JURNAL ILMIAH EKONOMI DAN MANAJEMEN INDONESIA
https://indojurnal.com/index.php/jiemi
eISSN 3124-2197 & pISSN 3124-2227
Vol. 2, No. 2, Tahun 2026
https://indojurnal.com/index.php/jiemi
Hal. 5526-5538

Tinjauan Kritis Model Lima Kekuatan Porter untuk Teknologi *Additive Manufacturing*: Perspektif Ekonomi Industri dan Metodologi Penelitian

Nabila Yoshi Prasetyaningntyas[1], Bhenu Artha[2*], Rhamadinna Fatimah[3]
Program Studi Magister Manajemen, Program Pascasarjana, Universitas Widya Mataram, Yogyakarta, Indonesia[1]
Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing, People's Republic of China[3]

*Email: bhenoz27@gmail.com

Diterima: 11 12, 2026 | Disetujui: 11 17, 2026 | Diterbitkan: 11 19, 2026

ABSTRACT

This study presents a critical review of the article by Soraya Dias, Pedro Espadinha-Cruz, and Florinda Matos (2023) entitled "A Porter's Five Forces Model Proposal for Additive Manufacturing Technology: A Case Study in Portuguese industry" in Procedia Computer Science (Vol. 217, pp. 165–176). Evaluated through research methodology and industrial organization economics, this review examines the validity and economic logic of adapting Porter's Five Forces to Additive Manufacturing (AM) across 13 Portuguese firms. Methodologically, the study exhibits a mismatch between its claimed qualitative exploratory case study design and its execution as a descriptive web survey without thematic coding or inferential testing. Severe selection bias arises because 12 of 13 firms use AM only as an auxiliary prototyping tool (61% report zero final-product weight), alongside contradictions between tables and text (notably the 92% AM knowledge access figure in Table 5 and cross-table misreferencing). Economically, the authors conflate a production process technology with a distinct market boundary, overlooking marginal cost trade-offs between economies of scale and scope, oligopolistic supplier concentration versus low switching costs, labor market friction, and public-good externalities in unprotected intellectual property rights (IPR).

Keywords: *Additive Manufacturing, Critical Review, Industrial Organization, Porter's Five Forces, Research Methodology*

ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan tinjauan kritis (critical review) terhadap artikel Soraya Dias, Pedro Espadinha-Cruz, dan Florinda Matos (2023) berjudul "A Porter's Five Forces Model Proposal for Additive Manufacturing Technology: A Case Study in Portuguese industry" pada Procedia Computer Science (Vol. 217, hlm. 165–176). Kajian dilakukan dari perspektif metodologi penelitian dan ekonomi organisasi industri guna mengevaluasi kesahihan empiris serta logika ekonomi adaptasi Model Lima Kekuatan Porter pada 13 perusahaan pengguna Additive Manufacturing (AM) di Portugal. Secara metodologis, ditemukan ketidaksinkronan antara klaim studi kasus kualitatif eksploratoris dan pelaksanaan survei web deskriptif univariat tanpa pengodean tematik maupun uji inferensial. Selain itu, terjadi bias seleksi sampel karena 12 dari 13 perusahaan hanya menempatkan AM sebagai teknologi pendukung prototipe (61% berbobot produksi akhir 0%), disertai kontradiksi data antara Tabel 5 dan teks (terkait 92% akses pengetahuan AM) serta salah rujuk nomor tabel. Secara ekonomi industri, artikel tersebut menyamakan teknologi proses produksi dengan batas pasar industri (industry boundaries), mengabaikan trade-off skala ekonomi versus ekonomi cakupan,

paradoks konsentrasi pemasok terhadap biaya beralih (switching costs), friksi pasar tenaga kerja spesialis, serta eksternalitas barang publik semu pada Hak Kekayaan Intelektual (HKI).

Kata kunci: *Additive Manufacturing*, Ekonomi Industri, Metodologi Penelitian, Model Lima Kekuatan Porter, Tinjauan Kritis

PENDAHULUAN

Transformasi digital melalui Revolusi Industri 4.0 telah mengubah struktur persaingan manufaktur global secara fundamental dengan mengintegrasikan sistem siber-fisik, *Internet of Things* (IoT), komputasi awan, kecerdasan buatan, serta teknologi *Additive Manufacturing* (AM) atau pencetakan tiga dimensi (Alcácer & Cruz-Machado, 2019; Napoleone et al., 2020). Berbeda dengan manufaktur konvensional yang bersifat subtraktif atau berbasis cetakan (*molding*), teknologi AM membangun produk lapis demi lapis secara aditif melalui tiga tahapan utama, yakni pembuatan model atau *reverse engineering*, pencetakan, dan penyelesaian akhir (Wong & Hernandez, 2012; Godina et al., 2020). Pergeseran teknologi ini mendorong perubahan paradigma ekonomi produksi dari produksi massal (*mass production*) menuju kustomisasi massal (*mass customization*), di mana konsumen terlibat aktif sebagai agen ko-inovasi maupun produsen mandiri (*prosumer*) dalam rantai pasok yang terdesentralisasi (Bogers et al., 2016; Chan et al., 2018).

Meskipun kapabilitas teknis AM berkembang pesat, adopsi teknologi semata tidak secara otomatis menghasilkan keunggulan kompetitif tanpa penyelarasan model bisnis dan strategi korporasi yang tepat (Chesbrough, 2010; Ibarra et al., 2018). Untuk menjembatani kesenjangan literatur mengenai dampak strategis AM pada organisasi bisnis, Dias et al. (2023) mempublikasikan artikel berjudul "A Porter's Five Forces Model Proposal for Additive Manufacturing Technology: A Case Study in Portuguese industry" dalam prosiding *4th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing* yang diterbitkan oleh Elsevier pada jurnal *Procedia Computer Science* Volume 217, halaman 165–176. Artikel tersebut merupakan kelanjutan dari riset konseptual tahap pertama (Dias et al., 2022) yang mengadaptasi kerangka Lima Kekuatan Persaingan Industri dari Porter (1985, 2008) ke dalam konteks adopsi teknologi AM pada 13 perusahaan di Portugal.

Tabel 1. Identitas dan Ringkasan Eksekutif Artikel yang Direview

Atribut Dokumen	Rincian Informasi Artikel Objek Kajian
Judul Artikel	A Porter's Five Forces Model Proposal for Additive Manufacturing Technology: A Case Study in Portuguese industry
Penulis & Afiliasi	Soraya Dias, Pedro Espadinha-Cruz (NOVA School of Science and Technology), & Florinda Matos (ISCTE – DINÂMIA'CET-IUL, Portugal)
Sumber Publikasi	Procedia Computer Science, Vol. 217 (2023), Hal. 165–176, Elsevier B.V. (DOI: 10.1016/j.procs.2022.12.212)
Tujuan Penelitian	Menganalisis dampak teknologi Additive Manufacturing (AM) terhadap strategi bisnis perusahaan melalui adaptasi Model Lima Kekuatan Porter
Desain & Sampel	Klaim studi kasus eksploratoris kualitatif dengan instrumen kuesioner daring pada 13 perusahaan pengguna AM di Portugal (expert sampling)
Temuan Utama	Sebanyak 12 dari 13 perusahaan berada pada arus inkremental (AM sebagai pelengkap); 77% kesulitan merekrut SDM; 77% tanpa proteksi HKI; pemasok sangat memengaruhi persaingan (85%)

Sumber: Diolah dari Dias et al. (2023)

Sebagaimana dirangkum pada Tabel 1, penelitian Dias et al. (2023) menawarkan kontribusi awal yang menarik dalam memetakan determinan strategis teknologi AM, seperti kebijakan *Extended Producer Responsibility* (EPR), *Extended User Responsibility* (EUR), demokratisasi manufaktur (*prosumerism*), penyedia jasa *swap 'n' go*, desentralisasi rantai pasok, serta perlindungan Hak Kekayaan Intelektual (HKI/*Intellectual Property Rights* [IPR]). Namun demikian, apabila ditelaah secara cermat menggunakan kacamata ahli metodologi penelitian dan ahli ekonomi organisasi industri, artikel tersebut menyimpan sejumlah kelemahan mendasar. Pertama, dari sisi metodologi riset, terdapat kontradiksi epistemologis antara klaim desain studi kasus kualitatif dengan praktik pengumpulan data survei terstruktur bersampel sangat kecil (N = 13) yang didominasi oleh pengguna AM non-produksi inti, disertai berbagai anomali pelaporan data antar-tabel. Kedua, dari sisi teori ekonomi industri, penggunaan kerangka Porter (1985) diterapkan tanpa mendefinisikan batas pasar produk (*industry boundary*) secara ketat, sehingga menyamakan teknologi proses dengan sektor industri.

Berdasarkan urgensi akademik tersebut, rumusan masalah dalam kajian ini meliputi: (1) bagaimana sintesis kekuatan bukti empiris dari kelima kekuatan persaingan Porter yang dilaporkan oleh Dias et al. (2023); (2) bagaimana evaluasi kritis atas ketepatan desain penelitian, validitas konstruk, teknik pencuplikan sampel, dan konsistensi pelaporan data ditinjau dari perspektif ahli metodologi penelitian; serta (3) bagaimana ketajaman analisis struktur pasar, skala ekonomi, biaya transaksi rantai pasok, pasar tenaga kerja spesialis, dan eksternalitas HKI ditinjau dari perspektif ahli ekonomi industri. Tujuan penulisan *critical review* ini adalah menghasilkan penilaian ilmiah yang objektif, konstruktif, dan komprehensif sebagai rujukan pengembangan riset strategi teknologi manufaktur maju di masa depan.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian, Objek Kajian, dan Pendekatan Evaluasi

Penelitian ini menggunakan pendekatan telaah kritis akademik (*academic critical review*) dengan desain evaluasi analitis-komparatif dua dimensi, yaitu dimensi metodologi penelitian ilmiah dan dimensi teori ekonomi organisasi industri (*industrial organization economics*). Objek kajian primer adalah naskah lengkap artikel Dias et al. (2023) yang diterbitkan pada *Procedia Computer Science* (Vol. 217, hlm. 165–176) beserta 29 literatur acuan di dalamnya. Pendekatan evaluasi kritis dilakukan dengan mengaudit keselarasan antara rumusan masalah, landasan teori, operasionalisasi variabel, desain pencuplikan sampel, ketepatan instrumen penelitian, hingga validitas penarikan kesimpulan berdasarkan kaidah metodologi penelitian sosial-bisnis (Yin, 2003; Cohen et al., 2017; Rashid et al., 2019; Sugiyono, 2019).

Kerangka Konseptual Evaluasi Kritis

Kerangka evaluasi dalam kajian ini dirancang untuk menguji kesahihan internal (*internal validity*), kesahihan eksternal (*external validity*), keandalan pelaporan data (*reporting reliability*), serta koherensi teoretis ekonomi mikro dan organisasi industri. Pada dimensi metodologi penelitian, audit difokuskan pada kesesuaian metode studi kasus kualitatif eksploratoris (Verner & Abdullah, 2012), prosedur *expert sampling* (Oliveira, 2012), struktur kuesioner, dan verifikasi silang antar-tabel hasil. Pada dimensi ilmu ekonomi, telaah diarahkan pada ketepatan penerapan paradigma *Structure-Conduct-Performance* (SCP) dan Lima Kekuatan Porter (1985, 2008), fungsi biaya produksi dan skala ekonomi (Pereira et al., 2019),

tata kelola rantai pasok dan integrasi vertikal (Verboeket & Krikke, 2019; Butt, 2020), serta dampak sosial-ekonomi dan regulasi lingkungan (Loy & Novak, 2021; Naghshineh et al., 2021). Rincian parameter evaluasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Operasionalisasi Dimensi dan Indikator Evaluasi Kritis Penelitian

Dimensi Evaluasi	Indikator Telaah Kritis	Standar Acuan Teoretis
Desain & Paradigma Riset	Kesesuaian klaim studi kasus kualitatif terhadap instrumen survei kuantitatif deskriptif	Yin (2003); Cohen et al. (2017); Rashid et al. (2019)
Sampel & Representativitas	Ukuran sampel (N = 13), teknik expert sampling, dan proporsi bobot produksi AM	Oliveira (2012); Verner & Abdullah (2012); Sugiyono (2019)
Validitas Konstruk & Data	Operasionalisasi faktor Porter, akurasi rujukan tabel, dan konsistensi angka antar-bagian	Porter (2008); Dias et al. (2022, 2023)
Struktur Pasar & Produksi	Batas industri vs. teknologi proses, skala ekonomi vs. kustomisasi, dan hambatan modal	Porter (1985); Bogers et al. (2016); Pereira et al. (2019)
Rantai Pasok, SDM & HKI	Konsentrasi pemasok vs. switching cost, friksi tenaga kerja AM, serta eksternalitas EPR/HKI	Birtchnell et al. (2017); Chan et al. (2018); Naghshineh et al. (2021)

Sumber: Kerangka Evaluasi Penulis (2026)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Temuan Empiris Artikel Dias et al. (2023) pada Lima Kekuatan Porter

Penelitian Dias et al. (2023) menguji adaptasi Model Lima Kekuatan Porter pada 13 perusahaan yang mengoperasikan teknologi AM di Portugal. Responden penelitian menduduki jabatan manajemen puncak dan menengah, yang didominasi oleh *Project Manager*, *Engineering and Innovation Director*, *R&D Director*, dan *Quality Director* (masing-masing 2 orang atau 15%), serta *Production Manager*, *General Director*, *Technical Director*, *Manager Partner*, dan *Owner* (masing-masing 1 orang atau 8%). Karakteristik pemanfaatan AM menunjukkan bahwa 61% perusahaan memiliki bobot produksi AM sebesar 0% terhadap produk akhir bisnis (23% memiliki bobot >1% hingga <5%, 8% memiliki bobot >40% hingga <50%, dan 8% memiliki bobot >50%). Sebagian besar perusahaan menggunakan AM hanya untuk pembuatan prototipe internal (69%, 9 perusahaan), model presentasi (54%, 7 perusahaan), dan komponen penggunaan internal (54%, 7 perusahaan), sedangkan produksi produk akhir maupun komponen produk akhir masing-masing hanya dilakukan oleh 4 perusahaan (31%). Ringkasan hasil empiris kelima kekuatan persaingan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Temuan Empiris Model Lima Kekuatan Porter pada 13 Perusahaan AM di Portugal

Kekuatan Persaingan Porter	Konstruk Utama AM	Temuan Empiris Utama (N = 13 Perusahaan)
Ancaman Pendatang Baru (Threat of New Entrants)	EPR, Pengetahuan & SDM, Kebutuhan Modal, serta Proteksi HKI (IPR)	23% melacak siklus hidup penuh (otomotif) & 31% tidak melacak; 84% memiliki ≤3 pekerja AM (69% S1, 31% S2, 0% S3); 77% sulit merekrut SDM AM; 62% berinvestasi <€10.000; 77% tidak memproteksi HKI.
Daya Tawar Pelanggan (Bargaining Power of Customers)	EUR (Layanan Purnajual), Demokratisasi Manufaktur, Globalisasi & Informasi	54% memberi dukungan teknis, 46% layanan pelanggan, 38% jasa reparasi; pelanggan terlibat pada desain (69%), ide (46%), & uji produk (38%); opini prosumerism terbelah (31% setuju, 38% tidak setuju, 31% netral).
Ancaman Produk Substitusi (Threat of Substitutes)	Tekanan Harga Substitusi, Penyedia Swap 'n' go, Manufaktur Konvensional	54% menolak produknya mudah digantikan sektor lain; 85% merasakan tekanan harga substitusi murah; 77% menolak substitusi AM unggul harga/kinerja; 62% menilai AM tidak cocok untuk produk standar.
Daya Tawar Pemasok (Bargaining Power of Suppliers)	Desentralisasi & Pemendekan Rantai Pasok, Integrasi Vertikal, Konsentrasi	69% komunikasi pemasok bersifat reaktif/ad-hoc & hanya 8% (1 perusahaan) terintegrasi penuh; 62% mudah menyelaraskan proses; 77% setuju pemasok terkonsentrasi; 85% setuju pemasok memengaruhi kompetisi.
Persaingan Antar-Pesaing (Rivalry Among Competitors)	Persaingan Sektor Baru, Globalisasi Strategi, Regulasi HKI, Akses Pengetahuan	54% setuju persaingan pengguna AM intens & beragam; 77% setuju AM melayani lintas pasar; 62% setuju perubahan strategi memengaruhi pesaing; 69% menilai ketiadaan regulasi HKI sebagai peluang.

Sumber: Diolah dari Tabel 1 hingga Tabel 5 pada Dias et al. (2023)

Tinjauan Kritis Perspektif Ahli Metodologi Penelitian (Methodological Appraisal)

Evaluasi kritis pertama dari sudut pandang metodologi penelitian menyoroti inkoherensi epistemologis antara klaim desain penelitian dan eksekusi instrumen pengumpulan data. Pada Bagian 3 (hlm. 168), Dias et al. (2023) secara eksplisit mengklaim bahwa metodologi yang dipilih adalah *exploratory case study research, qualitative in nature* dengan merujuk pada Yin (2003), Verner dan Abdullah (2012), serta Rashid et al. (2019). Dalam metodologi penelitian ilmiah, studi kasus kualitatif menuntut eksplorasi mendalam melalui triangulasi multi-sumber bukti, seperti wawancara semi-terstruktur mendalam, observasi lapangan, dan analisis dokumen organisasi, yang dianalisis melalui pengodean tematik (*thematic coding*) atau sintesis lintas-kasus (*cross-case synthesis*). Namun, instrumen utama yang digunakan penulis justru berupa kuesioner tertutup berbasis web yang disebarkan melalui surat elektronik (Cohen et al., 2017), yang kemudian hanya diverifikasi singkat melalui pertemuan daring dan disajikan semata-mata dalam bentuk persentase distribusi frekuensi univariat. Dengan demikian, penelitian tersebut sejatinya merupakan survei deskriptif kuantitatif bersampel kecil, bukan studi kasus kualitatif mendalam sebagaimana diklaim oleh penulis.

Kritik metodologis kedua berkaitan dengan ukuran sampel, prosedur pencuplikan (sampling), dan ancaman serius terhadap validitas eksternal. Penulis menggunakan teknik *non-probabilistic expert*

sampling (Oliveira, 2012) yang hanya melibatkan *N* = 13 perusahaan di Portugal. Dalam ukuran sampel *N* = 13, satu perusahaan mewakili sekitar 7,69% (dibulatkan menjadi 8% oleh penulis), sehingga perubahan jawaban pada satu atau dua responden saja akan menggeser kesimpulan mayoritas secara drastis. Lebih krusial lagi, komposisi sampel mengalami bias seleksi fungsional: sebanyak 12 dari 13 perusahaan hanya menempatkan AM pada arus perkembangan inkremental sebagai teknologi pelengkap (bahkan 61% responden melaporkan 0% bobot produksi AM pada bisnis utama mereka, dan 69% hanya memakai AM untuk prototipe internal), sedangkan hanya 1 perusahaan yang berada pada arus radikal dengan memproduksi produk akhir melalui teknologi *laser cladding* (Hao et al., 2019). Mengukur struktur persaingan industri AM dari sampel perusahaan yang mayoritas tidak menjual produk berbasis AM kepada pelanggan akhir menyebabkan bias pengukuran (*measurement bias*) yang melemahkan validitas konstruk maupun generalisasi temuan.

Kritik metodologis ketiga mencakup inkonsistensi internal pelaporan data, kontradiksi langsung antara tabel dan teks, serta kelemahan kendali mutu editorial. Audit cermat terhadap naskah Dias et al. (2023) mengungkap beberapa kekurangan pelaporan empiris sebagai berikut:

1) Kontradiksi Data Akses Pengetahuan AM (Tabel 5 vs. Teks Hlm. 174): Pada Tabel 5 (hlm. 174) dan bagian Kesimpulan (hlm. 175), tertulis bahwa 92% perusahaan tidak setuju (disagree) bahwa kemajuan teknologi mempermudah akses pengetahuan AM, tetapi paragraf narasi tepat di bawah Tabel 5 (hlm. 174) justru menyatakan sebaliknya bahwa seluruh perusahaan kecuali satu (92%) setuju kemajuan teknologi memberikan akses pengetahuan AM yang lebih baik.
2) Ketidaksesuaian Kategori Nilai Investasi Modal (Tabel 1 vs. Narasi Hlm. 171): Pada Tabel 1 (hlm. 169), kategori tertinggi investasi tahunan AM tertulis lebih dari €50.000 sebesar 15% (2 perusahaan), namun pada narasi halaman 171 penulis menyebutkan bahwa kedua perusahaan tersebut (15%) menginvestasikan lebih dari €100.000 pada tahun terakhir.
3) Kesalahan Rujukan Nomor Tabel secara Beruntun (Hlm. 172–174): Penulis melakukan kesalahan sistematis dalam merujuk tabel pada teks pembahasan, yaitu merujuk 'Table 2' saat membahas ancaman substitusi pada Tabel 3 (hlm. 172), merujuk 'Table 3' saat membahas daya tawar pemasok pada Tabel 4 (hlm. 173), serta merujuk 'Table 4' saat membahas rivalitas pesaing pada Tabel 5 (hlm. 174).
4) Ketidakkonsistenan Akronim dan Artefak Template Prosiding: Naskah berulang kali mencampuradukkan singkatan bahasa Inggris 'AM' (Additive Manufacturing) dengan singkatan bahasa Portugis 'MA' (Manufatura Aditiva) pada halaman 166 dan 167, serta membiarkan teks placeholder 'Author name / Procedia Computer Science 00 (2022) 000–000' tertinggal pada header halaman 166 hingga 176.

Selain beberapa hal tersebut, instrumen penelitian juga tidak melaporkan uji validitas isi (*content validity*), uji reliabilitas konsistensi internal (seperti *Cronbach's Alpha*), maupun rincian skala pengukuran (apakah menggunakan skala Likert 5 poin atau dikotomi setuju/tidak setuju). Beberapa persentase multi-respons seperti sumber akuisisi pengetahuan pada Tabel 1 (47% pembelajaran mandiri, 32% pihak ketiga, dan 31% kolaborasi akademisi yang berjumlah 110%) juga tidak dapat dihasilkan dari pembagian bilangan bulat dengan penyebut *N* = 13 (karena 4/13 = 30,8% sedangkan 6/13 = 46,2%), yang mengindikasikan adanya pembulatan tidak standar atau perbedaan penyebut sub-sampel yang tidak dijelaskan oleh penulis.

Tinjauan Kritis Perspektif Ahli Ekonomi dan Organisasi Industri (Economic Appraisal)

Dari perspektif ilmu ekonomi mikro dan organisasi industri (*industrial organization*), kelemahan teoretis paling mendasar dalam artikel Dias et al. (2023) adalah kekeliruan dalam mendefinisikan batas industri (industry boundaries) yang menyamakan teknologi proses dengan pasar produk. Merujuk pada pedoman klasik Porter (1985, 2008) serta Dälken (2014), analisis Lima Kekuatan Porter wajib diterapkan pada suatu industri spesifik yang didefinisikan sebagai sekelompok perusahaan yang memproduksi barang atau jasa substitusi dekat bagi segmen pembeli yang sama (memiliki elastisitas harga silang yang tinggi). Sebaliknya, Dias et al. (2023) menetapkan "industri *Additive Manufacturing*" hanya berdasarkan kriteria bahwa perusahaan menggunakan mesin AM dalam proses produksinya, meskipun 13 perusahaan tersebut beroperasi di sektor ekonomi yang sama sekali berbeda, mulai dari industri manufaktur otomotif (Sektor C) hingga perdagangan besar, eceran, dan bengkel reparasi kendaraan bermotor (Sektor G). Menyatukan perusahaan otomotif multinasional dan bengkel reparasi yang sekadar mencetak prototipe internal ke dalam satu "industri" yang sama mengaburkan analisis struktur pasar, karena mereka tidak saling bersaing memperebutkan pangsa pasar output yang sama.

Telaah ekonomi kedua menyoroti struktur biaya produksi, trade-off antara skala ekonomi dan cakupan ekonomi, serta elastisitas substitusi. Temuan empiris pada Tabel 3 artikel menunjukkan bahwa 62% perusahaan menilai AM tidak memberikan nilai tambah untuk memproduksi produk standar, 85% merasakan tekanan kuat dari produk substitusi yang lebih murah, dan 77% tidak meyakini bahwa substitusi berbasis AM memiliki rasio harga terhadap kinerja (*price-performance ratio*) yang lebih unggul. Secara mikroekonomi, fenomena ini dijelaskan oleh perbedaan fungsi biaya manufaktur aditif dibandingkan manufaktur konvensional (Pereira et al., 2019). Manufaktur cetakan injeksi (*injection molding*) memiliki biaya tetap awal (*fixed tooling cost*) yang tinggi namun biaya marjinal (*marginal cost*) per unit yang menurun tajam seiring peningkatan volume output (*economies of scale*). Sebaliknya, teknologi AM mengeliminasi biaya cetakan dan menciptakan keunggulan ekonomi cakupan (*economies of scope*) untuk produk kompleks berjumlah kecil, tetapi menghadapi kurva biaya rata-rata jangka pendek yang relatif datar dan kecepatan produksi yang lambat. Selain itu, hipotesis penulis bahwa sifat *free-forming* AM akan menurunkan kebutuhan modal awal terbukti tidak terealisasi pada level industri: mesin industrial seperti *selective laser sintering*, *stereolithography*, atau *laser cladding* membutuhkan belanja modal di atas €100.000, sementara 62% perusahaan yang hanya berinvestasi di bawah €10.000 terjebak pada kapasitas pencetakan desktop non-industrial yang tidak mampu menghasilkan skala ekonomi.

Telaah ekonomi ketiga mengkaji paradoks konsentrasi pasar pemasok oligopolistik terhadap rendahnya biaya beralih (switching costs) dan kegagalan desentralisasi rantai pasok. Pada Bagian 4.5, penulis melaporkan bahwa 77% responden setuju bahan baku AM dikuasai oleh segelintir pemasok (struktur pasar oligopoli hulu) dan 85% setuju bahwa kekuatan tawar pemasok sangat memengaruhi persaingan sektor. Namun pada saat yang sama, 69% perusahaan menyatakan sangat mudah berpindah pemasok dan 62% menolak anggapan bahwa pemasok mudah menaikkan harga. Penulis tidak memberikan penjelasan teoretis atas kontradiksi ekonomi ini. Dalam teori organisasi industri dan biaya transaksi, pasar input yang terkonsentrasi namun memiliki *switching cost* rendah terjadi ketika mayoritas pembeli (69% pembuat prototipe plastik) hanya membeli bahan baku komoditas terstandardisasi (seperti filamen PLA/ABS generik) dalam volume kecil tanpa kontrak penguncian teknologi (*vendor lock-in*). Hal ini juga menjelaskan mengapa hipotesis desentralisasi dan pemendekan rantai pasok (Naghshineh & Carvalho, 2020; Verboeket & Krikke, 2019) gagal terbukti di Portugal: 69% perusahaan hanya

berkomunikasi secara reaktif/*ad-hoc* dengan pemasok dan hanya 1 perusahaan (8%) yang memiliki integrasi sistem informasi penuh untuk mendelegasikan tugas rantai pasok.

Telaah ekonomi keempat dan kelima menyangkut friksi pasar tenaga kerja spesialis (human capital) serta kegagalan pasar pada perlindungan HKI dan eksternalitas regulasi lingkungan. Sebanyak 77% perusahaan kesulitan merekrut tenaga kerja AM, 84% perusahaan hanya mempekerjakan ≤3 staf AM, dan tidak ada satu pun pekerja AM yang bergelar Doktor/PhD (69% bergelar Sarjana/BSc dan 31% Magister/MSc), sementara 47% mengandalkan pembelajaran mandiri (*autonomous learning*) karena talenta yang menguasai AM mayoritas merupakan komunitas *makers* atau penghobi di luar pasar kerja formal (Birtchnell et al., 2017; Ramezan, 2011). Secara ekonomi ketenagakerjaan, karena AM hanya digunakan sebagai alat bantu internal (bobot produksi 0% pada 61% perusahaan), produk pendapatan marjinal tenaga kerja (*Marginal Revenue Product of Labor* / MRPL) divisi AM menjadi terlalu rendah untuk menjustifikasi upah kompetitif bagi pakar berpendidikan doktoral. Di sisi lain, fakta bahwa 77% perusahaan tidak melindungi HKI dan 69% memandang ketiadaan regulasi hak cipta sebagai peluang bisnis menunjukkan bahwa pengetahuan desain digital 3D diperlakukan sebagai barang publik semu (*quasi-public good*) yang rentan terhadap perilaku *free-rider* (Stevenson, 2020; Naghshineh et al., 2021). Demikian pula, kesiapan menginternalisasi eksternalitas limbah melalui regulasi *Extended Producer Responsibility* (European Parliament, 2008; Loy & Novak, 2021) baru mampu dipenuhi oleh 23% perusahaan (korporasi besar sektor otomotif yang telah memiliki sistem pelacakan nomor seri), sehingga berpotensi menciptakan hambatan masuk asimetris bagi usaha kecil dan menengah (UKM) sebagaimana ditemukan pada studi adopsi Industri 4.0 di Eropa (Yu & Schweisfurth, 2020).

Tabel 4. Matriks Evaluasi Kritis Metodologi Penelitian dan Ekonomi Industri atas Studi Dias et al. (2023)

Aspek Evaluasi	Kelemahan / Temuan Kritis pada Studi Dias et al. (2023)	Rekomendasi Perbaikan Metodologis & Ekonomis
Desain & Instrumen Riset	Klaim studi kasus kualitatif namun dieksekusi melalui kuesioner web deskriptif tanpa pengodean kualitatif maupun uji statistik inferensial.	Gunakan mixed-methods: wawancara mendalam lintas-kasus (Yin, 2003) atau survei kuantitatif dengan uji validitas/reliabilitas dan PLS-SEM.
Teknik Sampling & Bias	Sampel sangat kecil (N = 13) dengan 61% perusahaan berbobot produksi AM 0% (hanya membuat prototipe internal, bukan produk pasar).	Pisahkan sampel berdasarkan fungsi adopsi: produsen komponen akhir (core AM producers) vs. pengguna prototipe pendukung (auxiliary users).
Akurasi Pelaporan Data	Kontradiksi Tabel 5 vs. teks (92% akses pengetahuan), selisih angka investasi (>€50rb vs. >€100rb), dan salah rujuk Tabel 2–4.	Lakukan audit silang matriks data mentah, perbaiki rujukan tabel secara presisi, dan seragamkan terminologi 'AM' di seluruh naskah.
Definisi Batas Industri	Menyamakan teknologi proses (AM) dengan sektor industri, mencampur sektor manufaktur (Sektor C) dan perdagangan/bengkel (Sektor G).	Terapkan analisis Lima Kekuatan Porter pada level sektor homogen (misal khusus industri komponen otomotif atau alat kesehatan).

Aspek Evaluasi	Kelemahan / Temuan Kritis pada Studi Dias et al. (2023)	Rekomendasi Perbaikan Metodologis & Ekonomis
Analisis Ekonomi Mikro	Mengabaikan struktur biaya marjinal (skala ekonomi vs. ekonomi cakupan), paradoks switching cost pemasok, dan MRPL tenaga kerja AM.	Integrasikan teori Transaction Cost Economics (TCE) dan Resource-Based View (RBV) untuk menjelaskan keputusan make-or-buy dan investasi SDM.

Sumber: Hasil Sintesis Evaluasi Kritis Penulis (2026)

Implikasi Temuan, Kekuatan Artikel, dan Rekomendasi Pengembangan Riset

Terlepas dari berbagai keterbatasan metodologis dan teoretis yang telah diuraikan pada Tabel 4, artikel Dias et al. (2023) tetap memiliki kekuatan akademik yang patut diapresiasi. Pertama, penelitian ini menawarkan kebaruan konseptual dengan memasukkan dimensi keberlanjutan siklus hidup produk (*Extended Producer Responsibility* dan *Extended User Responsibility*) serta fenomena *prosumerism* dan penyedia *swap 'n' go* ke dalam kerangka analisis persaingan Porter yang sebelumnya bersifat statis (Dälken, 2014; Gwangwava et al., 2018). Kedua, keterlibatan responden dari jajaran direksi dan manajer proyek/R&D memberikan gambaran nyata mengenai hambatan praktis deindustrialisasi pengetahuan AM di tingkat korporasi.

Bagi pengembangan riset ekonomi dan manajemen operasi di masa depan, peneliti selanjutnya disarankan untuk: (1) melakukan stratifikasi sampel berdasarkan intensitas produksi AM dan klasifikasi baku lapangan usaha agar batas pasar industri terdefinisi secara tegas; (2) mengombinasikan kerangka Lima Kekuatan Porter (faktor eksternal pasar) dengan *Resource-Based View* (RBV) dan *Transaction Cost Economics* (TCE) guna menguji bagaimana kapabilitas SDM, biaya investasi mesin, dan spesifisitas aset memoderasi kinerja perusahaan; serta (3) memperbesar ukuran sampel lintas negara atau kawasan industri sehingga memungkinkan pengujian hipotesis kausal menggunakan ekonometrika data panel maupun *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil telaah kritis dari perspektif ahli metodologi penelitian dan ahli ekonomi industri terhadap artikel Dias et al. (2023) di jurnal *Procedia Computer Science* (Vol. 217, hlm. 165–176), dapat disimpulkan tiga poin utama. Pertama, secara empiris studi tersebut menunjukkan bahwa adopsi *Additive Manufacturing* (AM) pada 13 perusahaan di Portugal masih berada pada tahap kematangan awal (arus inkremental), di mana 12 perusahaan hanya memanfaatkan AM sebagai teknologi pendukung pembuatan prototipe dan komponen internal, dengan hambatan utama berupa kelangkaan tenaga kerja terampil (77%), rendahnya pelacakan siklus hidup produk untuk kepatuhan EPR (23%), serta minimnya perlindungan HKI (77%). Kedua, dari sudut pandang metodologi penelitian, studi tersebut mengalami ketidaksinkronan antara klaim desain studi kasus kualitatif eksploratoris dan pelaksanaan survei web deskriptif, memiliki bias seleksi sampel akibat dominasi pengguna non-produksi akhir (61% berbobot produksi 0%), serta memuat kontradiksi pelaporan angka yang krusial antara tabel dan narasi teks (khususnya pada Tabel 1 dan Tabel 5 beserta kesalahan rujukan Tabel 2 hingga Tabel 4). Ketiga, dari sudut pandang ilmu ekonomi industri, penulis mencampuradukkan teknologi proses produksi dengan

definisi batas pasar industri dalam model Porter, serta belum menguraikan mekanisme biaya marjinal pada *trade-off* skala ekonomi versus ekonomi cakupan, paradoks konsentrasi pemasok bahan baku terhadap rendahnya *switching cost*, dan rendahnya produk pendapatan marjinal tenaga kerja (MRPL) yang memicu kelangkaan pakar AM di pasar kerja formal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada rekan-rekan sejawat di Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Widya Mataram, Yogyakarta, atas diskusi akademik yang konstruktif dalam penyusunan naskah tinjauan kritis ekonomi industri dan metodologi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899–919. https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006

Birtchnell, T., Böhme, T., & Gorkin, R. (2017). 3D printing and the third mission: The university in the materialization of intellectual capital. *Technological Forecasting and Social Change*, 123, 240–249. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.03.014

Bogers, M., Hadar, R., & Bilberg, A. (2016). Additive manufacturing for consumer-centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 102, 225–239. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.07.024

Butt, J. (2020). Exploring the interrelationship between additive manufacturing and Industry 4.0. *Designs*, 4(2), 1–33. https://doi.org/10.3390/designs4020013

Chan, H. K., Griffin, J., Lim, J. J., Zeng, F., & Chiu, A. S. F. (2018). The impact of 3D printing technology on the supply chain: Manufacturing and legal perspectives. *International Journal of Production Economics*, 205, 156–162. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.009

Chesbrough, H. (2010). Business model innovation: Opportunities and barriers. *Long Range Planning*, 43(2–3), 354–363. https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.010

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315456539

Dälken, F. (2014). *Are Porter's Five Competitive Forces still applicable? A critical examination concerning the relevance for today's business* [Bachelor's thesis, University of Twente]. University of Twente Student Theses.

Dias, S., Espadinha-Cruz, P., & Matos, F. (2022). Understanding how Additive Manufacturing influences organizations' strategy in knowledge economy. *Procedia Computer Science*, 200, 1318–1327. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.333

Dias, S., Espadinha-Cruz, P., & Matos, F. (2023). A Porter's Five Forces Model proposal for Additive Manufacturing technology: A case study in Portuguese industry. *Procedia Computer Science*, 217, 165–176. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.212

European Parliament and Council of the European Union. (2008). *Directive 2008/98/EC on waste and repealing certain directives*. Official Journal of the European Union.

Godina, R., Ribeiro, I., Matos, F., Ferreira, B. T., Carvalho, H., & Peças, P. (2020). Impact assessment of Additive Manufacturing on sustainable business models in Industry 4.0 context. *Sustainability*, 12(17), 7066. https://doi.org/10.3390/su12177066

Gwangwava, N., Ude, A. U., Ogunmuyiwa, E., & Addo-Tenkorang, R. (2018). Cloud based 3D printing business modeling in the digital economy. *International Journal of E-Entrepreneurship and Innovation*, 8(2), 25–43. https://www.igi-global.com/article/cloud-based-3d-printing-business-modeling-in-the-digital-economy/211138

Hao, J., Meng, Q., Li, C., Li, Z., & Wu, D. (2019). Effects of tilt angle between laser nozzle and substrate on bead morphology in multi-axis laser cladding. *Journal of Manufacturing Processes*, 43, 311–322. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.04.025

Ibarra, D., Ganzarain, J., & Igartua, J. I. (2018). Business model innovation through Industry 4.0: A review. *Procedia Manufacturing*, 22, 4–10. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.002

Loy, J., & Novak, J. I. (2021). Additive manufacturing for a dematerialized economy. In *Sustainable Manufacturing and Design* (pp. 19–45). Elsevier. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822124-2.00002-0

Naghshineh, B., & Carvalho, H. (2020). The impact of Additive Manufacturing on supply chain resilience. In *Exploring Services Science* (Vol. 377, pp. 214–221). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45124-0_20

Naghshineh, B., Ribeiro, A., Jacinto, C., & Carvalho, H. (2021). Social impacts of additive manufacturing: A stakeholder-driven framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, 120368. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120368

Napoleone, A., Macchi, M., & Pozzetti, A. (2020). A review on the characteristics of cyber-physical systems for the future smart factories. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 305–335. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.01.007

Oliveira, J. V. (2012). *Marketing research* (Vol. 1). Edições Sílabo.

Pereira, T., Kennedy, J. V., & Potgieter, J. (2019). A comparison of traditional manufacturing vs additive manufacturing, the best method for the job. *Procedia Manufacturing*, 30, 11–18. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.003

Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press.

Porter, M. E. (2008). The five competitive forces that shape strategy. *Harvard Business Review*, 86(1), 78–93.

Ramezan, M. (2011). Intellectual capital and organizational organic structure in knowledge society: How are these concepts related? *International Journal of Information Management*, 31(1), 88–95. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2010.10.004

Rashid, Y., Rashid, A., Warraich, M. A., Sabir, S. S., & Waseem, A. (2019). Case study method: A step-by-step guide for business researchers. *International Journal of Qualitative Methods*, 18, 1–13. https://doi.org/10.1177/1609406919862424

Stevenson, K. (2020, March 2). *The challenge and opportunity of 3D printing patent 684116B2*. Fabbaloo. https://www.fabbaloo.com/blog/2020/3/2/the-challenge-and-opportunity-of-3d-printing-patent-684116b2

Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Verboeket, V., & Krikke, H. (2019). The disruptive impact of additive manufacturing on supply chains: A literature study, conceptual framework and research agenda. *Computers in Industry*, 111, 91–107. https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.07.003

Verner, J. M., & Abdullah, L. M. (2012). Exploratory case study research: Outsourced project failure. *Information and Software Technology*, 54(8), 866–886. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2011.11.001

Wong, K. V., & Hernandez, A. (2012). A review of Additive Manufacturing. *ISRN Mechanical Engineering*, 2012, 208760. https://www.hindawi.com/journals/isrn/2012/208760/

Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd ed., Vol. 5). SAGE Publishing.

Yu, F., & Schweisfurth, T. (2020). Industry 4.0 technology implementation in SMEs – A survey in the Danish-German border region. *International Journal of Innovation Studies*, 4(3), 76–84. https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.05.001