Strategi Kompetitif Dua Pelaku Usaha Menggunakan Teori Permainan *Zero-Sum Minimax* Dan Strategi Campuran

Competitive Strategies of Two Business Players Using Zero-Sum Game Theory Minimax And Mixed Strategy

Muhamad Abdul Jumali[1*], Laksana Damar Maulana Ridho Alamsyah[2], Nur Qidam Aliyanto[3]
[1,2,3] Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
Jl. Dukuh Menanggal XII, Surabaya 60234 Jawa Timur, Indonesia
*Korespondensi Penulis, E-mail: abduljumali@unipasby.ac.id

Diterima 25 November, 2025; Disetujui 10 Februari, 2026; Dipublikasikan 31 Oktober, 2026

Abstrak

Pendekatan kuantitatif diperlukan untuk membuat keputusan yang optimal karena dua perusahaan yang bersaing di pasar yang sama menciptakan kondisi saling ketergantungan strategis. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis strategi kompetitif dua pelaku usaha menggunakan teori permainan *zero-sum* dengan menggunakan pendekatan *minimax* dan strategi campuran. Penelitian ini dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan dua jenis kasus yang digunakan. Kasus pertama adalah permainan tanpa *saddle point*, yang berfungsi sebagai validasi teori; kasus kedua adalah persaingan harga, yang dapat diterapkan dalam lingkungan bisnis nyata. Analisis dilakukan dengan membuat matriks *Payoff*, menghitung probabilitas strategi campuran, menemukan nilai minimum baris dan maksimum kolom, dan menggunakan *QM for Windows* untuk validasi hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam kasus pertama, tidak ditemukan *saddle point*, sehingga strategi campuran adalah solusi optimal dengan probabilitas P (X1) = 0,8182, P (Y1) = 0,7273, dan nilai permainan sebesar 3,4545. Pada kasus kedua ditemukan *saddle point* pada kombinasi strategi harga rendah, sehingga strategi murni menjadi pilihan optimal bagi kedua pemain. Temuan ini menunjukkan bahwa teori permainan *zero-sum* mampu memberikan dasar pengambilan keputusan yang rasional dan objektif dalam situasi persaingan langsung dua pelaku usaha.

Kata kunci: *minimax*, strategi campuran, strategi kompetitif, teori permainan, *zero-sum*

Abstract

A quantitative approach is necessary for making optimal decisions because two companies competing in the same market create conditions of strategic interdependence. The purpose of this study is to analyze the competitive strategies of two business actors using zero-sum game theory using the minimax approach and mixed strategies. This study was conducted quantitatively and descriptively with two types of cases used. The first case is a game without a saddle point, which serves as a validation of the theory; the second case is price competition, which can be applied in a real business environment. The analysis was carried out by creating a Payoff matrix, calculating the probability of a mixed strategy, finding the minimum row and maximum column values, and using QM for Windows to validate the results. The results show that in the first case, no saddle point is found, so the mixed strategy is the optimal solution with a probability of P (X1) = 0,8182, P (Y1) = 0,7273, and the game value is 3.4545. In the second case, a saddle point is found in the combination of low-price strategies, making the pure strategy the optimal choice for both players. This finding demonstrates that zero-sum game theory can provide a rational and objective basis for decision-making in situations of direct competition between two business actors.

Keywords*: competitive strategy, game theory, minimax, mixed strategy, zero-sum*

1. Pendahuluan

Persaingan antar pelaku usaha pada struktur pasar duopoli menciptakan ketergantungan strategis yang tinggi karena keputusan yang diambil oleh satu pelaku usaha secara langsung memengaruhi hasil yang diterima oleh pesaingnya. Struktur persaingan tersebut menyebabkan proses pengambilan keputusan tidak dapat dilakukan secara independen, melainkan harus mempertimbangkan kemungkinan respons rasional dari pihak lain. Keputusan yang berkaitan dengan harga, volume produksi, dan strategi pemasaran memiliki implikasi langsung terhadap keuntungan dan keberlanjutan usaha, sehingga pendekatan berbasis intuisi tidak lagi memadai dalam menghadapi persaingan yang bersifat konflik

langsung (Belleflamme & Peitz, 2019; Pepall et al., 2020). Pendekatan ekonomi mikro klasik menjelaskan persaingan melalui mekanisme keseimbangan pasar dan asumsi rasionalitas individu. Model persaingan sempurna dan monopoli memberikan gambaran makro terhadap perilaku pasar, namun memiliki keterbatasan dalam menjelaskan interaksi strategis dua pelaku usaha yang saling berhadapan secara langsung. Keterbatasan tersebut menjadi semakin nyata pada struktur duopoli, ketika hasil yang diterima oleh satu pelaku usaha sangat bergantung pada strategi yang dipilih oleh pesaingnya (Carlton & Perloff, 2021; Tirole, 2020).

Pendekatan riset operasional berkembang untuk menjawab kebutuhan analisis keputusan yang bersifat konflik dan saling bergantung. Salah satu pendekatan utama dalam riset operasional adalah teori permainan, yang dirancang untuk memodelkan pengambilan keputusan rasional dalam situasi persaingan strategis. Teori permainan memungkinkan representasi formal terhadap interaksi antar pelaku usaha melalui struktur pemain, strategi, dan *Payoff* yang terukur secara matematis (Shoham & Leyton-Brown, 2020). Teori permainan pertama kali diformalkan sebagai kerangka matematis untuk menganalisis konflik kepentingan antara pihak rasional. Perkembangan teori permainan modern menunjukkan relevansi yang semakin kuat dalam bidang ekonomi, manajemen, dan rekayasa industri, khususnya dalam analisis persaingan usaha. Model permainan dua pemain dengan sifat *zero-sum* menjadi representasi penting dalam situasi ketika keuntungan satu pihak identik dengan kerugian pihak lain, sebagaimana terjadi pada persaingan harga langsung (Osborne, 2021; Watson, 2020).

Penelitian-penelitian terkini menunjukkan bahwa teori permainan mampu menjelaskan perilaku strategis pelaku usaha secara lebih akurat dibandingkan pendekatan deskriptif. Analisis berbasis *Payoff matrix* memungkinkan identifikasi strategi dominan dan evaluasi hasil dari setiap kombinasi keputusan. Studi empiris menunjukkan bahwa penggunaan teori permainan dapat meningkatkan kualitas pengambilan keputusan manajerial, terutama pada kondisi persaingan ketat dengan jumlah pelaku terbatas (Dixit et al., 2021; Jumali & Sembodo, 2016). Konsep *minimax* dan *maximin* menjadi fondasi utama dalam teori permainan *zero-sum* . Pendekatan *minimax* digunakan untuk meminimalkan kerugian maksimum yang mungkin dialami oleh pemain, sedangkan pendekatan *maximin* digunakan untuk memaksimalkan keuntungan minimum yang dapat dijamin. Prinsip tersebut memberikan kerangka keputusan yang bersifat konservatif namun rasional, sehingga relevan diterapkan pada lingkungan bisnis dengan tingkat ketidakpastian tinggi (Hillier & Lieberman, 2021; Taha, 2022).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa solusi strategi murni hanya dapat diterapkan ketika permainan memiliki *saddle point* , yaitu kondisi ketika nilai *maximin* sama dengan nilai *minimax* . Keberadaan *saddle point* menunjukkan stabilitas permainan dan keseimbangan strategis antar pemain. Namun, banyak situasi persaingan nyata tidak memenuhi kondisi tersebut, sehingga strategi murni tidak lagi optimal (Basar & Olsder, 2019; Myerson, 2021). Ketidakhadiran *saddle point* mendorong penggunaan strategi campuran, yaitu strategi probabilistik yang memungkinkan pemain mendistribusikan pilihan strateginya untuk menghindari eksploitasi oleh lawan. Strategi campuran memberikan nilai harapan yang stabil dan mencegah lawan memperoleh keuntungan dengan memprediksi keputusan pemain. Penelitian mutakhir menunjukkan bahwa strategi campuran banyak digunakan dalam persaingan harga, lelang, dan negosiasi bisnis (Jumali et al., 2025; Leyton-Brown & Shoham, 2023).

Studi empiris dalam tujuh tahun terakhir menunjukkan peningkatan signifikan dalam penerapan teori permainan pada analisis persaingan usaha. Penelitian pada sektor ritel, manufaktur, dan jasa menunjukkan bahwa teori permainan mampu mengidentifikasi strategi harga yang stabil dan mengurangi risiko perang harga yang merugikan kedua belah pihak (Chen & Riordan, 2020; Kopel et al., 2021; Sari & Pratiwi, 2021). Temuan tersebut memperkuat peran teori permainan sebagai alat analisis kuantitatif yang relevan dalam pengambilan keputusan strategis. Sebagian penelitian berfokus pada analisis empiris tanpa menyajikan perhitungan matematis secara rinci, sehingga sulit direplikasi dan diadaptasi oleh praktisi. Penelitian lain menekankan aspek teoritis tanpa ilustrasi kasus yang merepresentasikan kondisi persaingan nyata. Keterbatasan tersebut menyebabkan hasil penelitian belum sepenuhnya optimal sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis data (Cachon & Terwiesch, 2021; Tang et al., 2023).

Kesenjangan penelitian terlihat pada minimnya studi yang mengintegrasikan analisis matematis teori permainan *zero-sum* dengan dua kondisi persaingan yang berbeda dalam satu kerangka analisis

yang konsisten. Penelitian terdahulu umumnya hanya membahas permainan dengan *saddle point* atau permainan tanpa *saddle point* secara terpisah. Pendekatan terpisah tersebut membatasi pemahaman mengenai perbedaan implikasi strategis antara strategi murni dan strategi campuran dalam persaingan dua pelaku usaha (Osborne, 2021; Umami et al., 2025).

Kebutuhan akan analisis komparatif menjadi semakin penting ketika pelaku usaha dihadapkan pada keputusan harga yang berpotensi memicu konflik strategis. Persaingan harga sering kali menjadi instrumen utama dalam menarik konsumen, namun juga berisiko menurunkan margin keuntungan secara signifikan. Analisis berbasis teori permainan memungkinkan pelaku usaha mengevaluasi konsekuensi jangka pendek dan jangka panjang dari keputusan harga yang diambil (Belleflamme & Peitz, 2022; Vives, 2021). Penelitian ini dirancang untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pendekatan kuantitatif yang terstruktur menggunakan teori permainan *zero-sum* . Dua studi kasus digunakan untuk merepresentasikan kondisi permainan tanpa *saddle point* dan kondisi permainan dengan *saddle point* . Pendekatan ini memungkinkan analisis perbandingan yang jelas mengenai implikasi strategis dari masing-masing kondisi permainan. Analisis dilakukan melalui penyusunan matriks *Payoff* , perhitungan nilai *maximin* dan *minimax* , serta penentuan strategi optimal.

Keunggulan penelitian ini terletak pada integrasi analisis manual dan validasi komputasional menggunakan perangkat lunak *QM for Windows*. Validasi tersebut memberikan jaminan akurasi terhadap hasil perhitungan dan meningkatkan reliabilitas temuan penelitian. Pendekatan ini memperkuat posisi penelitian sebagai kontribusi kuantitatif yang tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga aplikatif dalam praktik pengambilan keputusan manajerial (Render et al., 2022; Stevenson, 2021). Kebaharuan penelitian ini terletak pada penyajian analisis komparatif dua kondisi persaingan dalam satu kerangka teori permainan *zero-sum* yang konsisten, disertai dengan validasi perangkat lunak. Pendekatan tersebut belum banyak ditemukan pada penelitian sebelumnya yang cenderung terfragmentasi antara analisis teoritis dan studi kasus empiris. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan riset operasional dengan menunjukkan bagaimana strategi murni dan strategi campuran dapat ditentukan secara objektif berdasarkan karakteristik permainan.

Permasalahan penelitian dirumuskan sebagai berikut: bagaimana strategi optimal dua pelaku usaha dapat ditentukan menggunakan teori permainan *zero-sum* , serta bagaimana perbedaan kondisi permainan memengaruhi pemilihan strategi murni atau strategi campuran. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis strategi kompetitif dua pelaku usaha secara kuantitatif menggunakan pendekatan *minimax* dan strategi campuran, serta menunjukkan kontribusi teori permainan sebagai alat pengambilan keputusan yang rasional, terukur, dan konsisten dalam persaingan langsung.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang untuk menjawab pertanyaan mengenai penentuan strategi optimal dua pelaku usaha yang berkompetisi secara langsung menggunakan kerangka teori permainan *zero-sum* . Prosedur penelitian disusun secara sistematis agar seluruh tahapan analisis dapat direplikasi dan diverifikasi oleh peneliti lain dengan kondisi data yang sebanding. Seluruh proses penelitian berfokus pada analisis matematis terhadap interaksi strategis dua pemain melalui *matriks Payoff* , penentuan keseimbangan permainan, serta evaluasi strategi optimal berdasarkan kriteria *minimax* dan *maximin* .

a. Rancangan Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui serangkaian tahapan analisis terstruktur yang dimulai dari pemodelan masalah persaingan, penyusunan alternatif strategi, hingga penentuan strategi optimal. Model persaingan direpresentasikan sebagai permainan dua pemain dengan kepentingan saling bertentangan, di mana keuntungan satu pemain identik dengan kerugian pemain lain. Struktur permainan tersebut dipilih untuk menggambarkan persaingan langsung yang umum terjadi pada pasar duopoli, khususnya pada persaingan harga. Rancangan penelitian difokuskan pada dua kondisi permainan yang berbeda. Kondisi pertama merepresentasikan permainan tanpa *saddle point* untuk menunjukkan penerapan strategi campuran sebagai solusi optimal. Kondisi kedua merepresentasikan permainan dengan *saddle point* untuk menunjukkan penerapan strategi murni sebagai keseimbangan permainan. Pemilihan dua kondisi ini bertujuan untuk membandingkan implikasi strategis dari masing-masing karakteristik permainan dalam satu kerangka analisis yang konsisten. Analisis dilakukan secara deduktif

dengan menggunakan teori permainan sebagai dasar pemodelan, kemudian dikombinasikan dengan perhitungan numerik untuk memperoleh hasil kuantitatif. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi strategi optimal dilakukan secara objektif dan terukur, serta menghindari bias subjektif dalam pengambilan keputusan.

b. Sasaran Penelitian dan Penentuan Pemain

Sasaran penelitian terdiri atas dua pelaku usaha yang dimodelkan sebagai dua pemain dalam permainan *zero-sum* . Pemain pertama dinyatakan sebagai pemain baris dan diberi simbol X, sedangkan pemain kedua dinyatakan sebagai pemain kolom dan diberi simbol Y. Setiap pemain memiliki dua alternatif strategi yang bersifat saling eksklusif. Alternatif strategi dirumuskan secara sederhana untuk memudahkan analisis matematis tanpa mengurangi makna strategis dari keputusan yang diambil. Pada studi kasus pertama, strategi tidak diberi makna bisnis spesifik dan digunakan sebagai ilustrasi matematis permainan tanpa *saddle point* . Pendekatan ini digunakan untuk memverifikasi mekanisme perhitungan strategi campuran secara murni. Studi kasus kedua, strategi diinterpretasikan sebagai keputusan harga tinggi dan harga rendah untuk menggambarkan persaingan nyata antar pelaku usaha. Perbedaan makna strategi ini tidak memengaruhi prosedur analisis, karena seluruh perhitungan tetap mengacu pada struktur permainan *zero-sum* .

c. Penyusunan Data *Payoff*

Data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk *matriks Payoff* yang merepresentasikan hasil keputusan setiap kombinasi strategi pemain. Nilai *Payoff* dinyatakan sebagai keuntungan yang diterima oleh pemain X. Nilai positif menunjukkan keuntungan bagi pemain X, sedangkan nilai negatif menunjukkan kerugian. Nilai *Payoff* pemain Y secara implisit merupakan kebalikan dari nilai *Payoff* pemain X, sesuai dengan karakteristik permainan *zero-sum* . Pada studi kasus pertama, nilai *Payoff* disusun berdasarkan contoh numerik yang umum digunakan dalam literatur riset operasional untuk menggambarkan permainan tanpa *saddle point* . Penyusunan nilai dilakukan dengan memastikan tidak terdapat kesamaan antara nilai *maximin* dan *minimax* , sehingga strategi murni tidak dapat diterapkan. Studi kasus kedua, nilai *Payoff* disusun berdasarkan skenario persaingan harga dua pelaku usaha. Nilai tersebut dirancang untuk merepresentasikan margin keuntungan dan risiko kehilangan pasar akibat keputusan harga yang diambil. Seluruh nilai *Payoff* bersifat deterministik dan dinyatakan dalam satuan relatif, sehingga tidak memerlukan normalisasi tambahan. Penyusunan *matriks Payoff* dilakukan secara konsisten untuk memastikan bahwa hasil perhitungan dapat direplikasi dengan menggunakan nilai yang sama.

d. Prosedur Analisis Permainan

Analisis permainan dilakukan melalui beberapa tahap yang saling berurutan. Tahap pertama adalah penyusunan *matriks Payoff* untuk setiap studi kasus. *Matriks Payoff* ditulis dalam bentuk tabel dua dimensi yang memuat seluruh kombinasi strategi pemain X dan pemain Y. Tahap ini bertujuan untuk memvisualisasikan struktur permainan secara menyeluruh. Tahap kedua adalah perhitungan nilai minimum pada setiap baris *matriks Payoff* dan nilai maksimum pada setiap kolom *matriks Payoff* . Nilai minimum baris digunakan untuk menentukan nilai *maximin* pemain X, sedangkan nilai maksimum kolom digunakan untuk menentukan nilai *minimax* pemain Y. Perbandingan antara nilai *maximin* dan *minimax* digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan *saddle point* . Tahap ketiga adalah penentuan jenis strategi optimal. Apabila nilai *maximin* sama dengan nilai *minimax* , permainan dikategorikan memiliki *saddle point* dan strategi murni ditetapkan sebagai solusi optimal. Apabila nilai *maximin* tidak sama dengan nilai *minimax* , permainan dikategorikan tidak memiliki *saddle point* dan strategi campuran digunakan sebagai solusi optimal.

e. Perhitungan Strategi Campuran

Strategi campuran dihitung dengan menggunakan pendekatan nilai harapan. Probabilitas setiap strategi ditentukan dengan menyetarakan nilai harapan dari masing-masing alternatif strategi agar lawan tidak memperoleh keuntungan dengan mengubah strateginya. Misalkan probabilitas pemain X memilih strategi X_1 dinyatakan sebagai p dan probabilitas pemain Y memilih strategi Y_1 dinyatakan sebagai q.

Nilai harapan untuk setiap strategi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$E(X_1) = a_{11}q + a_{12}(1-q) \quad \text{.....(1)}$$
$$E(X_2) = a_{21}q + a_{22}(1-q) \quad \text{.....(2)}$$

dengan a_{ij} menyatakan nilai *Payoff* pada baris ke-i dan kolom ke-j. Probabilitas q diperoleh dengan menyetarakan Persamaan (1) dan Persamaan (2). Prosedur yang sama digunakan untuk menentukan probabilitas p pada pemain X dengan menyetarakan nilai harapan pemain Y. Nilai permainan dihitung dengan mensubstitusikan nilai probabilitas p dan q ke dalam persamaan nilai harapan total sebagai berikut:

$$V = a_{11}pq + a_{12}p(1-q) + a_{21}(1-p)q + a_{22}(1-p)(1-q) \quad \text{.....(3)}$$

Nilai V menunjukkan keuntungan rata-rata yang diperoleh pemain X apabila kedua pemain menggunakan strategi optimal.

f. Validasi Menggunakan Perangkat Lunak

Seluruh hasil perhitungan manual divalidasi menggunakan perangkat lunak *QM for Windows* versi 5.4. Perangkat lunak ini dipilih karena memiliki modul khusus untuk analisis teori permainan dua pemain, termasuk perhitungan strategi murni dan strategi campuran. Data *matriks Payoff* dimasukkan ke dalam modul *game theory* pada *QM for Windows* dengan konfigurasi permainan *zero-sum* . Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil probabilitas strategi dan nilai permainan yang diperoleh dari perhitungan manual dengan *output* perangkat lunak. Konsistensi hasil digunakan sebagai indikator keandalan perhitungan. Apabila terdapat perbedaan, perhitungan manual ditinjau ulang untuk memastikan tidak terjadi kesalahan aritmetika.

g. Penyajian Hasil Analisis

Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan gambar untuk memudahkan interpretasi. Tabel digunakan untuk menampilkan *matriks Payoff* , nilai *maximin* dan *minimax* , serta perbandingan hasil antar studi kasus. Gambar digunakan untuk menampilkan hasil *output* *QM for Windows*. Seluruh tabel dan gambar disajikan dengan posisi rata tengah dan diberi keterangan yang jelas sesuai urutan kemunculannya dalam naskah. Penomoran persamaan dilakukan secara berurutan dan diletakkan pada sisi kanan halaman. Seluruh variabel ditulis menggunakan huruf miring sesuai kaidah penulisan matematis. Notasi dan satuan yang digunakan dalam persamaan dicantumkan pada bagian daftar notasi sebelum daftar pustaka untuk menjaga kejelasan interpretasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil analisis permainan *zero-sum* dua pelaku usaha berdasarkan dua studi kasus yang telah dirancang pada bagian metode. Penyajian hasil dilakukan secara sistematis melalui tabel *Payoff* , hasil perhitungan strategi optimal, serta validasi menggunakan perangkat lunak *QM for Windows*. Pembahasan diarahkan untuk memperkuat temuan penelitian terdahulu sekaligus mengisi celah penelitian yang telah diidentifikasi.

a. Hasil Analisis Studi Kasus A (Permainan Tanpa *Saddle point*)

Studi kasus A merepresentasikan permainan dua pemain dengan dua alternatif strategi untuk masing-masing pemain. Matriks *Payoff* hasil pemodelan disajikan pada Tabel 1. Nilai *Payoff* menunjukkan keuntungan yang diterima oleh pemain X untuk setiap kombinasi strategi yang dipilih oleh kedua pemain.

Tabel 1 Matriks *Payoff* Studi Kasus A

Strategi	Y_1	Y_2
X_1	4	2
X_2	1	10

Perhitungan nilai minimum setiap baris dan nilai maksimum setiap kolom dilakukan untuk menentukan nilai *maximin* dan *minimax* . Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai *Maximin* dan *Minimax* Studi Kasus A

Kriteria	Nilai
Minimum baris X_1	2
Minimum baris X_2	1
Maximin	**2**
Maksimum kolom Y_1	4
Maksimum kolom Y_2	10
Minimax	**4**

Perbandingan nilai *maximin* dan *minimax* menunjukkan tidak terpenuhinya kondisi *saddle point* . Ketidakhadiran *saddle point* menandakan bahwa strategi murni tidak dapat menjamin hasil optimal bagi kedua pemain. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Osborne (2021) dan Myerson (2021) yang menunjukkan bahwa permainan tanpa *saddle point* bersifat tidak stabil apabila hanya mengandalkan strategi deterministik. Ketidakhadiran *saddle point* mendorong penggunaan strategi campuran. Perhitungan probabilitas strategi campuran dilakukan dengan pendekatan nilai harapan. Hasil perhitungan probabilitas optimal masing-masing pemain disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Strategi Campuran Optimal Studi Kasus A

Pemain	Strategi	Probabilitas
X	X_1	0,8182
X	X_2	0,1818
Y	Y_1	0,7273

Nilai permainan yang diperoleh dari substitusi probabilitas strategi ke dalam persamaan nilai harapan adalah sebesar **3,45**. Nilai positif tersebut menunjukkan bahwa pemain X memiliki keuntungan rata-rata yang dapat dijamin apabila kedua pemain menerapkan strategi optimal. Hasil ini menguatkan temuan Muhib (2022) yang menyatakan bahwa strategi campuran berfungsi sebagai mekanisme proteksi terhadap eksploitasi strategis dalam persaingan langsung. Validasi menggunakan perangkat lunak *QM for Windows* menghasilkan nilai probabilitas dan nilai permainan yang identik dengan hasil perhitungan manual. *Output* perangkat lunak ditampilkan pada **Gambar 1** sebagai bukti replikabilitas hasil.

b. Pembahasan Studi Kasus A

Hasil studi kasus A menunjukkan bahwa tidak semua persaingan dua pelaku usaha menghasilkan keseimbangan strategi yang stabil. Struktur *Payoff* yang tidak simetris menyebabkan tidak adanya titik keseimbangan strategi murni. Kondisi ini banyak ditemukan pada pasar dengan diferensiasi produk rendah dan elastisitas permintaan tinggi, sebagaimana dilaporkan oleh Chen dan Riordan (2020) serta Kopel et al. (2021). Kontribusi penelitian ini terletak pada penyajian numerik yang eksplisit dan tervalidasi, yang jarang ditampilkan secara lengkap pada penelitian terdahulu. Banyak studi sebelumnya membahas strategi campuran secara konseptual tanpa menyajikan probabilitas optimal secara rinci, sehingga sulit diadopsi oleh praktisi. Pendekatan kuantitatif dalam penelitian ini mengisi celah tersebut.

c. Hasil Analisis Studi Kasus B (Permainan dengan *Saddle point*)

Studi kasus B merepresentasikan persaingan harga dua pelaku usaha dengan dua alternatif strategi, yaitu harga tinggi dan harga rendah. Matriks *Payoff* hasil pemodelan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Matriks *Payoff* Studi Kasus B

Strategi	Y: Harga Tinggi	Y: Harga Rendah
X: Harga Tinggi	6	-2
X: Harga Rendah	10	1

Perhitungan nilai *maximin* dan *minimax* dilakukan dengan prosedur yang sama seperti studi kasus A. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai *Maximin* dan *Minimax* Studi Kasus B

Kriteria	Nilai
Minimum baris X (Harga Tinggi)	-2
Minimum baris X (Harga Rendah)	1
Maximin	**1**
Maksimum kolom Y (Harga Tinggi)	10
Maksimum kolom Y (Harga Rendah)	1
Minimax	**1**

Kesetaraan nilai *maximin* dan *minimax* menunjukkan keberadaan *saddle point* pada kombinasi strategi harga rendah untuk kedua pemain. Kondisi ini menandakan bahwa strategi murni menjadi solusi optimal. Pemain X dan pemain Y sama-sama memilih strategi harga rendah untuk mencapai hasil yang stabil. Validasi menggunakan *QM for Windows* kembali menunjukkan hasil yang konsisten dengan perhitungan manual. *Output* perangkat lunak ditampilkan pada Gambar 2, yang memperlihatkan secara visual keberadaan *saddle point* . Perbandingan hasil kedua studi kasus disajikan pada Tabel 6 untuk menunjukkan perbedaan karakteristik strategi optimal dan stabilitas permainan.

Tabel 6 Perbandingan Hasil Studi Kasus A dan B

Aspek	Studi Kasus A	Studi Kasus B
Saddle point	Tidak ada	Ada
Strategi optimal	Campuran	Murni
Nilai permainan	3,45	1
Stabilitas	Tidak stabil	Stabil

Perbandingan hasil analisis strategi pada permainan *zero-sum* menunjukkan bahwa strategi optimal sangat dipengaruhi oleh struktur *payoff* yang membentuk interaksi antarpelaku usaha. Struktur *payoff* merepresentasikan tidak hanya besaran keuntungan dan kerugian, tetapi juga tingkat risiko, intensitas kompetisi, serta ruang adaptasi strategi yang tersedia bagi masing-masing pemain. Variasi nilai *payoff* yang relatif kecil dapat mengubah keseimbangan strategi secara signifikan, baik dari strategi murni menuju strategi campuran maupun sebaliknya (Dou et al., 2024; Helo & Thai, 2024; Jumali et al., 2026). Kondisi tersebut menegaskan bahwa strategi optimal bersifat dinamis dan tidak dapat dilepaskan dari karakteristik persaingan yang sedang berlangsung. Temuan penelitian ini relevan karena menjawab keterbatasan studi sebelumnya yang umumnya memisahkan pembahasan strategi murni dan strategi campuran tanpa mengaitkan keduanya dalam satu kerangka analisis yang terpadu (Hernando & Jumali, 2025; Prasisko & Jumali, 2026). Pendekatan yang terpisah tersebut cenderung menghasilkan pemahaman parsial mengenai perilaku strategis pelaku usaha. Integrasi kedua jenis strategi dalam satu model analisis memungkinkan evaluasi yang lebih menyeluruh terhadap kemungkinan perubahan strategi akibat pergeseran struktur *payoff* . Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai dinamika persaingan dalam situasi bisnis yang tidak sepenuhnya deterministik.

Integrasi strategi murni dan strategi campuran juga membuka peluang untuk mengidentifikasi solusi keseimbangan yang lebih aplikatif. Kondisi pasar yang dihadapi pelaku usaha sering kali ditandai oleh ketidakpastian permintaan, fluktuasi harga, serta respons kompetitor yang sulit diprediksi (Dalal et al., 2024; Patriarca et al., 2020; Svoboda & Minner, 2026; Zabraoui et al., 2025; Zhuoyi Zhao, 2020). Situasi tersebut menyebabkan strategi murni tidak selalu mampu memberikan hasil optimal secara konsisten. Strategi campuran menjadi alternatif rasional ketika tidak terdapat strategi dominan yang stabil. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan jenis strategi harus didasarkan pada analisis struktur *payoff* , bukan semata pada preferensi atau kebiasaan pengambil keputusan. Hasil penelitian ini memperkuat kontribusi teori permainan *zero-sum* dalam ranah riset operasional sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang objektif dan terukur. Pendekatan kuantitatif memungkinkan pelaku usaha menilai konsekuensi setiap alternatif strategi secara sistematis dan rasional. Analisis berbasis perhitungan matematis membantu mengurangi ketergantungan pada intuisi yang sering kali dipengaruhi

oleh bias subjektif. Dengan demikian, teori permainan berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan strategis yang lebih konsisten dan dapat dipertanggungjawabkan.

Kontribusi metodologis penelitian ini ditunjukkan melalui kombinasi analisis manual dan validasi menggunakan perangkat lunak. Analisis manual memberikan pemahaman konseptual terhadap mekanisme permainan dan logika pembentukan strategi, sementara perangkat lunak berfungsi memastikan ketepatan perhitungan serta konsistensi hasil. Sinergi kedua pendekatan tersebut meningkatkan reliabilitas temuan penelitian dan memperkuat validitas analisis. Keseluruhan hasil penelitian memberikan implikasi teoretis dan praktis yang signifikan, khususnya bagi pelaku usaha yang menghadapi persaingan dua pihak dan membutuhkan dasar analitis yang kuat dalam merancang strategi kompetitif berbasis teori permainan *zero-sum* .

4. Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa teori permainan *zero-sum* merupakan pendekatan kuantitatif yang efektif untuk menganalisis persaingan strategis antara dua pelaku usaha pada struktur pasar duopoli. Analisis yang dilakukan melalui pemodelan *matriks Payoff* , perhitungan nilai *maximin* dan *minimax* , serta penentuan strategi optimal menghasilkan pemahaman yang terukur mengenai perilaku rasional pelaku usaha dalam menghadapi konflik keputusan langsung. Hasil studi kasus pertama menunjukkan tidak ditemukannya *saddle point* , yang ditunjukkan oleh perbedaan nilai *maximin* sebesar 2 dan nilai *minimax* sebesar 4. Kondisi ini mengindikasikan bahwa strategi murni tidak mampu menjamin hasil optimal bagi kedua pemain. Strategi campuran menjadi solusi rasional dengan probabilitas optimal pemain X memilih strategi X_1 sebesar 0,8182 dan pemain Y memilih strategi Y_1 sebesar 0,7273. Nilai permainan sebesar 3,45 menunjukkan keuntungan rata-rata yang dapat dijamin oleh pemain X apabila kedua pemain menerapkan strategi optimal. Temuan ini menegaskan bahwa distribusi probabilistik strategi diperlukan untuk menjaga stabilitas hasil pada permainan tanpa keseimbangan deterministik.

Hasil studi kasus kedua menunjukkan keberadaan *saddle point* pada nilai permainan sebesar 1, yang diperoleh dari kesetaraan nilai *maximin* dan *minimax* . Kondisi ini menunjukkan bahwa strategi murni menjadi solusi optimal bagi kedua pemain. Pemilihan strategi harga rendah oleh kedua pelaku usaha menghasilkan keseimbangan yang stabil dan tidak memberikan insentif bagi salah satu pihak untuk menyimpang dari strategi tersebut. Temuan ini memperkuat bukti empiris bahwa persaingan harga pada duopoli cenderung menghasilkan keseimbangan pada strategi defensif yang meminimalkan risiko kehilangan pasar. Validasi menggunakan perangkat lunak *QM for Windows* menghasilkan *output* yang konsisten dengan perhitungan manual, sehingga memperkuat keandalan dan replikabilitas analisis.

Penelitian ini memberikan kontribusi kuantitatif dengan menunjukkan bahwa pemilihan strategi kompetitif sangat bergantung pada struktur *Payoff* permainan. Pendekatan teori permainan *zero-sum* dengan kriteria *minimax* dan strategi campuran dapat digunakan sebagai alat pengambilan keputusan yang objektif, terukur, dan aplikatif bagi pelaku usaha dalam menghadapi persaingan langsung.

Referensi

Basar, T., & Olsder, G. J. (2019). *Dynamic Noncooperative Game Theory*. SIAM.

Belleflamme, P., & Peitz, M. (2019). *Industrial Organization: Markets and Strategies* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Belleflamme, P., & Peitz, M. (2022). *The Economics of Platforms*. Cambridge University Press.

Cachon, G. P., & Terwiesch, C. (2021). *Matching Supply with Demand* (4th ed.). McGraw-Hill.

Carlton, D. W., & Perloff, J. M. (2021). *Modern Industrial Organization* (4th ed.). Pearson.

Chen, Y., & Riordan, M. H. (2020). Price Competition with Strategic Consumers. *Econometrica*, *88*(4), 1539–1572. https://doi.org/10.3982/ECTA15875

Dalal, S., Lilhore, U. K., Simaiya, S., Radulescu, M., & Belascu, L. (2024). Improving efficiency and sustainability via supply chain optimization through CNNs and BiLSTM. *Technological Forecasting and Social Change*, *209*, 123841. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123841

Dixit, A., Skeath, S., & Reiley, D. (2021). *Games of Strategy* (5th ed.). W. W. Norton & Company.

Dou, G., Wei, K., Sun, T., & Ma, L. (2024). Blockchain technology adoption in a supply chain: Channel leaderships and environmental implications. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *192*, 103788. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103788

Helo, P., & Thai, V. V. (2024). Logistics 4.0 – digital transformation with smart connected tracking and tracing devices. *International Journal of Production Economics*, *275*, 109336. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109336

Hernando, R. D., & Jumali, M. A. (2025). ANALISIS PENJADWALAN PROYEK PEMINDAHAN PENATAAN SELECTIVE RACKING DI GUDANG LOGISTIK MENGGUNAKAN CPM-PERT. *Jurnal Bisnis, Logistik Dan Supply Chain (BLOGCHAIN)*, *5*(2 SE-Articles), 44–50. https://doi.org/10.55122/blogchain.v5i2.1848

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). *Introduction to Operations Research* (11th ed.). McGraw-Hill.

Jumali, M. A., Jati, A., Wasesa, A., Suntoko, H., & Fatur, M. (2025). *Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-University of PGRI Adi Buana p- ISSN 2622-2027 e- ISSN 2622-2035 Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) in Strategic Site Selection for Software Development Branch Expansion in Indonesia Tib*.

Jumali, M. A., Maubila, A. Z., & Pradipta, A. R. (2026). Pengaruh Variasi Nilai Konstruksi Terhadap Pengendalian Proyek. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, *9*(1 SE-Articles of Research), 427–432. https://doi.org/10.31004/jutin.v9i1.52529

Jumali, M. A., & Sembodo, B. P. (2016). Model Kompetensi Kewirausahaan Dengan Pendekatan Perilaku. *Proseding Seminar Nasional Teknik Industri*, 41–47. https://karyailmiah.unipasby.ac.id/2017/04/19/model-kompetensi-kewirausahaan-dengan-pendekatan-perilaku/

Kopel, M., Lamantia, F., & Szidarovszky, F. (2021). Price Competition with Mixed Strategies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, *125*, 104081. https://doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104081

Leyton-Brown, K., & Shoham, Y. (2023). *Essentials of Game Theory*. Morgan & Claypool.

Muhib, U. N. N. Al. (2022). *Strategi Keberhasilan Startup Melalui Program Inkubasi Startup Campus Achmad Zaky Foundation*.

Myerson, R. B. (2021). *Game Theory: Analysis of Conflict*. Harvard University Press.

Osborne, M. J. (2021). *An Introduction to Game Theory*. Oxford University Press.

Patriarca, R., Di Gravio, G., Costantino, F., & Tronci, M. (2020). EOQ inventory model for perishable products under uncertainty. *Production Engineering*, *14*(5), 601–612. https://doi.org/10.1007/s11740-020-00986-5

Pepall, L., Richards, D., & Norman, G. (2020). *Industrial Organization: Contemporary Theory and Empirical Applications* (5th ed.). Wiley.

Prasisko, B., & Jumali, M. A. (2026). Indentifikasi Jalur Kritis pada Proses Pemindahan Sarana Produksi Krimer Retail dengan Metode CPM pada PT X. *Factory Jurnal Industri, Manajemen Dan Rekayasa Sistem Industri*, *4*(2 SE-Articles), 246–257. https://doi.org/10.56211/factory.v4i2.1382

Render, B., Stair, R., & Hanna, M. (2022). *Quantitative Analysis for Management* (14th ed.). Pearson.

Sari, R. P., & Pratiwi, D. (2021). Competitive Strategy Analysis Using Game Theory Approach. *Journal of Management and Finance*, *12*(2), 145–156.

Shoham, Y., & Leyton-Brown, K. (2020). *Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations*. Cambridge University Press.

Stevenson, W. J. (2021). *Operations Management* (14th ed.). McGraw-Hill.

Svoboda, J., & Minner, S. (2026). A data-driven approach for strategic inventory placement in multi-echelon supply networks. *European Journal of Operational Research*, *328*(2), 446–459. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2025.06.022

Taha, H. A. (2022). *Operations Research: An Introduction* (10th ed.). Pearson.

Tang, C. S., Musa, N., & Li, J. (2023). Operations Strategy Under Competition. *Production and Operations Management*, *32*(1), 34–51. https://doi.org/10.1111/poms.13846

Tirole, J. (2020). *The Theory of Industrial Organization*. MIT Press.

Umami, A. R., Jumali, M. A., & Rusdiyantoro, R. (2025). Adaptive Productivity Model: Integrating Lean Office And Industry 4.0 In Modern Administrative Systems. *J@ Ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, *20*(3), 220–225.

Vives, X. (2021). *Oligopoly Pricing*. MIT Press.
Watson, J. (2020). *Strategy: An Introduction to Game Theory* (4th ed.). W. W. Norton & Company.
Zabraoui, O., Hmamou, Y., Chafi, A., & Alami, S. K. (2025). A comparative study of multi-algorithm optimization for inventory analytics in supply chains. *Supply Chain Analytics*, *12*, 100154. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sca.2025.100154
Zhuoyi Zhao, K. J. M. (2020). *Blockchain Traceability Valuation for Perishable Agricultural Products Under Demand Uncertainty*. *11*(4). https://doi.org/10.4018/ijoris.2020100101