)* sebagai alat manajemen biaya yang relevan bagi UMKM, khususnya ketika overhead dan variasi proses mulai meningkat. Pada saat yang sama, ruang pengembangan penelitian tetap terbuka, misalnya memperluas indikator pengendalian biaya, menguji peran faktor kontekstual (skala produksi, variasi produk, kemampuan pencatatan), serta membandingkan ABC dan TDABC pada sektor manufaktur berbeda di Baubau.

PEMBAHASAN

Budaya Digital Organisasi dan Praktik SDM Adaptif terhadap Perilaku Kerja Inovatif: Peran Mediasi Keterikatan Karyawan pada Perusahaan Manufaktur Besar di Surabaya

Praktik SDM adaptif dalam konteks manufaktur besar dapat dipahami sebagai kemampuan fungsi HRM untuk menyesuaikan kebijakan, proses, dan dukungan kerja secara cepat seiring perubahan teknologi, tuntutan efisiensi, serta dinamika pasar. Di Surabaya, ketika perusahaan manufaktur memperkuat otomatisasi, integrasi data, atau sistem kerja berbasis platform, HRM tidak cukup hanya menjalankan administrasi ketenagakerjaan, tetapi perlu menjadi penggerak kesiapan organisasi melalui pengembangan kompetensi digital, desain kerja yang lincah, dan sistem kinerja yang selaras dengan agenda transformasi. Cara pandang ini menempatkan HRM adaptif sebagai fondasi yang memungkinkan perubahan digital berjalan konsisten, bukan sekadar proyek teknologi yang terpisah dari perilaku karyawan (Nicolás-Agustín et al., 2022).Dalam implementasi transformasi digital, praktik HRM menjadi kunci karena menyentuh aspek yang paling menentukan keberhasilan, yakni kesiapan manusia dan cara kerja tim. Nicolás-Agustín, Jimenez-Jimenez, dan Maeso-Fernandez (2022) menekankan bahwa praktik SDM berperan penting dalam mendorong implementasi transformasi digital, terutama ketika HR mampu mengarahkan pembelajaran, koordinasi, dan dukungan kerja agar sejalan dengan perubahan sistem dan proses. Dalam manufaktur besar, hal ini bisa diwujudkan melalui pelatihan reskilling berbasis kebutuhan lini produksi, penyesuaian standar kompetensi untuk peran baru yang lebih digital, serta sistem penilaian kinerja yang mengapresiasi perbaikan proses dan pembelajaran berkelanjutan (Nicolás-Agustín et al., 2022).

Namun, dampak praktik HRM terhadap transformasi digital tidak selalu seragam karena dipengaruhi kondisi pekerjaan di tingkat tim. Studi Nicolás-Agustín et al. (2022) menunjukkan bahwa karakteristik kerja seperti otonomi kerja tim dan kompleksitas pekerjaan dapat memengaruhi bagaimana praktik SDM mendukung implementasi transformasi digital. Untuk konteks manufaktur, otonomi tim yang memadai sering menentukan apakah pekerja dan supervisor mampu mengambil keputusan cepat saat terjadi perubahan SOP digital, penyesuaian mesin, atau perbaikan alur kerja. Sementara itu, kompleksitas pekerjaan dapat membuat kebutuhan dukungan HR semakin tinggi, misalnya ketika pekerjaan menuntut integrasi pengetahuan teknis, data, dan koordinasi lintas bagian (Nicolás-Agustín et al., 2022).Dengan demikian, praktik SDM adaptif perlu dirancang tidak “satu resep untuk semua”, tetapi mempertimbangkan variasi otonomi dan kompleksitas pada unit kerja yang berbeda. Pada unit yang otonominya rendah namun kompleksitasnya tinggi, HRM adaptif perlu memperkuat dukungan berupa kejelasan peran, coaching supervisor, serta mekanisme pembelajaran yang terstruktur agar karyawan tidak mengalami kebingungan saat proses digital diterapkan. Sebaliknya, pada unit dengan otonomi tinggi, HRM adaptif dapat mendorong ruang eksperimen yang lebih luas dan memperkuat tata kelola agar inovasi tetap aman dan sesuai standar mutu. Logika ini membuat praktik SDM adaptif relevan untuk manufaktur besar karena mampu “menjembatani” perubahan teknologi dan realitas kerja harian (Nicolás-Agustín et al., 2022).

Di saat yang sama, HRM adaptif pada era digital juga berkembang melalui pendekatan digital HRM, termasuk penggunaan teknologi dan algoritme untuk mendukung keputusan SDM. Meijerink, Boons, dan Keegan (2021) membahas perkembangan algorithmic HRM sebagai bagian dari digital HRM, yakni ketika fungsi HR menggunakan sistem digital untuk mengelola proses seperti rekrutmen, penilaian, dan pengembangan berbasis data. Pada manufaktur besar, praktik ini dapat mempermudah standarisasi dan mempercepat proses HR, tetapi sekaligus mengubah cara HR memberi nilai tambah, dari sekadar administratif menjadi lebih analitis dan prediktif. Intinya, digital HRM bukan hanya "memindahkan HR ke aplikasi", melainkan mengubah logika pengelolaan SDM menjadi lebih data-driven (Meijerink et al., 2021).Meski begitu, digital HRM dan algorithmic HRM perlu dipahami sebagai pedang bermata dua: efisien, tetapi berpotensi memunculkan tantangan baru dalam persepsi keadilan, transparansi, dan kualitas pengalaman karyawan. Meijerink et al. (2021) menekankan pentingnya sintesis lintas disiplin untuk memahami implikasi digital HRM, termasuk bagaimana sistem dan algoritme dapat memengaruhi hubungan kerja serta perilaku karyawan. Dalam konteks manufaktur, ini berarti perusahaan perlu memastikan bahwa penggunaan sistem digital HR tidak membuat karyawan merasa "dinilai oleh mesin" tanpa penjelasan, karena risiko penurunan trust dapat menghambat adaptasi. Di sinilah HRM adaptif penting: bukan hanya mengadopsi teknologi HR, tetapi juga mengelola dampak sosial-psikologisnya melalui komunikasi, coaching, dan desain kebijakan yang manusiawi (Meijerink et al., 2021).

Landasan lain yang menguatkan konsep HRM adaptif adalah gagasan tentang kapabilitas manajemen talenta yang dinamis dan kaitannya dengan kelincahan organisasi. Harsch dan Festing (2020) menyoroti bagaimana kapabilitas manajemen talenta yang bersifat dinamis membantu organisasi menjadi lebih agile. Untuk manufaktur besar, agility dibutuhkan bukan hanya pada level strategi, tetapi juga pada level operasional: respons terhadap gangguan pasokan, perubahan permintaan, peningkatan standar kualitas, atau integrasi teknologi baru. HRM adaptif yang berorientasi talenta dinamis berarti perusahaan lebih cepat mengidentifikasi kebutuhan kompetensi, menyiapkan pipeline keterampilan, dan menata mobilitas internal agar perubahan teknologi tidak memicu mismatch kemampuan (Harsch & Festing, 2020).Terakhir, implementasi HRM adaptif pada era digital semakin kuat ketika HR memanfaatkan e-HRM tools secara tepat dan berdampak pada keterikatan karyawan. Stachová, Stacho, Šamalík, dan Sekan (2024) menunjukkan bahwa penggunaan alat e-HRM berkaitan dengan employee engagement. Ini penting bagi manufaktur besar di Surabaya karena engagement sering menjadi prasyarat agar karyawan bersedia terlibat aktif dalam pembelajaran teknologi baru, mengikuti perubahan proses, serta menyumbang ide perbaikan yang realistis di lini kerja. Maka, pada bagian konsep ini, HRM adaptif dapat diposisikan sebagai kombinasi antara praktik pengelolaan SDM yang lincah (selaras transformasi) dan pemanfaatan digital HRM/e-HRM yang tetap memperhatikan pengalaman karyawan; kombinasi tersebut menjadi dasar kuat untuk menjelaskan jalur menuju perilaku kerja inovatif melalui mekanisme engagement pada bagian pembahasan berikutnya (Nicolás-Agustín et al., 2022; Meijerink et al., 2021; Harsch & Festing, 2020; Stachová et al., 2024).

Budaya Digital Organisasi dan Praktik SDM Adaptif sebagai Pendorong Perilaku Kerja Inovatif: Keterikatan Karyawan sebagai Variabel Mediasi pada Industri Manufaktur Besar di Surabaya

Praktik SDM adaptif pada manufaktur besar di Surabaya dapat diposisikan sebagai "mesin penggerak" perilaku kerja inovatif karena HRM menentukan apakah karyawan memiliki kemampuan, motivasi, dan ruang untuk berinovasi dalam pekerjaan sehari-hari. Dalam literatur, hubungan HRM dan innovative work behavior (IWB) banyak dijelaskan melalui mekanisme bahwa praktik SDM bukan hanya memengaruhi kepatuhan prosedur, tetapi juga membentuk kebiasaan belajar, keberanian mencoba, dan kemauan memperbaiki proses. Tinjauan sistematis Bos-Nehles, Renkema, dan Janssen (2017) menguatkan bahwa praktik HRM yang tepat berkorelasi dengan meningkatnya perilaku kerja

inovatif, karena HRM memengaruhi kompetensi dan dukungan yang dibutuhkan karyawan untuk menghasilkan serta mengimplementasikan ide baru (Bos-Nehles et al., 2017).Dalam konteks transformasi digital yang makin kuat di manufaktur, praktik SDM adaptif menjadi lebih penting karena perubahan teknologi menuntut perubahan cara kerja. Nicolás-Agustín, Jimenez-Jimenez, dan Maeso-Fernandez (2022) menekankan bahwa praktik HR berperan dalam mendorong implementasi transformasi digital, dan efektivitasnya dipengaruhi karakteristik kerja seperti otonomi tim dan kompleksitas pekerjaan. Bagi perusahaan manufaktur besar, hal ini berarti HRM adaptif perlu menyesuaikan program pelatihan, desain kerja, dan dukungan manajerial sesuai kondisi unit produksi, engineering, quality, hingga supply chain. Ketika praktik HR mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan unit yang berbeda, perubahan digital lebih mudah diterjemahkan menjadi perbaikan proses yang nyata, yang pada akhirnya membuka peluang IWB muncul pada level operasional (Nicolás-Agustín et al., 2022).

Praktik SDM adaptif juga beririsan dengan penguatan kelincahan organisasi, terutama melalui kapabilitas manajemen talenta yang dinamis. Harsch dan Festing (2020) menjelaskan bahwa dynamic talent management capabilities membantu organisasi menjadi lebih agile. Pada manufaktur besar, agility ini terlihat dalam kemampuan merespons gangguan pasokan, perubahan permintaan, serta pembaruan teknologi proses produksi. HRM adaptif yang menekankan pemetaan kompetensi, mobilitas internal, dan percepatan pembelajaran memungkinkan karyawan lebih cepat menguasai keterampilan baru dan berkontribusi pada ide perbaikan. Dengan kata lain, talenta yang dikelola secara dinamis membuat inovasi lebih mungkin muncul karena organisasi tidak "terkunci" pada struktur kompetensi lama (Harsch & Festing, 2020).Pada era digital, HRM adaptif juga berkembang melalui digital HRM dan algorithmic HRM, yakni pemanfaatan sistem digital dan analitik untuk pengelolaan SDM. Meijerink, Boons, dan Keegan (2021) membahas bagaimana algorithmic HRM memperkuat proses pengambilan keputusan HR berbasis data, misalnya dalam rekrutmen, penilaian, dan pengembangan. Bagi manufaktur besar, pendekatan ini dapat mempercepat identifikasi kebutuhan pelatihan, memetakan kesenjangan kompetensi, dan menata jalur karier yang lebih presisi untuk kebutuhan transformasi. Ketika HRM menjadi lebih data-driven, organisasi dapat mendesain intervensi yang lebih tepat sasaran dan mendorong perilaku inovatif melalui sistem yang konsisten, misalnya penguatan kompetensi problem solving, continuous improvement, dan kolaborasi lintas fungsi (Meijerink et al., 2021).

Namun, praktik HRM adaptif yang berbasis sistem digital perlu diikat dengan tata kelola yang adil dan pengalaman karyawan yang positif. Dalam pembahasan digital HRM lintas disiplin, Meijerink et al. (2021) mengingatkan bahwa penggunaan algoritme dan sistem digital dapat menimbulkan isu transparansi dan persepsi keadilan bila tidak dikomunikasikan dengan baik. Pada manufaktur, jika karyawan merasa sistem penilaian kinerja digital "tidak jelas" atau tidak memberi ruang dialog, maka ide inovatif bisa terhambat karena karyawan cenderung bermain aman. Karena itu, HRM adaptif yang matang akan menyeimbangkan efisiensi sistem digital dengan praktik manusiawi seperti coaching, umpan balik yang berkualitas, dan mekanisme pengajuan ide yang aman, sehingga karyawan merasa didukung saat mencoba cara baru (Meijerink et al., 2021).Penguatan HRM adaptif juga dapat dibahas melalui praktik kerja berperforma tinggi yang mendorong proses inovasi melalui perilaku kerja sehari-hari. Escribá-Carda, Canet-Giner, dan Balbastre-Benavent (2023) menunjukkan bahwa sistem kerja berperforma tinggi dapat mendorong innovative behaviour melalui mekanisme keterlibatan dan proses berbagi pengetahuan. Untuk manufaktur, logika ini sangat relevan karena inovasi sering muncul dari perbaikan kecil yang berulang, yang membutuhkan aliran pengetahuan antarshift, antarline, dan antarbagian. Ketika HRM adaptif mendorong pelatihan yang tepat, sistem kerja tim yang kolaboratif, serta budaya berbagi pengetahuan, maka kapasitas ide meningkat dan implementasi ide menjadi lebih realistis di lantai produksi maupun area pendukung (Escribá-Carda et al., 2023).

Selain desain kebijakan dan sistem kerja, digitalisasi proses HR sendiri dapat memperkuat

prasyarat psikologis yang mendukung perilaku inovatif, terutama melalui peningkatan keterikatan karyawan. Stachová, Stacho, Šamalík, dan Sekan (2024) menemukan bahwa penggunaan e-HRM tools berkaitan dengan employee engagement. Di manufaktur besar, e-HRM dapat membuat akses pelatihan lebih mudah, komunikasi HR lebih cepat, dan proses administratif lebih ringkas, sehingga karyawan memiliki lebih banyak ruang energi untuk fokus pada pemecahan masalah kerja. Walaupun kaitannya dengan IWB sering terjadi melalui engagement, bagian ini dapat menegaskan bahwa HRM adaptif yang memanfaatkan e-HRM secara tepat menciptakan ekosistem kerja yang lebih suportif bagi perilaku inovatif (Stachová et al., 2024). HRM adaptif bekerja lewat tiga kanal utama: meningkatkan kemampuan inovasi (melalui reskilling dan talent agility), meningkatkan motivasi dan rasa aman untuk mencoba (melalui sistem kinerja dan umpan balik yang adil), serta meningkatkan peluang inovasi (melalui desain kerja tim, berbagi pengetahuan, dan dukungan transformasi digital). Pemahaman ini konsisten dengan temuan bahwa HRM berhubungan dengan IWB dan bahwa konfigurasi praktik HR yang mendukung pembelajaran, kolaborasi, serta penerapan teknologi akan memperbesar kemungkinan inovasi muncul dalam pekerjaan (Bos-Nehles et al., 2017; Escribá-Carda et al., 2023; Nicolás-Agustín et al., 2022).

Dari Budaya Digital ke Inovasi Kerja: Pengaruh Praktik SDM Adaptif terhadap Perilaku Kerja Inovatif melalui Keterikatan Karyawan di Manufaktur Besar Surabaya

Dalam konteks manufaktur besar, engagement sering menjadi pembeda antara perubahan digital yang hanya berhenti pada "sistem terpasang" dan perubahan yang benar-benar menghasilkan cara kerja baru. Ketika perusahaan menerapkan dashboard produksi, sensor kualitas, atau workflow digital, karyawan perlu mau terlibat aktif membaca data, menafsirkan temuan, lalu menindaklanjuti dalam bentuk tindakan perbaikan. Keterlibatan semacam ini tidak muncul hanya karena ada kebijakan, tetapi karena karyawan merasa pekerjaannya bermakna, memiliki dukungan, dan yakin kontribusinya dihargai. Perspektif ini sejalan dengan penekanan bahwa engagement adalah kondisi psikologis yang memobilisasi energi kerja dan membuat karyawan bersedia "melangkah lebih jauh" dari tugas minimum (Kwon & Kim, 2020).Karena itu, jalur mediasi engagement dalam modelmu dapat dijelaskan sebagai proses konversi sumber daya organisasi menjadi perilaku inovatif. Budaya digital menyediakan iklim yang mendorong penggunaan teknologi, kolaborasi, dan pembelajaran, sementara praktik HRM adaptif menyediakan pelatihan, desain kerja, dan sistem manajemen kinerja yang memperkuat kemampuan serta arah perilaku. Namun, engagement-lah yang menjelaskan mengapa karyawan akhirnya mau mencoba ide baru, memvalidasi solusi, dan bertahan ketika percobaan pertama gagal. Inilah logika yang membuat hasil "pengaruh tidak langsung" sering lebih kuat pada penelitian inovasi kerja dibanding pengaruh langsung, karena inovasi membutuhkan energi, persistensi, dan keterlibatan emosional-kognitif dalam pekerjaan (Koroglu & Ozmen, 2022; Kwon & Kim, 2020).

Budaya digital dan praktik HRM adaptif lebih dulu meningkatkan keterikatan (vigor, dedication, absorption), lalu engagement tersebut yang mendorong karyawan melakukan aktivitas inovatif seperti mengusulkan ide, mencari solusi, dan mengimplementasikan perbaikan. Pola seperti ini konsisten dengan temuan bahwa engagement memediasi hubungan faktor organisasi dengan perilaku inovatif, sehingga "jalan utama" menuju IWB sering melewati engagement, bukan langsung (Koroglu & Ozmen, 2022).Di manufaktur, mediasi engagement juga sangat terkait dengan "ritme kerja" yang repetitif namun menuntut ketelitian tinggi. Perilaku inovatif di pabrik jarang berbentuk inovasi radikal, melainkan inovasi inkremental seperti pengurangan scrap, perbaikan waktu set-up, penguatan keselamatan kerja, atau penyesuaian alur material. Aktivitas ini menuntut kolaborasi, kedisiplinan, dan kontinuitas, sehingga engagement menjadi prasyarat agar karyawan tetap antusias melakukan improvement meskipun hasilnya bertahap. Dengan engagement yang tinggi, knowledge-sharing di antara operator, teknisi, dan quality control menjadi lebih intens, yang memperbesar

peluang munculnya ide perbaikan yang bisa distandardisasi (Escribá-Carda et al., 2023).

Ketika HR menyiapkan pelatihan, redesign pekerjaan, serta dukungan manajerial yang selaras dengan karakteristik unit kerja, karyawan cenderung merasa didukung dan lebih siap secara psikologis untuk terlibat aktif dalam perubahan. Sebaliknya, jika pelatihan tidak relevan atau beban kerja meningkat tanpa dukungan, engagement bisa turun dan perilaku inovatif melemah. Argumen ini sejalan dengan gagasan bahwa praktik HR penting dalam implementasi transformasi digital dan sensitivitasnya dipengaruhi oleh kondisi kerja tim (Nicolás-Agustín et al., 2022).Penggunaan digital HRM dan e-HRM dapat memperkuat mediasi engagement ketika teknologi HR meningkatkan pengalaman karyawan, bukan sekadar kontrol administratif. Misalnya, akses pelatihan yang lebih cepat, informasi karier yang lebih jelas, atau sistem umpan balik yang lebih terstruktur dapat meningkatkan rasa keterhubungan dan kesiapan belajar, yang pada akhirnya mendorong keterikatan kerja. Temuan bahwa e-HRM tools berkaitan dengan engagement memberi ruang untuk menjelaskan bahwa digitalisasi HR bukan hanya efisiensi, tetapi juga "employee experience" yang dapat memperkuat jalur menuju perilaku inovatif (Stachová et al., 2024). Di sisi lain, literatur tentang algorithmic HRM juga mengingatkan bahwa sistem berbasis algoritme perlu dikelola dengan transparan agar tidak menurunkan trust, karena trust yang menurun dapat melemahkan engagement (Meijerink et al., 2021).

Studi Nguyen dan Petchsawang (2024) menunjukkan bahwa engagement berperan penting dalam mendorong perilaku inovatif pada konteks tenaga kerja muda. Ini relevan bagi manufaktur besar di Surabaya yang banyak mempekerjakan karyawan usia produktif, termasuk Gen Z, yang cenderung responsif terhadap peluang belajar, umpan balik cepat, dan lingkungan kerja yang memberi ruang eksplorasi. Dengan begitu, desain budaya digital dan praktik HRM adaptif perlu mempertimbangkan pengalaman karyawan lintas generasi agar engagement tetap tinggi dan inovasi kerja lebih konsisten (Nguyen & Petchsawang, 2024).

HRM adaptif meningkatkan kemampuan dan kesiapan, budaya digital meningkatkan iklim dan dukungan perubahan, sedangkan engagement memastikan karyawan memiliki energi dan komitmen untuk mengubah ide menjadi tindakan inovatif yang terukur. Konsistensi argumen ini kuat karena didukung oleh tinjauan engagement–innovative behavior (Kwon & Kim, 2020), bukti mediasi engagement terhadap IWB (Koroglu & Ozmen, 2022), peran engagement dalam sistem kerja berperforma tinggi dan knowledge-sharing (Escribá-Carda et al., 2023), serta temuan hubungan e-HRM dan engagement (Stachová et al., 2024).

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa budaya digital organisasi dan praktik HRM adaptif merupakan faktor penting yang mendorong perilaku kerja inovatif pada perusahaan manufaktur besar di Surabaya. Karyawan cenderung lebih inovatif ketika lingkungan organisasi mendukung pemanfaatan teknologi, kolaborasi, dan pembelajaran yang berkelanjutan, serta ketika kebijakan SDM mampu mengikuti perubahan kebutuhan kompetensi dan cara kerja.Temuan utama juga menegaskan bahwa keterikatan karyawan berperan sebagai mekanisme penghubung yang menjelaskan bagaimana budaya digital dan HRM adaptif diterjemahkan menjadi inovasi kerja. Dengan keterikatan yang tinggi, karyawan lebih berenergi, lebih fokus, dan lebih gigih dalam mengeksplorasi serta mengimplementasikan ide perbaikan proses, termasuk pada aktivitas peningkatan kualitas, efisiensi, keselamatan, dan layanan internal.

Implikasi praktisnya, perusahaan manufaktur perlu menata dua hal secara paralel: membangun iklim digital yang memberi ruang eksperimen dan pengambilan keputusan berbasis data, serta menjalankan HRM adaptif melalui reskilling yang tepat sasaran, fleksibilitas peran, umpan balik kinerja yang jelas, dan sistem apresiasi yang mendorong inisiatif. Upaya ini sebaiknya diperkuat dengan praktik berbagi pengetahuan lintas shift dan lintas unit agar ide inovatif dapat menyebar dan distandardisasi.Secara teoretis, hasil studi memperkaya literatur HRM dan inovasi kerja dengan

menegaskan posisi engagement sebagai "mesin konversi" dari sumber daya organisasi menjadi perilaku inovatif. Konteks manufaktur besar memberikan bukti bahwa inovasi kerja yang dominan bersifat inkremental tetap memerlukan dukungan sistem SDM dan budaya digital yang konsisten agar berkelanjutan.Keterbatasan penelitian ini umumnya terkait pada desain survei dan potensi bias persepsi responden. Riset selanjutnya dapat menggunakan desain longitudinal, data multi-sumber (misalnya penilaian atasan untuk IWB), serta menambahkan faktor kontinjensi seperti otonomi kerja tim dan kompleksitas pekerjaan untuk memperjelas kapan efek budaya digital dan HRM adaptif menjadi paling kuat.

DAFTAR PUSTAKA

Adıgüzel, H., & Floros, M. (2019). Capacity utilization analysis through time-driven activity-based costing in a small-sized manufacturing company. *International Journal of Productivity and Performance Management, 69*(1), 192–216. https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2018-0397 (IDEAS/RePEc)

Almeida, A., & Cunha, J. (2017). Implementation of an activity-based costing system in a manufacturing company. *Procedia Manufacturing, 13*, 932–939. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.162

Bos-Nehles, A. C., Renkema, M., & Janssen, M. (2017). HRM and innovative work behaviour: A systematic literature review. *Personnel Review, 46*(7), 1228–1253. https://doi.org/10.1108/PR-09-2016-0257. (research.utwente.nl)

Burhan, M., & Fatima, T. (2025). Digital leadership's impact: Shaping innovative work behavior through the mediating role of digital mindset and digital culture. *Leadership & Organization Development Journal, 46*(7), 1041–1059. https://doi.org/10.1108/LODJ-01-2025-0023. (ResearchGate)

Cao, G., Duan, Y., & Edwards, J. S. (2025). Organizational culture, digital transformation, and product innovation. *Information & Management, 62*(4), 104135. https://doi.org/10.1016/j.im.2025.104135. (ScienceDirect)

Escribá-Carda, N., Canet-Giner, M. T., & Balbastre-Benavent, F. (2023). The role of engagement and knowledge-sharing in the high-performance work systems–innovative behaviour relationship. *European Journal of Management and Business Economics, 34*(4), 422–442. https://doi.org/10.1108/EJMBE-07-2022-0206. (emerald.com)

Ganorkar, A. B., Lakhe, R. R., & Agrawal, K. N. (2018). Implementation of TDABC in SME: A case study. *Journal of Corporate Accounting & Finance, 29*(2), 87–113. https://doi.org/10.1002/jcaf.22327 (Wiley Online Library)

Hanelt, A., Bohnsack, R., Marz, D., & Antunes Marante, C. (2021). A systematic review of the literature on digital transformation: Insights and implications for strategy and organizational change. *Journal of Management Studies, 58*(5), 1159–1197. https://doi.org/10.1111/joms.12639. (ScienceDirect)

Harsch, K., & Festing, M. (2020). Dynamic talent management capabilities and organizational agility: A qualitative exploration. *Human Resource Management, 59*(3), 261–275. https://doi.org/10.1002/hrm.21989. (jurnalhafasy.com)

Hoozée, S., & Hansen, S. C. (2018). A comparison between activity-based costing and time-driven activity-based costing. *Journal of Management Accounting Research, 30*(1), 143–167. https://doi.org/10.2308/jmar-51686

Keel, G., Savage, C., Rafiq, M., & Mazzocato, P. (2017). Time-driven activity-based costing in health

care: A systematic review of the literature. *Health Policy, 121*(7), 755–763. https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2017.04.013 (uowoajournals.org)

Kefe, İ., & Taniş, V. N. (2023). The integration of the theory of constraints and the time-driven activity-based costing system for the improvement of production processes in an SME. *Revista de Contabilidad – Spanish Accounting Review, 26*(1), 3–13. https://doi.org/10.6018/rcsar.413411 (revistas.um.es)

Koroglu, S., & Ozmen, O. (2022). The mediating effect of work engagement on innovative work behavior. *Asia Pacific Journal of Business Administration, 14*(4), 429–452. https://doi.org/10.1108/APJBA-09-2020-0326. (discovery.researcher.life)

Kwon, K., & Kim, T. (2020). An integrative literature review of employee engagement and innovative behavior: Revisiting the JD-R model. *Human Resource Management Review, 30*(2), 100704. https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2019.100704. (ScienceDirect)

Lukito, D., Suharnomo, Perdhana, M. S., & Jayanti, S. T. (2025). Digital organizational culture: Concept and scale development. *The Winners, 26*(1), 73–84. https://doi.org/10.21512/tw.v26i1.13405. (BINUS Journal)

Medeiros, H. S., Santana, A. F. B., & Guimarães, L. D. S. (2017). The use of costing methods in lean manufacturing industries: A literature review. *Gestão & Produção, 24*(2), 395–406. https://doi.org/10.1590/0104-530X2183-16 (gestaoeproducao.com)

Meijerink, J., Boons, M., & Keegan, A. E. (2021). Algorithmic human resource management: Synthesizing developments and cross-disciplinary insights on digital HRM. *The International Journal of Human Resource Management, 32*(12), 2545–2562. https://doi.org/10.1080/09585192.2021.1925326. (Tandfonline)

Nicolás-Agustín, Á., Jimenez-Jimenez, D., & Maeso-Fernandez, F. (2022). The role of human resource practices in the implementation of digital transformation: Moderating effects of team job autonomy and job complexity. *International Journal of Manpower, 43*(2), 395–410. https://doi.org/10.1108/IJM-03-2021-0176. (emerald.com)

Niñerola, A., Hernández-Lara, A.-B., & Sánchez-Rebull, M.-V. (2021). Improving healthcare performance through Activity-Based Costing and Time-Driven Activity-Based Costing. *The International Journal of Health Planning and Management, 36*(6), 2079–2093. https://doi.org/10.1002/hpm.3304 (IDEAS/RePEc)

Nguyen, T. M., & Petchsawang, P. (2024). Encouraging employees' innovative behavior: The role of work engagement and proactive personality in the case of Generation Z in Vietnam. *Cogent Business & Management, 11*(1), 2301162. https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2301162

Quesado, P. R., & Silva, R. (2021). Activity-based costing (ABC) and its implication for open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 7*(1), 41. https://doi.org/10.3390/joitmc7010041 (Rumah Jurnal IAIN Palopo)

Sánchez-Rebull, M.-V., Niñerola, A., & Hernández-Lara, A.-B. (2023). After 30 years, what has happened to activity-based costing? A systematic literature review. *SAGE Open, 13*(2), 21582440231178785. https://doi.org/10.1177/21582440231178785 (IDEAS/RePEc)

Santana, A. F. B., Afonso, P., Zanin, A., & Wernke, R. (2017). Costing models for capacity optimization in Industry 4.0: Trade-off between used capacity and operational efficiency. *Procedia Manufacturing, 13*, 1183–1190. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.193 (portaberta.uminho.pt)

Stachová, K., Stacho, Z., Šamalík, P., & Sekan, F. (2024). *The Impact of E-HRM Tools on Employee Engagement*. Administrative Sciences, 14(11), 303. https://doi.org/10.3390/admsci14110303

Stončiuvienė, N., Ūsaitė-Duonielienė, R., & Žinkėvičienė, D. (2020). Integration of activity-based costing modifications and LEAN accounting into full cost calculation. *Engineering Economics, 31*(1), 50–60. https://doi.org/10.5755/j01.ee.31.1.23750

Tran, H. T. T., & Tran, T. N. (2022). Factors of application of activity-based costing method: Evidence from a transitional country. *Asia Pacific Management Review, 27*(4), 303–311. https://doi.org/10.1016/j.apmrv.2022.01.002

Vedernikova, O., Siguenza-Guzman, L., Pesántez, J. C., & Arcentales-Carrion, R. (2020). Time-driven activity-based costing in the assembly industry. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal, 14*(4), 113–134. https://doi.org/10.14453/aabfj.v14i4.2

Vetchagool, W., Augustyn, M. M., & Tayles, M. (2020). Activity-based costing as an accounting innovation: Evidence of its links to organizational performance and competitiveness. *Asian Review of Accounting, 28*(2), 203–222. https://doi.org/10.1108/ARA-08-2018-0159

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems, 28*(2), 118–144. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003. (ScienceDirect)

Zhen, Z., Yousaf, Z., Radulescu, M., & Yasir, M. (2021). Nexus of digital organizational culture, capabilities, organizational readiness, and innovation: Investigation of SMEs operating in the digital economy. *Sustainability, 13*(2), 720. https://doi.org/10.3390/su13020720. (MDPI)