OPTIMALISASI HARGA BATIK UNTUK MENINGKATKAN KEUNTUNGAN DENGAN MEMPERTIMBANGKAN BIAYA EMISI KARBON MENGGUNAKAN METODE *STACKELBERG GAME THEORY*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Nama : Zulfikar Pranata Rinaldi
No. Mahasiswa : 21522053

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 04 – 08 – 2025





(Zulfikar Pranata Rinaldi)

21522053

SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI
Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km. 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4110, 4100
F. (0274) 895007
E. ft@uii.ac.id
W. ft.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 129/Ka.lab SIMANTI/20/Lab.SIMANTI/VII/2025

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : Zulfikar Pranata Rinaldi

Nim : 21522053

Jurusan : Teknik Industri

Dosen Pembimbing : Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul "**OPTIMALISASI HARGA BATIK UNTUK MENINGKATKAN KEUNTUNGAN DENGAN MEMPERTIMBANGKAN BIAYA EMISI KARBON MENGGUNAKAN METODE *STACKELBERG GAME THEORY*".**

Mulai pelaksanaan penelitian 11 Februari 2025 sampai 29 Juli 2025

Demikian surat keterangan penelitian ini kami buat. Atas perhatiannya dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 29 Juli 2025

Kepala Laboratorium

Sistem Manufaktur Terintegrasi

Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

OPTIMALISASI HARGA BATIK UNTUK MENINGKATKAN KEUNTUNGAN DENGAN MEMPERTIMBANGKAN BIAYA EMISI KARBON MENGGUNAKAN METODE *STACKELBERG GAME THEORY*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Zulfikar Pranata Rinaldi

No. Mahasiswa : 21522053

Yogyakarta, 21 08 2025

Dosen Pembimbing

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIK.015220101

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

OPTIMALISASI HARGA BATIK UNTUK MENINGKATKAN KEUNTUNGAN DENGAN MEMPERTIMBANGKAN BIAYA EMISI KARBON MENGGUNAKAN METODE *STACKELBERG GAME THEORY*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Zulfikar Pranata Rinaldi

No. Mahasiswa : 21 522 053

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, *08 - 08 – 2025*

Tim Penguji

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM	
Ketua	
Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc.	
Anggota I	
Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.	
Anggota II	

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

NIK.015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya yaitu Bapak Anton Prasetyo Wibowo dan Ibu Yunita Sabariah, saya mengucapkan terima kasih sebesar besarnya karena telah mendukung saya sampai di titik ini. Setelah ini saya akan berjuang di fase berikutnya untuk menuju kesuksesan di masa yang akan datang.

MOTTO

"Maka jangan sekali-kali membiarkan kehidupan dunia ini memperdayakan kamu."
(Q.S Fatir: 5)

"Yang aku tahu hanyalah bahwa aku tidak tahu apa-apa."
(Socrates)

"Ada dua hari yang paling penting dalam hidup kita yaitu pertama hari ketika kita dilahirkan dan hari ketika kita tahu mengapa kita dilahirkan."
(Mark Twain)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrahim,
Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Pertama marilah kita panjatkan puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta kesehatan sehingga saat ini saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Optimalisasi Harga Batik Untuk Meningkatkan Keuntungan Dengan Mempertimbangkan Biaya Emisi Karbon Menggunakan Metode *Stackelberg Game Theory*" sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Industri. Tidak lupa shalawat serta salam dicurahkan kepada Rasul kita yaitu Nabi Muhammad SAW.

Alhamdulillahhirobbilalamin, dengan ini penulis menyampaikan bahwasanya masa perkuliahan penulis sudah selesai, semoga segala pengalaman serta ilmu yang penulis pelajari disini menjadi bekal yang bermanfaat disuatu hari nanti. Hal ini bukanlah akhir dari suatu perjalanan, namun merupakan suatu lompatan awal penulis untuk sesuatu yang lebih besar lagi kedepannya. Tugas Akhir ini akan menjadi saksi bisu kesuksesan penulis yang kekal didunia nantinya.

Terakhir, sebagai penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini. Maka dari itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyempaikan rasa terima kasih sebesar besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana dan selaku dosen pembimbing penelitian tugas akhir.
3. Para Dosen Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Kedua orang tua yang saya cintai, Bapak Anton Prasetyo Wibowo dan Ibu Yunita Sabariah yang telah mendukung, memberikan doa, serta menyayangi penulis dari lahir hingga sampai dititik ini. Semoga kelak penulis dapat selalu berbakti kepada kedua orang tua penulis.
5. Saudara kandung penulis Muhammad Ananta Ramadhan yang telah memberikan dukungan selama ini.
6. Orang yang sudah memberi dukungan serta semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas akhir penulis yaitu Aulia Sekar Kinari.
7. Teman teman pada grup Indonesia Maju yaitu Firza, Aji, Raka, Fatih, Daffa, Rafi, Abrar, Naufal yang telah berjuang bersama dari bangku SMA hingga saat ini.
8. Teman teman penulis selama masa perkuliahan, Andika, Hendra, El, Rifal, Ipeng, Terre, Rey, Haped, serta teman kelas F lainnya yang tidak bisa peneliti sebutkan satu per satu.
9. Teman teman yang menemani penulis selama mengikuti organisasi dan kepanitiaan di Teknik Industri UII
10. Teman teman pelari saya yaitu Zaki, Aidil, dan Farid yang telah menemani penulis untuk berlari bersama, semoga penulis setelah ini bisa mengikuti kegiatan *Full Marathon*.
11. Semua pihak yang telah mendukung penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan harga jual optimal produk batik pada UMKM Batik X dengan mempertimbangkan biaya emisi karbon melalui pendekatan *Stackelberg Game Theory*. Permasalahan utama yang diangkat adalah ketidakseimbangan penetapan harga antara toko besar (*leader*) dan toko kecil (*follower*), yang berdampak pada keuntungan yang tidak maksimal. Penelitian ini juga menambahkan faktor lingkungan seperti biaya emisi karbon serta penggunaan *eco-packaging* dalam penentuan harga. Data yang digunakan merupakan data sekunder dari lima UMKM Batik dengan dua jenis produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Stackelberg Game Theory* berhasil menghasilkan optimalisasi dengan peningkatan keuntungan total sebesar 107,6% untuk P1 dan keuntungan total 70% P2 jika dibandingkan dengan kondisi awal berdasarkan rata rata data historis. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi strategi harga, tetapi juga menjaga keseimbangan pasar antara toko besar dan toko kecil. Dengan demikian, model ini dapat dijadikan acuan strategis bagi UMKM dalam pengambilan keputusan harga yang mempertimbangkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Kata Kunci: biaya emisi karbon, *stackelberg game theory, product pricing*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **i**
SURAT BUKTI PENELITIAN ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iii**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI ..... **iv**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **v**
MOTTO ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
ABSTRAK ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.4.1 Bagi Peneliti 3
1.4.2 Bagi Perguruan Tinggi 3
1.4.3 Bagi UMKM 3
1.5 Batasan Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1 Kajian Literatur 4
2.2 Landasan Teori 15
2.2.1 Stackelberg Game Theory 15
2.2.2 Biaya Emisi Karbon 16
2.2.3 Product Pricing 16
2.2.4 Inventory Holdings Cost 17
2.2.2 Eco Packaging 18
2.2.3 Surcharge Wage Cost 18
BAB III METODE PENELITIAN **20**
3.1 Objek Penelitian 20
3.2 Jenis Data Penelitian 20
3.3 Alur Penelitian 20
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA **26**
4.1 Pengumpulan Data 26
4.2 Pengolahan Data 31
4.2.1 Normalisasi Data 31
4.2.2 Pengembangan Model P1 35
4.2.3 Testing Model P2 44
BAB V PEMBAHASAN **53**
5.1 Analisis Normalisasi Data 53
5.2 Analisis perbandingan data historis dengan hasil data model 53
5.2.1 Analisis Perbandingan P1 54
5.2.2 Analisis Perbandingan P2 54

5.3 Analisis Hasil Optimalisasi harga batik.....55
BAB VI PENUTUP 58
6.1 Kesimpulan.....58
6.2 Saran 58
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN.....62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Kajian Literatur 11
Tabel 2. 2 *Research Gap Penelitian*.....14
Tabel 4. 1 *Product Definition*……..…26
Tabel 4. 2 *Retailer Definition*.....26
Tabel 4. 3 *Cost Component*.....27
Tabel 4. 4 *Base Purchase Price* 27
Tabel 4. 5 Biaya *Inventory Holdings* 27
Tabel 4. 6 *Ordering Cost*.....27
Tabel 4. 7 Biaya Emisi Karbon 28
Tabel 4. 8 *Bag Purchase* 28
Tabel 4. 9 *Packaging Operation cost.*.....28
Tabel 4. 10 *End of Life Compliance Costs*.....29
Tabel 4. 11 *Fair Wage Sucharge* 29
Tabel 4. 12 *Demand* dan *Price* P1.....29
Tabel 4. 13 *Demand* dan *Price* P2.....30
Tabel 4. 14 Normalisasi data P1.....32
Tabel 4. 15 Hasil Normalisasi Data P2 33
Tabel 4. 16 Perbandingan *Packaging*.....35
Tabel 4. 17 Harga *Eco Packaging*.....36
Tabel 4. 18 Biaya Emisi Karbon 36
Tabel 4. 19 Perhitungan *Wage Sucharge* per *unit*.....37
Tabel 4. 20 *Surcharge Wage Per Unit* 37
Tabel 4. 21 *Base Cost* P1 38
Tabel 4. 22 *Predicted Demand Model* P1 38
Tabel 4. 23 MSE P1 39
Tabel 4. 24 *Min Selling Price* P1 43
Tabel 4. 25 *Demand* P1.....43
Tabel 4. 26 Harga Optimal P1.....43
Tabel 4. 27 Keuntungan *Retailer* P1 44
Tabel 4. 28 *Predicted Demand Model* P2 46
Tabel 4. 29 MSE P2 47
Tabel 4. 30 *Min Selling Price* P2 50
Tabel 4. 31 *Demand* P2.....51
Tabel 4. 32 Harga Optimal P2.....51
Tabel 4. 33 Keuntungan *Retailer* P2 51
Tabel 5. 1 Harga Optimal P1 ……..……...56
Tabel 5. 2 Harga Optimal P2.....56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....21
Grafik 4. 1 Perbandingan Q_1^1 40
Grafik 4. 2 Perbandingan Q_1^2.....41
Grafik 4. 3 Perbandingan Q_1^3.....41
Grafik 4. 4 Perbandingan Q_1^4.....42
Grafik 4. 5 Perbandingan Q_1^5.....42
Grafik 4. 6 Perbandingan Q_2^1.....48
Grafik 4. 7 Perbandingan Q_2^2.....48
Grafik 4. 8 Perbandingan Grafik Q_2^3 49
Grafik 4. 9 Perbandingan Grafik Q_2^4 49
Grafik 4. 10 Perbandingan Grafik Q_2^5 50

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah) secara jelas mendefinisikan tiga jenis usaha tersebut, usaha Mikro merupakan kegiatan usaha produktif yang dijalankan oleh individu atau badan usaha perseorangan dan memenuhi syarat sebagai Usaha Mikro. Sementara itu, Usaha Kecil adalah usaha ekonomi produktif yang bersifat mandiri serta tidak memiliki keterkaitan, baik langsung maupun tidak langsung, dengan usaha berskala menengah maupun besar. Adapun Usaha Menengah juga merupakan usaha ekonomi produktif yang berdiri sendiri tanpa afiliasi dengan Usaha Kecil atau besar, dengan nilai kekayaan bersih atau pendapatan tahunan yang sesuai dengan kriteria Usaha Menengah (Yolanda, n.d.). UMKM sudah ditetapkan oleh Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2008. UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah) memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia karena mereka menjadi kontributor utama terhadap pertumbuhan ekonomi nasional serta menciptakan lapangan kerja bagi sebagian besar masyarakat. Di samping itu, UMKM juga berperan besar dalam mendorong pembangunan ekonomi di wilayah-wilayah, khususnya di daerah pedesaan dan terpencil, dengan memperkuat ekonomi setempat dan menurunkan angka kemiskinan (Zahra Firdausya et al., 2023).

Salah satu UMKM yang ada di Indonesia yaitu UMKM Batik, batik di Indonesia umumnya merupakan industri kecil menengah (UKM) yang menjadi mata pencaharian Masyarakat Indonesia (Nurainun, 2008). UMKM batik banyak tersebar pada beberapa daerah di pulau Jawa seperti batik , batik Surakarta, batik Yogya, dan lain lain. Batik cukup diminati Masyarakat Indonesia karena motifnya yang indah dan unik (Rahmawati et al., n.d.).

Salah satunya yaitu UMKM Batik X. Pastinya UMKM batik memiliki lebih dari 1 toko yang mana terdapat satu toko besar dan sisanya merupakan toko kecil. Seiring berjalannya waktu, sering adanya ketidakstabilan penjualan antara toko besar dan toko kecil yang berada di yang menyebabkan keuntungan yang di dapat tidak maksimal disetiap tokonya. Hal tersebut dapat mengakibatkan ketidakseimbangan dalam persaingan pasar. Contoh seperti ini, jika toko besar terlalu tinggi menetapkan harga maka pembeli akan berpindah ke toko kecil, namun jika toko besar terlalu rendah dalam menetapkan harga maka pembeli akan tetap melakukan pembelian di toko besar namun keuntungan yang didapat tidak maksimal, begitu juga pun sebaliknya.

Selain itu, dengan meningkatnya kesadaran global akan pentingnya keberlanjutan lingkungan, UMKM batik kini juga dihadapkan pada tantangan tambahan dalam hal pengelolaan

emisi karbon. Pemerintah menetapkan tarif pajak karbon sebesar Rp30.000 per ton CO2e (setara sekira USD 2 dengan kurs rata-rata Rp15.000/dolar AS (FItriya, 2024). Dikarenakan UMKM Batik X dalam proses produksinya menciptakan emisi karbon yang berpengaruh pada lingkungan, peneliti akan menambahkan aspek biaya emisi karbon yang nantinya akan berpengaruh pada harga jual produk batik yang akan ditetapkan. Hal yang perlu diperhatikan lainnya yaitu kemasan, kemasan menjadi salah satu strategi yang penting dalam proses pemasaran. Kemasan yang baik dapat membuat konsumen tertatik dan melakukan pembelian (Fianda et al., 2021). Namun saat ini penggunaan kemasan yang tidak ramah lingkungan dapat berdampak tidak baik pada lingkungan, karena plastik memiliki sifat yang sulit terdegradasi. Oleh karena itu penggunaan kemasan dengan bahan alami dapat menjadi solusi akan hal tersebut. Hal ini juga nantinya berpengaruh pada harga jual produk karena perbedaan harga kemasan biasa dan kemasan ramah lingkungan.

Melihat situasi tersebut, dampak yang terjadi yaitu terdapat adanya ketidakseimbangan yang diakibatkan oleh ketidaksesuaian dalam penentuan keputusan harga jual produk batik. hal ini dapat menyebabkan keuntungan tidak optimal pada beberapa toko besar dan toko kecil. Jika hal tersebut terjadi secara terus menerus maka akan merugikan salah satu atau kedua pihak. UMKM Batik X perlu melakukan *product pricing* untuk dapat menjaga agar pasar terus seimbang dan keuntungan meningkat antara kedua pihak tersebut. Metode yang paling tepat digunakan untuk melakukan *product pricing* pada dua belah pihak yaitu metode *Stackelberg game theory*. Konsep *Stackelberg game theory* tepat digunakan karena Para pemain (Toko batik) saling memengaruhi melalui hasil dari keputusan masing-masing. *Stackelberg* merupakan salah satu jenis permainan yang paling signifikan, di mana pemimpin (Toko Besar) berkomitmen untuk menerapkan strategi (Harga) tertentu, dan pemain yang mengikuti akan mulai membuat keputusan berdasarkan strategi (Harga) serta komitmen pemimpin untuk menegakkannya (Khanlarzade & Farughi, 2024).

Berdasarkan permasalahan yang dialami oleh UMKM Batik X, maka akan dilakukan penelitian mengenai penentuan harga yang tepat pada toko yang bertindak sebagai *leader* (Toko Besar) dan toko yang bertindak sebagai *follower* (Toko Kecil) pada UMKM Batik X dengan menggunakan metode *Stackelberg Game Theory*. Penggunaan metode tersebut dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan terkait harga pasar yang tidak stabil serta keuntungan yang tidak maksimal pada kedua belah pihak. Maka dari itu diharapkan dengan adanya penentuan harga tersebut, pasar UMKM Batik X akan stabil serta akan mendapatkan keuntungan yang maksimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu Berapa harga optimal yang dihasilkan melalui penerapan metode *Stackelberg Game Theory* pada UMKM Batik X.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini :

1. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan harga optimal yang dihasilkan melalui penerapan metode *Stackelberg Game Theory* pada UMKM Batik X.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian ini :

1.4.1 Bagi Peneliti

Berikut ini merupakan manfaat yang didapatkan bagi peneliti :

1. Penelitian ini dapat menambah pengalaman peneliti dalam hal yang berkaitan dengan optimalisasi harga suatu produk
2. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan peneliti dalam melakukan pengolahan suatu data dan mengimplementasikan berdasarkan ilmu Teknik Industri

1.4.2 Bagi Perguruan Tinggi

Berikut ini merupakan manfaat bagi Perguruan Tinggi :

1. Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan metode *Stackelberg Game Theory*

1.4.3 Bagi UMKM

Berikut ini merupakan manfaat yang didapat bagi UMKM :

1. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi UMKM untuk melakukan evaluasi harga kedepannya

1.5 Batasan Penelitian

Berikut ini merupakan Batasan dalam penelitian ini:

1. Data yang digunakan yaitu data sekunder yang berasal dari UMKM Batik X.
2. Metode yang digunakan yaitu *Stackelberg Game Theory*.
3. Produk batik yang digunakan yaitu 2 produk batik UMKM Batik X
4. UMKM yang diteliti yaitu 5 UMKM Batik X
5. Biaya emisi karbon yang dihitung berdasarkan tarif yang ditetapkan oleh pemerintah saat ini

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur dilakukan untuk mengkaji penelitian penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan peneliti. Pada penelitian kali ini, kajian literatur akan berkaitan dengan topik penentuan Keputusan menggunakan metode *Stackelberg Game Theory*. Berikut ini merupakan referensi penelitian yang digunakan oleh peneliti untuk melakukan penelitian kali ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Narges Khanlarzade dan Hiwa Farughi (2024) dengan judul "***Modeling the Stackelberg game with a boundedly rational follower in deterioration supply chain-based interaction with the leader's hybrid pricing strategy***" yang bertujuan untuk mengembangkan model permainan *Stakelberg* dalam rantai pasokan pada dua level, di mana pengikut (produsen) memiliki rasionalitas terbatas dan tidak sepenuhnya menyadari strategi pemimpin (ritel). Metode yang digunakan yaitu Stackelberg dan algoritma heuristic, hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa produsen mencapai keuntungan tertinggi dalam mode permainan Stackelberg yang sepenuhnya rasional, di mana semua pemain memiliki informasi lengkap tentang strategi satu sama lain. Sebaliknya, dalam mode dengan rasionalitas terbatas, keuntungan yang diperoleh lebih dekat dengan kondisi benchmark pada tingkat penurunan kualitas yang tinggi, menunjukkan bahwa keputusan yang diambil dalam kondisi ketidakpastian cenderung kurang optimal.

Penelitian yang dilakukan oleh C.K. Kwong, Yi Xia, C.Y. Chan, dan W.H. Ip (2021) dengan judul "***Incorporating contracts with retailer into product line extension using Stackelberg game and nested bi-level genetic algorithms***" yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana kontrak antara produsen dan pengecer mempengaruhi desain lini produk dan strategi harga. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Stackelberg game theory yang digunakan untuk membentuk model optimasi gabungan yang melibatkan produsen sebagai pemimpin dan pengecer sebagai pengikut. Empat jenis kontrak umum yang dipertimbangkan yaitu harga grosir (WP), pembagian pendapatan (RS), diskon kuantitas (QD), dan pemeliharaan harga ritel (RPM). Hasil dari penelitian tersebut adalah kontrak RS tidak berdampak pada desain produk baru, sementara kontrak QD signifikan mempengaruhi keputusan desain produk, di mana penetapan parameter QD yang lebih rendah mendorong pengembangan produk berkualitas lebih tinggi oleh produsen.

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmed Farouk Hamzoui, Sadok Turki, dan Nidhal Rezg (2024) dengan judul "***Efficient Strategic Pricing in a Dual-Channel Stackelberg Supply Chain: Incorporating Remanufacturing and Sales Commissions across Multiple Periods***" yang bertujuan untuk melakukan analisis terhadap harga jual antara produsen, apotek, dan platform online yang optimal. Metode yang digunakan yaitu *Stackelberg game theory* yang mana produsen bertindak sebagai pemimpin, sementara apotek dan platform online bertindak sebagai pengikut. Hasil dari penelitian tersebut yaitu Harga jual di apotek sedikit lebih tinggi dibandingkan harga di platform online karena layanan pasca jual yang diberikan apotek dan juga harga grosir yang ditetapkan oleh produsen untuk apotek juga sedikit lebih tinggi dibandingkan untuk platform online.

Penelitian yang dilakukan oleh Toni Bohnlen, Stefan Kratsch, dan Oliver Schaudt (2020) dengan judul "***Revenue maximization in Stackelberg Pricing Games: beyond the combinatorial setting***" yang bertujuan untuk melakukan analisis strategi penetapan harga oprimal oleh pemimpin (leader) dalam kondisi di mana pengikut (followers) memiliki preferensi kompleks dalam memilih subset barang dengan harga minimum. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Stackelberg game theory* serta Penelitian ini menggunakan strategi harga tunggal (*single-price strategy*) yang terbukti bisa mendekati pendapatan maksimal dengan faktor logaritmik dalam jumlah item yang dapat diberi harga. Hasilnya yaitu bahwa pada Stackelberg pricing games yang diperluas, strategi single-price dapat mendekati revenue optimal dalam factor logaritmik terhadap jumlah item yang bisa diberi harga. Akan tetapi, perhitungan revenue optimal tetap NP-hard.

Penelitian yang dilakukan oleh Fuyou Huang, Bin Liu, Baoquan Tao, Yuankang Deng, dan Chao Ma (2023) dengan judul "***Pricing decisions of risk averse logistic companies with carbon cap and trade under Stackelberg game***" yang bertujuan untuk menganalisis Keputusan harga dari Perusahaan logistic yang menghindari risiko dalam konteks mekanisme cap dan trade karbon serta melakukan identifikasi bagaimana Perusahaan logistic yang menggunakan kendaraan berbahan fosil (FV) dan kendaraan Listrik (EV) menentukan biaya pengiriman dan harga ritel. Penelitian ini juga menentukan bagaimana ketidakpastian dan preferensi risiko mempengaruhi Keputusan tersebut. metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dua model Stackelberg, yang pertama yaitu model Stackelberg Perusahaan logistic yang Dimana Perusahaan logistic bertindak sebagai pemimpin dan retailer sebagai pengikut. Yang kedua

yaitu model Stackelberg retailer yang dimana retailer bertindak sebagai pemimpin, dan perusahaan logistik sebagai pengikut. Kedua model ini menggunakan pendekatan *mean-variance* (MV) untuk menggambarkan preferensi risiko perusahaan logistik. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan Peningkatan deviasi standar dari guncangan permintaan juga menyebabkan penurunan biaya pengiriman. sementara harga perdagangan karbon yang lebih tinggi berkaitan langsung dengan peningkatan biaya pengiriman, karena perusahaan harus menyesuaikan dengan biaya tambahan dari emisi karbon. Sensitivitas harga silang yang lebih tinggi juga berkontribusi pada kenaikan biaya pengiriman, menunjukkan bahwa ketika produk lebih dapat dipertukarkan, perusahaan logistik cenderung menaikkan harga. Maka dari itu perusahaan yang berada dalam posisi pemimpin dalam permainan Stackelberg memperoleh hasil yang lebih baik, baik dari segi penetapan harga maupun performa, dibandingkan dengan perusahaan yang berperan sebagai pengikut.

Penelitian yang dilakukan oleh Mansureh Mohammadi dan Mohammad Reza Gholamian (2023) dengan judul "***Stackelberg Game Theory Model with Price and Shelf Original Research Space Dependent Demand under Revenue Sharing Contract***" yang bertujuan untuk mengkaji koordinasi dalam rantai pasokan melalui kontrak pembagian pendapatan (*revenue sharing contract*). Penelitian ini berfokus pada bagaimana alokasi ruang rak dan penetapan harga dapat mempengaruhi permintaan dan profitabilitas produk dalam industri ritel. Metode yang digunakan yaitu *Stackelberg game theory*, yang Dimana model rantai pasokan terdiri dari produsen sebagai pemimpin serta pengecer sebagai pengikut. Model ini membahas tiga struktur: terdesentralisasi, terpusat, dan terkoordinasi. Hasil dari penelitian tersebut yaitu menunjukkan bahwa penggunaan kontrak pembagian pendapatan menghasilkan keuntungan yang lebih tinggi bagi kedua pihak dibandingkan dengan struktur terdesentralisasi. Kontrak ini memungkinkan total keuntungan pengecer dan produsen setara dengan keuntungan dalam struktur terpusat, yang menunjukkan bahwa kontrak ini efektif dalam mengoordinasikan rantai pasokan. Selain itu, analisis sensitivitas menunjukkan bahwa elastisitas harga memiliki dampak signifikan pada permintaan, yang menekankan pentingnya mempertimbangkan parameter ini dalam aplikasi dunia nyata. Penelitian ini juga merekomendasikan perhatian yang lebih besar pada interaksi antara harga, alokasi ruang rak, dan citra merek dalam strategi pemasaran.

Penelitian yang dilakukan oleh Nan Wang, Jing Li, dan Wei Li (2024) dengan judul "***Comparative evaluation of different recycling modes for decommissioned photovoltaic products based on stackelberg game***" yang bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan berbagai mode daur ulang untuk produk fotovoltaik (PV) yang telah dipensiunkan, menggunakan teori permainan Stackelberg. Fokus utama penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem daur ulang yang efektif bagi produk PV yang telah tidak terpakai. Metode yang digunakan yaitu Stackelberg game theory yang melibatkan analisis tiga mode daur ulang yaitu daur ulang oleh produsen, daur ulang oleh pihak ketiga, dan Organisasi tanggung jawab produsen (PRO). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa daur ulang oleh produsen menghasilkan keuntungan rantai pasokan yang paling optimal. Kinerja lingkungan dari berbagai mode daur ulang berhubungan dengan efisiensi pengurangan emisi karbon.

Penelitian yang dilakukan oleh Cheng Che, Xin Geng, Huixian Zheng, Yi Chen, dan Xiaoguang Zhang (2022) dengan judul "***Optimization and Benefit Analysis of Intelligent Networked Vehicle Supply Chain Based on Stackelberg Algorithms***" yang betujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan rantai pasokan kendaraan terhubung cerdas menggunakan algoritma Stackelberg. Penelitian ini ingin mengevaluasi dampak dari tingkat inovasi produk dan upaya penjualan pengecer terhadap keuntungan masing-masing entitas dalam rantai pasokan. Metode yang digunakan yaitu Stackelberg game theory Dimana pemasok chip berkinerja tinggi sebagai pemimpin, produsen kendaraan sebagai pengikut, dan pengecer sebagai pengikut kedua. Model ini menganalisis tiga scenario yakni, Keputusan terpusat, tidak berbagi biaya inovasi, dan berbagi biaya inovasi. Dalam masing-masing skenario, peneliti mengevaluasi bagaimana keputusan pemimpin (pemasok chip) mempengaruhi keputusan pengikut (produsen dan pengecer) terkait harga, inovasi produk, dan upaya penjualan. Hasil dari penelitian menunjukkan mode berbagi biaya inovasi terbukti lebih menguntungkan dibandingkan mode tanpa berbagi, terutama ketika upaya penjualan pengecer terkait dengan tingkat inovasi produk, memberikan wawasan penting bagi pemasok, produsen, dan pengecer dalam merumuskan strategi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam rantai pasokan.

Penelitian yang dilakukan oleh Marzich Karimi, Hasan Khademi Zare, Yahia Zare Mehrjerdi, dan Mohammad Bagher Fakhrzad (2021) dengan judul "***A Stackelberg game model for optimizing price, service level and inventory decisions in Vendor Managed Inventory***

system" yang bertujuan untuk mengoptimalkan keputusan harga, tingkat layanan, dan persediaan dalam sistem Vendor Managed Inventory (VMI) dengan menggunakan model permainan Stackelberg. Penelitian ini ingin mengeksplorasi bagaimana interaksi antara produsen dan pengecer dapat mempengaruhi profitabilitas masing-masing entitas dalam rantai pasokan. Metode yang digunakan yaitu *stakelberg game theory* yang Dimana model rantai pasokan terdiri dari satu produsen dan satu pengecer. Produsen bertindak sebagai pemimpin yang menentukan harga grosir, siklus pengisian ulang produk, dan jumlah backorder, sementara pengecer bertindak sebagai pengikut yang menentukan harga eceran dan tingkat layanan untuk memaksimalkan keuntungan mereka. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa produsen dan pengecer dapat mencapai keputusan optimal untuk harga grosir, harga eceran, tingkat layanan, dan siklus pengisian ulang yang saling mendukung serta Peningkatan kapasitas produksi menghasilkan penurunan harga grosir dan harga eceran, sementara keuntungan produsen dan pengecer meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Parinaz Esmaeili dan Morteza Rasti Barzoki (2024) dengan judul "***Pricing, Advertising, and Service Policies in a Manufacturer-Retailer Supply Chain with Nash, Stackelberg-Retailer, and Cooperative Games***" yang bertujuan untuk menganalisis keputusan simultan terkait harga, iklan, dan layanan dalam koordinasi rantai pasokan yang melibatkan satu produsen dan satu pengecer dengan membandingkan tiga pendekatan yaitu Nash, Stackelberg-Retailer, dan permainan kooperatif.. Metode yang digunakan yaitu Stackelberg game theory dengan produsen bertindak sebagai pemimpin dan pengecer sebagai pengikut. Dalam model ini, produsen menentukan harga grosir, sementara pengecer menentukan harga eceran dan tingkat layanan. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa permainan Stackelberg-Retailer menghasilkan keuntungan yang lebih tinggi bagi produsen dan pengecer dibandingkan dengan permainan Nash. Sementara itu, permainan kooperatif menghasilkan keuntungan tertinggi untuk seluruh sistem. Dalam semua pendekatan, pengeluaran untuk iklan nasional dan lokal mencapai puncaknya dalam permainan kooperatif, sementara pengeluaran terendah terjadi pada permainan Nash. Temuan ini mengindikasikan bahwa kolaborasi antara produsen dan pengecer lebih menguntungkan daripada pendekatan non-kooperatif, dan bahwa peningkatan investasi dalam iklan dan layanan dapat meningkatkan profitabilitas bagi semua pihak yang terlibat dalam rantai pasokan.

Penelitian yang dilakukan oleh Fenling Feng, Jiaqi Zhang, dan Chengguang Liu (2022) dengan judul "***Integrated pricing mechanism of China Railway Express whole-process logistics based on the Stackelberg game***" yang bertujuan untuk menganalisis mekanisme penetapan harga terintegrasi untuk *China Railway Express* (CRE) yang berfokus pada pengurangan biaya transaksi dan peningkatan efisiensi pengambilan keputusan dalam penetapan harga, serta mengkaji bagaimana interaksi antara berbagai peserta dapat mempengaruhi keputusan harga. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Stackelberg game theory yang mencakup model permainan terdistribusi dan model permainan terintegrasi. Hasil dari penelitian ini yaitu menunjukkan bahwa mekanisme penetapan harga terintegrasi secara vertikal menghasilkan keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan model penetapan harga terdistribusi. Hal ini disebabkan oleh pengurangan biaya transaksi dan peningkatan kolaborasi di antara para peserta. Selain itu, semakin banyak peserta yang terlibat dalam aliansi penetapan harga, semakin besar pula keuntungan yang diperoleh, menyoroti pentingnya kerja sama dalam meningkatkan efisiensi harga

Penelitian yang dilakukan oleh Donfeng Yang, Ziqian He, Yong Sun, Baoju Li, DeXin Li, Xiaojun Liu, dan Chao Jiang (2024) dengan judul "***Optimised operation of integrated community energy system considering integrated energy pricing strategy: A two-layer Stackelberg game approach***" yang bertujuan untuk mengoptimalkan operasi sistem energi komunitas terintegrasi dengan mempertimbangkan strategi penetapan harga energi yang terintegrasi. Metode yang digunakan yaitu Stackelberg game theory dengan cakupan terdiri dari dua lapisan, di mana operator (pemimpin) menetapkan harga energi untuk memaksimalkan pendapatan, sementara pengguna (pengikut) mengatur strategi penggunaan energi untuk meminimalkan biaya energi. Hasil dari penelitian tersebut yaitu Ditemukan bahwa terdapat solusi keseimbangan unik dalam model permainan Stackelberg yang dibangun. Hasil ini menunjukkan interaksi yang saling mempengaruhi antara strategi operator dan pengguna dalam menentukan harga energi dan penggunaan energi.

Penelitian yang dilakukan oleh Weisi Zhang, Lin Sun, Yongqi Wang dan Xuemeng Luo dengan judul "***Optimizing emission reduction strategies in a two-echelon supply chain: a Stackelberg game perspective under cap-and-trade regulation***" yang bertujuan untuk mengoptimalkan strategi pengurangan emisi dalam rantai pasokan dua tingkat dengan pendekatan permainan Stackelberg, dalam konteks regulasi cap-and-trade. Metode yang

digunakan yaitu *Stackelberg game theory* yang mencakup Model permainan dua eselon dengan melibatkan satu pemasok dan satu produsen, di mana pemasok berfungsi sebagai pemimpin dalam permainan dan produsen sebagai pengikut. Pemasok memiliki surplus izin karbon, sedangkan produsen mengalami kekurangan serta adanya strategi penerapan harga yang melakukan evaluasi pada perdagangan karbon dalam rantai pasokan dan menerapkan kontrak berbagi biaya. Hasil dari penelitian tersebut yaitu Ditemukan bahwa ada solusi keseimbangan unik dalam model permainan Stackelberg yang diusulkan serta menunjukkan bahwa peningkatan koefisien yang mencerminkan pengaruh tingkat pengurangan emisi terhadap harga karbon internal berhubungan dengan peningkatan harga karbon internal dan penurunan harga jual produk.

Penelitian yang dilakukan oleh Ommolbanin Yousefi dan Nooshin Shirani (2024) dengan judul "***Two-level warranty contract between service agent and consumer by considering Stackelberg equilibrium (Case study : A truck after-sales service agent in Iran)***" yang bertujuan untuk mengoptimalkan strategi kontrak garansi antara agen layanan purna jual dan konsumen dalam konteks kendaraan, dengan mempertimbangkan pengaruh dari kebijakan garansi dua dimensi. Metode yang digunakan yaitu *Stackelberg game theory* dengan cakupan Model ini melibatkan interaksi antara agen (pemimpin) dan konsumen (pengikut). Agen menentukan harga garansi, sementara konsumen memilih jumlah pemeliharaan yang optimal berdasarkan harga yang ditetapkan. Keputusan masing-masing pihak dimodelkan dalam bentuk fungsi keuntungan, di mana agen berupaya memaksimalkan keuntungan mereka, dan konsumen berusaha meminimalkan biaya pemeliharaan dan garansi. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan penerapan model permainan Stackelberg dalam kontrak garansi antara agen layanan purna jual dan konsumen menghasilkan keseimbangan optimal yang saling menguntungkan. Agen dapat menetapkan harga garansi yang mempengaruhi keputusan konsumen dalam memilih jumlah pemeliharaan, sehingga memengaruhi kepuasan pelanggan dan profitabilitas agen. Model ini berhasil mengoptimalkan biaya pemeliharaan dan harga garansi, meningkatkan efisiensi operasional.

Penelitian yang dilakukan oleh Longfei Wei, Haiwei Wang, Jing Wang, dan Jialong Hou (2021) dengan judul "***Dynamics and Stability Analysis of a Stackelberg Mixed Duopoly Game with Price Competition in Insurance Market***" yang bertujuan untuk menganalisis dinamika dan stabilitas dari permainan duopoli campuran Stackelberg dalam industri asuransi,

yang melibatkan satu perusahaan asuransi publik dan satu perusahaan asuransi swasta. Metode yang digunakan yaitu *Stackelberg game theory* dengan cakupan model yang melibatkan perusahaan asuransi publik sebagai pemimpin dan perusahaan asuransi swasta sebagai pengikut. Masing-masing perusahaan memutuskan harga produk mereka secara berurutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam permainan duopoli campuran Stackelberg di pasar asuransi, kecepatan penyesuaian harga yang lebih tinggi dapat menyebabkan ketidakstabilan pada titik keseimbangan *Nash*, bahkan menghasilkan perilaku *chaotic*. Simulasi numerik mengungkapkan bahwa perusahaan asuransi yang berperan sebagai pemimpin dalam penetapan harga, baik publik maupun swasta, memperoleh kesejahteraan dan keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan ketika mereka menjadi pengikut.

Pada Tabel 2.1 merupakan rangkuman kajian literatur yang sudah dijelaskan di atas dari penelitian terdahulu meliputi peneliti, tahun, judul, metode, dan objek penelitian yang dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2. 1 Ringkasan Kajian Literatur

No	Nama Peneliti & Tahun	Judul	Metode Penelitian	Objek Penelitian
1	(Khanlarzade & Farughi, 2024)	*Modeling the Stackelberg game with a boundedly rational follower in deterioration supply chain-based interaction with the leader's hybrid pricing strategy*	*Stackelberg* dan algoritma *heuristic*	Rantai Pasok
2	(Kwong et al., 2021)	*Incorporating contracts with retailer into product line extension using Stackelberg game and nested bi-level genetic algorithms*	*Stackelberg game theory* dan *nested bi-level genetic algorithms*	Desain Lini Produk
3	(Hamzaoui et al., 2024)	*Efficient Strategic Pricing in a Dual-Channel Stackelberg*	*Stackelberg game theory*	Harga

No	Nama Peneliti & Tahun	Judul	Metode Penelitian	Objek Penelitian
		Supply Chain: Incorporating Remanufacturing and Sales Commissions across Multiple Periods		
4	(Böhnlein et al., 2021)	*Revenue maximization in Stackelberg Pricing Games: beyond the combinatorial setting*	*Stackelberg game theory*	Harga
5	(Huang et al., 2023)	*Pricing decisions of risk averse logistic companies with carbon cap and trade under Stackelberg game*	*Stackelberg game theory*	Harga
6	(Mohammadi & Gholamian, 2023)	*Stackelberg Game Theory Model with Price and Shelf Original Research Space Dependent Demand under Revenue Sharing Contract*	*Stackelberg game theory*	Harga
7	(Wang et al., 2024)	*Comparative evaluation of different recycling modes for decommissioned photovoltaic products based on stackelberg game*	*Stackelberg game theory*	Daur ulang produk
8	(Che et al., 2022)	*Optimization and Benefit Analysis of Intelligent Networked Vehicle Supply Chain Based on Stackelberg Algorithms*	*Stackelberg game theory*	Rantai Pasok
9	(Karimi et al., 2021)	*A Stackelberg game model for optimizing price, service level*	*Stackelberg game theory*	Harga

No	Nama Peneliti & Tahun	Judul	Metode Penelitian	Objek Penelitian
		and inventory decisions in Vendor Managed Inventory system		
10	(Esmaeili & Rasti-Barzoki, 2024)	*Pricing, Advertising, and Service Policies in a Manufacturer-Retailer Supply Chain with Nash, Stackelberg-Retailer, and Cooperative Games*	*Nash, Stackelberg-Retailer, and Cooperative Games*	Harga
11	(Feng et al., 2023)	*Integrated pricing mechanism of China Railway Express whole-process logistics based on the Stackelberg game*	*Stackelberg game theory*	Harga
12	(Yang et al., 2024)	*Optimised operation of integrated community energy system considering integrated energy pricing strategy: A two-layer Stackelberg game approach*	*Stackelberg game theory*	Harga
13	(Zhang et al., 2024)	*Optimizing emission reduction strategies in a two-echelon supply chain: a Stackelberg game perspective under cap-and-trade regulation*	*Stackelberg game theory*	Rantai Pasok
14	(Yousefi & Shirani, 2024)	*Two-level warranty contract between service agent and consumer by considering Stackelberg equilibrium*	*Stackelberg game theory*	Harga

No	Nama Peneliti & Tahun	Judul	Metode Penelitian	Objek Penelitian
		(Case study : A truck after-sales service agent in Iran)		
15	(Wei et al., 2021)	*Dynamics and Stability Analysis of a Stackelberg Mixed Duopoly Game with Price Competition in Insurance Market*	*Stackelberg game theory*	Harga

Berikut merupakan *research gap* pada penelitian ini.

Tabel 2. 2 *Research Gap Penelitian*

No	Peneliti & Tahun	***Stackelberg Game Theory***	**Model Regresi Non-Linear**	**Biaya Emisi Karbon**	***Eco-Packaging***	**Perancangan model dengan data historis**
1	(Khanlarzade & Farughi, 2024)	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
2	(Kwong et al., 2021)	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
3	(Hamzaoui et al., 2024)	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
4	(Böhnlein et al., 2021)	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
5	(Huang et al., 2023)	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak
6	(Mohammadi & Gholamian, 2023)	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
7	(Wang et al., 2024)	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak

8	(Che et al., 2022)	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
9	(Karimi et al., 2021)	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
10	(Esmaeili & Rasti-Barzoki, 2024)	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
11	(Feng et al., 2023)	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
12	(Yang et al., 2024)	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
13	(Zhang et al., 2024)	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak
14	(Yousefi & Shirani, 2024)	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
15	(Wei et al., 2021)	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
16	Penelitian saat ini	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Stackelberg Game Theory

Teori permainan *Stackelberg* adalah salah satu pendekatan dalam teori permainan non-kooperatif, yang menggambarkan struktur pengambilan keputusan hierarkis antara dua pemain atau lebih. Pada perihal optimalisasi harga suatu produk, model *stackelberg* menggambarkan situasi di mana pelaku pasar yang bertindak sebagai pemimpin (*leader*) akan menetapkan harga terlebih dahulu, sedangkan pelaku lainnya yang bertindak sebagai pengikut (*follower*) akan merespons harga tersebut untuk memaksimalkan keuntungannya sendiri (Fudenberg, 1991). Model ini pertama kali diperkenalkan oleh Heinrich von Stackelberg

dalam karyanya *"Marktform und Gleichgewicht"* (1934), dan sejak itu banyak digunakan dalam bidang ekonomi industri dan strategi manajerial.

2.2.2 Biaya Emisi Karbon

Emisi *carbon dioxide* (CO2) merupakan salah satu gas rumah kaca yang signifikan jika dibandingkan terhadap gas rumah kaca yang lainnya (Kumala Birgitta et al., 2018). pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmen kuat dalam menurunkan emisi karbon melalui *Nationally Determined Contribution* (NDC) dengan target penurunan karbon sebesar 29%-41% di tahun 2030. Sebagai upaya mencapai NDC ini, pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden No. 98 tahun 2021 yang mencakup dua pendekatan utama yaitu mitigasi perubahan iklim dengan penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon (NEK) dan adaptasi perubahan iklim dengan mekanisme perdagangan karbon serta pungutan atas karbon. Saat ini Pemerintah menetapkan tarif pajak karbon sebesar Rp30.000 per ton CO2e (setara sekira USD 2 dengan kurs rata-rata Rp15.000/dolar AS (FItriya, 2024). Biaya emisi karbon dihasilkan selama proses produksi, proses distribusi, dan proses penyimpanan produk berlangsung. Penambahan biaya karbon ini secara langsung meningkatkan biaya marginal produk. NEK dapat mengurangi emisi karbon dengan cara meningkatkan biaya operasional produk tinggi emisi sehingga membuat harganya lebih mahal. Kenaikan harga ini diharapkan dapat mempengaruhi keputusan investasi dan konsumsi terhadap produk sehingga mendorong produsen untuk beralih pada teknologi rendah karbon untuk mencapai tingkat emisi karbon yang lebih efisien (Puteri, 2024). sehingga berpotensi menyebabkan kenaikan harga jual apabila produsen berupaya mempertahankan margin keuntungan. Namun, kenaikan harga produk akibat biaya emisi hanya signifikan apabila produsen memiliki kekuatan pasar atau apabila konsumen peduli terhadap jejak karbon produk (Wu et al., 2017). Dalam kasus seperti itu, biaya emisi menjadi bagian dari strategi penetapan harga untuk meningkatkan daya saing produk rendah karbon di pasar.

2.2.3 Product Pricing

Product Pricing / Penetapan harga produk merupakan salah satu elemen strategis dalam manajemen pemasaran dan produksi, karena secara langsung memengaruhi permintaan, pendapatan, dan daya saing perusahaan. Menurut (Kotler, 2016), harga bukan hanya cerminan dari biaya produksi dan margin keuntungan, tetapi juga merupakan representasi dari nilai yang dirasakan konsumen terhadap suatu produk. Oleh karena itu, strategi penetapan harga yang

tepat harus mempertimbangkan faktor internal seperti struktur biaya dan tujuan perusahaan, serta faktor eksternal seperti kondisi pasar, perilaku konsumen, dan regulasi pemerintah.

Terdapat beberapa pendekatan umum dalam penetapan harga produk. Pertama, cost-based pricing, yaitu pendekatan di mana harga ditentukan berdasarkan total biaya ditambah markup tertentu. Kedua, value-based pricing, di mana harga ditentukan berdasarkan nilai yang dirasakan oleh konsumen, bukan semata-mata berdasarkan biaya. Ketiga, competition-based pricing, yaitu penetapan harga berdasarkan harga produk serupa di pasar. Dalam praktiknya, perusahaan sering kali mengombinasikan ketiga pendekatan tersebut untuk menyesuaikan diri dengan kondisi pasar dan strategi perusahaan.

2.2.4 Inventory Holdings Cost

Persediaan merupakan barang atau bahan yang digunakan untuk memenuhi tujuan yang ada, salah satunya yaitu untuk dijual kembali, persediaan adalah suatu hal yang penting pada setiap perusahaan besar maupun kecil(Krisya Dewi Sulistyowati, 2021).

Menurut (Hani Handoko, 2011) biaya persediaan dibagi menjadi 4 macam yaitu:

1. Biaya Penyimpanan, biaya ini terdiri atas biaya yang bervariasi secara langsung dengan kuantitas persediaan, termasuk biaya fasilitas penyimpanan, biaya modal, biaya keusangan, biaya perhitungan fisik dan konsilasi laporan, biaya asuransi persediaan, biaya pajak persediaan, biaya pencurian, pengerusakan atau perampokan, biaya penanganan persediaan, dan sebagainya. Biaya penyimpanan persediaan biasanya berkisar antara 12 sampai 40 persen dari biaya atau harga barang.
2. Biaya Pemesanan, biaya ini merupakan biaya yang ditanggung oleh perusahaan pada saat ingin melakukan suatu pemesanan.
3. Biaya Penyiapan, biaya ini merupakan biaya yang dibayar oleh suatu perusahaan untuk melakukan persiapan dalam memproduksi suatu produk seperti biaya scheduling dan biaya tenaga kerja langsung.
4. Biaya kekurangan bahan, biaya ini ada apabila persediaan tidak mencukupi adanya permintaan bahan.

2.2.2 Eco Packaging

Kemasan merupakan sebuah wadah yang digunakan untuk melindungi produk serta berfungsi membangun suatu identitas agar konsumen tertarik pada produk tersebut(Nathanael & Yuwono, n.d.). Penggunaan plastik dan material yang tidak ramah lingkungan dalam packaging mengakibatkan dampak negatif pada lingkungan. Plastik memiliki sifat yang sulit tedegradasi(Fianda et al., 2021).

Eco-packaging atau kemasan ramah lingkungan merupakan pendekatan pengemasan produk yang bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan sepanjang siklus hidup kemasan tersebut. eco-packaging mencakup penggunaan bahan-bahan yang dapat didaur ulang, biodegradable, atau berbasis sumber daya terbarukan, serta desain kemasan yang efisien dan mudah untuk diproses kembali dalam sistem daur ulang (Dörnyei et al., 2023). eco-packaging melibatkan penggunaan bahan-bahan yang ramah lingkungan serta strategi desain kemasan yang mendukung proses daur ulang. Hal ini sejalan dengan prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle) yang menjadi inti dari pendekatan ekonomi sirkular. Dalam praktiknya, eco-packaging tidak hanya mengurangi emisi gas rumah kaca dan limbah padat, tetapi juga memaksimalkan efisiensi sumber daya serta menciptakan pola konsumsi yang lebih bijak serta berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup dengan menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan (Nurfadilah et al., 2023).

2.2.3 Surcharge Wage Cost

Surcharge wage cost merupakan tambahan biaya yang dibebankan pada harga produk untuk menutupi selisih antara gaji yang diterima pekerja saat ini dengan standar upah layak yang seharusnya diterima. Biaya ini biasanya ditanggung oleh konsumen atau pembeli dari negara maju sebagai bagian dari praktik bisnis yang bertanggung jawab secara sosial. Penerapan sistem ini banyak dijumpai pada industri padat karya seperti garmen, yang bertujuan untuk memastikan pekerja menerima penghasilan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan hidup dasar mereka (Anker, 2017).

Dalam konteks operasional, surcharge wage cost dihitung berdasarkan selisih antara upah layak dan upah aktual, yang kemudian dibagi dengan jumlah unit yang diproduksi dalam periode tertentu. Sebagai contoh, jika selisih upah adalah Rp2.000.000 dan output pekerja per bulan mencapai 5.000 unit, maka surcharge per unit adalah Rp400. Studi-studi menunjukkan

bahwa pendekatan ini tidak hanya berdampak positif pada kesejahteraan buruh, tetapi juga meningkatkan loyalitas dan produktivitas tenaga kerja (Taymaz, 2007)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian yang akan diteliti adalah harga pada UMKM Batik X. Tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan analisis penerapan metode Stackelberg Game Theory dalam strategi penentuan harga pada UMKM Batik X.

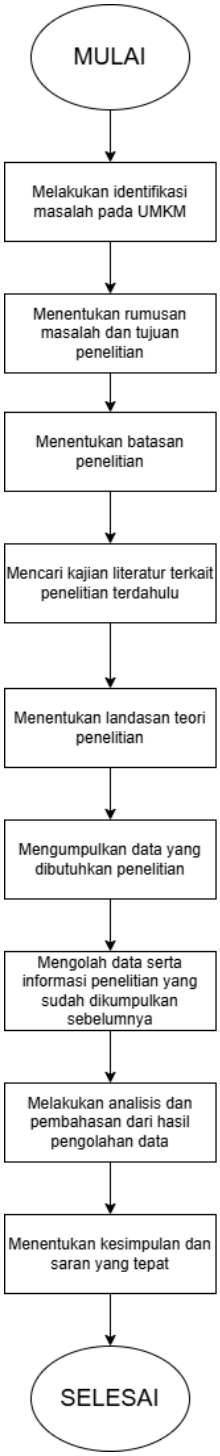
3.2 Jenis Data Penelitian

Pada penelitian ini sumber data yang digunakan ialah data sekunder dan kajian pustaka. Data sekunder merupakan data penelitian yang diambil secara tidak langsung dari sumber ataupun UMKM tertentu. Untuk kajian pustaka yaitu data yang didapatkan dari jurnal dan artikel terkait mengenai penelitian ini. Berikut ini merupakan data yang digunakan pada penelitian kali ini:

1. Data harga produk batik dari setiap periode (*Leader* dan *Follower*)
2. Data Pembeli batik dari setiap periode tersebut (*Leader* dan *Follower*)
3. Data Fair Wage Sucharge
4. Data Biaya produksi batik
5. Data Biaya emisi karbon

3.3 Alur Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alur penelitian untuk menggambarkan alur pada penelitian ini Penjelasan dari diagram alir:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

1. Identifikasi Masalah

   Pada tahap awal penelitian dimulai dengan melakukan identifikasi permasalahan yang dihadapi oleh UMKM. Dengan melakukan identifikasi secara mendalam terkait permasalahan penentuan harga pada UMKM.

2. Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

   Setelah melakukan identifikasi permasalahan, peneliti melakukan perumusan masalah dalam bentuk suatu pertanyaan yang spesifik, disertai dengan menentukan tujuan penelitian yang ingin dicapai sebagai Upaya untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

3. Batasan Penelitian

   Batasan penelitian ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup kajian agar tidak keluar dari fokus yang telah ditentukan, serta untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas.

4. Kajian Literatur

   Kajian literatur dilakukan dalam upaya menelusuri berbagai sumber yang konkrit seperti jurnal dan hasil penelitian sebelumnya yang relevan guna memperoleh landasan yang jelas guna mendukung penelitian yang akan dilakukan.

5. Landasan Teori

   Peneliti menentukan landasan teori yang sesuai dengan penelitian untuk menjadi dasar analisis data dalam dalam proses penelitian.

6. Pengumpulan Data

   Tahap berikutnya yaitu melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan, pada penelitian kali ini peneliti menggunakan data sekunder yang diambil dari UMKM terkait untuk nantinya diolah.

7. Pengolahan Data

   Data yang sudah lengkap akan diolah serta dianalisis berdasarkan metode dan model yang ada untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan oleh penelitian. Pada tahap pengolahan data diperlukan aplikasi *Microsoft Excel* untuk menentukan harga yang optimal pada produk batik. Dibawah ini merupakan rumus yang diperlukan pada pengolahan data.

   A. Mendefinisikan data produk dan data retailer.
   B. Melakukan perhitungan untuk menentukan *Base Cost* menggunakan rumus dibawah ini.

$$c_i^k = b_i^k + h_i^k + o_i^k + e_i^k + s_i^k \quad \textbf{(1)}$$

   Dimana:

   i = Jenis Produk

k = *Retailer*

c_i^k= *Total Cost*

b_i^k= *Base Purchase Price*

h_i^k= *Inventory holding*

o_i^k= *Ordering cost*

e_i^k= *Enviromental component*

s_i^k= *Social (fair wage surcharge)*

C. Melakukan normalisasi data pada data demand dan data harga menggunakan rumus Min-Max agar data yang diolah seragam. Tabel (2) merupakan rumus Min-Max yang digunakan.

$$X_{normal} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad \textbf{(2)}$$

Dimana:

X_{normal}= Nilai hasil normalisasi

X= Nilai asli data yang ingin dinormalisasi

X_{min}= Nilai Minimum dari seluruh data

X_{max} = Nilai Maksimum dari seluruh data

D. Melakukan perhitungan *predicted demand nonlinear* untuk memodelkan *Stackelberg Game Theory* dengan menggunakan rumus pada tabel (3) dibawah ini.

$$Q1 = e\ Based\ Value + \beta1\ x \ln(P1) + \gamma2 \cdot \ln(P2) + \gamma3 \cdot \ln(P3) + \gamma4 \cdot \ln(P4) + \gamma5 \cdot \ln(P5) \quad \textbf{(3)}$$

Dimana:

$Q = Demand$

$e =$ Eksponensial

$\beta1 =$ Nilai Beta Retailer 1

$\gamma2 =$ Nilai Gamma Retailer 2

$\gamma3 =$ Nilai Gamma Retailer 3

$\gamma4 =$ Nilai Gamma Retailer 4

$\gamma 5 =$ Nilai Gamma Retailer 5

$P1 = Price\ Retailer\ 1$
$P2 = Price\ Retailer\ 2$
$P3 = Price\ Retailer\ 3$
$P4 = Price\ Retailer\ 4$
$P5 = Price\ Retailer\ 5$

E. Setelah mendapatkan nilai *predicted demand* nya, melakukan perhitungan MSE (*Mean Squared Error*) pada hasil demand yang sudah dihitung menggunakan rumus pada tabel (4) dibawah ini.

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Q - \hat{Q})^2 \quad \textbf{(4)}$$

Dimana:

n = Jumlah data

Q = Demand aktual

$\hat{Q}$ = Demand Prediksi

F. Melakukan Solver pada nilai Total Rata Rata MSE pada setiap produk untuk meminimasi nilai Error pada demand prediksi.

G. Melakukan Penentuan *Min Selling Price* pada setiap Retailer berdasarkan *Base Cost*

Untuk *Leader*:

$$Base\ Cost\ x\ 1{,}25 \quad \textbf{(5)}$$

Untuk *Followers*:

$$Base\ Cost\ x\ 1{,}2 \quad \textbf{(6)}$$

H. Menghitung Demand Prediksi untuk melakukan *solver Stackelberg Game Theory* dengan menggunakan rumus pada tabel (7) dibawah ini.

$$Q = e\ Based\ Value + \beta\ x \ln(P1) + \gamma \cdot \ln(P2) + \gamma \cdot \ln(P3) + \gamma \cdot \ln(P4) + \gamma \cdot \ln(P5) \quad \textbf{(7)}$$

Dimana:

$Q =$ Demand

$e =$ Eksponensial

$\beta =$ Nilai Beta

$\gamma =$ Nilai Gamma

$P1 = Price\ Retailer\ 1$

$P2 = Price\ Retailer\ 2$

$P3 = Price\ Retailer\ 3$

$P4 = Price\ Retailer\ 4$

$P5 = Price\ Retailer\ 5$

I. Melakukan *Solver Stackelberg Game Theory* pada *Microsoft Excel* untuk menentukan Harga yang optimal untuk 5 Retailer yang ada.

J. Melakukan perhitungan Equilibrium Profit yang didapat pada kelima retailer tersebut dengan menggunakan rumus pada tabel 8 dibawah ini.

$$(Optimum\ Price - Base\ Cost)\ x\ Predicted\ demand \quad \textbf{(8)}$$

8. Analisis dan Pembahasan

   Hasil pengolahan data dianalisis secara mendalam dan dibahas dengan mengaitkannya pada teori-teori yang telah ditetapkan sebelumnya untuk menjawab rumusan masalah.

9. Kesimpulan dan Saran

   Setelah melakukan analisis dan pembahasan, peneliti menarik Kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian serta memberikan saran yang relevan bagi pihak pihak yang terkait dalam penelitian ini, terkhusus UMKM Batik X

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Berikut ini merupakan tahap pengumpulan data yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pada penelitian yang dilakukan. Data pada penelitian ini merupakan data sekunder dari UMKM Batik X . Tabel dibawah ini merupakan data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian.

a. *Product Definition* dan *Retailer Definition*

Untuk mendefinisikan produk serta retailer yang ada pada rumus *Stackelberg Game Theory*. Pada penelitian ini terdapat 2 jenis produk batik yang berbeda. Tabel dibawah ini menjelaskan terkait produk tersebut.

Tabel 4. 1 *Product Definition*

Simbol	Nama
P1	*Short Sleeve Shirt*
P2	*Batik dress*

Lalu terdapat juga 5 retailer berbeda yang mana *retailer* 1 bertindak menjadi *leader* dan 4 *retailer* lainnya menjadi *follower*. tabel dibawah ini menjelaskan terkait dari *Retailer Definition.*

Tabel 4. 2 *Retailer Definition*

Simbol	Deskripsi
R1	*Retailer 1, Leader*
R2	*Retailer 2, Follower*
R3	*Retailer 3, Follower*
R4	*Retailer 4, Follower*
R5	*Retailer 5, Follower*

b. Cost Model merupakan tahap melakukan penentuan biaya yang dikeluarkan pada setiap produk batik dari 5 *retailer* yang berbeda. Ada 3 komponen yang dimasukkan pada penentuan biaya batik tersebut. Tabel 4. 3 dibawah ini merupakan komponen penentuan biaya/*Cost* beserta simbolnya

Tabel 4. 3 *Cost Component*

Cost component	***Component***	***Symbol***	***Rationale***
Economic	*Base purchase price*	b_i^k	*Supplier invoice*
	Inventory holding (per unit-period)	h_i^k	*Capital + warehousing*
	*Purchasing overhead**	o_i^k	*Ordering, inbound handling (fixed cost/EOQ → per-unit)*
Environmental	*Carbon cost*	$e_{i,CO2}^k$	*Local carbon price × emission factor*
	Eco-packaging premium	$e_{i,PKG}^k$	*Compostable bag, FSC box*
Social	*Fair-wage surcharge*	$s_{i,FW}^k$	*Living-wage compliance*

Ketiga komponen pada tabel tersebut yaitu *Economic*, *Enviromental*, dan *Social* nantinya akan dijumlahkan untuk mendapatkan *cost* yang dikeluarkan untuk 1 produk batik.

c. Cost Model Economic

Tabel 4. 4 dibawah ini merupakan data *Base Purchase Price* dari 5 produk batik yang dijual diretailer.

Tabel 4. 4 *Base Purchase Price*

Product	**R1**	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**
P1	88000	94000	95000	93000	95000
P2	172000	183000	176000	177000	174000

Tabel 4. 5 dibawah ini merupakan tabel data biaya *Inventory Holding* dari setiap produk yang ada di retailer.

Tabel 4. 5 Biaya *Inventory Holdings*

Product	**R1**	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**
P1	1000	1200	1000	1100	900
P2	1000	1200	1000	1100	900

Dibawah ini merupakan tabel *Ordering Cost* dari setiap produk batik. Dengan *Cost* IDR 16000/kg, dengan asumsi 1kg = 4pcs

Tabel 4. 6 *Ordering Cost*

Product	**R1**	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**
P1	4000	4000	4000	4000	4000
P2	4000	4000	4000	4000	4000

d. Cost Model Environment

Tabel 4. 7 dibawah ini merupakan biaya emisi karbon data per setiap produk batik. Dengan asumsi *Carbon emission price* (30000/tCO2) 1kg = 4 pcs

Tabel 4. 7 Biaya Emisi Karbon

Product	**R1**	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**
P1	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
P2	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

Aspek *Cost Model Environment* lainnya yaitu *eco packaging*. Terdapat beberapa data cost yang ada yaitu:

1. *Bag Purchase*
2. *Packaging Operation Cost*
3. *End of Life Compliance Costs*

Tabel 4.8 dibawah ini merupakan data harga untuk *Bag Purchase*.

Tabel 4. 8 *Bag Purchase*

Item	Unit price/pcs
Conventional HD-PE shopping bag 20 × 30 cm (50 pcs = Rp 14 900)	298
Compostable cassava bag, water-resistant, same size (US $0.10 / pc)	1600

Tabel 4. 9 dibawah ini merupakan data *Packaging Operation cost.*

Tabel 4. 9 *Packaging Operation cost.*

Activity	Cost basis	HD-PE	Cassava
Custom gravure print (1 colour, small logo)	Printer quote	150	150
Manual packing labour (12 bags/min, IDR 40000/hr)		56	56

Tabel 4. 10 dibawah ini merupakan data *End of Life Compliance Costs*.

Tabel 4. 10 *End of Life Compliance Costs*

Item	Rationale	HD-PE	Cassava
Plastic-waste levy (municipal, Rp 3 000 / kg)	8 g bag ↔ 0.008 kg	24	0
Carbon tax (UU HPP pilot Rp 30 000 / t CO_2e)	1 kg HD-PE ≈ 2.0 kg CO_2e → 0.008 kg bag → 0.016 kg CO_2e × 30	0,48	0
Compostable-logo licence fee	Packaging association	0	25

e. Fair Wage Sucharge

Tabel 4. 11 dibawah ini merupakan data *Fair Wage Sucharge*

Tabel 4. 11 *Fair Wage Sucharge*

Product	R1	R2	R3	R4	R5
P1	383	383	383	383	383
P2	383	383	383	383	383

f. Data *Demand* dan *Price P1*

Tabel 4. 12 dibawah ini merupakan data Demand dan Price 5 retailer dan 5 produk berbeda di 36 minggu.

Tabel 4. 12 *Demand* dan *Price* P1

Week	Q_1^1	Q_1^2	Q_1^3	Q_1^4	Q_1^5	P_1^1	P_1^2	P_1^3	P_1^4	P_1^5
1	67	31	16	15	29	178000	151000	142000	156000	146000
2	65	26	19	8	35	164000	144000	127000	125000	160000
3	68	27	41	7	36	169000	151000	161000	125000	161000
4	82	37	24	16	24	154000	149000	132000	157000	150000
5	101	43	40	8	38	177000	148000	135000	138000	128000
6	72	32	30	19	43	149000	140000	134000	146000	147000
7	60	35	21	12	38	160000	154000	138000	128000	160000
8	62	33	17	7	21	177000	143000	135000	159000	149000
9	75	49	25	29	37	151000	155000	128000	159000	132000
10	62	33	17	18	37	148000	141000	129000	151000	147000
11	58	17	34	8	40	152000	130000	152000	139000	161000
12	73	42	45	5	47	152000	130000	160000	124000	153000
13	78	47	38	8	63	143000	161000	156000	124000	160000
14	67	34	17	7	39	179000	150000	128000	135000	162000
15	84	32	53	16	47	143000	128000	157000	134000	138000
16	78	21	41	11	38	177000	134000	135000	139000	158000

Week	Q_1^1	Q_1^2	Q_1^3	Q_1^4	Q_1^5	P_1^1	P_1^2	P_1^3	P_1^4	P_1^5
17	82	35	31	7	43	166000	157000	154000	132000	153000
18	60	23	42	6	36	172000	134000	159000	130000	161000
19	81	37	27	17	40	152000	157000	132000	129000	151000
20	82	36	37	20	42	168000	139000	139000	147000	129000
21	119	71	41	15	41	157000	148000	144000	126000	129000
22	71	32	31	20	26	175000	135000	148000	152000	130000
23	78	28	39	12	40	160000	131000	152000	150000	140000
24	78	43	33	18	40	163000	156000	148000	153000	136000
25	68	31	21	14	36	159000	134000	133000	155000	155000
26	86	23	38	18	27	164000	129000	131000	154000	128000
27	78	37	40	10	39	166000	150000	145000	126000	139000
28	60	30	22	10	21	179000	139000	143000	153000	146000
29	77	33	37	11	37	165000	152000	144000	156000	148000
30	89	55	47	15	47	152000	152000	157000	128000	138000
31	80	34	34	20	46	157000	159000	162000	158000	145000
32	62	36	20	7	28	168000	146000	128000	148000	161000
33	94	37	37	19	43	148000	136000	144000	138000	133000
34	72	28	30	7	38	176000	146000	138000	130000	161000
35	73	20	35	9	38	163000	129000	153000	133000	150000
36	65	41	21	6	21	174000	159000	128000	141000	153000

g. *Data Demand* dan *Price* P2

Tabel 4. 13 *Demand* dan *Price* P2

Week	Q_2^1	Q_2^2	Q_2^3	Q_2^4	Q_2^5	P_2^1	P_2^2	P_2^3	P_2^4	P_2^5
1	85	41	31	28	56	232700	241500	225800	247000	229700
2	98	39	30	33	68	237100	232400	221400	249200	227500
3	109	43	62	31	46	239400	234700	245500	229300	231800
4	57	42	15	11	40	239400	259700	230100	220500	242700
5	94	37	17	20	54	248300	239200	223600	235900	240500
6	103	42	67	36	76	239400	227800	247700	253600	249200
7	66	37	33	13	22	237100	259700	232300	227100	216700
8	87	45	41	17	21	248300	255200	243300	235900	225300
9	80	30	61	55	86	223700	230100	243300	253600	240500
10	86	48	25	27	44	250600	243800	241100	253600	249200
11	100	28	32	34	40	239400	241500	236700	238100	225300
12	41	42	24	34	38	228200	259700	234500	251400	242700
13	105	42	61	29	74	237100	227800	252100	222700	242700

14	83	49	27	29	53	228200	239200	223600	233700	223200
15	69	44	44	12	46	250600	250600	247700	224900	244800
16	92	29	25	26	36	257300	246100	230100	253600	231800
17	111	44	27	33	51	255100	241500	245500	249200	227500
18	52	46	26	27	32	223700	252900	221400	227100	223200
19	68	45	38	35	53	232700	243800	241100	249200	238300
20	68	36	54	25	36	230400	250600	245500	227100	218800
21	74	30	26	25	52	246100	241500	225800	224900	249200
22	76	28	35	13	26	243900	248300	228000	224900	234000
23	87	55	42	29	58	230400	239200	234500	231500	223200
24	108	35	51	28	61	230400	232400	230100	229300	225300
25	60	29	25	14	29	243900	252900	247700	220500	229700
26	100	44	35	28	44	248300	234700	236700	249200	240500
27	68	43	67	30	64	228200	239200	252100	229300	249200
28	152	30	72	27	67	252800	227800	247700	249200	229700
29	63	29	32	15	45	232700	246100	236700	227100	242700
30	78	42	29	33	57	234900	236900	230100	224900	244800
31	47	45	26	14	47	223700	250600	223600	224900	234000
32	81	37	67	35	61	230400	234700	243300	229300	247000
33	41	48	21	16	38	237100	259700	228000	220500	247000
34	72	33	29	30	46	234900	250600	247700	249200	236200
35	84	48	39	25	62	230400	230100	223600	224900	238300
36	88	29	22	17	25	248300	250600	219200	231500	221000

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang berasal dari UMKM Batik X, pada bab metodologi sebelumnya sudah dijelaskan terkait langkah-langkah yang dilakukan saat melakukan pengolahan data. Berikut ini merupakan langkah langkahnya.

4.2.1 Normalisasi Data

a. Normalisasi Data P1

Berikut ini merupakan contoh pengerjaan normalisasi data P1 menggunakan rumus **(2)** pada Q_1^1.

Q_1^1 = 67

$$X_{normal=} \frac{67-58}{119-58}$$

$$X_{normal=} \frac{9}{114}$$

$$X_{normal=}\ 0{,}1475540984$$

Tabel 4. 14 berikut ini merupakan hasil dari semua perhitungan berdasarkan pengerjaan diatas.

Tabel 4. 14 Normalisasi data P1

Week	Q_1^1	Q_1^2	Q_1^3	Q_1^4	Q_1^5	p_1^1	p_1^2	p_1^3	p_1^4	p_1^5
1	0,148	0,259	0,000	0,417	0,190	0,972	0,697	0,429	0,914	0,529
2	0,115	0,167	0,081	0,125	0,333	0,583	0,485	0,000	0,029	0,941
3	0,164	0,185	0,676	0,083	0,357	0,722	0,697	0,971	0,029	0,971
4	0,393	0,370	0,216	0,458	0,071	0,306	0,636	0,143	0,943	0,647
5	0,705	0,481	0,649	0,125	0,405	0,944	0,606	0,229	0,400	0,000
6	0,230	0,278	0,378	0,583	0,524	0,167	0,364	0,200	0,629	0,559
7	0,033	0,333	0,135	0,292	0,405	0,472	0,788	0,314	0,114	0,941
8	0,066	0,296	0,027	0,083	0,000	0,944	0,455	0,229	1,000	0,618
9	0,279	0,593	0,243	1,000	0,381	0,222	0,818	0,029	1,000	0,118
10	0,066	0,296	0,027	0,542	0,381	0,139	0,394	0,057	0,771	0,559
11	0,000	0,000	0,486	0,125	0,452	0,250	0,061	0,714	0,429	0,971
12	0,246	0,463	0,784	0,000	0,619	0,250	0,061	0,943	0,000	0,735
13	0,328	0,556	0,595	0,125	1,000	0,000	1,000	0,829	0,000	0,941
14	0,148	0,315	0,027	0,083	0,429	1,000	0,667	0,029	0,314	1,000
15	0,426	0,278	1,000	0,458	0,619	0,000	0,000	0,857	0,286	0,294
16	0,328	0,074	0,676	0,250	0,405	0,944	0,182	0,229	0,429	0,882
17	0,393	0,333	0,405	0,083	0,524	0,639	0,879	0,771	0,229	0,735
18	0,033	0,111	0,703	0,042	0,357	0,806	0,182	0,914	0,171	0,971
19	0,377	0,370	0,297	0,500	0,452	0,250	0,879	0,143	0,143	0,676
20	0,393	0,352	0,568	0,625	0,500	0,694	0,333	0,343	0,657	0,029

21	1,000	1,000	0,676	0,417	0,476	0,389	0,606	0,486	0,057	0,029
22	0,213	0,278	0,405	0,625	0,119	0,889	0,212	0,600	0,800	0,059
23	0,328	0,204	0,622	0,292	0,452	0,472	0,091	0,714	0,743	0,353
24	0,328	0,481	0,459	0,542	0,452	0,556	0,848	0,600	0,829	0,235
25	0,164	0,259	0,135	0,375	0,357	0,444	0,182	0,171	0,886	0,794
26	0,459	0,111	0,595	0,542	0,143	0,583	0,030	0,114	0,857	0,000
27	0,328	0,370	0,649	0,208	0,429	0,639	0,667	0,514	0,057	0,324
28	0,033	0,241	0,162	0,208	0,000	1,000	0,333	0,457	0,829	0,529
29	0,311	0,296	0,568	0,250	0,381	0,611	0,727	0,486	0,914	0,588
30	0,508	0,704	0,838	0,417	0,619	0,250	0,727	0,857	0,114	0,294
31	0,361	0,315	0,486	0,625	0,595	0,389	0,939	1,000	0,971	0,500
32	0,066	0,352	0,108	0,083	0,167	0,694	0,545	0,029	0,686	0,971
33	0,590	0,370	0,568	0,583	0,524	0,139	0,242	0,486	0,400	0,147
34	0,230	0,204	0,378	0,083	0,405	0,917	0,545	0,314	0,171	0,971
35	0,246	0,056	0,514	0,167	0,405	0,556	0,030	0,743	0,257	0,647
36	0,115	0,444	0,135	0,042	0,000	0,861	0,939	0,029	0,486	0,735

Tabel 4. 14 merupakan hasil data *demand* dan *price* yang sudah dinormalisasi dengan *range* 0-1. Karena *range* angka nya berada pada 0-1 maka seluruh data sudah seragam.

b. Normalisasi Data P2

Berikut ini merupakan contoh pengerjaan normalisasi data P2 menggunakan rumus **(2)** pada Q_1^1.

Q_1^1 = 85

$$X_{normal=} \frac{85-41}{152-41}$$

$$X_{normal=} \frac{44}{111}$$

$$X_{normal=}\ 0{,}3963964$$

Tabel .. berikut ini merupakan hasil dari semua perhitungan berdasarkan pengerjaan diatas.

Tabel 4. 15 Hasil Normalisasi Data P2

Week	$\boldsymbol{Q_2^1}$	$\boldsymbol{Q_2^2}$	$\boldsymbol{Q_2^3}$	$\boldsymbol{Q_2^4}$	$\boldsymbol{Q_2^5}$	$\boldsymbol{p_2^1}$	$\boldsymbol{p_2^2}$	$\boldsymbol{p_2^3}$	$\boldsymbol{p_2^4}$	$\boldsymbol{p_2^5}$

1	0,396	0,481	0,281	0,386	0,538	0,268	0,429	0,201	0,801	0,400
2	0,514	0,407	0,263	0,500	0,723	0,399	0,144	0,067	0,867	0,332
3	0,613	0,556	0,825	0,455	0,385	0,467	0,216	0,799	0,266	0,465
4	0,144	0,519	0,000	0,000	0,292	0,467	1,000	0,331	0,000	0,800
5	0,477	0,333	0,035	0,205	0,508	0,732	0,357	0,134	0,465	0,732
6	0,559	0,519	0,912	0,568	0,846	0,467	0,000	0,866	1,000	1,000
7	0,225	0,333	0,316	0,045	0,015	0,399	1,000	0,398	0,199	0,000
8	0,414	0,630	0,456	0,136	0,000	0,732	0,859	0,733	0,465	0,265
9	0,351	0,074	0,807	1,000	1,000	0,000	0,072	0,733	1,000	0,732
10	0,405	0,741	0,175	0,364	0,354	0,801	0,502	0,666	1,000	1,000
11	0,532	0,000	0,298	0,523	0,292	0,467	0,429	0,532	0,532	0,265
12	0,000	0,519	0,158	0,523	0,262	0,134	1,000	0,465	0,934	0,800
13	0,577	0,519	0,807	0,409	0,815	0,399	0,000	1,000	0,066	0,800
14	0,378	0,778	0,211	0,409	0,492	0,134	0,357	0,134	0,399	0,200
15	0,252	0,593	0,509	0,023	0,385	0,801	0,715	0,866	0,133	0,865
16	0,459	0,037	0,175	0,341	0,231	1,000	0,574	0,331	1,000	0,465
17	0,631	0,593	0,211	0,500	0,462	0,935	0,429	0,799	0,867	0,332
18	0,099	0,667	0,193	0,364	0,169	0,000	0,787	0,067	0,199	0,200
19	0,243	0,630	0,404	0,545	0,492	0,268	0,502	0,666	0,867	0,665
20	0,243	0,296	0,684	0,318	0,231	0,199	0,715	0,799	0,199	0,065
21	0,297	0,074	0,193	0,318	0,477	0,667	0,429	0,201	0,133	1,000
22	0,315	0,000	0,351	0,045	0,077	0,601	0,643	0,267	0,133	0,532
23	0,414	1,000	0,474	0,409	0,569	0,199	0,357	0,465	0,332	0,200
24	0,604	0,259	0,632	0,386	0,615	0,199	0,144	0,331	0,266	0,265
25	0,171	0,037	0,175	0,068	0,123	0,601	0,787	0,866	0,000	0,400
26	0,532	0,593	0,351	0,386	0,354	0,732	0,216	0,532	0,867	0,732
27	0,243	0,556	0,912	0,432	0,662	0,134	0,357	1,000	0,266	1,000
28	1,000	0,074	1,000	0,364	0,708	0,866	0,000	0,866	0,867	0,400
29	0,198	0,037	0,298	0,091	0,369	0,268	0,574	0,532	0,199	0,800
30	0,333	0,519	0,246	0,500	0,554	0,333	0,285	0,331	0,133	0,865
31	0,054	0,630	0,193	0,068	0,400	0,000	0,715	0,134	0,133	0,532
32	0,360	0,333	0,912	0,545	0,615	0,199	0,216	0,733	0,266	0,932

33	0,000	0,741	0,105	0,114	0,262	0,399	1,000	0,267	0,000	0,932
34	0,279	0,185	0,246	0,432	0,385	0,333	0,715	0,866	0,867	0,600
35	0,387	0,741	0,421	0,318	0,631	0,199	0,072	0,134	0,133	0,665
36	0,423	0,037	0,123	0,136	0,062	0,732	0,715	0,000	0,332	0,132

Tabel 4. 14 merupakan hasil data *demand* dan *price* yang sudah dinormalisasi dengan *range* 0-1. Karena *range* angka nya berada pada 0-1 maka seluruh data yang ada normal.

4.2.2 Pengembangan Model P1

a. Perhitungan Base Cost P1

Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk menentukan *Economic cost* pada **P1** menggunakan rumus **(1)**. Berikut ini merupakan perhitungan *Economic cost.*

$$b_i^k + h_i^k + o_i^k$$

$$= 88.000 + 1.000 + 4.000$$

$$= \text{Rp. } 93.000$$

Berikut ini merupakan perhitungan untuk aspek *Environment Cost*. Tabel dibawah ini merupakan perhitungan dari biaya pembuatan *Eco-Packaging* yang dibandingkan dengan packaging plastik biasa.

Tabel 4. 16 Perbandingan *Packaging*

Cost Component	*HD-PE*	*Cassava*
Bag purchase	298	1600
Packaging operation	206	206
EoL / compliance	24,48	25
Total cost per batik unit	528,48	1831

Selanjutnya yaitu perhitungan Biaya *Eco-Packaging*.

$$e_{i,PKG}^k = \textit{HD-PE} - \textit{Cassava}$$

$$e_{i,PKG}^k = 1831 - 528{,}48$$

$$e_{i,PKG}^k = 1302{,}52$$

Tabel 4. 17 dibawah ini merupakan perhitungan biaya *Eco-Packaging* dari seluruh *retailer* dan produk yang ada. Untuk retailer 1 diasumsikan *packaging* di kalikan 1.25 karena mempertimbangan aspek kemewahan *packaging leader*

Tabel 4. 17 Harga *Eco Packaging*

Product	**R1**	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**
P1	1628,15	1302,52	1302,52	1302,52	1302,52
P2	1628,15	1302,52	1302,52	1302,52	1302,52

Selanjutnya melakukan perhitungan untuk Biaya emisi karbon pada tiap produk.

Biaya emisi karbon yang ada yaitu Rp30.000/tCo2.

1 ton = 1000Kg

1 kg = Rp30

Dengan asumsi 1Kg terdapat 4 produk batik, maka Biaya emisi karbon per produk yaitu:

$$e^{k}_{i,CO2} = \frac{Rp30}{4}$$

$$e^{k}_{i,CO2} = \text{Rp7,5}$$

Tabel dibawah ini merupakan hasil rekap perhitungan biaya emisi karbon dari semua produk.

Tabel 4. 18 Biaya Emisi Karbon

Product	R1	R2	R3	R4	R5
P1	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
P2	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

Dibawah ini merupakan total jumlah *Environment cost* dari semua aspek yang sudah dihitung.

$$e^{k}_{i,CO2} + e^{k}_{i,PKG}$$

= Rp7,5 + Rp1628,15

=Rp1635,65

b. *Social Cost*

Tabel 4. 19 berikut ini merupakan perhitungan *Social Cost* yang ada. Aspek *social cost* yang dihitung yaitu *Wage Sucharge* per *unit*

Tabel 4. 19 Perhitungan *Wage Sucharge* per *unit*

Item	*Data point/month*
Living-wage target	5096650
Average actual wage paid	2988000
Monthly wage gap	2108650
Line productivity	5500
Surcharge per unit	383

Berdasarkan perhitungan diatas *sucharge per unit* yang didapat yaitu

$$s_{i,FW}^{k} = 383$$

Pada tabel perhitungan diatas didapat nilai *surcharge per unit* batik yaitu Rp383. Harga ini sama pada setiap produk dan retail yang ada. Tabel dibawah ini merupakan penjabaran dari dari *surcharge per unit* batik setiap retail.

Tabel 4. 20 *Surcharge Wage Per Unit*

Product	R1	R2	R3	R4	R5
P1	383	383	383	383	383
P2	383	383	383	383	383

Perhitungan Base cost untuk c_1^1 menggunakan rumus **(1)** dibawah ini.

$$c_i^k = b_i^k + h_i^k + o_i^k + e_{i,CO2}^k + e_{i,PKG}^k + s_{i,FW}^k$$

c_i^k = Rp93.000 + Rp1628,15 + Rp7.5 +383

c_i^k = Rp95018,65

Hasil dari base cost untuk c_1^1 yaitu sebesar Rp95018,65. Tabel dibawah ini merupakan penjabaran dari *base cost* retail 1 sampai 5 untuk P1.

Tabel 4. 21 *Base Cost* P1

c_1^1	c_1^2	c_1^3	c_1^4	c_1^5
Rp95018,65	Rp100893,02	Rp101693,02	Rp99793,02	Rp101593,02

b. Perhitungan Predicted Demand P1

Berikut ini merupakan perhitungan predicted demand pada Q_1^1 week 1 berdasarkan harga yang ditetapkan oleh setiap retailer. Menggunakan solver excel berikut ini.

=*e*(54,423+(-0,344456785527764 x Ln(178.000)) + (0,182083968993135 x Ln(151.000)) + (0,432338108921441 x Ln(142.000)) + (-1,34992211449038 x Ln(156.000)) + (-3,13738527994432 x Ln(146.000)

Q_1^1= 60,898

Nilai prediksi pada Q_1^1 week 1 yaitu 60,898. Tabel 4. 22 dibawah ini merupakan nilai untuk *demand* pada data 36 minggu yang sudah di hitung dengan rumus **(3)**

Tabel 4. 22 *Predicted Demand Model* P1

Week	Q_1^1	Q_1^2	Q_1^3	Q_1^4	Q_1^5
1	60,898	27,529	19,657	13,678	26,930
2	59,877	24,614	14,707	5,645	38,729
3	64,949	31,726	35,346	5,855	40,878
4	56,355	29,753	17,435	16,169	33,385
5	106,054	44,103	28,861	13,885	32,649
6	66,662	27,797	22,851	14,521	39,192
7	61,370	35,597	20,992	6,675	41,185
8	54,047	19,203	14,708	13,330	25,524
9	82,790	53,932	23,652	25,886	35,236
10	62,888	27,365	19,031	16,086	37,347
11	55,406	15,972	28,812	9,405	40,853
12	77,549	22,356	48,363	7,901	49,534
13	70,780	59,512	44,206	7,899	56,175
14	50,913	22,140	11,282	5,941	29,925
15	97,510	28,682	62,294	15,392	51,020
16	53,276	14,056	14,498	7,204	29,679
17	70,386	42,212	33,611	8,314	39,416
18	59,588	16,408	30,219	6,235	36,531
19	72,968	49,913	23,019	8,871	44,912
20	96,875	32,676	31,606	18,187	32,954
21	125,404	62,375	51,304	13,076	47,199
22	91,085	25,289	34,918	18,683	29,793
23	76,255	21,089	36,730	16,853	35,133
24	82,448	49,345	35,144	19,364	34,050

25	50,352	15,592	15,254	13,006	31,191
26	90,388	22,454	24,779	21,657	31,183
27	97,860	47,626	37,752	9,389	41,822
28	61,648	18,915	20,230	12,589	27,035
29	60,334	31,482	22,918	15,176	31,047
30	104,801	61,814	61,120	12,305	50,058
31	68,250	47,138	42,380	19,574	35,707
32	46,635	19,699	11,361	9,024	29,613
33	101,278	37,355	45,252	17,322	45,370
34	56,481	22,257	16,756	5,710	33,458
35	71,782	17,995	34,420	9,012	39,067
36	58,622	34,726	13,552	8,668	30,600

c. Perhitungan *Mean* Squared Error (MSE)

Berikut ini merupakan pengerjaan MSE pada Q_1^1 *week* 1.

$$\text{MSE } Q_1^1 \textit{ week } 1 = (67 - 60{,}898)^2$$
$$= 37{,}230$$

Hasil MSE dari Q_1^1 *week* 1 yaitu 37,230. Tabel 4. 23 dibawah ini merupakan hasil MSE keseluruhan yang sudah dihitung menggunakan rumus **(2)**.

Tabel 4. 23 MSE P1

Week	Q_1^1	Q_1^2	Q_1^3	Q_1^4	Q_1^5
1	37,230	12,045	13,373	1,748	4,284
2	26,242	1,920	18,428	5,546	13,903
3	9,307	22,335	31,966	1,312	23,795
4	657,668	52,514	43,104	0,029	88,087
5	25,542	1,216	124,079	34,637	28,637
6	28,493	17,669	51,110	20,060	14,501
7	1,878	0,356	0,000	28,361	10,146
8	63,251	190,360	5,253	40,067	20,462
9	60,683	24,324	1,817	9,697	3,111
10	0,789	31,749	4,123	3,665	0,120
11	6,731	1,056	26,916	1,974	0,728
12	20,693	385,897	11,310	8,414	6,420
13	52,129	156,560	38,510	0,010	46,581
14	258,806	140,669	32,691	1,120	82,358
15	182,529	11,006	86,386	0,369	16,160
16	611,283	48,221	702,345	14,409	69,247
17	134,877	52,007	6,816	1,727	12,844
18	0,170	43,449	138,792	0,055	0,282
19	64,515	166,750	15,847	66,082	24,128
20	221,264	11,047	29,099	3,288	81,822

Week	Q_1^1	Q_1^2	Q_1^3	Q_1^4	Q_1^5
21	41,011	74,389	106,178	3,702	38,425
22	403,388	45,041	15,352	1,734	14,389
23	3,045	47,763	5,153	23,551	23,691
24	19,787	40,262	4,598	1,860	35,402
25	311,449	237,412	33,015	0,987	23,125
26	19,258	0,298	174,782	13,375	17,501
27	394,404	112,917	5,052	0,373	7,962
28	2,717	122,871	3,133	6,705	36,419
29	277,763	2,305	198,311	17,440	35,436
30	249,676	46,433	199,365	7,261	9,351
31	138,052	172,608	70,233	0,182	105,954
31	236,082	265,730	74,631	4,098	2,600
33	52,968	0,126	68,102	2,817	5,619
34	240,838	32,986	175,397	1,663	20,632
35	1,483	4,018	0,336	0,000	1,138
36	40,683	39,368	55,471	7,119	92,158
Rata rata	136,019	72,658	71,419	9,318	28,262

Total MSE Rata rata keseluruhan

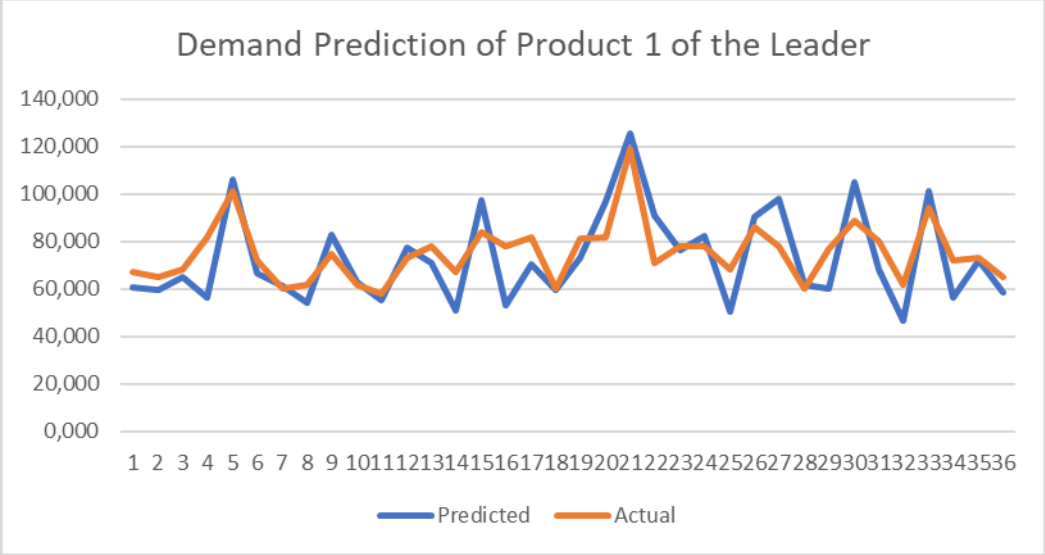
$$= 136{,}019 + 72{,}658 + 71{,}419 + 9{,}318 + 28{,}262$$

$$= 317{,}675$$

d. Perbandingan Grafik P1

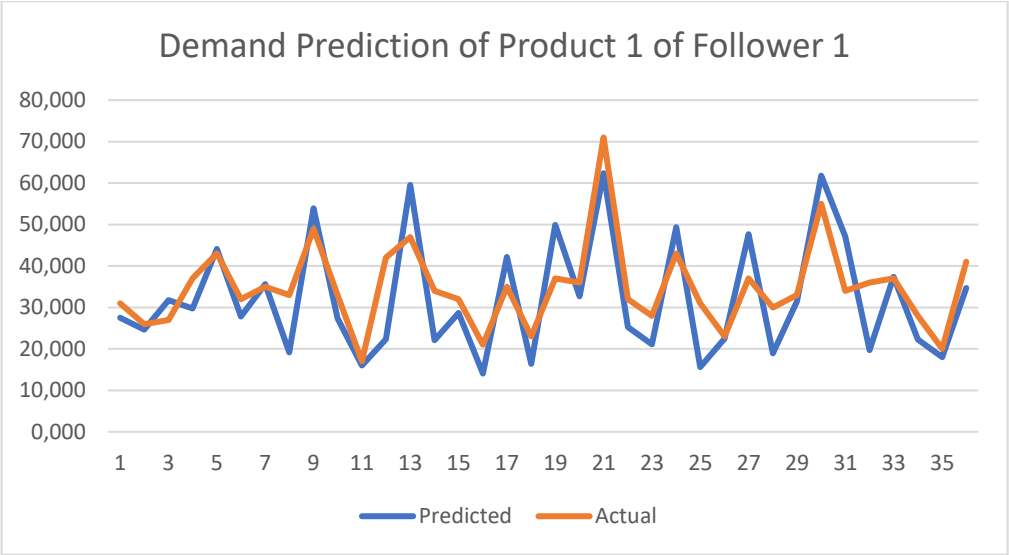
Dibawah ini merupakan perbandingan grafik antara data *demand* aktual serta data *demand* prediksi yang telah dihitung sebelumnya.

a. Grafik perbandingan Q_1^1



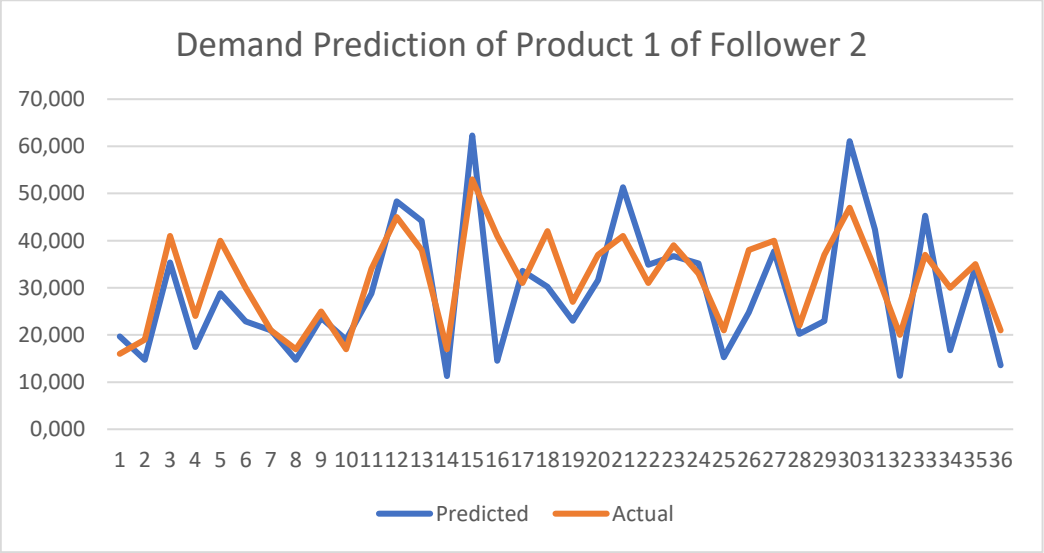
Grafik 4. 1 Perbandingan Q_1^1

b. Grafik Perbandingan Q_1^2



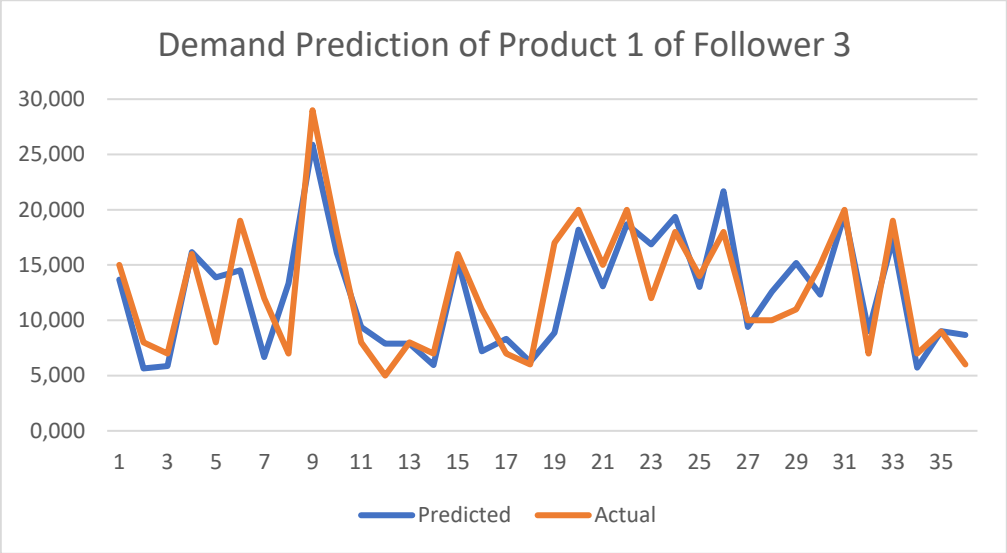
Grafik 4. 2 Perbandingan Q_1^2

c. Grafik Perbandingan Q_1^3



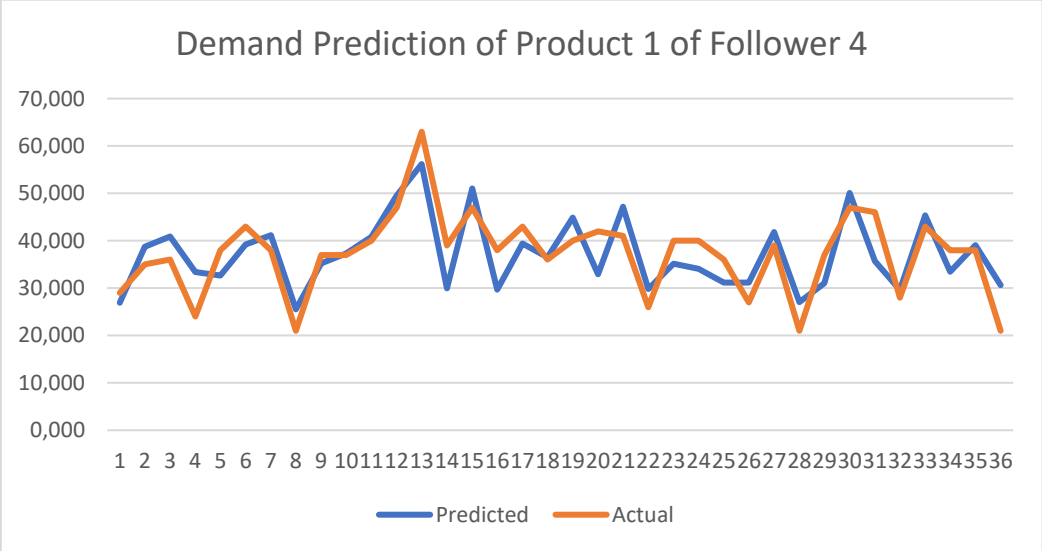
Grafik 4. 3 Perbandingan Q_1^3

d. Grafik perbandingan Q_1^4



Grafik 4. 4 Perbandingan Q_1^4

e. Grafik Perbandingan Q_1^5



Grafik 4. 5 Perbandingan Q_1^5

f. Perhitungan Min Selling Price

Untuk menentukan *min selling price* dari setiap *retailer*, yaitu dengan rumus (5) untuk *leader* dan rumu (6) untuk *follower* Berikut ini merupakan contoh perhitungan *min selling price* untuk produk 1 pada *leader*.

Rp95.018,65 x 1,25
= Rp118.773,313

Nilai jual minimal produk 1 pada *leader* yaitu Rp118.773,313. Jumlah tersebut merupakan jumlah minimal harga produk untuk dipasarkan, maka dari itu harga jual tidak

boleh kurang dari *min selling price.* Tabel 4.24 berikut ini merupakan perhitungan *min selling price* dari semua retailer yang ada.

Tabel 4. 24 *Min Selling Price* P1

p_1^1	p_1^2	p_1^3	p_1^4	p_1^5
Rp118.773	Rp121.072	Rp122.032	Rp119.752	Rp121.912

g. Perhitungan Optimum price *Stackelberg Game Theory*

Pada tahap ini yaitu melakukan perhitungan harga optimal dari setiap retail menggunakan *solver* minimasi excel. Tahap pertama yaitu memasukkan rumus **(7)** untuk menentukan *predicted demand* dari setiap retailer. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan pada perhitungan *predicted demand stackelberg game theory* pada Q_1^1.

$$=e(54{,}423+(-0{,}344456785527764 \text{ x LN}(p_1^1))+(\ 0{,}182083968993135 \text{ x LN}(p_1^2))+(\ 0{,}432338108921441 \text{ x LN}(p_1^3))+(-1{,}34992211449038 \text{ x LN}(p_1^4))+(-3{,}13738527994432 \text{ x LN }(p_1^5)$$

$$= 137{,}65$$

Berdasarkan model diatas. didapatkan *demand* sebesar 137,65 untuk Q_1^1. Tabel 4. 25 dibawah ini merupakan nilai *demand* yang didapatkan dari rumus tersebut dari $Q_1^1 - Q_1^5$

Tabel 4. 25 *Demand* P1

Q_1^1	Q_1^2	Q_1^3	Q_1^4	Q_1^5
137,652788	67,317	39,497	10,517	30,781

Selanjutnya, didapatkan juga harga yang optimal dari setiap retailer yang menjual P1 berdasarkan model tersebut. Tabel 4. 26 dibawah ini merupakan harga yang optimal dari setiap *retailer* P1.

Tabel 4. 26 Harga Optimal P1

P_2^1	P_2^2	P_2^3	P_2^4	P_2^5
Rp200.000	Rp159.566	Rp144.274	Rp127.432	Rp121.912

Tahap berikutnya yaitu melakukan perhitungan equillibrium profit dengan menjumlahkan total keuntungan pada setiap retailer. Berikut ini merupakan perhitungan keuntungan dari retailer 1 menggunakan rumus **(9)**.

$$(\text{Rp}200.000 - \text{Rp}95.018{,}65)\ x\ 137{,}65$$
$$= \text{Rp}104.982 \text{ x } 137{,}65$$
$$= \text{Rp}14.450.976$$

Didapatkan hasil keuntungan sebesar Rp14.450.976 untuk retailer 1 pada P1. Tabel 4. 27 dibawah ini merupakan tabel lengkap keuntungan yang didapat dari retailer 1 hingga retailer 5.

Tabel 4. 27 Keuntungan *Retailer* P1

Retailer 1	Retailer 2	Retailer 3	Retailer 4	Retailer 5
Rp14.450.976	Rp3.949.711	Rp1.681.790	Rp290.687	Rp625.425

Total *profit* yang didapat semua retailer untuk P2 yaitu sebesar Rp20.998.588.

4.2.3 *Testing Model* P2

a. Perhitungan Base Cost P2

Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk menentukan *Economic cost* pada **P2** menggunakan rumus **(1)**. Berikut ini merupakan perhitungan *Economic Cost.*

$$b_i^k + h_i^k + o_i^k$$
$$= 172000 + 1.000 + 4.000$$
$$= \text{Rp}177.000$$

Selanjutnya yaitu perhitungan *economic cost*. Biaya *Eco-Packaging* pada P2 menggunakan perhitungan tabel 4. 17. berikut ini merupakan hasil perhitungan biaya *eco packaging*. (Untuk *retailer* 1 dikalikan 1.250)

$e_{i,PKG}^k$ = *HD-PE – Cassava* (1.250)

$e_{i,PKG}^k$ =1831 – 528,48

$e_{i,PKG}^k$=1302,52 (1.250)

$e_{i,PKG}^k$= 1628,15

Lalu untuk biaya emisi karbon pada P2 yaitu 7,5 berdasarkan tabel 4. 18 Berikut ini merupakan penjumlahan aspek *environment cost* pada P2.

$$e_{i,CO2}^{k} + e_{i,PKG}^{k}$$

= Rp7,5 + Rp1628,15

=Rp1635,65

Berdasarkan tabel 4. 20 nilai perhitungan *Social Cost* yang ada. Aspek *social cost* yang dihitung yaitu *Wage Sucharge* per *unit.* Berikut ini merupakan hasilnya.

$$s_{i,FW}^{k} = 383$$

Perhitungan Base cost untuk c_2^1 menggunakan rumus **(1)** dibawah ini.

$$c_i^k = \text{Rp177.000} + \text{Rp1628,15} + \text{Rp7.5} + 383$$

$$c_i^k = 179.019$$

Hasil dari base cost untuk c_2^1 yaitu sebesar Rp179.019. Tabel dibawah ini merupakan penjabaran dari *base cost retail* 1 sampai 5 untuk P2.

c_1^1	c_1^2	c_1^3	c_1^4	c_1^5
Rp179.019	Rp189.893	Rp182.693	Rp183.793	Rp180.593

b. Perhitungan *Predicted Demand* P2

Berikut ini merupakan perhitungan *predicted demand* pada Q_2^1 *week* 1 berdasarkan harga yang ditetapkan oleh setiap *retailer*. Menggunakan solver excel dengan model berikut ini.

=*e*(60,588+(3,16800695358443 x Ln(232.700)) + (-5,98194911884305x Ln(241.500)) + (0,717405924136612 x Ln(225.800)) + (0,151183765217649 x Ln(247000)) + (-2,58848130208828 x Ln(229.700)

$$Q_1^1 = 78,27669026$$

Nilai prediksi pada Q_2^1 *week* 1 yaitu 60,898. Berikut ini merupakan nilai untuk *demand* pada data 36 minggu yang sudah di hitung dengan rumus **(3)**. b

Tabel 4. 28 *Predicted Demand Model* P2

Week	Q_2^1	Q_2^2	Q_2^3	Q_2^4	Q_2^5
1	78,277	41,583	30,298	34,051	48,207
2	105,794	40,256	32,991	44,716	56,782
3	104,192	40,040	57,402	21,848	57,408
4	47,914	34,259	17,899	7,400	31,872
5	89,135	31,791	23,163	19,273	47,183
6	105,532	33,771	61,335	48,623	78,230
7	63,018	47,394	26,216	12,891	27,710
8	76,127	40,391	32,824	16,461	30,836
9	86,761	42,118	64,594	57,017	79,300
10	79,713	30,449	31,014	28,909	46,512
11	92,621	42,409	40,995	26,068	45,417
12	42,565	39,111	22,893	23,544	36,386
13	108,835	36,634	73,943	19,106	76,147
14	82,644	45,856	33,411	25,837	50,117
15	70,895	32,058	32,433	10,057	38,453
16	95,555	33,676	24,473	30,183	36,095
17	114,168	37,486	45,104	32,899	41,776
18	54,974	47,643	23,247	15,249	37,001
19	70,582	39,740	40,479	32,907	50,536
20	72,289	50,755	48,673	17,181	38,423
21	74,629	29,573	21,547	11,641	47,879
22	72,809	35,856	23,353	11,903	37,827
23	88,028	46,451	45,024	24,307	50,767
24	100,575	44,467	45,918	25,775	60,272
25	72,422	39,916	38,182	10,146	34,871
26	104,889	33,296	38,350	34,817	55,522
27	67,526	37,468	56,052	18,197	64,328
28	154,442	37,162	67,494	46,665	61,642
29	61,930	36,936	31,802	13,973	47,794
30	76,682	34,463	31,638	15,264	58,359
31	51,667	42,337	23,183	13,282	42,207
32	77,788	36,533	49,623	19,935	67,957
33	44,115	33,177	16,407	7,166	33,169
34	64,349	40,829	41,306	28,559	42,296
35	90,171	37,507	34,668	19,862	68,008
36	82,551	39,175	19,042	15,407	30,898

c. Perhitungan *Mean Squared Error* P2

Berikut ini merupakan pengerjaan MSE pada Q_2^1 *week* 1.

$$\text{MSE } Q_2^1 \textit{ week } 1 = (67 - 60{,}898)^2$$
$$= 37{,}230$$

Hasil MSE dari Q_2^1 *week* 1 yaitu 45,202 Tabel dibawah ini merupakan hasil MSE keseluruhan yang sudah dihitung menggunakan rumus **(2)**

Tabel 4. 29 MSE P2

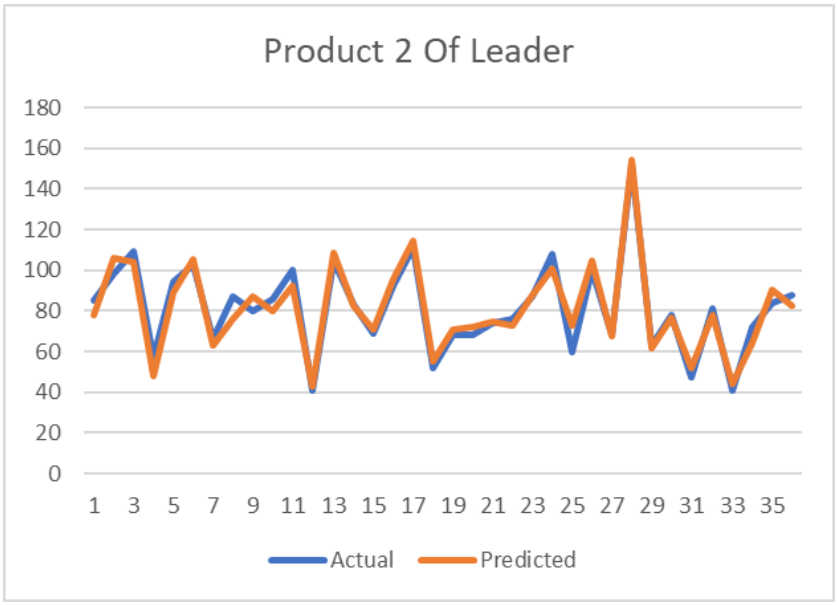
Week	Q_2^1	Q_2^2	Q_2^3	Q_2^4	Q_2^5
1	45,203	0,340	0,493	36,613	60,734
2	60,741	1,578	8,949	137,263	125,835
3	23,113	8,762	21,140	83,750	130,148
4	82,548	59,929	8,407	12,960	66,070
5	23,668	27,130	37,987	0,528	46,471
6	6,410	67,713	32,089	159,338	4,971
7	8,891	108,027	46,019	0,012	32,607
8	118,217	21,241	66,840	0,291	96,743
9	45,712	146,851	12,917	4,067	44,891
10	39,528	308,048	36,174	3,644	6,308
11	54,453	207,605	80,912	62,912	29,340
12	2,451	8,347	1,226	109,329	2,605
13	14,705	28,798	167,532	97,886	4,611
14	0,127	9,882	41,104	10,004	8,312
15	3,590	142,603	133,797	3,774	56,951
16	12,639	21,865	0,278	17,501	0,009
17	10,034	42,434	327,756	0,010	85,080
18	8,845	2,699	7,578	138,085	25,010
19	6,669	27,665	6,144	4,381	6,069
20	18,394	217,698	28,380	61,131	5,869
21	0,396	0,182	19,825	178,472	16,986
22	10,182	61,719	135,656	1,203	139,872
23	1,057	73,086	9,146	22,021	52,320
24	55,134	89,615	25,825	4,951	0,529
25	154,303	119,164	173,759	14,854	34,471
26	23,898	114,573	11,219	46,470	132,757
27	0,224	30,603	119,855	139,316	0,107
28	5,964	51,297	20,305	386,713	28,711
29	1,145	62,977	0,039	1,054	7,808
30	1,738	56,813	6,959	314,577	1,848
31	21,783	7,094	7,933	0,516	22,969
31	10,319	0,218	301,965	226,951	48,404
33	9,702	219,720	21,096	78,033	23,336
34	58,544	61,288	151,430	2,078	13,722
35	38,077	110,101	18,764	26,404	36,091
36	29,692	103,537	8,749	2,537	34,789
Average	28,003	72,811	58,285	66,379	39,815

Total MSE Rata rata keseluruhan

$$= 28{,}002 + 72{,}811 + 58{,}284 + 66{,}378 + 39{,}815$$
$$= 265{,}292$$

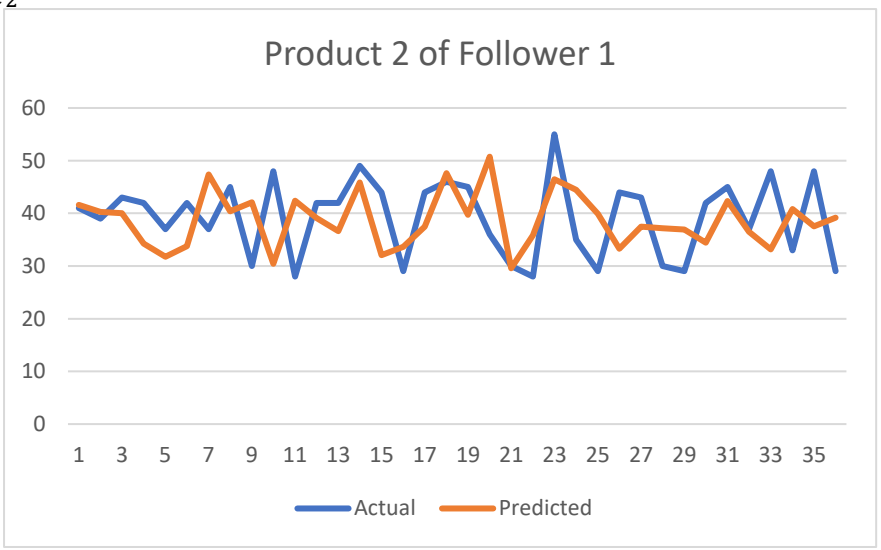
d. Perbandingan Grafik P2

a. Grafik Q_2^1



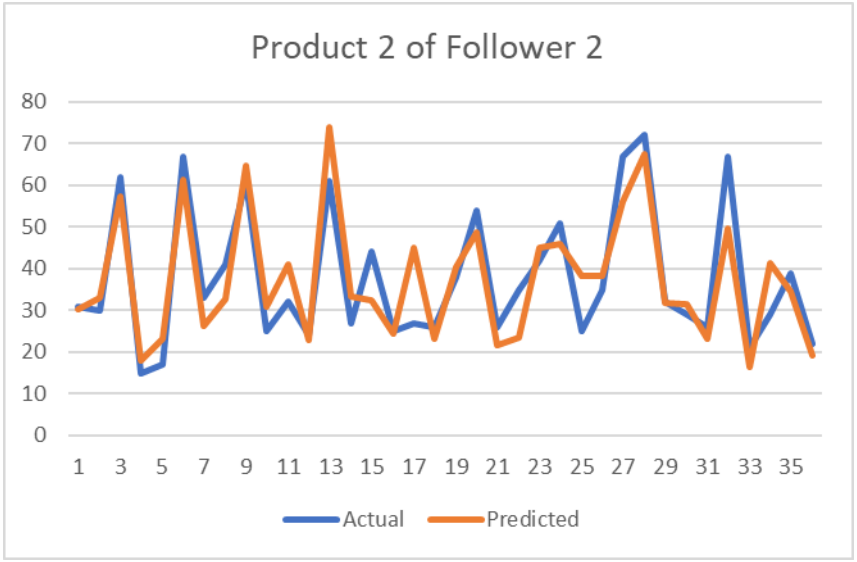
Grafik 4. 6 Perbandingan Q_2^1

b. Grafik Q_2^2



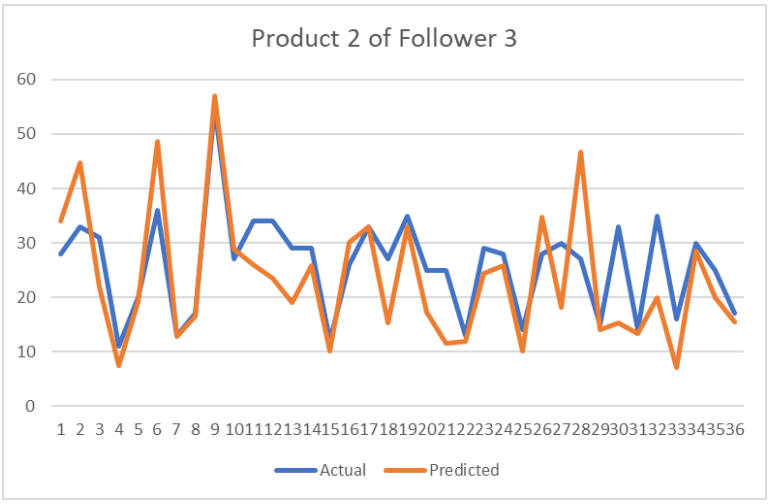
Grafik 4. 7 Perbandingan Q_2^2

c. Grafik Q_2^3



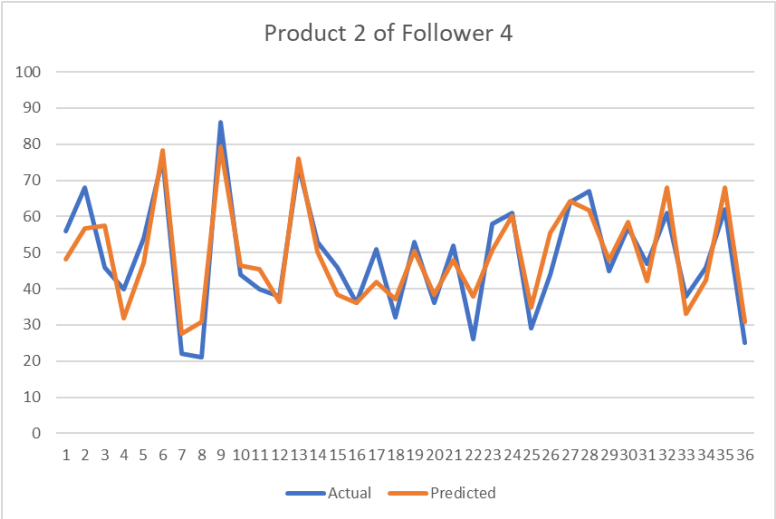
Grafik 4. 8 Perbandingan Grafik Q_2^3

d. Grafik Q_2^4



Grafik 4. 9 Perbandingan Grafik Q_2^4

e. Grafik Q_2^5



Grafik 4. 10 Perbandingan Grafik Q_2^5

f. Perhitungan *Min Selling Price* P2

Untuk menentukan *min selling price* dari setiap *retailer*, yaitu dengan rumus (5) untuk *leader* dan rumus (6) untuk *follower* Berikut ini merupakan contoh perhitungan *min selling price* untuk produk 1 pada *leader*.

Rp179.019 x 1,25
= Rp118.773,313

Nilai jual minimal produk 1 pada *leader* yaitu Rp118.773,313. Jumlah tersebut merupakan jumlah minimal harga produk untuk dipasarkan, maka dari itu harga jual tidak boleh kurang dari *min selling price*. Tabel .. berikut ini merupakan perhitungan *min selling price* dari semua retailer yang ada.

Tabel 4. 30 *Min Selling Price* P2

p_1^1	p_1^2	p_1^3	p_1^4	p_1^5
Rp118.773	Rp121.072	Rp122.032	Rp119.752	Rp121.912

g. Perhitungan *Optimum Price Stackelberg Game Theory* P2

Pada tahap ini yaitu melakukan perhitungan harga optimal dari setiap retail menggunakan *solver excel*. Tahap pertama yaitu memasukkan rumus persamaan **(7)** untuk menentukan *predicted demand* dari setiap retailer. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan pada perhitungan *predicted demand stackelberg game theory* pada Q_2^1.

$$=e(60{,}588+(\ 3{,}16800695358443 \text{ x Ln}(p_2^1)) + (\ -5{,}98194911884305\text{x Ln}(p_2^2)) + (\ 0{,}717405924136612 \text{ x Ln}(p_2^3)) + (0{,}151183765217649 \text{ x Ln}(p_2^4)) + (-2{,}58848130208828 \text{ x Ln}(p_1^1)$$

$$= 186{,}241$$

Berdasarkan model diatas. didapatkan *demand* sebesar 186,241 untuk Q_2^1. Tabel 4. 31 dibawah ini merupakan nilai *demand* yang didapatkan dari rumus tersebut dari $Q_2^1 - Q_2^5$

Tabel 4. 31 *Demand* P2

Q_2^1	Q_2^2	Q_2^3	Q_2^4	Q_2^5
186,2414222	38,76138246	53,74275301	18,7049794	50,54967678

Selanjutnya, didapatkan juga harga yang optimal dari setiap retailer yang menjual P2 berdasarkan model tersebut. berikut ini merupakan harga yang optimal dari setiap *retailer*.

Tabel 4. 32 Harga Optimal P2

P_2^1	P_2^2	P_2^3	P_2^4	P_2^5
Rp260.000	Rp227.872	Rp236.873	Rp220.552	Rp216.712

Tahap berikutnya yaitu melakukan perhitungan equillibrium profit dengan menjumlahkan total keuntungan pada setiap retailer. Berikut ini merupakan perhitungan keuntungan dari retailer 1 menggunakan rumus **(8)**

$$(\text{Rp}260.000\ -\text{Rp}179.019)\ x\ 186{,}241$$
$$=\text{Rp}80.981 \text{ x } 186{,}241$$
$$=\text{Rp}15.082.082$$

Didapatkan hasil keuntungan sebesar Rp15.082.082 untuk retailer 1 pada P2. Berikut ini merupakan tabel lengkap keuntungan yang didapat dari retailer 1 hingga *retailer* 5.

Tabel 4. 33 Keuntungan *Retailer* P2

Retailer 1	Retailer 2	Retailer 3	Retailer 4	Retailer 5
Rp15.082.082	Rp1.472.103	Rp2.911.758	Rp687.569	Rp1.825.784

Total profit yang didapat semua retailer untuk P2 yaitu sebesar Rp21.979.296.

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Analisis Normalisasi Data

Normalisasi data dilakukan untuk menyamakan skala antar variabel yang digunakan dalam pemodelan, dalam hal ini variabel harga dan permintaan (demand) dari masing-masing produk UMKM Batik X. Proses normalisasi menjadi penting karena setiap variabel memiliki satuan dan rentang nilai yang berbeda, sehingga tanpa normalisasi, variabel dengan skala yang lebih besar dapat mendominasi hasil perhitungan dan memengaruhi akurasi model. Dalam penelitian ini, metode normalisasi yang digunakan adalah *Min-Max Normalization*, yang mengubah nilai asli data ke dalam rentang antara 0 hingga 1. Metode ini dipilih karena dapat mempertahankan pola distribusi data awal namun dalam skala yang seragam, sehingga memudahkan proses pemodelan menggunakan pendekatan *Stackelberg Game Theory*.

Hasil normalisasi ditampilkan dalam Tabel 4. 14 dan 4. 15 yang menunjukkan bahwa seluruh nilai variabel telah berada dalam rentang 0 sampai 1, sesuai dengan ketentuan metode yang digunakan. Ini menunjukkan bahwa proses normalisasi berhasil diterapkan, dan data yang telah dinormalisasi siap digunakan dalam tahap analisis dan pemodelan lebih lanjut. Dengan menyamakan skala antara harga dan permintaan, pemodelan strategi harga antara pelaku usaha yang berperan sebagai *leader* dan *follower* dapat dilakukan secara adil dan proporsional.

5.2 Analisis perbandingan data historis dengan hasil data model

Pada sub bab ini bertujuan untuk melakukan perbandingan antara data historis dengan hasil prediksi dari model yang sudah dibangun sebelumnya. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tingkat akurasi model dalam mempresentasikan kondisi sebenarnya dari variabel harga dan permintaan produk UMKM Batik X. Dengan membandingkan kedua jenis data tersebut, peneliti dapat mengevaluasi kelayakan model serta menilai apakah model dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan harga yang optimal pada produk UMKM Batik X. Berikut ini merupakan grafik dari setiap perbandingan P1 dan P2.

5.2.1 Analisis Perbandingan P1

Berdasarkan grafik 4. 1 hingga grafik 4. 5 diatas, dapat dilihat bahwa hasil prediksi model memiliki pola yang relatif mengikuti tren data historis dari minggu ke-1 sampai minggu ke-36 pada variabel permintaan. Meskipun terdapat beberapa deviasi atau selisih nilai antara hasil model dan data aktual, perbedaan tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima secara praktis. Pola naik-turun yang serupa menunjukkan bahwa model mampu merepresentasikan kondisi pasar UMKM Batik X sesungguhnya.

Selanjutnya yaitu perhitungan nilai MSE yang digunakan untuk mengukur seberapa besar kesalahan rata-rata kuadrat antara data hasil model dan data historis. Semakin kecil nilai MSE, maka semakin baik akurasi model. Berdasarkan hasil perhitungan *Mean Squared Error* (MSE) terhadap lima grafik perbandingan antara data historis dan hasil prediksi model pada P1, diperoleh nilai yang bervariasi. MSE tertinggi tercatat sebesar 136,019, sementara nilai terendah sebesar 9,318. Adapun rincian nilai MSE masing-masing grafik adalah sebagai berikut: grafik 4. 1 sebesar 136,019; grafik 4. 2 sebesar 72,658; grafik 4. 3 sebesar 71,419; grafik 4. 4 sebesar 9,318; dan grafik 4. 5 sebesar 28,262. Dari kelima grafik tersebut, dua di antaranya menunjukkan nilai MSE yang relatif rendah, yaitu di bawah 30, yang mengindikasikan bahwa hasil prediksi model pada grafik tersebut memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan dapat merepresentasikan data historis secara memadai. Meskipun terdapat beberapa grafik dengan nilai MSE yang tergolong cukup tinggi, terutama pada grafik dengan MSE di atas 100, hal ini masih dapat diterima mengingat kompleksitas data yang ada. Selain itu, secara visual, seluruh grafik menunjukkan pola tren prediksi yang mengikuti arah pergerakan data aktual, yang memperkuat bahwa model memiliki kemampuan dalam menangkap kondisi pasar secara umum. Dengan demikian, meskipun nilai MSE belum sepenuhnya baik, model yang digunakan dalam penelitian ini tetap menunjukkan performa yang layak dan dapat digunakan sebagai dasar untuk analisis selanjutnya, khususnya dalam optimalisasi harga dengan pendekatan *stackelberg game theory*.

5.2.2 Analisis Perbandingan P2

Berikut ini merupakan grafik perbandingan data historis dengan hasil model prediksi P2. Berdasarkan grafik 4. 6 hingga grafik 4. 10 diatas, dapat dilihat bahwa hasil prediksi model memiliki pola yang relatif mengikuti tren data historis dari minggu ke-1 sampai minggu ke-36 pada variabel permintaan. Pada grafik 4. 7 (Q_2^2) menunjukkan tampilan

grafik yang kurang baik dikarenakan terdapat beberapa deviasi atau selisih nilai antara hasil model dan data aktual. Namun, perbedaan tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima secara praktis. Pola naik-turun yang serupa menunjukkan bahwa model mampu merepresentasikan kondisi pasar UMKM Batik X sesungguhnya. Selanjutnya yaitu untuk perhitungan *Mean Squared Error* (MSE) didapat nilai rata-rata MSE sebesar 265,29. Adapun rincian nilai MSE untuk masing-masing grafik adalah: grafik 4. 6 sebesar 28, grafik 4. 7 sebesar 72,8, grafik 4. 8 sebesar 58,2, grafik 4. 9 sebesar 66,3, dan grafik 4. 10 sebesar 39,8. Dari kelima grafik tersebut, beberapa menunjukkan hasil prediksi yang akurat, seperti grafik 4. 6 dan grafik 4. 10 dengan MSE sebesar 28 dan 39,8, yang berada pada kisaran nilai kesalahan rendah dan masih dalam batas toleransi terhadap data berskala puluhan. Namun terdapat grafik dengan nilai MSE yang lebih tinggi, seperti grafik dengan MSE sebesar 72,8, yang pada terlihat pada grafik menunjukkan tampilan tren yang kurang mendekati data historis, ecara keseluruhan model masih mampu menangkap pola pergerakan yang mendekati arah data aktual. Dengan mempertimbangkan nilai MSE rata-rata dan pola grafik yang dihasilkan, model prediksi yang digunakan masih dapat dikategorikan layak dan relevan untuk digunakan dalam analisis optimalisasi harga dan permintaan produk UMKM Batik X.

5.3 Analisis Hasil Optimalisasi harga batik

Pada penelitian ini menerapkan model stackelberg game theory untuk menentukan harga yang optimal pada dua produk batik yaitu P1 dan P2. Model ini digunakan untuk mensimulasikan kondisi pasar di mana pelaku usaha utama bertindak sebagai pemimpin pasar (*leader*) dan kompetitor sebagai pengikut (*follower*), sehingga strategi harga ditentukan berdasarkan urutan pengambilan keputusan tersebut. Hasil dari penerapan model ini menunjukkan adanya perbedaan harga optimal untuk masing-masing UMKM, yang disesuaikan dengan karakteristik permintaan dan elastisitas harga pada tiap unit usaha. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh harga optimal untuk masing-masing UMKM sebagai berikut.

Tabel 5. 1 Harga Optimal P1

Optimum	p_1^1	p_1^2	p_1^3	p_1^4	p_1^5
Price	200000	159565,9873	144273,7118	127432,1797	121911,624
Predicted	Q_1^1	Q_1^2	Q_1^3	Q_1^4	Q_1^5
Demand	137,652788	67,317	39,497	10,517	30,781
Equilibrium	f_1^1	f_1^2	f_1^3	f_1^4	f_1^5
Profit	Rp14.450.976	Rp3.949.711	Rp1.681.790	Rp290.687	Rp625.425
Total Profit	Rp20.998.588				

Berdasarkan gambar diatas didapat harga optimal untuk *retailer* 1 hingga *retailer* 5 pada P1 berturut turut yaitu Rp200.000, Rp159.565, Rp144.273, Rp127.423, dan Rp121.911. Lalu untuk keuntungan yang didapat Retailer 1 yaitu Rp14.450.976, Retailer 2 Rp3.949.711, Retailer 3 Rp1.681.790, Retailer 4 Rp290.687, dan Retailer 5 Rp625.425. dengan total keuntungan keseluruhan yaitu Rp20.998.588

Tabel 5. 2 Harga Optimal P2

	p_3^1	p_3^2	p_3^3	p_3^4	p_3^5
Optimum Price	Rp260.000	Rp227.872	Rp236.873	Rp220.552	Rp216.712
Predicted	Q_3^1	Q_3^2	Q_3^3	Q_3^4	Q_3^5
Demand	186,2414222	38,76138246	53,74275301	18,7049794	50,54967678
Equilibrium	f_3^1	f_3^2	f_3^3	f_3^4	f_3^5
Profit	Rp15.082.082	Rp1.472.103	Rp2.911.758	Rp687.569	Rp1.825.784
Total Profit	Rp21.979.296				

Berdasarkan gambar diatas didapat harga optimal untuk *retailer* 1 hingga *retailer* 5 pada P2 berturut turut yaitu Rp260.000, Rp227.872, Rp 236.873, 220.552, dan 216.712. Lalu untuk keuntungan yang didapat Retailer 1 yaitu Rp15.082.082, Retailer 2 Rp1.472.103, Retailer 3 Rp2.911.758, Retailer 4 Rp687.569, dan Retailer 5 Rp1.825.784. dengan total keuntungan keseluruhan yaitu Rp21.979.296

Setelah diterapkan, optimalisasi harga ini menghasilkan peningkatan keuntungan total sebesar 107.6% untuk P1 dan keuntungan total 70% P2 jika dibandingkan dengan kondisi awal berdasarkan rata rata data historis. Ini menunjukkan bahwa pendekatan *Stackelberg* mampu memberikan hasil yang lebih menguntungkan secara agregat dibandingkan strategi harga sebelumnya. Namun, hasil simulasi juga menunjukkan bahwa keuntungan terbesar masih didominasi oleh pihak leader. Hal ini merupakan karakteristik utama dari model Stackelberg, di mana pemimpin pasar memiliki keunggulan strategis karena menetapkan harga terlebih dahulu. Dengan posisi tersebut,

leader mampu mengantisipasi dan mengarahkan respons follower, sehingga strategi harga yang diterapkan lebih menguntungkan bagi dirinya.

Dominasi keuntungan oleh pihak *leader* tidak selalu disebabkan oleh urutan keputusan, tetapi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor penting. Salah satunya adalah efisiensi struktur biaya yang dimiliki oleh leader, yang memungkinkan mereka memperoleh *margin* keuntungan lebih tinggi. Selain itu, produk yang dimiliki oleh pihak leader biasanya sudah memiliki posisi pasar yang cukup kuat dan tingkat loyalitas konsumen yang tinggi. Artinya, meskipun terjadi penyesuaian harga produk, konsumen tetap cenderung memilih produk tersebut karena sudah percaya pada kualitas yang ada. Hal ini membuat produk *leader* tetap kompetitif di pasaran. Di sisi lain, minat beli terhadap produk leader cenderung tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan harga, yang berarti bahwa kenaikan harga tidak langsung menyebabkan penurunan jumlah permintaan secara drastis. Kondisi ini tentu menguntungkan bagi leader dalam menetapkan strategi harga yang lebih fleksibel. Sebaliknya, pihak follower berada dalam posisi yang lebih terbatas karena harus menyesuaikan harga setelah leader mengambil keputusan terlebih dahulu. Mereka tidak memiliki keleluasaan sebesar leader dalam menentukan strategi, sehingga potensi keuntungan yang bisa diperoleh juga menjadi lebih terbatas. Jika pihak follower menaikkan harga terlalu tinggi, konsumen bisa saja berpindah ke toko lain.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Stackelberg Game Theory*, diperoleh harga optimal untuk masing-masing produk P1 dan P2 pada UMKM Batik X. Namun demikian, perlu dicatat bahwa jumlah demand yang dihitung melalui model ini masih bersifat belum pasti karena belum mempertimbangkan aspek teknis operasional, khususnya cara pemesanan bahan baku atau produk dari supplier oleh pihak toko. Seperti pemesanan yang belum efisien dan tidak adanya jadwal pemesanan yang teratur dapat memengaruhi kemampuan toko dalam memenuhi permintaan pasar yang telah diprediksi oleh model.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *Stackelberg Game Theory*, diperoleh harga optimal pada UMKM Batik X yang masing-masing terdiri dari dua produk, yaitu P1 dan P2. Untuk produk P1, harga optimal yang dihasilkan secara berturut-turut untuk *retailer* 1 hingga *retailer* 5 adalah sebesar Rp Rp200.000, Rp159.565, Rp144.273, Rp127.423, dan Rp121.911. Sedangkan untuk produk P2, harga optimal yang diperoleh secara berturut-turut adalah sebesar Rp260.000, Rp227.872, Rp 236.873, 220.552, dan 216.712.

6.2 Saran

1. Disarankan agar UMKM Batik X merancang sistem pemesanan bahan baku yang lebih terstruktur, meliputi pembuatan jadwal pemesanan yang rutin, penentuan jumlah pemesanan yang konsisten, serta pengaturan waktu pengadaan yang tepat. Perancangan sistem ini bertujuan untuk mendukung penerapan hasil model *Stackelberg Game Theory* secara lebih realistis dan operasional. Dengan adanya sistem pemesanan yang baik, UMKM dapat lebih siap dalam menyesuaikan kapasitas operasionalnya terhadap estimasi permintaan yang dihasilkan oleh model, sehingga hasil optimalisasi harga dapat diimplementasikan secara efektif di lapangan.
2. Disarankan hasil dari penelitian ini digunakan untuk melakukan evaluasi harga pada UMKM Batik X kedepannya

DAFTAR PUSTAKA

Anker, R. &. (2017). Living wages around the world: Manual for measurement. *Edward Elgar Publishing*.

FItriya. (2024, Desember 31). *Pajak Karbon di Indonesia: Tarif Carbon Tax untuk Perusahaan*. Retrieved from Mekari Klik Pajak: https://klikpajak.id/blog/pajak-karbon-dan-tarif-pajak-karbon-indonesia/#:~:text=Pemerintah%20menetapkan%20tarif%20pajak%20karbon,Rp15.000%2Fdolar%20AS.

Fudenberg, D. &. (1991). *Game Theory*. MIT Press.

Gibbons, R. (1992). *A Primer in Game Theory. Pearson Education.*

Hani Handoko, T. (2011). *Dasar Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Yogyakarta: 2011.

Kotler, P. &. (2016). Marketing Management (15th ed.). *Pearson Education.*

Nurainun, H. d. (2008). ANALISIS INDUSTRI BATIK DI INDONESIA. *Fokus Ekonomi (FE)*, 124 - 135.

Puteri, N. A. (2024, 11 14). *Berita*. Retrieved from Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gajah Mada: https://feb.ugm.ac.id/id/berita/5050-mengulik-strategi-ekonomi-hijau-dengan-carbon-pricing-dan-trading

Taymaz, E. &. (2007). Labor market policies and EU accession: Problems and prospects for Turkey. *Industrial Relations Journal*, 432–453.

Böhnlein, T., Kratsch, S., & Schaudt, O. (2021). Revenue maximization in Stackelberg Pricing Games: beyond the combinatorial setting. *Mathematical Programming, 187*(1–2), 653–695. https://doi.org/10.1007/s10107-020-01495-0

Che, C., Geng, X., Zheng, H., Chen, Y., & Zhang, X. (2022). Optimization and Benefit Analysis of Intelligent Networked Vehicle Supply Chain Based on Stackelberg Algorithms. *Scientific Programming, 2022*. https://doi.org/10.1155/2022/3946744

Dörnyei, K. R., Uysal-Unalan, I., Krauter, V., Weinrich, R., Incarnato, L., Karlovits, I., Colelli, G., Chrysochou, P., Fenech, M. C., Pettersen, M. K., Arranz, E., Marcos, B., Frigerio, V., Apicella, A., Yildirim, S., Poças, F., Dekker, M., Johanna, L., Coma, V., & Corredig, M. (2023). Sustainable food packaging: An updated definition following a holistic approach. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1119052

Esmaeili, P., & Rasti-Barzoki, M. (2024). Pricing, Advertising, and Service Policies in a Manufacturer-Retailer Supply Chain with Nash, Stackelberg-Retailer, and Cooperative Games. *International Journal of Industrial Engineering and Production Research*, *35*(4), 143–166. https://doi.org/10.22068/ijiepr.35.4.2108

Feng, F., Zhang, J., & Liu, C. (2023). Integrated pricing mechanism of China Railway Express whole-process logistics based on the Stackelberg game. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *609*. https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.128373

Fianda, A. Y. A., Fandinny, I., Kacaribu, L. N. B., Desyani, N. A., Asyifa, N., & Wijayanti, P. (2021). Eco-friendly packaging: Preferensi dan Kesediaan Membayar Konsumen di Marketplaces. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *20*(1), 147–157. https://doi.org/10.14710/jil.20.1.147-157

Hamzaoui, A. F., Turki, S., & Rezg, N. (2024). Efficient Strategic Pricing in a Dual-Channel Stackelberg Supply Chain: Incorporating Remanufacturing and Sales Commissions across Multiple Periods. *Applied Sciences (Switzerland)*, *14*(10). https://doi.org/10.3390/app14104180

Huang, F., Liu, B., Tao, B., Deng, Y., & Ma, C. (2023). Pricing decisions of risk averse logistic companies with carbon cap and trade under Stackelberg game. *PLoS ONE*, *18*(7 July). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287982

Karimi, M., Khademi Zare, H., Mehrjerdi, Y. Z., & Fakhrzad, M. B. (2021). *A Stackelberg game model for optimizing price, service level and inventory decisions in Vendor Managed Inventory system*.

Khanlarzade, N., & Farughi, H. (2024a). Modeling the Stackelberg game with a boundedly rational follower in deterioration supply chain-based interaction with the leader's hybrid pricing strategy. *Expert Systems with Applications*, *237*. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121302

Khanlarzade, N., & Farughi, H. (2024b). Modeling the Stackelberg game with a boundedly rational follower in deterioration supply chain-based interaction with the leader's hybrid pricing strategy. *Expert Systems with Applications*, *237*. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121302

Krisya Dewi Sulistyowati, I. U. H. (2021). *JIEB : JURNAL ILMIAH EKONOMI BISNIS*. *7*, 431–440. http://ejournal.stiepancasetia.ac.id/index.php/jieb

Kumala Birgitta, D., Regan Handoyo, C., Budi Setiyadi, dan, Katolik Soegijapranata, U., Pawiyatan Luhur, J. I., & Dhuwur Semarang, B. (2018). Identifikasi Besar Biaya Sumber Emisi CO2 Pekerjaan Pengecoran Struktur Beton Bertulang Pada Ruang Lingkup Gate To Gate. In *Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang* | (Vol. 2).

Kwong, C. K., Xia, Y., Chan, C. Y., & Ip, W. H. (2021). Incorporating contracts with retailer into product line extension using Stackelberg game and nested bi-level genetic algorithms. *Computers and Industrial Engineering*, *151*. https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106976

Mohammadi, M., & Gholamian, M. R. (2023). Stackelberg Game Theory Model with Price and Shelf Space Dependent Demand under Revenue Sharing Contract. *Industrial Management Studies*, *21*(68). https://doi.org/10.22054/jims.2022.68218.2793

Nathanael, T., & Yuwono, E. C. (n.d.). *STUDI PERBANDINGAN TEORI DAN PRAKTEK PROSES DESAIN KEMASAN SAAT INTERNSHIP*.

Nurfadilah, D., Fathur Rozak, M., Dewi, R., Amelia Pendidikan Teknologi Agroindustri, S., & Teknologi dan Kejuruan, F. (2023). Towards a Circular Economy: Challenges and Opportunities in Eco-Friendly Packaging E I N F O. *ASEAN Journal of Economic and Economic Education*, *2*(2), 165–170.

Rahmawati, Y. D., Setiawan, I., Studi, P., Informasi, S., Sains, F., & Teknologi, D. (n.d.). *Business Model Canvas dan Analisis SWOT untuk Meningkatkan Strategi Pemasaran Rumah Batik Anto Djamil*.

Wang, N., Li, J., & Li, W. (2024). Comparative evaluation of different recycling modes for decommissioned photovoltaic products based on stackelberg game. *Journal of Environmental Management*, *370*. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122553

Wei, L., Wang, H., Wang, J., & Hou, J. (2021). Dynamics and Stability Analysis of a Stackelberg Mixed Duopoly Game with Price Competition in Insurance Market. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, *2021*. https://doi.org/10.1155/2021/3985367

Wu, P., Jin, Y., Shi, Y., & Shyu, H. (2017). The impact of carbon emission costs on manufacturers' production and location decision. *International Journal of Production Economics*, *193*, 193–206. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.005

Yang, D., He, Z., Sun, Y., Li, B., Li, D. X., Liu, X., & Jiang, C. (2024). Optimised operation of integrated community energy system considering integrated energy pricing strategy: A two-layer Stackelberg game approach. *Journal of Energy Storage*, *87*. https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111383

Yolanda, C. (n.d.). *PERAN USAHA MIKRO, KECIL DAN MENENGAH (UMKM) DALAM PENGEMBANGAN EKONOMI INDONESIA*.

Yousefi, O., & Shirani, N. (2024). Two-level warranty contract between service agent and consumer by considering Stackelberg equilibrium (Case study : A truck after-sales service agent in Iran). In *Journal of Industrial Engineering and Management Studies* (Vol. 10, Issue 2). www.jiems.icms.ac.ir

Zahra Firdausya, L., Perwira Ompusunggu, D., & kunci, K. (2023). USAHA MIKRO KECIL DAN MENENGAH (UMKM) DI ERA DIGITAL ABAD 21 MICRO, SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES (MSME) THE DIGITAL AGE OF THE 21 ST CENTURY. *TALIJAGAD*, *2023*(3), 14–18. https://journal.unusida.ac.id/index.php/tali-jagad/index|e

Zhang, W., Sun, L., Wang, Y., & Luo, X. (2024). Optimizing emission reduction strategies in a two-echelon supply chain: a Stackelberg game perspective under cap-and-trade regulation. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, *19*, 850–872. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctad139

LAMPIRAN

Pengerjaan Excel

Stackelberg Game Theory Simulation											
							Base Cost				
	p_3^1	p_3^2	p_3^3	p_3^4	p_3^5		c_3^1	c_3^2	c_3^3	c_3^4	c_3^5
Optimum Price	Rp260.000	Rp227.872	Rp236.873	Rp220.552	Rp216.712		Rp179.019	Rp189.893	Rp182.693	Rp183.793	Rp180.593
Predicted	Q_3^1	Q_3^2	Q_3^3	Q_3^4	Q_3^5		Min Selling Price				
Demand	186,2414222	38,76138246	53,74275301	18,7049794	50,54967678	348	Rp223.773	Rp227.872	Rp219.232	Rp220.552	Rp216.712
Equilibrium	f_3^1	f_3^2	f_3^3	f_3^4	f_3^5						
Profit	Rp15.082.082	Rp1.472.103	Rp2.911.758	Rp687.569	Rp1.825.784						
Total Profit	Rp21.979.296										

Stackelberg Game Theory Simulation											
							Base Cost				
Optimum	p_1^1	p_1^2	p_1^3	p_1^4	p_1^5		c_1^1	c_1^2	c_1^3	c_1^4	c_1^5
Price	Rp200.000	Rp159.566	Rp144.274	Rp127.432	Rp121.912		95018,65	100893,02	101693,02	99793,02	101593,02
Predicted	Q_1^1	Q_1^2	Q_1^3	Q_1^4	Q_1^5		Min Selling Price				
Demand	137,652788	67,317	39,497	10,517	30,781	285,7648379	118773,3125	121071,624	122031,624	119751,624	121911,624
Equilibrium	f_1^1	f_1^2	f_1^3	f_1^4	f_1^5						
Profit	Rp14.450.976	Rp3.949.711	Rp1.681.790	Rp290.687	Rp625.425						
Total Profit	Rp20.998.588										