

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI *SHAPLEY VALUE* DAN *NUCLEOLUS* PADA
MODEL ALOKASI BIAYA SISTEM DISTRIBUSI
(Studi Kasus *Dwelling Time* Pelabuhan Tanjung Priok 2017)**



NAFISA NURUL ALIFAH

22106010004

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2026

**IMPLEMENTASI *SHAPLEY VALUE* DAN *NUCLEOLUS* PADA
MODEL ALOKASI BIAYA SISTEM DISTRIBUSI
(Studi Kasus *Dwelling Time* Pelabuhan Tanjung Priok 2017)**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Matematika



Diajukan Oleh

NAFISA NURUL ALIFAH

22106010004

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nafisa Nurul Alifah

NIM : 22106010004

Judul Skripsi : Implementasi *Shapley Value* dan *Nucleolus* Pada Model Alokasi Biaya Sistem Distribusi (Studi Kasus *Dwelling Time* Pelabuhan Tanjung Priok Desember 2017)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 19 Februari 2026

Pembimbing

Prof. Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si

NIP. 19800402 200501 1 003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-482/Un.02/DST/PP.00.9/03/2026

Tugas Akhir dengan judul : Implementasi Shapley Value dan Nucleolus Pada Model Alokasi Biaya Sistem Distribusi (Studi Kasus Dwelling Time Pelabuhan Tanjung Priok 2017)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NAFISA NURUL ALIFAH
Nomor Induk Mahasiswa : 22106010004
Telah diujikan pada : Jumat, 27 Februari 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Prof. Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 69a7e95b843f



Penguji I
Dr. Sugiyanto, S.Si., ST., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 69a65431e518b



Penguji II
Pipit Pratiwi Rahayu, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 69a78ad011bab



Yogyakarta, 27 Februari 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 69a8f4d4e5755

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nafisa Nurul Alifah

NIM : 22106010004

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 19 Februari 2026



Nafisa Nurul Alifah
22106010004

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN



Karya ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua
dan kepada almamater Universitas Islam Negeri Sunan
Kalijaga sebagai tempat menimba ilmu.

HALAMAN MOTTO



وَأَفْوضُ أَمْرِي إِلَى اللَّهِ

Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah.

Qs Al Ghafir : 44

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi *Shapley Value* dan *Nucleolus* Pada Model Alokasi Biaya Sistem Distribusi (Studi Kasus *Dwelling Time* Pelabuhan Tanjung Priok Desember 2017)” skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Khurul Wardati, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan serta bimbingan selama masa studi.
2. Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika
3. Prof. Dr. Muhammad Wakhid Mustofa, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis dalam penyusunan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Seluruh Bapak/Ibu dosen Program Studi Matematika yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan keteladanan selama masa perkuliahan. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan.
5. Kedua orang tua penulis, Bapak Sukhadik dan Ibu Parjilah, yang senantiasa menjadi sumber doa yang tak pernah terputus dan kasih

sayang yang tak terbatas dalam setiap langkah perjuangan ini. Kepercayaan, pengorbanan, dan dukungan yang diberikan menjadi kekuatan utama bagi penulis untuk terus bertahan dan menyelesaikan tahap ini. Adik penulis, Amira Afifatun Fathina, yang dengan ketulusan dan keceriaannya senantiasa menjadi penguat langkah penulis dalam menyelesaikan proses ini.

6. Seluruh Keluarga penulis yang senantiasa menghadirkan doa, dukungan, dan kasih sayang tanpa henti dalam setiap langkah perjuangan ini.
7. Kepada sahabat-sahabat penulis sejak masa SMA yang telah menemani proses perantauan dan pendewasaan diri. Penulis menyampaikan terima kasih secara khusus kepada Sahrul Zakky atas perhatian, dukungan, dan semangat yang senantiasa menguatkan penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih juga kepada Nikma, Adrik, Kak Arina, Amik, Nida, dan Wahyu atas kebersamaan serta dukungan yang terus terjaga hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Alin, Alya, Derrida, Laila, Liani, Nila, Sintia, dan Tarisha, sahabat penulis yang telah menemani setiap fase perjalanan perkuliahan ini. Terima kasih atas kebersamaan yang menguatkan, kerja sama yang menyatukan, serta tawa dan kenangan indah sepanjang proses ini. Bersama kalian, setiap langkah terasa lebih ringan dan perjalanan ini menjadi kisah yang lebih bermakna.
9. Atina, Amanda, Bunga, dan Tintan, teman seperjuangan skripsi di Kobessah, atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang saling menguatkan hingga tahap ini dapat terselesaikan.
10. Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh mahasiswa Matematika angkatan 2022 atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang saling menguatkan sepanjang perjalanan ini.
11. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada diri sendiri atas ketekunan, kesabaran, dan keberanian dalam menyelesaikan setiap proses hingga tahap ini. Semoga ke depan penulis tetap teguh dalam

melangkah, tidak lelah untuk berproses, dan senantiasa menemukan makna dalam setiap perjalanan.

12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kekurangan dan sangat mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi kebaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan, bagi penulis maupun pembaca.

Yogyakarta, 20 Februari 2026

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMBANG	xviii
INTISARI	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metode Penelitian.....	5
1.7 Tinjauan Pustaka	7
1.8 Sistematika Penulisan	10
BAB II DASAR TEORI.....	12
2.1 Program Linear.....	12
2.1.1 Definisi Program Linear	12

2.1.2 Metode Penyelesaian	14
2.2 Teori Permainan	15
2.3 Teori Permainan Kooperatif	17
2.4 Imputasi	18
2.5 Core	22
2.6 Shapley Value	25
2.7 Nucleolus	29
2.8 Bahasa Pemrograman Python	39
BAB III PEMBAHASAN	41
3.1 Penyusunan Model Permainan Kooperatif Alokasi Biaya Distribusi	41
3.1.1 Tidak Ada yang Fleksibel	44
3.1.2 Hanya A yang Fleksibel	46
3.1.3 Hanya B yang Fleksibel	47
3.1.4 Hanya C yang Fleksibel	48
3.1.5 Hanya D yang Fleksibel	49
3.1.6 Semua Fleksibel	50
3.2 Perhitungan <i>Shapley Value</i>	52
3.2.1 <i>Shapley Value</i> Tidak Ada yang Fleksibel	54
3.2.2 <i>Shapley Value</i> Hanya A yang Fleksibel	57
3.2.3 <i>Shapley Value</i> Hanya B yang Fleksibel	60
3.2.4 <i>Shapley Value</i> Hanya C yang Fleksibel	63
3.2.5 <i>Shapley Value</i> Hanya D yang Fleksibel	65
3.2.6 <i>Shapley Value</i> Semua Fleksibel	68
3.3 Perhitungan <i>Nucleolus</i>	71
3.3.1 <i>Nucleolus</i> Tidak Ada yang Fleksibel	72
3.3.2 <i>Nucleolus</i> Hanya A yang Fleksibel	78
3.3.3 <i>Nucleolus</i> Hanya B yang Fleksibel	83
3.3.4 <i>Nucleolus</i> Hanya C yang Fleksibel	87
3.3.5 <i>Nucleolus</i> Hanya D yang Fleksibel	92

3.3.6 <i>Nucleolus</i> Semua Fleksibel	96
3.4 Analisis Hasil Perhitungan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i>	100
BAB IV STUDI KASUS	108
4.1 Deskripsi Studi Kasus	108
4.2 Pemodelan Permainan Kooperatif Alokasi Biaya <i>Dwelling Time</i>	109
4.2.1 Tidak Ada Kerja Sama Antar Terminal (TF).....	111
4.2.2 Terminal JICT Fleksibel (<i>T1 F</i>)	112
4.2.3 Terminal KOJA Fleksibel (<i>T2 F</i>)	113
4.2.4 Terminal NPCT-1 Fleksibel (<i>T3 F</i>)	114
4.2.5 Terminal 3 Fleksibel (<i>T4 F</i>)	115
4.2.6 Semua Terminal Fleksibel (<i>SF</i>)	116
4.3 Perhitungan Alokasi <i>Dwelling Time</i> Menggunakan <i>Shapley Value</i>	118
4.3.1 <i>Shapley Value</i> Tidak Ada Kerja Sama.....	120
4.3.2 <i>Shapley Value</i> Terminal JICT Fleksibel	121
4.3.3 <i>Shapley Value</i> Terminal KOJA Fleksibel	122
4.3.4 <i>Shapley Value</i> Terminal NPCT-1 Fleksibel	123
4.3.5 <i>Shapley Value</i> Terminal 3 Fleksibel	123
4.3.6 <i>Shapley Value</i> Semua Terminal Fleksibel.....	124
4.4 Perhitungan Alokasi <i>Dwelling Time</i> Menggunakan <i>Nucleolus</i>	125
4.4.1 <i>Nucleolus</i> Tidak Ada Kerja Sama.....	126
4.4.2 <i>Nucleolus</i> Terminal JICT Fleksibel	127
4.4.3 <i>Nucleolus</i> Terminal KOJA Fleksibel	128
4.4.4 <i>Nucleolus</i> Terminal NPCT-1 Fleksibel	129
4.4.5 <i>Nucleolus</i> Terminal 3 Fleksibel	130
4.4.6 <i>Nucleolus</i> Semua Terminal Fleksibel.....	131
3.5 Analisis Hasil Perhitungan <i>Dwelling Time</i> Menggunakan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i>	132
BAB V PENUTUP.....	137

5.1 Kesimpulan	137
5.2 Saran	138
DAFTAR PUSTAKA	139
LAMPIRAN A	141
LAMPIRAN B	152
LAMPIRAN C	169
LAMPIRAN D	179
CURRICULUM VITAE	199



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Persamaan dan Perbedaan Penelitian.....	8
Tabel 2.1 Contoh 2.3.2 Permainan Kooperatif	18
Tabel 2.2 <i>Excess</i> Contoh 2.7.4.....	31
Tabel 2.3 <i>Excess</i> Contoh 2.7.7.....	39
Tabel 3.1 Alokasi Biaya Distribusi Semua Tidak Fleksibel	45
Tabel 3.2 Alokasi Biaya Distribusi A Fleksibel	46
Tabel 3.3 Alokasi Biaya Distribusi B Fleksibel.....	47
Tabel 3.4 Alokasi Biaya Distribusi C Fleksibel.....	48
Tabel 3.5 Alokasi Biaya Distribusi D Fleksibel	49
Tabel 3.6 Alokasi Biaya Distribusi Semua Fleksibel	50
Tabel 3.7 Alokasi Biaya Distribusi Setiap Ilustrasi	51
Tabel 3.8 Perbandingan <i>Shapley Value</i> Setiap Skenario	71
Tabel 3.9 Nilai <i>Excess</i> Tidak Ada yang Fleksibel	77
Tabel 3.10 Nilai <i>Excess</i> Hanya A yang Fleksibel.....	82
Tabel 3.11 Nilai <i>Excess</i> Hanya B yang Fleksibel	86
Tabel 3.12 Nilai <i>Excess</i> Hanya C yang Fleksibel	90
Tabel 3.13 Nilai <i>Excess</i> Hanya D yang Fleksibel.....	95
Tabel 3.14 Nilai <i>Excess</i> Semua Perusahaan Fleksibel	99
Tabel 3.15 Perbandingan <i>Nucleolus</i> Setiap Skenario	100
Tabel 3. 16 <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> Pada 6 Kondisi	101
Tabel 4. 1 Nilai <i>Dwelling Time</i> Rata-rata Terminal (Desember 2017).....	109
Tabel 4. 2 Alokasi Biaya Tidak Ada Kerja Sama Antar Terminal	111
Tabel 4. 3 Alokasi Biaya Terminal JICT Fleksibel	112
Tabel 4. 4 Alokasi Biaya Terminal KOJA Fleksibel	113
Tabel 4. 5 Alokasi Biaya Terminal NPCT-1 Fleksibel.....	114

Tabel 4. 6 Alokasi Biaya Terminal 3 Fleksibel	115
Tabel 4. 7 Alokasi Biaya Semua Terminal Fleksibel.....	117
Tabel 4. 8 Alokasi Biaya Terminal Semua Kondisi.....	118
Tabel 4. 9 <i>Shapley Value</i> Tidak Ada Kerja Sama.....	121
Tabel 4. 10 <i>Shapley Value</i> Terminal JICT Fleksibel	121
Tabel 4. 11 <i>Shapley Value</i> Terminal KOJA Fleksibel	122
Tabel 4. 12 <i>Shapley Value</i> Terminal NPCT-1 Fleksibel.....	123
Tabel 4. 13 <i>Shapley Value</i> Terminal 3 Fleksibel	124
Tabel 4. 14 <i>Shapley Value</i> Semua Terminal Fleksibel	124
Tabel 4. 15 Perbandingan Alokasi <i>Shapley Value</i> di Setiap Kondisi	125
Tabel 4. 16 <i>Nucleolus</i> Tidak Ada Kerja Sama.....	127
Tabel 4. 17 <i>Nucleolus</i> Terminal JICT Fleksibel	128
Tabel 4. 18 <i>Nucleolus</i> Terminal KOJA Fleksibel.....	128
Tabel 4. 19 <i>Nucleolus</i> Terminal NPCT-1 Fleksibel.....	129
Tabel 4. 20 <i>Nucleolus</i> Terminal 3 Fleksibel	130
Tabel 4. 21 <i>Nucleolus</i> Semua Terminal Fleksibel	131
Tabel 4. 22 Perbandingan Alokasi <i>Nucleolus</i> di Setiap Kondisi	132
Tabel 5. 1 <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> Pada Semua Kondisi	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian.....	7
Gambar 3.1 Ilustrasi Pengiriman Barang Semua Tidak Fleksibel.....	43
Gambar 3.2 Ilustrasi Pengiriman Barang Semua Fleksibel	52
Gambar 3.3 Perbandingan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> Tidak Ada yang Fleksibel.....	101
Gambar 3.4 Perbandingan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> Hanya A yang Fleksibel	102
Gambar 3.5 Perbandingan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> Hanya B yang Fleksibel	103
Gambar 3.6 Perbandingan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> Hanya C yang Fleksibel	104
Gambar 3.7 Perbandingan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> Hanya D yang Fleksibel	105
Gambar 3.8 Perbandingan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> Semua Fleksibel	106
Gambar 4. 1 <i>Flowchart</i> Algoritma <i>Shapley Value</i>	120
Gambar 4. 2 <i>Flowchart</i> Algoritma <i>Nucleolus</i>	126
Gambar 4. 3 Perubahan Total Biaya Pada Setiap Kondisi Fleksibilitas	133
Gambar 4. 4 Perubahan Alokasi Biaya Tiap Terminal	134

DAFTAR LAMBANG

- N : himpunan pemain
- n : banyaknya pemain
- S : koalisi
- $v(S)$: fungsi karakteristik permainan kooperatif secara umum
- $c(S)$: fungsi biaya koalisi S pada model penelitian
- $c(N)$: total biaya koalisi besar
- $I(N; v)$: himpunan imputasi permainan $(N; v)$
- $I(N; c)$: himpunan imputasi permainan biaya
- $C(N; v)$: himpunan core permainan $(N; v)$
- $C(N; c)$: himpunan core permainan biaya
- ϕ_i : *Shapley Value* pemain i
- x_i : alokasi biaya pemain i
- $e(S, x)$: *Excess* koalisi S
- $\mathcal{N}(N; v)$: *Nucleolus* permainan kooperatif
- : akhir suatu bukti

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

INTISARI

IMPLEMENTASI *SHAPLEY VALUE* DAN *NUCLEOLUS* PADA MODEL ALOKASI BIAYA SISTEM DISTRIBUSI (Studi Kasus *Dwelling Time* Pelabuhan Tanjung Priok Desember 2017)

Oleh

Nafisa Nurul Alifah

22106010004

Permasalahan alokasi biaya dalam sistem distribusi yang melibatkan beberapa pihak memerlukan mekanisme pembagian yang adil dan efisien. Pendekatan permainan kooperatif memberikan kerangka matematis untuk menentukan alokasi berdasarkan kontribusi masing-masing pihak dalam suatu sistem kerja sama. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan konsep *Shapley Value* dan *Nucleolus* pada model alokasi biaya sistem distribusi serta menerapkannya pada studi kasus *dwelling time* Pelabuhan Tanjung Priok Desember 2017. Model permainan kooperatif dibangun dengan menetapkan pihak-pihak yang terlibat sebagai pemain dan total biaya sistem sebagai nilai yang dialokasikan, dengan mempertimbangkan efisiensi kolaborasi dalam pembentukan koalisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode memenuhi prinsip efisiensi dalam alokasi. Pada studi kasus *dwelling time*, peningkatan fleksibilitas operasional berkontribusi terhadap penurunan total waktu sistem, dan kedua metode menghasilkan pola distribusi yang relatif konsisten. Secara keseluruhan, implementasi *Shapley Value* dan *Nucleolus* menunjukkan bahwa pendekatan permainan kooperatif dapat digunakan sebagai dasar penentuan alokasi yang adil dan efisien dalam sistem pelabuhan.

Kata kunci : permainan kooperatif, *Shapley Value*, *Nucleolus*, alokasi biaya, *dwelling time*, Pelabuhan Tanjung Priok.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF SHAPLEY VALUE AND *NUCLEOLUS* IN THE DISTRIBUTION SYSTEM COST ALLOCATION MODEL (Case Study of Dwelling Time at Tanjung Priok Port in December 2017)

By

Nafisa Nurul Alifah

22106010004

The issue of cost allocation in a distribution system involving multiple parties requires a fair and efficient distribution mechanism. The cooperative game approach provides a mathematical framework for determining allocation based on the contribution of each party in a cooperative system. This study aims to implement the Shapley Value and Nucleolus concepts in a distribution system cost allocation model and apply them to a case study of dwelling time at Tanjung Priok Port in December 2017. A cooperative game model was constructed by defining the parties involved as players and the total system cost as the allocated value, taking into account the efficiency of collaboration in coalition formation. The results show that both methods satisfy the principle of efficiency in allocation. In the dwelling time case study, increased operational flexibility contributed to a reduction in total system time, and both methods produced relatively consistent distribution patterns. Overall, the implementation of Shapley Value and *Nucleolus* shows that the cooperative game approach can be used as a basis for determining fair and efficient allocation in port systems.

Keyword : cooperative game, Shapley Value, Nucleolus, cost allocation, dwelling time, Tanjung Priok Port.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Distribusi barang merupakan aspek penting dalam rantai pasok untuk menjamin kelancaran pasokan kebutuhan masyarakat dan mendukung aktivitas ekonomi nasional. Biaya logistik di Indonesia masih tergolong tinggi karena sistem dan infrastruktur logistik belum berjalan secara optimal dalam mendukung proses distribusi yang efisien (Sariguna & Kennedy, 2019). Kualitas prasarana yang rendah dan penegakan regulasi yang belum efektif turut berkontribusi pada munculnya biaya tambahan dalam operasional distribusi barang (Sariguna & Kennedy, 2019).

Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya biaya produksi dan menurunnya keuntungan perusahaan. Efektivitas logistik berperan penting dalam menekan biaya dan meningkatkan keuntungan yang diperoleh pelaku usaha (Suharyanto, 2017). Oleh karena itu, perusahaan perlu mencari strategi yang mampu menurunkan biaya distribusi untuk mendukung keberlanjutan usaha. Upaya menekan biaya distribusi dapat dilakukan melalui kolaborasi antar perusahaan yang memanfaatkan rute pengiriman yang sama sehingga perusahaan dapat berbagi biaya distribusi untuk mewujudkan pengiriman barang yang lebih efisien (Mufaricha & Salmah, 2022). Kolaborasi seperti ini dikenal sebagai kolaborasi horizontal, yaitu kerja sama antar perusahaan yang berada pada level operasional yang sama, kolaborasi ini terbukti mampu meningkatkan produktivitas dan efisiensi transportasi karena memungkinkan perusahaan berbagi kapasitas dan sumber daya (Crujssen et al., 2007).

Keberhasilan kolaborasi sangat bergantung pada mekanisme alokasi biaya yang dianggap adil oleh seluruh perusahaan yang terlibat (Crujssen et al., 2007). Kontribusi setiap perusahaan dalam kerja sama tidak selalu sama. Terdapat perusahaan yang berperan lebih besar dalam menurunkan total biaya, misalnya dengan bersedia melakukan fleksibilitas waktu pengiriman, sedangkan perusahaan lain tetap mengutamakan jadwal reguler tanpa penyesuaian (Mufaricha & Salmah,

2022). Perbedaan kontribusi ini sering menimbulkan ketidakadilan dalam pembagian biaya, sehingga memungkinkan salah satu pihak memilih keluar dari kerja sama apabila merasa dirugikan (Mufaricha & Salmah, 2022).

Dalam perspektif Islam, prinsip keadilan merupakan fondasi penting dalam setiap bentuk kerja sama. Dalam QS. An-Nisa ayat 58

إِنَّ اللَّهَ يَأْمُرُكُمْ أَنْ تُؤَدُّوا الْأَمَانَاتِ إِلَىٰ أَهْلِهَا وَإِذَا حَكَمْتُمْ بَيْنَ النَّاسِ أَنْ تَحْكُمُوا بِالْعَدْلِ

Artinya: “Sesungguhnya Allah menyuruh kamu menyampaikan amanah kepada pemiliknya. Apabila kamu menetapkan hukum di antara manusia, hendaklah kamu tetapkan secara adil.”

Ayat tersebut menegaskan bahwa setiap amanah, termasuk hak dan kewajiban dalam kerja sama ekonomi, harus dibagikan secara adil dan proporsional. Oleh karena itu, mekanisme alokasi biaya dalam kolaborasi distribusi perlu dirancang agar mencerminkan kontribusi masing-masing perusahaan secara tepat. Prinsip ini sejalan dengan tujuan metode *Shapley Value* dan *Nucleolus* dalam teori permainan kooperatif, yang secara matematis bertujuan menghasilkan alokasi biaya yang adil dan stabil.

Fleksibilitas waktu pengiriman merupakan komponen penting dalam kolaborasi distribusi karena dapat memberikan peluang penggabungan rute secara lebih efisien. Tingkat fleksibilitas setiap perusahaan berbeda-beda sehingga diperlukan suatu metode yang dapat mengukur nilai fleksibilitas secara objektif. Perusahaan yang memberikan fleksibilitas lebih besar seharusnya menerima kompensasi biaya yang lebih rendah agar kolaborasi tetap adil. Pengukuran fleksibilitas juga menjadi peran penting dalam kerja sama perusahaan karena perbedaan kontribusi sangat menentukan keberlanjutan kerja sama (Álvarez-Mozos & Ehlers, 2024).

Permasalahan perbedaan kontribusi ini dapat dianalisis menggunakan teori permainan kooperatif yang memberikan dasar matematis untuk menentukan pembagian biaya sesuai manfaat yang dihasilkan setiap perusahaan. Pendekatan ini menjadi penting karena memasukkan kontribusi nyata serta tingkat fleksibilitas waktu pengiriman sehingga pembagian biaya yang dihasilkan dapat

menggambarkan peran setiap perusahaan secara lebih proporsional dalam proses kolaborasi (Mufaricha & Salmah, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Mufaricha (2022), telah mengembangkan lima skenario kolaborasi distribusi yang melibatkan empat perusahaan dan lima kondisi perhitungan alokasi biaya dengan menggunakan metode *Shapley Value* dan *Nucleolus*. Namun, tidak terdapat skenario yang menerapkan fleksibilitas waktu pengiriman Perusahaan C, sehingga kontribusi fleksibilitas tersebut belum dianalisis secara kuantitatif dalam pembagian biaya.

Selain pada sistem distribusi darat, permasalahan efisiensi dan alokasi biaya juga muncul dalam sistem pelayanan pelabuhan, khususnya pada indikator *dwelling time*, yaitu waktu yang dihitung sejak peti kemas dibongkar dari kapal hingga meninggalkan terminal pelabuhan (Hendartono & Widilestari, 2020). Indikator ini menjadi ukuran utama kinerja pelabuhan karena berkaitan langsung dengan kelancaran arus distribusi barang.

Tingginya *dwelling time* berdampak terhadap meningkatnya biaya logistik, serta memperpanjang siklus distribusi barang terutama pada kegiatan impor yang melibatkan berbagai tahapan administrasi dan operasional. Tahapan proses pelayanan memiliki pengaruh nyata terhadap besarnya total *dwelling time*, sehingga indikator tersebut memungkinkan untuk dikaji secara kuantitatif dan direpresentasikan melalui model matematis (Kusharyanto et al., 2023).

Dalam kawasan pelabuhan yang terdiri atas beberapa terminal, peningkatan efisiensi operasional dapat dicapai melalui koordinasi dan kerja sama antar terminal. Kerja sama tersebut berpotensi menurunkan total *dwelling time* secara kolektif. Namun demikian, kontribusi masing-masing terminal terhadap penurunan waktu tinggal kontainer tidak selalu sama. Kondisi ini menimbulkan permasalahan yang serupa dengan kolaborasi distribusi antar perusahaan, yaitu bagaimana menentukan alokasi biaya yang adil berdasarkan kontribusi masing-masing pihak.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini tidak hanya mengembangkan model alokasi biaya distribusi dengan penambahan skenario fleksibilitas, tetapi juga menerapkan pendekatan teori permainan kooperatif berbasis biaya pada studi kasus alokasi biaya *dwelling time* antar terminal. Dengan menggunakan metode

Shapley Value dan *Nucleolus*, penelitian ini bertujuan memperoleh alokasi biaya yang adil dan stabil dalam dua konteks operasional yang berbeda, yaitu distribusi perusahaan dan pelayanan pelabuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan masalah dalam skripsi ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana membentuk model permainan kooperatif untuk permasalahan alokasi biaya pada sistem distribusi?
2. Bagaimana memperoleh alokasi biaya untuk setiap pemain menggunakan konsep *Shapley Value* dan *Nucleolus*?
3. Bagaimana analisis hasil alokasi biaya berdasarkan *Shapley Value* dan *Nucleolus* pada berbagai skenario kolaborasi distribusi?
4. Bagaimana penerapan model permainan kooperatif pada alokasi *dwelling time* antar terminal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini antara lain:

1. Membangun model permainan kooperatif yang merepresentasikan permasalahan alokasi biaya pada sistem distribusi.
2. Menentukan alokasi biaya bagi setiap pemain menggunakan konsep *Shapley Value* dan *Nucleolus*.
3. Menganalisis hasil alokasi biaya yang diperoleh dari perhitungan *Shapley Value* dan *Nucleolus* pada berbagai skenario fleksibilitas waktu pengiriman.
4. Menerapkan model permainan kooperatif pada studi kasus alokasi *dwelling time* serta menganalisis hasil alokasinya menggunakan *Shapley Value* dan *Nucleolus*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil skripsi ini diharapkan dapat memberi manfaat, antara lain:

1. Memberikan gambaran mengenai penerapan teori permainan kooperatif dalam permasalahan alokasi biaya, khususnya dengan metode *Shapley Value* dan *Nucleolus*, sehingga dapat menunjukkan bagaimana kerja sama antar pemain berpengaruh terhadap pembagian biaya secara adil dan efisien.

2. Menunjukkan penerapan model permainan kooperatif berbasis biaya pada studi kasus *dwelling time*, sehingga memperlihatkan bahwa pendekatan yang sama dapat digunakan pada konteks operasional yang berbeda.
3. Diharapkan dapat membantu berbagai pihak dalam memahami dan mengembangkan strategi alokasi biaya yang lebih adil, stabil, dan efisien, baik pada sistem distribusi maupun pada sistem pelayanan pelabuhan, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang mempertimbangkan kontribusi masing-masing pihak.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menghasilkan lingkup pembahasan yang berfokus pada tema, skripsi ini memiliki batasan-batasan masalah, antara lain:

1. Penelitian ini menggunakan pendekatan teori permainan kooperatif berbasis biaya dengan metode *Shapley Value* dan *Nucleolus* sebagai solusi alokasi biaya.
2. Model yang dikaji melibatkan empat pemain dengan enam kondisi kolaborasi pada setiap konteks penelitian, baik pada sistem distribusi maupun pada studi kasus *dwelling time*, dengan biaya dinyatakan dalam satuan waktu.
3. Pada konteks distribusi, analisis dilakukan berdasarkan pengembangan model dari penelitian (Mufaricha & Salmah, 2022) dengan penambahan skenario fleksibilitas Perusahaan C.
4. Pada konteks *dwelling time*, data yang digunakan merupakan data rata-rata *dwelling time* bulan Desember 2017 dari penelitian Nur et al. (2019).
5. Penelitian hanya mengkaji alokasi biaya distribusi berdasarkan hari, tidak mencakup aspek operasional lain seperti manajemen inventori, kapasitas kendaraan, kebijakan kepabeanan, maupun pengelolaan fasilitas pelabuhan secara teknis.

1.6 Metode Penelitian

Pada skripsi ini menggunakan metode studi literatur (*library research*) dengan pendekatan analisis matematis melalui penelaahan dan pengembangan model permainan kooperatif pada sistem distribusi berdasarkan penelitian Mufaricha (2022), dengan penambahan skenario fleksibilitas Perusahaan C. Model

yang telah dikembangkan selanjutnya diterapkan pada studi kasus alokasi biaya *dwelling time* antar terminal pelabuhan menggunakan data rata-rata bulan Desember 2017 untuk dianalisis dengan metode Shapley Value dan *Nucleolus*. Sehingga, dalam skripsi ini dapat ditempuh langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Skripsi ini dimulai dengan mengumpulkan berbagai sumber referensi seperti jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan teori permainan kooperatif, fungsi karakteristik, konsep fleksibilitas waktu, serta metode *Shapley Value* dan *Nucleolus*.

2. Peninjauan dan Pengembangan Model Distribusi

Meninjau model kolaborasi distribusi empat perusahaan berdasarkan penelitian Mufaricha (2022), kemudian mengembangkan model dengan menambahkan skenario fleksibilitas Perusahaan C sehingga diperoleh enam kondisi kolaborasi.

3. Perhitungan Alokasi Biaya pada Model Distribusi

Melakukan perhitungan *Shapley Value* dan *Nucleolus* secara manual berdasarkan rumus matematis yang berlaku pada teori permainan kooperatif untuk setiap skenario distribusi.

4. Penyusunan Model *Dwelling Time*

Membangun model permainan kooperatif pada studi kasus *dwelling time* dengan empat pemain dan enam kondisi kolaborasi berdasarkan data rata-rata terminal pelabuhan Tanjung Priok pada bulan Desember 2017.

5. Perhitungan Alokasi Biaya pada Studi Kasus *Dwelling Time*

Perhitungan *Shapley Value* dan *Nucleolus* pada studi kasus *dwelling time* dilakukan secara komputasional menggunakan bahasa pemrograman Python untuk membantu proses perhitungan.

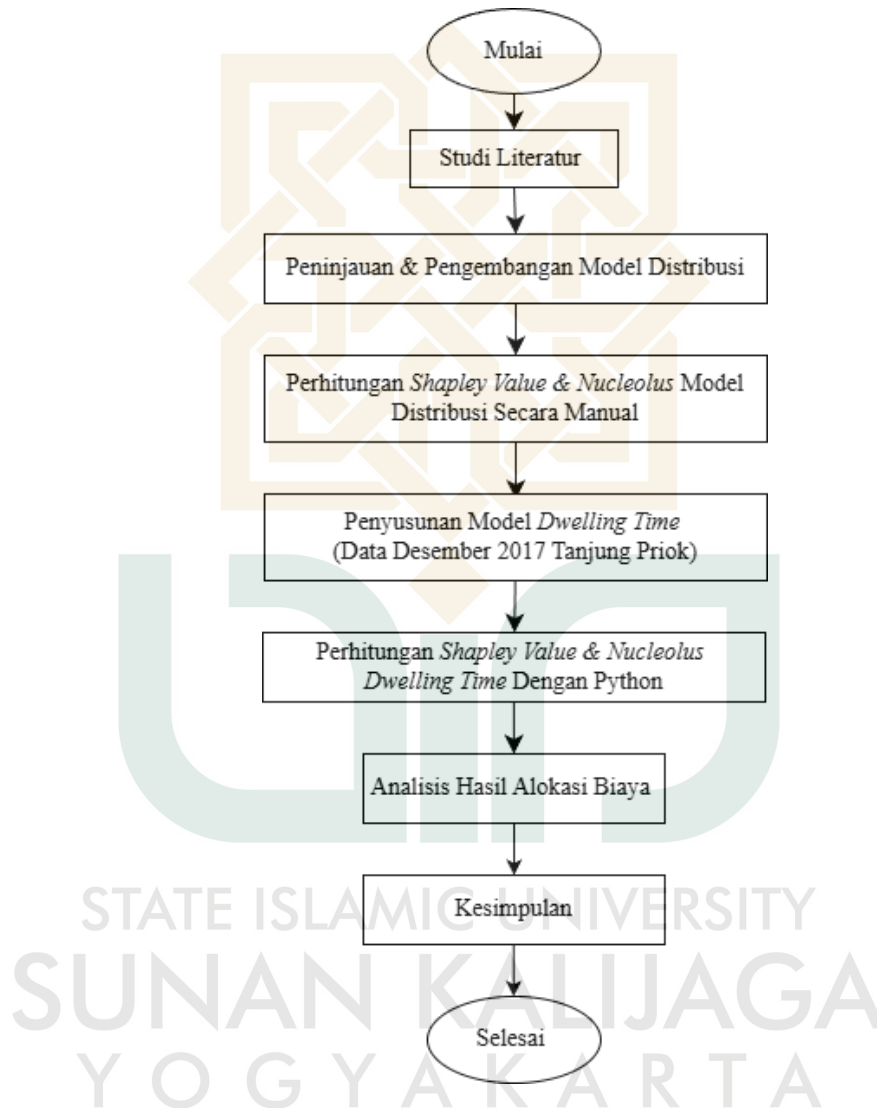
6. Analisis Hasil Alokasi Biaya

Menganalisis hasil alokasi biaya yang diperoleh dari metode *Shapley Value* dan *Nucleolus* pada masing-masing konteks penelitian untuk mengkaji karakteristik keadilan dan kestabilan alokasi yang dihasilkan.

7. Penyusunan Kesimpulan

Menyusun kesimpulan berdasarkan seluruh proses analisis yang telah dilakukan serta memberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Langkah-langkah penelitian ini digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 1.1 di bawah ini:



Gambar 1.1 Flowchart Metode Penelitian

1.7 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka disusun untuk memberikan dasar teoretis yang relevan dengan skripsi ini. Dalam hal ini akan dibahas berbagai konsep dan hasil skripsi terdahulu yang berkaitan dengan topik skripsi ini, yakni sebagai berikut:

Tabel 1.1 Persamaan dan Perbedaan Penelitian

No.	Nama Peneliti	Judul	Persamaan dan Perbedaan
1	Frans Cruijssen, Martine Cools & Wout Dullaert (2005).	<i>Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments.</i>	<p>Persamaan : Membahas kerja sama horizontal dalam logistik serta menekan pentingnya mekanisme pembagian manfaat yang adil dalam kolaborasi logistik.</p> <p>Perbedaan: Tidak menggunakan teori permainan kooperatif <i>Shapley Value</i> atau <i>Nucleolus</i>. Skripsi ini menggunakan mekanisme perhitungan pembagian biaya dengan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i>.</p>
2	Qizhi Fang, Bo Li, Xioming Sun, Jia Zhang, & Jialin Zhang (2016).	<i>Computing the least-core and Nucleolus for threshold cardinality matching games</i>	<p>Persamaan: Menggunakan <i>Nucleolus</i> sebagai pendekatan untuk menentukan solusi pembagian yang adil.</p> <p>Perbedaan: Tidak menggunakan <i>Shapley Value</i>, fokus pada <i>Least-Core</i> dan <i>Nucleolus</i> dalam <i>matching games</i>, bukan pada logistik atau distribusi.</p>
3	Hyunchul Tae, Byung-In Kim dan Junhyuk Park (2020).	<i>Finding the Nucleolus of the vehicle routing game with time windows.</i>	<p>Persamaan: Menggunakan konsep <i>Nucleolus</i> dalam teori permainan kooperatif sebagai metode pembagian hasil secara adil.</p>

			<p>Perbedaan: Berfokus pada <i>vehicle routing</i> dengan <i>time windows</i>, bukan pada pembagian biaya distribusi menggunakan <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i>.</p>
4	Ina Salamatul Mufaricha & Salmah (2022).	<p>Alokasi biaya distribusi pengiriman barang yang adil dan menghargai fleksibilitas waktu menggunakan pendekatan teori permainan kooperatif: <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i></p>	<p>Persamaan: Menggunakan metode <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> pada 4 perusahaan dalam distribusi logistik serta memperhitungkan fleksibilitas waktu pengiriman terhadap hasil alokasi biaya.</p> <p>Perbedaan: Tidak memasukkan skenario C fleksibel. Skripsi ini menambahkan skenario perusahaan C yang fleksibel sehingga menghasilkan variasi alokasi biaya yang lebih spesifik dibanding penelitian sebelumnya.</p>
5	Jannis Blauth, Antonia Ellerbrock, Vera Traub dan Jens Vygen (2024).	<p><i>Cost allocation for set covering: The happy Nucleolus</i></p>	<p>Persamaan: Menggunakan <i>Nucleolus</i> sebagai mekanisme pembagian biaya dan berorientasi pada keadilan alokasi agar tidak merugikan salah satu pihak koalisi.</p> <p>Perbedaan: Tidak menggunakan <i>Shapley Value</i> dan tidak berkaitan dengan distribusi</p>

			logistik, melainkan pada <i>set covering problem</i> .
6	Nafisa Nurul Alifah (2026).	Implementasi <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> Pada Model Alokasi Biaya Sistem Distribusi	Menggunakan teori permainan kooperatif dengan metode <i>Shapley Value</i> dan <i>Nucleolus</i> dalam sistem distribusi serta menerapkan pada analisis biaya yang dipengaruhi oleh <i>dwelling time</i> .

1.8 Sistematika Penulisan

Berdasarkan uraian dari sub bab di atas, maka dapat disusun sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I.

PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai Latar Belakang masalah alokasi biaya distribusi dalam layanan logistik, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Batasan Masalah, Metode Penelitian, Tinjauan Pustaka, serta Sistematika Penulisan skripsi.

BAB II.

DASAR TEORI

Pada bab ini berisi konsep-konsep yang mendasari pembahasan bab selanjutnya. Konsep yang dibahas antara lain: Program Linear, Teori Permainan, Teori Permainan Kooperatif, Imputasi, *Core*, *Shapley Value* Dan *Nucleolus*.

BAB III.

PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mekanisme alokasi biaya distribusi yang adil dan mempertimbangkan fleksibilitas, enam skenario alokasi biaya termasuk penambahan skenario Perusahaan C fleksibel, penerapan pendekatan teori permainan kooperatif melalui perhitungan *Shapley Value*

dan *Nucleolus* untuk setiap skenario, serta analisis terhadap hasil perhitungan kedua metode tersebut.

BAB IV.

STUDI KASUS

Pada bab ini dibahas penerapan model permainan kooperatif berbasis biaya pada studi kasus alokasi biaya *dwelling time* antar terminal. Pembahasan meliputi pembentukan fungsi karakteristik, perhitungan *Shapley Value* dan *Nucleolus* menggunakan Python, serta analisis hasil alokasi biaya yang diperoleh.

BAB V.

PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang Kesimpulan dan Saran.

BAB V

PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan dan saran yang disusun berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, model permainan kooperatif pada sistem distribusi perusahaan dapat dibentuk dengan menetapkan perusahaan sebagai pemain dan total biaya distribusi sebagai nilai yang dialokasikan. Fungsi karakteristik disusun berdasarkan total biaya operasional pada setiap kemungkinan kerja sama antar perusahaan dengan mempertimbangkan adanya efisiensi kolaborasi. Efisiensi tersebut merepresentasikan penurunan biaya yang terjadi ketika perusahaan bekerja sama dibandingkan beroperasi secara individu. Model yang terbentuk mampu menggambarkan hubungan antar perusahaan serta memenuhi prinsip efisiensi dan rasionalitas dalam permainan kooperatif.

Alokasi biaya untuk setiap perusahaan diperoleh menggunakan dua konsep solusi, yaitu *Shapley Value* dan *Nucleolus*. *Shapley Value* menghasilkan pembagian biaya berdasarkan kontribusi marjinal rata-rata setiap perusahaan terhadap seluruh kemungkinan pembentukan koalisi, sehingga mencerminkan prinsip keadilan proporsional. Sementara itu, *Nucleolus* menghasilkan alokasi melalui pendekatan optimasi dengan tujuan meminimalkan ketidakpuasan maksimum antar koalisi, sehingga lebih menekankan stabilitas distribusi.

Berdasarkan analisis pada berbagai skenario kolaborasi perusahaan, diperoleh bahwa hasil alokasi dipengaruhi oleh struktur fleksibilitas operasional dalam sistem. Pada kondisi tidak terdapat perusahaan yang bersifat fleksibel, distribusi biaya yang dihasilkan oleh kedua metode relatif tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Namun, ketika sebagian perusahaan memiliki tingkat fleksibilitas operasional terjadi perubahan struktur kontribusi yang berdampak pada pola alokasi biaya. Dalam kondisi tersebut, *Shapley Value* menyesuaikan besaran

alokasi secara proporsional terhadap perubahan kontribusi marjinal, sedangkan *Nucleolus* cenderung menghasilkan distribusi yang lebih seimbang antar perusahaan. Selain itu, penurunan total biaya sistem secara signifikan terjadi pada kondisi ketika seluruh perusahaan bersifat fleksibel, yang menunjukkan bahwa efisiensi sistem optimal dicapai melalui fleksibilitas yang diterapkan secara menyeluruh.

Penerapan model permainan kooperatif pada alokasi *dwelling time* antar terminal menunjukkan bahwa pendekatan *Shapley Value* dan *Nucleolus* menghasilkan nilai alokasi yang identik pada seluruh skenario yang dianalisis. Pada kondisi tidak ada kerja sama, total *dwelling time* sistem berada pada tingkat tertinggi. Ketika satu terminal memiliki fleksibilitas operasional, total *dwelling time* mengalami penurunan, dan penurunan yang lebih signifikan terjadi ketika seluruh terminal fleksibel. Penurunan tersebut dipengaruhi oleh penetapan parameter efisiensi kolaborasi dalam model, yang merepresentasikan pengurangan waktu akibat kerja sama terminal. Hasil ini menunjukkan bahwa kerja sama dan fleksibilitas operasional berkontribusi secara langsung terhadap peningkatan efisiensi sistem. Dengan demikian, model permainan kooperatif yang diterapkan tidak hanya menghasilkan alokasi waktu yang memenuhi prinsip keadilan, tetapi juga memberikan peningkatan efisiensi operasional yang terukur dalam sistem distribusi.

5.2 Saran

Saran yang penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah diharapkan untuk mengembangkan model permainan kooperatif dengan menggunakan data operasional aktual serta mempertimbangkan variasi struktur biaya dan tingkat fleksibilitas yang lebih kompleks, sehingga hasil alokasi yang diperoleh dapat lebih merepresentasikan kondisi nyata dan memiliki validitas yang lebih kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Álvarez-Mozos, M., & Ehlers, L. (2024). Externalities and the (pre)*Nucleolus* in cooperative games. *Actualidad Juridica Iberoamericana*, (21), 104–129. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.mathsocsci.2024.01.003>
- Blauth, J., Ellerbrock, A., Traub, V., & Vygen, J. (2024). Cost allocation for set covering: The happy *Nucleolus*. *Operations Research Letters*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.orl.2024.107158>
- Crujssen, F., Cools, M., & Dullaert, W. (2007). Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(2), 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2005.09.007>
- De-León Almaraz, S., Geleji, A., & Solymosi, T. (2025). Coalition analysis for low-carbon hydrogen supply chains using cooperative game theory. *International Journal of Hydrogen Energy*, 143, 1348–1369. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.02.010>
- Fang, Q., Li, B., Sun, X., Zhang, J., & Zhang, J. (2016). Computing the least-core and *Nucleolus* for threshold cardinality matching games. *Theoretical Computer Science*, 609, 500–510. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2015.11.015>
- Ferguson, T. S. (2008). *GAME THEORY*. University of California.
- Hendartono, A., & Widilestari, C. (2020). Dampak Dwelling Time Terhadap Layanan Ekspor Impor di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *JURNAL MARITIM POLIMARIN*, 6(2).
- Kusharyanto, Putra, A. M., Dewi, A. K., Purnama, M. I. I. P., & Nuha, N. (2023). Pengaruh pre clearance dan post clearance terhadap dwelling time di Pelabuhan Peti Kemas JICT Tanjung Priok. *E-Journal Marine Inside*, 5, 1–5. <https://doi.org/10.62391/ejmi.v5i1.57>
- Lutz, M. (2013). *Learning Python* (5th ed.). O'Reilly Media.
- Malmberg, F., & Jemdhahl, M. (2016). *Using Cooperative Game Theory to Analyse Allocations of Costs Related to Connecting Renewable Energy to the Power Grid*. Lund University.
- Martin J. Osborne. (2003). *An Introduction to Game Theory*.

- Nur, H., Permana, C., Achmadi, T., Ardhi, E., & Mustakim, A. (2019, April 15). *Study of Container Dwelling Time in Indonesia: Current Condition & Challenge*. <https://doi.org/10.4108/eai.19-10-2018.2281290>
- Salamatul Mufaricha, I., & Salmah. (2022). *Alokasi Biaya Distribusi Pengiriman Barang yang Adil dan Menghargai Fleksibilitas Waktu Menggunakan Pendekatan Teori Permainan Kooperatif: Nilai Shapley dan Nucleolus*. 04(01), 2022.
- Salmah. (2022). *Teori Permainan dan Aplikasinya*. Gadjah Mada University Press.
- Sariguna, P., & Kennedy, J. (2019). ANALISIS TINGGINYA BIAYA LOGISTIK DI INDONESIA DITINJAU DARI DWELLING TIME. In *Economic* (Vol. 2, Number 1). <https://logistikmdg8.wordpress.com/2014/04/14/mengapa-sistem-logistik-pelabuhan-sangat-penting/>
- Suharyanto. (2017). *Peranan Biaya Logistik Dalam Estimasi Biaya Produksi dan Peningkatan Laba Perusahaan* (Vol. 11, Number 1).
- Tae, H., Kim, B. I., & Park, J. (2020). Finding the *Nucleolus* of the vehicle routing game with time windows. *Applied Mathematical Modelling*, 80, 334–344. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.11.026>
- Winston, W. L. (2004). *Operations Research : Applications and Algorithms*. www.duxbury.com
- Zamir, Shmuel., Maschler, Michael., Solan, Eilon., Hellman, Ziv., & Borns, Mike. (2013). *Game theory*. Cambridge University Press.