



TUGAS AKHIR - (MS184801)

**PERENCANAAN ARMADA TRANSPORTASI LAUT
UNTUK MENUNJANG PEMBANGUNAN IBU KOTA
NEGARA (IKN) BARU**

**Anang Makhruf
NRP. 0441164000020**

**Dosen Pembimbing:
Ir. Tri Achmadi, Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



TUGAS AKHIR - (MS184801)

**PERENCANAAN ARMADA TRANSPORTASI LAUT
UNTUK MENUNJANG PEMBANGUNAN IBU KOTA
NEGARA (IKN) BARU**

**Anang Makhruf
NRP. 0441164000020**

**Dosen Pembimbing:
Ir. Tri Achmadi, Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



FINAL PROJECT - (MS184801)

**FLEET PLANNING OF MARINE TRANSPORTATION TO
SUPPORT THE NEW CAPITAL CITY DEVELOPMENT**

**Anang Makhruf
NRP. 0441164000020**

**Supervisor:
Ir. Tri Achmadi, Ph.D.**

**DEPARTMENT OF MARINE TRANSPORTATION ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ARMADA TRANSPORTASI LAUT UNTUK MENUNJANG PEMBANGUNAN IBU KOTA NEGARA (IKN) BARU

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ANANG MAKHRUF
NRP. 0441164 000 0020

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



Dosen Pembimbing I

Ir. Iri Achmadi, Ph.D
NIP. 196501101988031001

18/20
08

SURABAYA, AGUSTUS 2020

LEMBAR REVISI

PERENCANAAN ARMADA TRANSPORTASI LAUT UNTUK MENUNJANG PEMBANGUNAN IBU KOTA NEGARA (IKN) BARU

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Ujian Tugas Akhir
Tanggal 05 Agustus 2020

Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh :

ANANG MAKHRUF
N.R.P 04411640000020

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Irwan Tri Yudianto, S.T., M.T.



.....

2. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.



.....

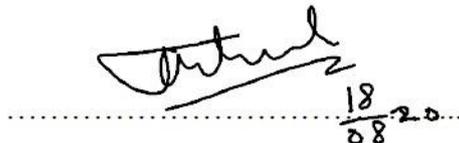
3. Dika Virgiana Devintasari, S.Si, M.Sc.



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.



.....
18/08/20

SURABAYA, AGUSTUS 2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ **Perencanaan Armada Transportasi Laut untuk Menunjang Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN)**” ini dapat terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan kali ini, perkenankan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk :

1. Kedua orang tua penulis Ayahanda Jhon Erizal dan Ibunda Nurni Azizah beserta adek Ahmad Sholihan dan Ainur Hafid yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi dan dukungan kepada penulis selama menjalankan masa awal perkuliahan sampai penyelesaian penelitian ini.
2. Bapak Ir. Tri Achmadi, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam proses penyelesaian penelitian ini.
3. Bapak Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T. selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan dari penulis masuk hingga dapat lulus dari Departemen Teknik Transportasi Laut.
4. Bapak Dr.Ing. Setyo Nugroho, selaku Ketua Jurusan Teknik Transportasi Laut yang membimbing baik dalam hal akademik dan non-akademik.
5. Bapak Firmanto Hadi, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. I. G. N. Sumanta Buana, S.T., M. Eng selaku dosen senior yang membimbing dalam hal kekuatan mental, sehingga dapat membuat penulis untuk berfikir kritis dalam menyelesaikan permasalahan.
6. Dosen-dosen Departemen Teknik Transportasi Laut, atas bantuan, ilmu, dan pelajaran selama proses perkuliahan
7. Seluruh pegawai Tata Usaha Departemen Teknik Transportasi Laut atas kemudham yang diberikan dalam pengurusan administrasi selama masa perkuliahan dan proses pengerjaan Tugas Akhir.
8. Afifah Nuryaningtyas yang selalu menyemangati, mendukung, membantu memberi masukan, dan selalu sabar dalam menjadi tempat berkeluh kesah selama penulis mengerjakan penelitian.

9. Triol Salehadi Asfirman selaku sahabat penulis yang selalu berjuang bersama dari awal mula penulis datang ke Surabaya sampai saat ini.
10. Teman-teman “Konsebah” kontrakan semolo bahari yang merupakan teman seperjuangan dalam menjalani perkuliahan hingga pengerjaan penelitian yang selalu memberikan semangat dan candaan.
11. Teman-teman seperbimbingan yang sama-sama memberi dukungan semangat untuk memberikan progress setiap minggunya saat asistensi.
12. Teman-teman P56 T14 “Mavericks” 2016 yang telah berjuang bersama serta tak henti-henti memberikan semangat dalam menjalani perkuliahan selama 4 tahun ini.
13. Adik-adik Jurusan Teknik Transportasi Laut angkatan 2017, 2018, dan 2019 yang selalu ceria dan memberikan semangat.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 19 Agustus 2020

Anang Makhruf

PERENCANAAN ARMADA TRANSPORTASI LAUT UNTUK MENUNJANG PEMBANGUNAN IBU KOTA NEGARA (IKN) BARU

Nama Mahasiswa : Anang Makhruf
NRP : 0441164000020
Departemen / Fakultas : Teknik Transportasi Laut / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.

ABSTRAK

Perencanaan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru di Kalimantan Timur mengakibatkan terjadinya permintaan kebutuhan pembangunan dalam jumlah yang besar dari berbagai daerah di Indonesia menuju ke wilayah pembangunan IKN baru. Hal ini dikarenakan tidak tersedianya kebutuhan pembangunan khususnya material dan alat berat di Pulau Kalimantan, sehingga untuk mengirimkan semua kebutuhan pembangunan IKN baru dari berbagai daerah asal menuju lokasi pembangunan dengan melewati perairan (laut) dibutuhkan sebuah armada transportasi laut. Tugas akhir ini bertujuan untuk merencanakan penentuan armada pengangkutan material dan alat berat yang paling optimal dengan 2 (dua) opsi: (1) penyewaan kapal, (2) pembangunan kapal baru, serta memilih alternatif pengangkutan lanjutan dari pelabuhan tujuan menuju ke lokasi pembangunan IKN baru dengan 2 opsi: (1) truk sebagai transportasi darat, (2) kapal kecil sebagai transportasi laut. Metode yang digunakan dalam penentuan armada transportasi pengiriman material dan alat berat ini adalah optimasi *non-linear programming* dengan bantuan *tool* aplikasi solver yang terdapat pada *Microsoft Excel* untuk mencari alternatif yang menghasilkan *unit cost* paling murah. Hasil analisis diperoleh bahwa kebutuhan material dan alat berat IKN baru dengan total permintaan selama 9 (sembilan) tahun yaitu 74.607.993 ton, maka armada transportasi laut untuk mengirimkan kebutuhan dari daerah asal menuju pelabuhan tujuan menggunakan 1 unit kapal *landing craft tank* (LCT) dengan unit biaya Rp. 530.012 per ton untuk mengangkut kebutuhan alat berat, 9 unit kapal *general cargo* (GC) untuk mengangkut semen dengan unit biaya Rp. 151.639 per ton, 7 unit kapal General Cargo (GC) untuk mengangkut beton dengan unit biaya Rp. 128.521 per ton, 1 unit kapal General Cargo (GC) rute 5 untuk mengangkut baja dengan unit biaya Rp 169.779 per ton, dan terakhir 1 unit tanker dengan unit biaya Rp. 133.914 per ton. Pengiriman lanjutan dari pelabuhan tujuan menuju lokasi pembangunan IKN baru menggunakan 317 unit truk dengan unit biaya Rp. 20.901 per ton.

Kata Kunci — Ibu Kota Negara Baru, Material dan Alat Berat, Perencanaan Armada, Unit Biaya

FLEET PLANNING OF MARINE TRANSPORTATION TO SUPPORT THE NEW CAPITAL CITY DEVELOPMENT

Author : Anang Makhruf
ID No. : 04411640000020
Dept. / Faculty : Marine Transportation Engineering / Marine Technology
Supervisor : 1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.

ABSTRACT

The Nation's New Capital City planning development in East Kalimantan effects the demand of development in a large scale from all around Indonesia to the new area in East Kalimantan. This happens because materials and heavy duty equipment in Kalimantan is not available, so this development needs to deliver all of the material and heavy duty equipment needed from all around Indonesia to Kalimantan via marine transport. This final project aims to plan the fleet needed to transport the materials and heavy duty equipment with the most optimum alternative. There are 2 (two) alternative for the seaborne alternative: (1) ship hiring, (2) new ship building, and also there are 2 (two) alternative to transport the materials and heavy duty equipment from the designated port to the New Capital City development site: (1) Truck as land transport, (2) Small vessel as water transport. Optimization method is used to decide the transportation fleet, by getting the cheapest alternative of unit cost. Analytical result shows that the materials and heavy duty equipment needed for the New Capital City development in 9 (nine) years of development is 74.607.993 ton, therefor 1 (one) unit of landing craft tank (LCT) with the unit cost of Rp. 530.012 per ton, 9 (nine) units of general cargo (GC) vessel to transport cement with the unit cost of Rp. 151.639 per ton, , 7 (seven) units of general cargo (GC) vessel to transport concrete with the unit cost of Rp. 128.521 per ton, 1 (one) unit of general cargo (GC) vessel to transport steel with the unit cost of Rp. 169.779 per ton and 1 (one) unit of tanker vessel with the unit cost of Rp. 133.914 per ton is needed to fulfill the marine transportation fleet. The shipment from the designated port to the development site uses 317 (three hundred and fourteen) units of trucks with the unit cost of Rp. 20.901 per ton.

Key Words : Fleet Planning, Materials and Heavy Duty Equipment, Nation's New Capital City, Unit Cost

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR REVISI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Batasan Masalah	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pembangunan Ibu Kota Negara Baru.....	7
2.2 Rantai Pasok Jasa Konstruksi	8
2.2.1 <i>Machine</i> (Alat Berat)	8
2.2.2 Material	13
2.3 Tinjauan Biaya Transportasi Laut.....	15
2.3.1 Biaya Modal (<i>Capital cost</i>)	16
2.3.2 Biaya Operasional (<i>Operating Cost</i>)	17
2.3.3 Biaya Pelayaran (<i>Voyage cost</i>)	19
2.3.4 Biaya Bongkar Muat (<i>Cargo handling cost</i>).....	21
2.4 Jenis Kontrak dan Penyewaan Angkutan Laut	21
2.5 Konsep Optimasi.....	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Metode Pengumpulan Data	25
3.1.1 Pengumpulan Data Sekunder (Data Tidak Langsung).....	25

3.2	Tahap Pengerjaan Penelitian	25
3.2.1	Tahap Identifikasi	25
3.2.2	Tahap Analisis	26
3.3	Metode Perhitungam dan Skenario	31
3.3.1	Skenario 1: Kapal Sewa	35
3.3.2	Skenario 2: Kapal Milik (Bangun Baru)	39
3.4	Diagram Alir Penelitian	42
BAB 4	GAMBARAN UMUM	45
4.1	Lokasi Ibu Kota Negara (IKN) Baru.....	45
4.2	Rencana Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) Baru	46
4.2.1	Tahap Persiapan.....	46
4.2.2	Tahap Pelaksanaan.....	46
4.2.3	Infrastruktur Kebutuhan Ibu Kota Negara	48
4.3	Ketersediaan dan Persebaran Kebutuhan Pembangunan	49
4.3.1	Ketersediaan dan Persebaran Semen	49
4.3.2	Ketersediaan dan Persebaran Aspal	49
4.3.3	Ketersediaan dan Persebaran Beton Precast.....	50
4.3.4	Ketersediaan dan Persebaran Baja Konstruksi	51
4.3.5	Ketersediaan dan Persebaran Alat Berat	52
4.4	Alternatif Pemasok Kebutuhan Pembangunan Ibu Kota Negara	53
4.4.1	Alternatif Pemasok Semen	54
4.4.2	Alternatif Pemasok Aspal.....	55
4.4.3	Alternatif Pemasok Beton Precast	55
4.4.4	Alternatif Pemasok Baja Konstruksi.....	56
4.5	Kapal Alternatif	57
4.5.1	Kapal General Cargo (GC).....	57
4.5.2	Kapal Landing Craft Tank (LCT).....	57
4.5.3	Kapal Tanker	58
4.6	Truk Alternatif	59
BAB 5	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	61
5.1	Analisis Infrastruktur Ibu Kota Negara (IKN) Baru	61
5.1.1	Fungsi Utama.....	61
5.1.2	Fungsi Pendukung.....	62

5.1.3	Fungsi Penunjang.....	62
5.2	Analisis Kebutuhan Ibu Kota Negara Baru.....	63
5.2.1	Perhitungan Kebutuhan Semen.....	63
5.2.2	Perhitungan Kebutuhan Aspal.....	63
5.2.3	Perhitungan Kebutuhan Baja.....	64
5.2.4	Perhitungan Kebutuhan Beton.....	65
5.2.5	Perhitungan Kebutuhan Alat Berat.....	66
5.3	Analisis Pelabuhan.....	70
5.3.1	Pemasok dan Pelabuhan Asal.....	70
5.3.2	Pelabuhan Alternatif Tujuan.....	74
5.4	Perencanaan Rute Transportasi.....	76
5.4.1	Rute Transportasi Jalur Laut.....	77
5.4.2	Rute Transportasi Jalur Darat.....	77
5.5	Konsep Model Perencanaan Armada Transportasi.....	78
5.5.1	Skenario 1.....	79
5.5.2	Skenario 2.....	79
5.6	Tahap Pembuatan Model Optimasi.....	79
5.6.1	Perhitungan Waktu Operasional Kapal Alternatif.....	80
5.6.2	Perhitungan Biaya dan Charter Rate.....	85
5.6.3	Perhitungan jumlah dan Biaya Truk.....	90
5.7	Optimasi Alternatif 1.....	95
5.7.1	Proses Optimasi Skenario 1 dengan Solver.....	95
5.7.2	Hasil Keluaran (<i>output</i>) Proses Optimasi Model Skenario 1.....	96
5.8	Optimasi ALternatif 2.....	100
5.8.1	Proses Optimasi Skenario 2 dengan Solver.....	101
5.8.2	Hasil Keluaran (<i>output</i>) Proses Optimasi Model Skenario 2.....	101
5.9	Perbandingan Biaya Skenario 1 & 2.....	106
5.9.1	Perbandingan Penggunaan Kapal Sewa dengan Kapal Beli.....	106
5.9.2	Perbandingan Penggunaan Truk dengan Kapal.....	107
5.10	Schedule Macro Armada Transportasi Terpilih.....	108
5.11	Analisis Sensitivitas.....	111
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN.....	115
6.1	Kesimpulan.....	115

6.2	Saran.....	117
	DAFTAR PUSTAKA	118
	LAMPIRAN	120

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Estimasi <i>Cost</i> dan Pembiayaan Fisik Ibu Kota Negara	7
Tabel 2.2 Spesifikasi <i>Excavator</i> dan <i>Bulldozer</i>	9
Tabel 2.3 Spesifikasi <i>Vibration Roller</i>	10
Tabel 2.4 Spesifikasi <i>Dump Truck</i> non Jalan Raya	11
Tabel 2.5 Spesifikasi <i>Concrete Pump Truck</i> dan <i>Truck Mixer</i>	12
Tabel 2.6 <i>Hydraulic Static Pile Driver</i> (HSPD)	13
Tabel 3.1 Kebutuhan Data Penelitian	25
Tabel 4.1 Pembagian Lahan Ibu Kota Negara (IKN) baru	45
Tabel 4.2 Time Line Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru	46
Tabel 4.3 Infrastruktur Kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru	48
Tabel 4.4 Data PT. Semen Indonesia	54
Tabel 4.5 Data Perusahaan Semen Solusi Bangun Indonesia	54
Tabel 4.6 Data Perusahaan Semen Indocement Tunggal Prakarsa	55
Tabel 4.7 Lokasi Pabrik PT Wijaya Karya Beton dan Pelabuhan Terdekat	55
Tabel 4.8 Data Pabrik PT. Waskita Karya dan Pelabuhan Terdekat	56
Tabel 4.9 Data Perusahaan Krakatau Steel	56
Tabel 4.10 Spesifikasi Truk	59
Tabel 5.1 Berat Total dari Kebutuhan Peralatan	70
Tabel 5.2 Data Tarif dan Produktifitas Layanan Pelabuhan PT. Semen Gresik	71
Tabel 5.3 Data Tarif dan Produktifitas Layanan Dermaga Aspal PT. SAKA	72
Tabel 5.4 Data Tarif dan Produktifitas Layanan Pelabuhan Cigading	73
Tabel 5.5 Data Tarif dan Produktifitas Layanan Pelabuhan Tanjung Priok	74
Tabel 5.6 Perencanaan Rute Jalur Laut	77
Tabel 5.7 Skenario	78
Tabel 5.8 Data Kapal MT Makhambet	80
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Waktu Kapal MT. Makhambet	83
Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Frekuensi Kapal MT. Makhambet	83
Tabel 5.11 Perhitungan Waktu Operasional Kapal Alternatif Sewa	84
Tabel 5.12 Perhitungan Time Charter Hire Kapal MT. Makhambet	86
Tabel 5.13 Asumsi Harga Bahan Bakar	86
Tabel 5.14 Perhitungan Voyage Charter Hire Kapal MT. Makhambet	88
Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Biaya dan Charter Rate Kapal Alternatif Sewa	89

Tabel 5.16 Data Operasional Truk.....	90
Tabel 5.17 Jumlah Siklus Truk dalam Pengiriman Demand	93
Tabel 5.18 Jumlah Kebutuhan Truk Jalan Raya	93
Tabel 5.19 Hasil Optimasi Kapal Landing Craft Tank	97
Tabel 5.20 Hasil Optimasi Kapal General Kargo	98
Tabel 5.21 Hasil Optimasi Kapal Tanker	98
Tabel 5.22 Total Biaya Kapal Skenario 1	100
Tabel 5.23 Hasil Optimasi Ukuran Utama Kapal Milik.....	102
Tabel 5.24 Ringkasan Hasil Optimasi Kemampuan Supply Kapal Alternatif 2	103
Tabel 5.25 Total Biaya Kapal Skenario 2	105
Tabel 5.26 Schedule Macro Armada Transportasi Terpilih	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pusat Ibu Kota Negara Baru.....	3
Gambar 2.1 (a) <i>Excavator</i> (b) <i>Bulldozer</i>	9
Gambar 2.2 <i>Vibration Roller</i>	10
Gambar 2.3 <i>Dump Truck non Jalan Raya</i>	11
Gambar 2.4 (a) <i>Concrete Pump Truck</i> (b) <i>Truck Mixer</i>	12
Gambar 2.5 <i>Hydraulic Static Pile Driver</i>	13
Gambar 2.6 Pembagian Beban biaya Sesuai Tipe <i>Charter</i>	22
Gambar 4.1 Lokasi Ibu Kota Negara (IKN) baru	45
Gambar 4.2 Daerah Lokasi Fasilitas dan Gedung	47
Gambar 4.3 Persediaan dan Persebaran Semen di Indonesia	49
Gambar 4.4 Persediaan dan Persebaran Aspal di Indonesia.....	50
Gambar 4.5 Persediaan dan Persebaran Beton di Indonesia	51
Gambar 4.6 Persediaan dan Persebaran Baja di Indonesia	51
Gambar 4.7 Persediaan dan Persebaran Alat Berat di Indonesia.....	53
Gambar 5.1 Demand Material Ibu Kota Negara (IKN) baru.....	65
Gambar 5.2 Pelabuhan Tujuan Alternatif.....	75
Gambar 5.3 TUKS PT. DKI	75
Gambar 5.4 Pelabuhan Cita Sabut	76
Gambar 5.5 Rute Transportasi Pengiriman	77
Gambar 5.6 Rute Transportasi Jalur Darat	78
Gambar 5.7 Diagram Alir Proses Optimasi Skenario 1	96
Gambar 5.8 Hasil Optimasi Model Skenario 1	97
Gambar 5.9 Diagram Alir Proses Optimasi Skenario 2	101
Gambar 5.10 Hasil Optimasi Model Skenario 2.....	102
Gambar 5.11 Perbandingan Unit Cost Kapal Sewa dengan Kapal Milik	107
Gambar 5.12 Perbandingan Unit Cost Pada Rute Pengiriman Lanjutan	108
Gambar 5.13 Analisis Sensitivitas Antara Permintaan Terhadap Jumlah Kapal.....	111
Gambar 5.14 Analisis Sensitivitas Antara Permintaan Terhadap DWT Kapal	112
Gambar 5.15 Analisis Sensitivitas Antara Permintaan Terhadap Unit Cost	112
Gambar 5.16 Analisis Sensitivitas Antara Waktu Terhadap Unit Cost	113
Gambar 5.17 Analisis Sensitivitas Antara Waktu Terhadap DWT	114
Gambar 5.18 Analisis Sensitivitas Antara Waktu Terhadap Jumlah Kapal.....	114

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pasal 5 UU 29 tahun 2007 tentang Pemprov DKI Jakarta disebutkan bahwa Provinsi DKI Jakarta berperan sebagai Ibu Kota Negara Kesatuan Republik Indonesia yang memiliki kekhususan tugas, hak, kewajiban, dan tanggung jawab tertentu dalam penyelenggaraan pemerintahan. Hal ini bermakna bahwa Jakarta sebagai Ibu Kota NKRI bukan hanya berarti memiliki hak dan kewenangan khusus saja tetapi juga memiliki kewajiban dan tanggung jawab. Karena kekhususan tersebut, maka terdapat kewajiban Pemprov DKI kepada Presiden RI (pasal 26 ayat 7). Urusan-urusan yang harus dipertanggung jawabkan penyelenggaraannya ke Presiden RI itu meliputi bidang: a. tata ruang, sumber daya alam, dan lingkungan hidup; b. pengendalian penduduk dan pemukiman; c. transportasi; d. industri dan perdagangan; dan e. pariwisata.

Beban DKI Jakarta sebagai Ibu Kota Negara Republik Indonesia yang berlokasi di Pulau Jawa dipandang sudah terlalu berat, dengan demikian Ibu Kota Negara (IKN) baru harus berlokasi di luar Pulau Jawa, lebih tepatnya di Kabupaten Panajam Paser Utara dan Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Berdasarkan pemaparan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional ada empat alasan yang mendasari Ibu Kota Negara harus pindah (Kompas.com, 2019), yaitu: 1. Penduduk Pulau Jawa terlalu padat, Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) pada tahun 2015 menyebutkan 56,56% atau 147.828.100 jiwa masyarakat Indonesia terkonsentrasi di Pulau Jawa; 2. Disparitas Ekonomi antar wilayah, dimana Pulau Jawa memiliki kontribusi ekonomi sebesar 58,49% sementara pulau lainnya jauh tertinggal; 3. Krisis kelangkaan air bersih yang mengancam Pulau Jawa; 4. Konversi lahan di Pulau Jawa mendominasi, proporsi konsumsi lahan terbangun di Pulau Jawa mendominasi bahkan mencapai lima kali lipat dari Pulau Kalimantan.

Pada perencanaannya Ibu Kota Negara (IKN) Baru akan mulai dibangun pada tahun 2021 dan akan rampung hingga pada tahap 2 tahun 2029. Kebutuhan infrastruktur yang akan dibangun pada Ibu Kota Negara (IKN) baru ini dibagi menjadi 3 fungsi yaitu:

1. Fungsi utama:

- a. Gedung legislatif.

- b. Gedung eksekutif.
- c. Gedung yudikatif.

2. Fungsi Pendukung:

- a. Gedung
- b. Rumah dinas
- c. Fasilitas pendidikan.
- d. Fasilitas kesehatan.

3. Fasilitas Penunjang:

- a. Sarana
- b. Prasarana

Pada proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, sudah diperkirakan akan membutuhkan banyak material konstruksi dan alat berat. Setidaknya ada empat material yang dibutuhkan saat ini, yaitu semen, aspal, baja konstruksi, dan beberapa alat berat (Simorangkir, 2019). Sehingga rantai pasok material dan peralatan konstruksi pembangunan IKN baru perlu dipersiapkan secara efektif dan efisien, hal tersebut sangat dibutuhkan lantaran mayoritas *supply* material dan alat berat konstruksi pembangunan infrastruktur di Pulau Kalimantan selama ini berasal dari luar pulau tersebut. Dimana sebagian besar *supply* material dan peralatan untuk Pulau Kalimantan bersumber dari Pulau Jawa, dan sebagian lainnya bersumber dari Pulau Sumatera dan Pulau Sulawesi. Sehingga untuk melancarkan pengangkutan kebutuhan pembangunan IKN baru dalam jumlah besar dan melewati antar pulau, dibutuhkan sebuah armada transportasi laut yang akan mengirimkan semua kebutuhan tersebut. Akan tetapi, saat ini belum tersedia armada Transportasi Laut khusus yang direncanakan untuk memenuhi semua kebutuhan.



Sumber : [google.co.id/maps](https://www.google.co.id/maps)

Gambar 1.1 Lokasi Pusat Ibu Kota Negara Baru

Sementara itu berdasarkan Gambar 1.1 di atas, diperlihatkan bahwa mengirimkan material dan peralatan menuju lokasi pusat IKN baru yang berada di Bukit Raya, bisa dilakukan dengan mengirimkan kebutuhan tersebut menuju pelabuhan-pelabuhan yang tersedia di sekitar lokasi pembangunan, dan juga terlihat bahwa pengiriman kebutuhan pembangunan bisa dilakukan langsung menuju pusat IKN baru karena terdapat akses jalan di sekitar lokasi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut tentang perencanaan transportasi guna mengangkut seluruh kebutuhan pembangunan IKN baru dari pusat-pusat material dan alat berat menuju titik lokasi terdekat dengan IKN baru, agar biaya dan waktu pembangunan bisa terpenuhi seperti target. Dengan adanya perencanaan transportasi laut tersebut dapat digunakan untuk mengetahui armada transportasi, titik awal dan akhir pengiriman yang efektif dan efisien, sehingga dapat digunakan untuk bahan pertimbangan pihak Pemerintah yang hendak membuat kebijakan untuk memilih armada transportasi pengiriman kebutuhan pembangunan IKN baru.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang diajukan pada penelitian ini adalah :

1. Berapa jumlah kebutuhan material dan alat berat untuk pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru?

2. Dimana daerah *supply* material dan alat berat yang berpeluang untuk memenuhi permintaan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru?
3. Dimana titik lokasi akhir pengiriman material dan alat konstruksi yang dekat dengan Ibu Kota Negara (IKN) baru?
4. Bagaimana armada transportasi yang optimal untuk mendukung pengiriman permintaan material dan alat berat menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui jumlah kebutuhan material dan alat berat untuk pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.
2. Mengetahui daerah *supply* material dan alat berat yang berpeluang untuk memenuhi permintaan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.
3. Mengetahui titik lokasi akhir pengiriman material dan alat berat konstruksi yang dekat dengan Ibu Kota Negara (IKN) baru.
4. Mengetahui armada transportasi yang optimal untuk mendukung pengiriman permintaan material dan alat berat menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.

1.4 Manfaat

Manfaat pada Tugas Akhir ini ditujukan bagi pemerintah Indonesia. Manfaat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Memberi masukan mengenai alat transportasi yang efektif dan efisien, agar mempermudah proses pengiriman material dan alat berat yang dibutuhkan bagi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.
2. Memberi gambaran biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman material dan alat berat untuk pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.
3. Memberi gambaran mengenai titik awal dan akhir pengiriman.

1.5 Hipotesis

Dugaan awal penelitian ini adalah pengangkutan akan efektif dan efisien dengan menggunakan kapal *Landing Craft Tank* (LCT) untuk mengangkut alat berat, menggunakan kapal *Tanker* untuk mengangkut muatan cair, dan menggunakan kapal *Bulk Carrier* untuk

mengangkut muatan curah kering. Pengiriman dengan kapal besar dilanjutkan dengan menggunakan kapal kecil untuk sampai ke titik akhir pengiriman diperkirakan akan lebih memperoleh hasil optimum.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Komoditas yang diteliti pada Tugas Akhir ini yaitu material dengan jenis semen, aspal, beton *precast*, baja konstruksi, dan alat berat dengan jenis *Earth Work* yaitu *Excavator* dan *Bulldozer*, *Paving Equipment* yaitu *Vibration Roller*, *Transportation* yaitu *Dump Truck non Jalan Raya*, *Concrete Activity* yaitu *Concrete Pump Truck* dan *Truck Mixer*, dan yang terakhir *Fondation Equipment* yaitu *Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)*
2. Moda transportasi Laut yang digunakan adalah kapal dengan jenis *Landing Craft Tank (LCT)*, *General Cargo (GC)*, dan *Tanker*.
3. Moda transportasi darat yang digunakan adalah *truck* jalan raya..
4. Penentuan *demand* untuk Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru dihitung berdasarkan fungsi pembangunan atau tahap pembangunan .

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan ini menjelaskan dasar teori yang sesuai dengan penelitian yang dibahas dan dikerjakan dalam tugas Akhir. Terdapat gambaran terhadap penelitian atau bahasan yang telah dilakukan sebelumnya.

2.1 Pembangunan Ibu Kota Negara Baru

Melalui rapat terbatas Pemerintah pada tanggal 29 April 2019, Presiden Joko Widodo memutuskan untuk memindahkan Ibu Kota Negara (IKN) ke luar Pulau Jawa. Dan akhirnya pada tanggal 26 Agustus 2019, Presiden Joko Widodo mengumumkan bahwa Ibu Kota Negara (IKN) baru akan dibangun di wilayah administratif Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur. Tentunya untuk mewujudkan pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) baru tersebut harus memenuhi kebutuhan infrastruktur sumber daya air, jalan dan jembatan, dan perumahan. Dengan menilik kebutuhan infrastruktur kawasan tersebut, diperkirakan total kebutuhan pembiayaan pembangunan kawasan Ibu Kota Negara (IKN) baru 2020-2024 mencapai Rp. 256 Triliun. Alokasi pembiayaan untuk masing-masing jenis infrastruktur tersebut yaitu (Kementrian PUPR, 2019):

- a. Sumber daya air : Rp. 9,980 Triliun
- b. Jalan dan jembatan : Rp. 5,500 Triliun
- c. Pemukiman : Rp. 24,820 Triliun
- d. Perumahan : Rp. 215,40 Triliun

Untuk semua kebutuhan gedung dan sarana/prasarana pemerintah membagi menjadi beberapa fungsi beserta skema pembiayaannya, yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Estimasi Cost dan Pembiayaan Fisik Ibu Kota Negara

No	Komponen Kebutuhan	Cost Project (T-Rp)	Sumber Pembiayaan (Rp-T)		
			APBN	Skema KPBU	Swasta
A.	Fungsi Utama :	32,7			
	1. Gedung Legislatif			v	
	2. Gedung Eksekutif			v	
	3. Gedung Yudikatif			v	
	4. Istana Negara dan Bangunan Strategis TNI/POLRI		v		
B.	Fungsi Pendukung :	265,1			
	1. Rumah dinas			v	
	2. Sarana Pendidikan (SD, SMP & SMA)				v
	3. Sarana Pendidikan (Perhuruan Tinggi)			v	v

No	Komponen Kebutuhan	Cost Project (T-Rp)	Sumber Pembiayaan (Rp-T)		
			APBN	Skema KPBU	Swasta
	4. Sarana Kesehatan			v	
	5. Lembaga Pemasarakatan			v	
	Fungsi Penunjang :				
C.	1. Sarana dan Prasarana (Jalan, listrik, telekomunikasi, air minum, drainase, pengolahan limbah, sarana OR)	156,2		v	
	2. Ruang Terbuka hijau	4	v		
D.	Pengadaan Lahan	8	v		
Total		466	30,6	340,6	95

Sumber : Kementerian PUPR 2019 (diolah kembali)

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat diketahui bahwa komponen kebutuhan dibagi atas 4 fungsi utama yang merupakan gedung pemerintahan dan bangunan strategis TNI/ POLRI, fungsi pendukung yang termasuk rumah dinas, sarana pendidikan, sarana kesehatan dan lembaga pemasyarakatan, fungsi penunjang yang termasuk sarana dan prasarana seperti jalan, listrik, telekomunikasi, air minum, drainase, pengolahan limbah, sarana olah raga serta ruang terbuka hijau, dan yang terakhir adalah pengadaan lahan. Dari keempat komponen kebutuhan fungsi pendukung memiliki anggaran paling banyak 265,1 Triliun.

2.2 Rantai Pasok Jasa Konstruksi

Sesuai dengan UUKJ No.2/ 2017 Pasal 5 Ayat (1) Huruf (d) Rantai pasok jasa konstruksi adalah alur kegiatan dan distribusi material, peralatan, dan teknologi yang digunakan dalam pelaksanaan jasa konstruksi. Rantai pasok konstruksi mencakup koordinasi semua bagian dari pemasok, kontraktor, dan pengguna jasa, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam mencapai tujuan proyek (Dr. Ir. Syarif Burhanuddin, 2019).

Rantai pasok jasa konstruksi memiliki beberapa tantangan yang disingkat 5M (*Man, Machine, Method, Material, Money*). Dalam tugas akhir ini, akan membahas 2 (dua) dari 5(lima) tantangan tersebut, yaitu alat angkut yang optimum terhadap *Machine* dan *Material*.

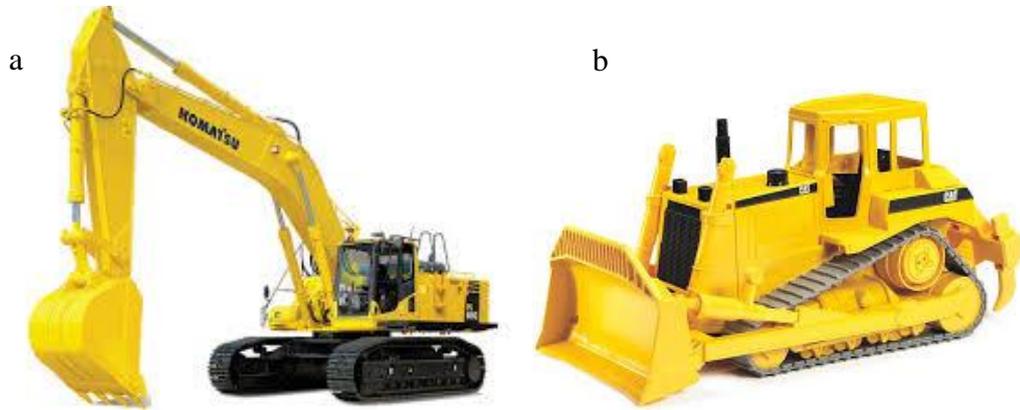
2.2.1 *Machine* (Alat Berat)

Untuk mendukung dan merealisasikan Ibu Kota Negara (IKN) baru tentunya membutuhkan alat berat. Penting untuk mengetahui ketersediaan alat berat dan persebarannya, sehingga dapat ditentukan proses mobilisasi alat berat dari daerah asal menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Jenis peralatan konstruksi yang dibutuhkan dalam mendukung

pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, dibagi menjadi 5 jenis peralatan sebagai berikut (Kementrian PUPR, 2019):

1. *Earth works*

Earth works dibutuhkan untuk mendukung pembukaan lahan dan penyesuaian kontur tanah (*cut and fill*). Alat berat yang dibutuhkan adalah *excavator* dan *bulldozer*.



Gambar 2.1 (a) Excavator (b) Bulldozer

Kedua jenis peralatan ini akan bekerja bersamaan dalam proses pembukaan lahan Ibu Kota Negara (IKN) baru, yang mana pada tahap awal *Excavator* akan digunakan dalam proses penggalian tanah, sedangkan *Bulldozer* diperlukan untuk proses perataan tanah, menarik dan mendorong material (tanah, pasir, dsb). Berikut adalah data terkait *Excavator* dan *Bulldozer* yang dipergunakan pada penelitian ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi Excavator dan Bulldozer

Jenis Data	Spesifikasi		Satuan
	<i>Excavators</i>	<i>Bulldozer</i>	
Merk	<i>Caterpillar Japan</i>	<i>Komatsu</i>	-
Nama Alat	<i>Excavators Crawled</i>	<i>Tractors Crawled</i>	-
Berat	7,24	2,87	Ton
Panjang	6,07	3,45	Meter
Lebar	2,20	2,30	Meter
Tinggi	2,63	2,09	Meter

Berdasarkan Tabel 2.2 diketahui berat, panjang, lebar, dan tinggi dari peralatan yang dipergunakan. Data yang tercantum tersebut merupakan konsidi peralatan saat proses pengiriman menggunakan alat transportasi.

2. *Paving Equipment*

Paving Equipment dibutuhkan untuk membangun jaringan jalan baru. alat berat yang digunakan adalah *Vibration Roller*.



Gambar 2.2 *Vibration Roller*

Vibration Roller berguna untuk menggilas, memadatkan hasil timbunan sehingga kepadatan permukaan yang dihasilkan lebih sempurna. Berikut adalah data terkait *Vibration Roller* yang yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2.3 Spesifikasi *Vibration Roller*

Jenis Data	Spesifikasi Cibration Roller	Satuan
Merk	Caterpillar CB7	-
Nama Alat	Vibratory Asphalt Compactor	-
Berat	7,99	Ton
Panjang	4,57	Meter
Lebar	1,67	Meter
Tinggi	2,98	Meter

Tabel 2.3 merupakan data keadaan *Vibration Roller* pada saat dikirim dengan menggunakan moda transportasi dari daerah asal menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Data tersebut berupa berat, panjang, lebar, dan tinggi yang nilainya secara berurutan adalah 7,99 ton, 4,57 meter, 1,67 meter, dan 2,98 meter

3. *Transportation (Truk)*

Alat transportasi dibutuhkan untuk proses pemindahan tanah hasil pembukaan lahan dari lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru menuju wilayah luar Ibu Kota. Alat transportasi yang dibutuhkan tersebut adalah berupa *Dump Truck* proyek atau *Dump Truck non Jalan Raya*.



Gambar 2.3 Dump Truck non Jalan Raya

Dump Truck non Jalan Raya berbeda dengan *dump truck* jalan raya, *truck* ini direncanakan beroperasi hanya sekitaran lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru dan tidak melalui jalanan aspal (jalan nasional). Berikut adalah spesifikasi dimensi *Dump Truck non* Jalan Raya pada saat proses pengiriman alat tersebut:

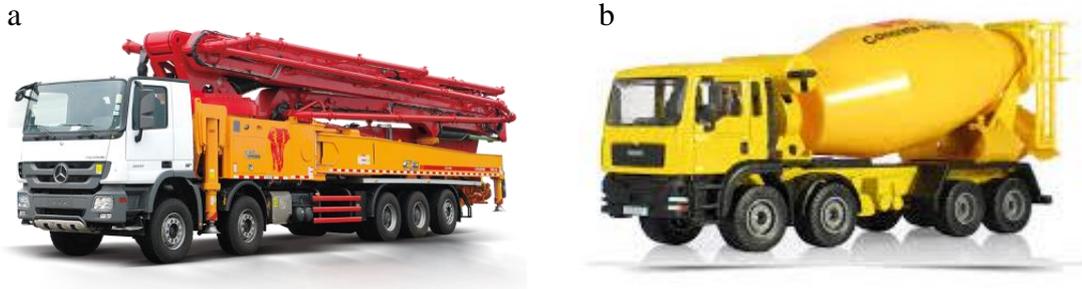
Tabel 2.4 Spesifikasi *Dump Truck non* Jalan Raya

Jenis Data	Spesifikasi Truck	Satuan
Merk	Caterpillar 797	-
Nama Alat	Dump Truck Non Jalan Raya	-
Berat	32,57	Ton
Panjang	14,50	Meter
Lebar	9,14	Meter
Tinggi	7,21	Meter

Tabel 2.4 merupakan data kondisi *Dump Truck non* Jalan Raya pada saat proses pengiriman dari daerah asal menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Data tersebut terdiri dari berat, panjang, lebar, dan tinggi yang nilainya secara berurutan sebesar 32,57 ton, 14,50 meter, 9,14 meter, dan 7,21 meter.

4. *Concrete Activity*

Salah satu bentuk pembangunan fisik utama Ibu Kota Negara (IKN) baru yaitu bangunan gedung dan rumah, dimana komponen terbesar dari gedung dan rumah tersebut adalah beton. Sehingga dalam proses pembuatan beton sangat dibutuhkan peralatan penyalur dan pembuat olahan beton tersebut. Alat berat yang diperlukan adalah *Concrete Pump Truck* dan *Truck Mixer*.



Gambar 2.4 (a) *Concrete Pump Truck* (b) *Truck Mixer*

Concrete Pump Truck merupakan alat untuk memompa dan menyalurkan adonan beton dari bawah ke tempat pengecoran yang sulit dijangkau oleh truck penyampur adonan beton. Sementara itu, *Truck Mixer* berguna dalam proses mengolah dan mencampurkan adonan beton sebelum disalurkan oleh *Concrete Pump Truck*.

Tabel 2.5 Spesifikasi *Concrete Pump Truck* dan *Truck Mixer*

Jenis Data	Spesifikasi		Satuan
	<i>Concrete Pump Truck</i>	<i>Truck Mixer</i>	
Merk	Huaxing	Hino SY5250GJB8	-
Nama Alat	48M Concrete Pump Truck	Truck Mixer	-
Berat	38,00	25,00	Ton
Panjang	13,30	8,60	Meter
Lebar	2,50	2,49	Meter
Tinggi	4,00	3,88	Meter

Dari Tabel 2.5 didapat informasi mengenai berat 1 (satu) unit *Concrete Pump Truck* dan *Truck Mixer* yang harus diangkut oleh armada transportasi dari daerah asal hingga sampai ke wilayah pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Berat 1 (satu) unit *Concrete Pump Truck* dan *Truck Mixer* secara berurutan adalah 38 ton dan 25 ton.

5. *Fondation Equipment*

Setelah pekerjaan tanah dilakukan dan sebelum mendirikan bangunan dikerjakan sangat membutuhkan ketersediaan peralatan terkait fondasi. Alat yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah alat pemasang tiang pancang. Pada penelitian ini alat pemasang tiang pancang yang digunakan adalah *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD).



Gambar 2.5 Hydraulic Static Pile Driver

Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) merupakan alat berat yang berguna dalam 2 jenis kegiatan yaitu pertama menggunakan *crane* untuk mengangkat dan *Hidraulic Static* untuk menancapkan fondasi tiang pancang.

Tabel 2.6 Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)

Jenis Data	Spesifikasi Pondations Equipment	Satuan
Merk	<i>TMC Sunward</i>	-
Nama Alat	<i>Hydraulic Static Pile Driver</i>	-
Berat	32,00	Ton
Panjang	13,40	Meter
Lebar	7,31	Meter
Tinggi	3,38	Meter

Tabel 2.6 merupakan data kondisi *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) pada saat proses pengiriman dari daerah asal menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Data tersebut terdiri dari berat, panjang, lebar, dan tinggi yang nilainya secara berurutan sebsar 32 ton, 13,40 meter, 7,31 meter, dan 3,38 meter.

2.2.2 Material

Material merupakan salah satu hal penting yang dibutuhkan untuk pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) Baru. Sesuai dengan informasi dari Kementerian Pembangunan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), bahan mentah yang dibutuhkan terdiri dari 4 (empat) jenis yaitu (Kementerian PUPR, 2019):

1. Semen

Dalam pembangunan fisik baik pada fungsi utama maupun fungsi penunjang yang terdiri dari gedung atau rumah, sudah bisa dipastikan akan membutuhkan bahan material semen. Proyek Ibu Kota Negara (IKN) baru merupakan proyek pembangunan/konstruksi, sementara itu dalam suatu proyek konstruksi semen

umumnya dipergunakan sebagai bahan perekat yang dapat mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh. Sehingga penting bagi proyek Ibu Kota Negara (IKN) baru untuk merencanakan mobilitas semen dari daerah asal menuju daerah tujuan (kawasan ibu kota negara baru).

2. Aspal

Pada pembangunan fisik Ibu Kota Negara (IKN) baru, terdapat pembangunan fungsi menunjang yang didalamnya ada rencana pembangunan jalan raya yang terdiri dari tol ataupun jalan nasional. Ke 2 (dua) jenis jalan raya tersebut sangatlah membutuhkan aspal, karena aspal sangat berguna sebagai bahan perekat batuan dan pelapis permukaan tanah yang bisa mencair apabila dipanaskan dan membeku pada saat suhunya sudah turun.

3. Baja Konstruksi

Untuk merealisasikan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru jika dilihat dari semua sisi pembangunan fisik, baik itu fungsi utama dan pendukung yang kebanyakan membangun gedung-gedung, serta fungsi penunjang yang membangun jembatan dan sarana transportasi sudah dipastikan akan membutuhkan banyak membutuhkan material baja konstruksi. karena pada proyek pembangunan, baja konstruksi akan berguna sebagai material pembuat kerangka bangunan, atap gelombang, genteng metal rangka atap sebagai pengganti beton dan kayu. Karena material baja konstruksi ini jauh lebih kokoh dan tahan lama dibandingkan material lainnya. Dan penggunaan baja konstruksi sebagai material pembangunan Ibu Kota Negara Baru ini bisa meminimalisir pengeksploitasi kayu.

4. Beton

Material ke 4 (empat) yang dibutuhkan oleh Ibu Kota Negara (IKN) baru adalah beton pracetak dan beton prategang. Beton pracetak merupakan konstruksi yang komponen pembentuknya dicetak atau difabrikasi (SNI 7832-2012). Sementara itu, beton prategang adalah merupakan beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan Tarik potensial dalam akibat beban kerja (SNI 03-2847-2002). Ke dua jenis beton tersebut akan mempercepat, mempermudah, dan memperkuat bangunan rumah, gedung, dan jembatan karena pada prosesnya pembuatan kedua beton tersebut sudah diproduksi terlebih dahulu di pabrik dengan keseragaman bentuk dan mutu, sehingga tidak perlu di proses kembali di lokasi pembangunan.

2.3 Tinjauan Biaya Transportasi Laut

Menurut (Leli, 2016) pada pelayaran tidak terdapat standar *cost classification* yang dapat diterima secara internasional, maka dari itu digunakan pendekatan dalam hal pengklasifikasiannya. Niko Wijmolst dan Tor Wergeland dalam bukunya yang berjudul *Shipping*, biaya ini dibagi menjadi 4 kategori:

1. Biaya modal (*capital cost*)
2. Biaya operasional (*operational cost*)
3. Biaya pelayaran (*voyage cost*)
4. Biaya bongkar muat (*cargo handling cost*)

Dari kategori biaya di atas, biaya tersebut dapat dikelompokkan menjadi biaya tetap atau *fixed cost* dan biaya tidak tetap atau *variable cost*. Menurut (Harnanto, 2003) biaya tetap adalah biaya yang jumlahnya sampai tingkat kegiatan tertentu relatif sama dan tidak terpengaruh oleh perubahan volume kegiatan. Biaya tidak tetap adalah biaya yang jumlahnya berubah sebanding dengan perubahan volume kegiatan, namun biaya per-unitnya tetap. Artinya, jika volume kegiatan diperbesar dua kali lipat, maka total biaya juga menjadi dua kali lipat dari jumlah semula. Nilai biaya variabel berubah secara marjinal. Penjumlahan biaya tetap dan biaya variabel merupakan biaya keseluruhan. Biaya keseluruhan atau *total cost* terdiri dari beberapa komponen biaya dan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$TC = CC + OC + VC + CHC \quad (2.1)$$

Keterangan:

TC : *Total cost* (Rp)

CC : *Capital cost* (Rp)

OC : *Operational cost* (Rp)

VC : *Voyage cost* (Rp)

CHC : *Cargo handling cost* (Rp)

Komponen total biaya pada rumus 2.1 terdiri dari penjumlahan biaya modal (*capital cost/CC*), biaya operasional (*operational cost/OP*), biaya pelayaran (*voyage cost/VC*) dan biaya bongkar muat (*cargo handling cost/CHC*). Keempat komponen total biaya tersebut dapat pula dikelompokkan menjadi biaya langsung dan tidak langsung. Menurut (Hilton, 2006) biaya langsung adalah biaya yang terjadi pada suatu segmen dan terjadinya karena adanya segmen tersebut. Biaya ini merupakan biaya yang dapat ditelusuri dengan jelas dan nyata ke bagian segmen tertentu yang akan dianalisis. Sedangkan biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak

secara langsung berkaitan dengan segmen. Contoh biaya tidak langsung adalah gaji dari eksekutif perusahaan.

Dalam perhitungan biaya total untuk kapal dengan sistem *charter*, komponen biaya yang harus dibayarkan oleh penyewa kapal dan pemilik kapal berbeda sesuai dengan tipe *charter* dalam persetujuannya. Dalam industri migas, *Time charter* adalah tipe *charter* yang lazim digunakan. Sehingga terdapat komponen biaya yang dinamakan *Time charter Hire* (TCH) yaitu biaya sewa kapal dengan satuan Rp/hari atau per satuan waktu lainnya. Komponen TCH mewakili biaya modal dan biaya operasional, sehingga biaya total dengan sistem *Time charter* bagi penyewa kapal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TC = TCH + VC + CHC \quad (2.2)$$

Keterangan:

TC = *Total cost*

VC = *Voyage cost*

CHC = *Cargo handling cost*

2.3.1 Biaya Modal (*Capital cost*)

Biaya modal merupakan biaya pengadaan armada yang dikeluarkan oleh perusahaan pelayaran. Besar biaya modal untuk kapal baru dan kapal lama atau kapal bekas berbeda. Dalam (Kumar, 2015) dijelaskan bahwa biaya modal tergantung pada dua hal yaitu:

- a. Sumber biaya untuk pembelian kapal. Jika dibiayai dengan pinjaman maka tergantung pada ukuran pinjaman (*size of loan*), sumber pinjaman (*source of loan*), suku bunga (*interest rate*) dan ketentuan pinjaman (*terms of loan*). Sehingga harga kapal dapat dirumuskan pada rumus 2.3 berikut.

$$\begin{aligned} \text{Harga Akhir dari Kapal} &= \text{Harga Kapal} + \text{Bunga Harga Kapal} \\ &= \text{Harga Kapal} + (n \times \text{Angsuran}) \end{aligned} \quad (2.3)$$

Keterangan:

n = jangka waktu pinjaman

- b. Penyusutan atau depresiasi. Biaya ini dipengaruhi oleh penurunan nilai aset dan alokasi biaya aset berwujud untuk periode dimana aset tersebut digunakan. Contohnya biaya dari aset, nilai sisa aset yang diharapkan, estimasi masa manfaat aset, metode pembagian biaya selama aset digunakan.

$$\text{Biaya Penyusutan} = \frac{\text{harga Kapal} - \text{Biaya Residu}}{\text{Masa Penyusutan}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

Biaya Residu	= 5% dari harga kapal
Masa Penyusutan	= 25 tahun (kapal baru) dan 20 tahun (kapal lama)

2.3.2 Biaya Operasional (*Operating Cost*)

Dalam (Leli, 2016) *operating cost* adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan untuk aspek-aspek operasional sehari-hari kapal untuk membuat kapal selalu dalam keadaan siap berlayar. Biaya operasional terdiri dari beberapa komponen aspek operasional kapal dan setiap aspek ini harus selalu terpenuhi, jika tidak maka kapal tidak dapat dikatakan siap berlayar. Komponen-komponen tersebut dijelaskan pada rumus 2.5 berikut.

$$OC = M + ST + MN + I + AD \quad (2.5)$$

Keterangan:

OC	= Operating Cost
M	= Manning
ST	= Stores
MN	= Maintenance and Repair
I	= Insurance
AD	= Administrasi

Dalam rumus 2.5, yang termasuk biaya operasional adalah biaya ABK, perawatan dan perbaikan, stores, bahan makanan, minyak pelumas, asuransi dan administrasi. Berikut ini adalah penjelasan dari komponen-komponen biaya operasional di atas:

a. Biaya ABK atau *Manning Cost*

Merupakan biaya langsung maupun tidak langsung untuk anak buah kapal (ABK). ABK adalah orang yang mengemudikan kapal atau membantu dalam operasi, perawatan atau pelayanan dari sebuah kapal. Dalam hal ini ABK berarti seluruh orang yang bekerja di atas kapal. Biaya ABK tersebut meliputi gaji pokok dan tunjangan, asuransi sosial dan uang pensiun. Besarnya biaya ABK ditentukan oleh jumlah kru dan posisi atau jabatan dari ABK tersebut. Umumnya struktur kerja pada sebuah kapal dibagi menjadi Perwira Departemen Dek, Perwira Departemen Mesin dan Ratings atau bawahan (terdiri dari bagian dek, bagian mesin dan bagian permakanan). Masing masing bagian memiliki tugas dan tanggung jawab sendiri dan seluruh tanggung jawab terletak pada kapten kapal selaku pimpinan pelayaran. Berikut ini adalah contoh umum struktur pekerjaan di sebuah kapal:

1. Kapten/nahkoda/*Master* adalah pimpinan dan penanggung jawab pelayaran.

2. Mualim I/*Chief Officer/Chief Master* adalah orang yang bertugas mengatur muatan, persediaan air tawar dan sebagai pengatur arah dan navigasi.
 3. Mualim II/*Second Officer/Second Mate* adalah orang yang bertugas membuat jalur atau rute peta pelayaran yang akan dilakukan dan pengatur arah navigasi.
 4. Markonis/*Radio Officer/Spark* adalah orang yang bertugas sebagai operator radio dan komunikasi serta bertanggung jawab menjaga keselamatan kapal dari marabahaya.
 5. Kepala Kamar Mesin (KKM)/*Chief Engineer* adalah pimpinan dan penanggung jawab atas semua mesin yang ada di kapal itu baik mesin induk, mesin bantu, mesin pompa, mesin *crane*, mesin sekoci, mesin kemudi, mesin freezer, dll.
 6. Masinis 1/*First Engineer* adalah orang yang bertanggung jawab atas mesin induk.
 7. Masinis 2/*Second Engineer* adalah orang yang bertanggung jawab atas semua mesin pompa.
 8. Juru Listrik/*Electrician* adalah orang yang bertanggung jawab atas semua mesin yang menggunakan tenaga listrik dan seluruh tenaga cadangan.
 9. Juru Minyak/*Oiler* adalah orang yang membantu para masinis atau *engineer*.
 10. *Botsun* atau *boatswain* atau serang adalah kepala kerja bawahan.
 11. *Able Bodied Seaman (AB)* atau juru mudi.
 12. *Ordinary Seaman (OS)* adalah kelasi atau *sailor*.
 13. Juru pompa atau *pumpman* (khusus untuk kapal tanker).
 14. Mandor adalah kepala kerja *oiler* dan *wiper*.
 15. Juru las atau *fitter*.
 16. *Wiper*
 17. Juru masak/*cook* adalah orang yang bertanggung jawab atas segala makanan, baik itu memasak, pengaturan menu makanan dan persediaan makanan.
 18. *Mess Boy*/pembantu adalah orang yang bertugas membantu juru masak.
- b. Biaya Perbekalan atau *Store Cost*
- Biaya perbekalan disebut juga dengan biaya persediaan dan dikategorikan menjadi dua macam, yaitu untuk keperluan kapal (cadangan perlengkapan kapal dan peralatan kapal) dan keperluan ABK (bahan makanan).
- c. Biaya Perawatan dan Perbaikan atau *Repair and Maintenance Cost*

Merupakan biaya perawatan dan perbaikan mencakup semua permintaan untuk mempertahankan kondisi kapal sesuai standar kebijakan perusahaan maupun persyaratan badan klasifikasi, biaya ini dibagi menjadi 3 kategori, yaitu survei klasifikasi, perawatan rutin, dan perbaikan.

d. Biaya Asuransi atau *Insurance Cost*

Merupakan biaya asuransi yaitu komponen pembiayaan yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi. Komponen pembiayaan ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung pertanggunganan dan umur kapal. Hal ini menyangkut sampai sejauh mana resiko yang dibebankan melalui klaim pada perusahaan asuransi. Makin tinggi resiko yang dibebankan, makin tinggi pula premi asuransinya. Umur kapal juga mempengaruhi rate premi asuransi yaitu rate yang lebih tinggi akan dikenakan pada kapal yang lebih tua umurnya. Ada dua jenis asuransi yang dipakai perusahaan pelayaran terhadap kapalnya, yaitu: *Hull and Machinery Insurance (H&M)* dan *Protection and Indemnity Insurance (P&I)*

e. Biaya Administransi

Biaya administrasi diantaranya adalah biaya pengurusan surat-surat kapal, biaya sertifikat dan pengurusannya, biaya pengurusan ijin kepelabuhan maupun fungsi administratif lainnya, biaya ini disebut juga biaya overhead yang besarnya tergantung dari besar kecilnya perusahaan dan jumlah armada yang dimiliki.

2.3.3 Biaya Pelayaran (*Voyage cost*)

Merupakan biaya-biaya variabel yang dikeluarkan kapal untuk permintaan selama pelayaran. Komponen-komponen biaya pelayaran adalah bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, ongkos-ongkos pelabuhan, pemanduan dan tunda.

$$VC = FC + PD + TP \quad (2.6)$$

Keterangan:

VC = *Voyage cost*

PD = *Port Dues* (ongkos pelabuhan)

FC = *Fuel Cost*

TP = *Tunda dan pandu*

Biaya pelayaran ini berubah secara marjinal dengan aktivitas bisnis dan semua unit yang diproduksi. Berikut ini adalah penjelasan dari komponen-komponen biaya pelayaran di atas:

1. *Fuel cost*

Konsumsi bahan bakar kapal tergantung dari beberapa variabel seperti ukuran, bentuk dan kondisi lambung, pelayaran bermuatan atau ballast, kecepatan, cuaca (gelombang, arus laut, angin), jenis dan kapasitas mesin induk dan motor bantu, jenis dan kualitas bahan bakar. Biaya bahan bakar tergantung pada konsumsi harian bahan bakar selama berlayar dilaut dan dipelabuhan dan harga bahan bakar. Jenis bahan bakar yang dipakai ada 3 macam : HSD, MDO dan HFO.

2. *Port cost*

Pada saat kapal dipelabuhan biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi *port dues* dan *service charges*. *Port dues* adalah biaya yang dikenakan atas penggunaan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam pelabuhan dan infrastruktur lainnya yang besarnya tergantung volume cargo, berat cargo, GRT kapal dan NRT kapal. *Service charge* meliputi jasa yang dipakai kapal selama dipelabuhan termasuk pandu dan tunda.

a. Jasa labuh

Jasa labuh dikenakan terhadap kapal yang menggunakan perairan pelabuhan. Tarif jasa labuh didasarkan pada gross register ton dari kapal yang dihitung per 12 hari.

b. Jasa tambat

Setiap kapal yang berlabuh di pelabuhan Indonesia dan tidak melakukan kegiatan, kecuali kapal perang dan kapal pemerintah Indonesia, akan dikenakan jasa tambat.

c. Jasa pemanduan

Setiap kapal yang berlayar dalam perairan pelabuhan waktu masuk, keluar, atau pindah tambatan wajib mempergunakan pandu. Sesuai dengan tugasnya, jasa pemanduan ada dua jenis, yaitu pandu laut dan pandu bandar.

1. Pandu Laut adalah pemanduan di perairan antara batas luar perairan hingga batas pandu bandar.

2. Pandu Bandar adalah pandu yang bertugas memandu kapal dari batas perairan bandar hingga kapal masuk di kolam pelabuhan dan sandar di dermaga.

d. Jasa penundaan

Proses penundaan merupakan proses menarik dan mendorong kapal untuk membantu kapal yang akan bersandar di pelabuhan. Proses penundaan menggunakan kapal tunda yang telah disediakan oleh pihak pelabuhan.

2.3.4 Biaya Bongkar Muat (*Cargo handling cost*)

Kegiatan bongkar muat di pelabuhan dilakukan oleh perusahaan bongkar muat (PBM). Untuk menggunakan jasa bongkar muat, perusahaan pelayaran harus mengeluarkan biaya bongkar muat agar muatannya bisa dipindahkan dari darat ke kapal dan sebaliknya. Perhitungan biaya tenaga kerja bongkar muat (TKBM) dari atau ke kapal telah diatur dalam KM 35 tahun 2007. Berikut rumus perhitungannya,

$$T = \frac{F(W+H+I+K)+(S+M+A)P}{P} \quad (2.7)$$

Keterangan:

- T = Besarnya tarif B/M (Rp/Ton)
- W = Upah Tenaga Kerja B/M (Rp/jam)
- H = Kesejahteraan tenaga Kerja B/M (Rp/jam)
- I = Asuransi(Rp/jam)
- K = Administrasi Koperasi tenaga Kerja B/M (Rp/jam)
- S = Supervisi (Rp/jam)
- M = Alat" B/M (Rp/jam)
- A = Administrasi Perusahaan B/M (Rp/jam)
- P = Produktivitas kerja B/M / gilir kerja / derek kapal (Ton/Jam/Gang)
- F = Faktor Koefisien

2.4 Jenis Kontrak dan Penyewaan Angkutan Laut

Kapal sewa merupakan kapal yang dioperasikan oleh sebuah perusahaan tertentu, dimana kapal tersebut diperoleh dari hasil sewa ke perusahaan lain. Dalam kegiatan bisnis pelayaran, terdapat 4 jenis sewa kapal yaitu:

a. *Time Charter*

Time charter adalah perjanjian sewa kapal dengan berdasarkan waktu sewa. Charterer menyewa kapal dari *ship owner* dalam keadaan siap berlayar/beroperasi untuk suatu jangka waktu sewa tertentu. Masa persewaan dalam perjanjian *Time charter* biasanya diadakan untuk jangka waktu 3 (tiga), 6 (enam) bulan dan seterusnya setiap kelipatan 3 (tiga) bulan. Untuk sistem pembayaran *time charter* yaitu rupiah per hari.

b. *Voyage charter*

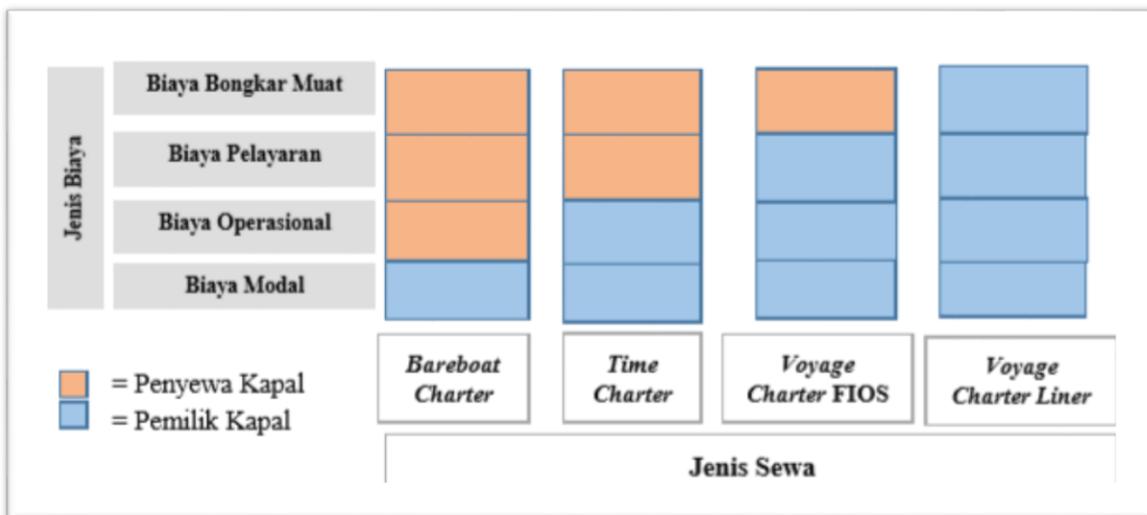
Voyage charter adalah penyewaan kapal berikut seluruh awak kapalnya untuk satu perjalanan tertentu antara suatu pelabuhan muat dan pelabuhan bongkar. Charterer bertanggung jawab atas biaya sewa kapal untuk 1 (satu) pelayaran yang telah disepakati sebelumnya oleh *Shipowner & Charterer*.

c. *Bareboat charter*

Bareboat charter adalah perjanjian sewa menyewa kapal dalam keadaan kosong atau dalam keadaan tidak lengkap. Tidak lengkap berarti tanpa perijinan kapal, awak kapal dan tanpa persediaan bahan bakar dan air. *Charterer* harus melengkapinya dengan semua keperluan berlayar supaya kapal dapat memperoleh ijin berlayar dan beroperasi. Ketentuan mengenai masa sewa kapal dalam *Bareboat Charter* ini pada umumnya sama dengan persewaan *Time charter* dengan catatan pada *Bareboat charter* masa persewaan tidak kurang dari 1 (satu) tahun.

d. *Contract of Affreightment (COA)*

Contract of Affreightment perjanjian sewa kapal yang didasarkan pada waktu sewa dan jumlah muatan yang diangkut. *Charterer* membayar sewa yang didasarkan pada jumlah muatan jumlah muatan yang diangkut dikalikan dengan harga angkut per liter/kiloliter/metric ton yang disepakati oleh penyewa dan pemilik.



Sumber : (Agustina, 2017) diolah kembali

Gambar 2.6 Pembagian Beban biaya Sesuai Tipe Charter

2.5 Konsep Optimasi

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan penentuan armada yang efektif dan efisien dari beberapa pilihan armada, dengan menggunakan metode optimasi dilakukan perhitungan dan penentuan armada yang optimum. Dalam permasalahan optimasi biasanya terdiri dari 2 (dua) tujuan, yaitu memaksimalkan dan meminimumkan. Pengertian dari optimasi adalah suatu proses untuk memaksimalkan atau meminimasi fungsi objektif dengan mempertimbangkan pembatas yang ada (Santosa & P Willy, 2011)

Dalam proses optimasi selalu melibatkan hal-hal dibawah ini (Setijoprajudo, 1999), yaitu:

1. **Variabel** adalah nilai yang akan dicari dalam proses optimasi. Jenis-jenis variable adalah:
 - a. Variabel tak bebas (*dependent variable*), yaitu variabel yang tidak dapat berdiri sendiri, melainkan berhubungan satu dengan yang lainnya.
 - b. Variabel bebas, yaitu variabel yang dapat berdiri sendiri
 - c. Variabel tunggal (*uni-variable*)
 - d. Variabel ganda (*multi-variables*)
 - e. Variabel kontinyu (*continous-variable*) yaitu variabel yang dapat mempunyai nilai pada fungsi yang sudah ditentukan
 - f. Variabel tertentu (*discrete variable*) yaitu variabel yang dihitung untuk kondisi tertentu.
2. **Parameter** adalah nilai-nilai yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimasi karena syarat-syarat tertentu (misal dari peraturan suatu ketetapan atau peraturan internasional lainnya) atau dapat juga suatu variabel yang diberi harga tertentu. Nilai tersebut dapat diubah setelah satu kali proses optimasi untuk menyelidiki kemungkinan terdapatnya hasil yang lebih baik.
3. **Konstanta** adalah nilai-nilai yang tidak berubah besarnya selama proses optimasi berlangsung.
4. **Batasan (*constraint*)** adalah nilai-nilai batas yang telah ditentukan baik perencana, pemesan, biro klasifikasi, peraturan keselamatan pelayaran, kondisi perairan, maupun oleh persyaratan-persyaratan lainnya.
5. **Fungsi Obyektif** adalah hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang nilainya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berupa linear atau kompleks serta bisa juga gabungan dari beberapa fungsi obyektif yang lain.

Terdapat Terdapat banyak teknik optimasi yang telah dikembangkan sampai saat ini, diantaranya adalah *linear programming*, *goal programming*, *integer programming*, *nonlinear programming*, dan *dynamic programming*. Penggunaan teknik optimasi tersebut tergantung dari permasalahan yang akan diselesaikan. Pada penelitian ini menggunakan teknik optimasi *non-linear programming* untuk mencari nilai minimum dari fungsi objektif, dengan merubah beberapa nilai-nilai variabel tanpa melanggar batasan yang telah ditetapkan sebelumnya.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian pada umumnya bisa dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pengumpulan data primer dengan survei langsung dan pengumpulan data sekunder. Tetapi pada penelitian ini hanya menggunakan data sekunder dan tidak melakukan survei langsung karena adanya pandemi Covid-19.

3.1.1 Pengumpulan Data Sekunder (Data Tidak Langsung)

Data sekunder diperoleh dari dan instansi terkait yang mempublikasikan data seperti Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas, Badan Pusat Statistik, jurnal, dan study literatur. Pengumpulan data sekunder bertujuan untuk mendapatkan data lokasi Ibu Kota Negara (IKN) baru, daerah penghasil material dan alat berat, perusahaan pemasok yang memungkinkan serta kapasitas produksi, kondisi perairan sekitar lokasi Pusat Ibu Kota Negara (IKN) baru, *time line* proyek, dan semua data yang diperlukan terkait dengan penelitian ini seperti:

- a) Data waktu pengiriman kebutuhan Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, yang disamakan sesuai *time line* proyek.
- b) Data Ketersediaan Material dan Alat Berat
- c) Data fasilitas yang akan dibangun sesuai dengan anggaran biaya oleh pemerintah.

Tabel 3.1 Kebutuhan Data Penelitian

Pembagian Proyek	Pembangunan			
Fungsi Utama	Gedung Legislatif	Gedung Eksekutif	Gedung Yudikatif	-
Fungsi Pendukung	Fasilitas Pendidikan	Fasilitas Kesehatan	Fasilitas Rumah	-
Fungsi Penunjang	Jalan Tol	Jalan Nasional	Jalan Pejalan Kaki	Jalur Bersepeda

3.2 Tahap Pengerjaan Penelitian

Adapun tahapan pengerjaan penelitian ini terdiri dari dua tahap utama, yaitu identifikasi dan tahap analisis. Penjelasan rinci tentang tahapan tersebut sebagai berikut;

3.2.1 Tahap Identifikasi

Adapun tahapan pengerjaan penelitian ini diuraikan beberapa proses identifikasi terkait permasalahan dari penelitian yang dilakukan yaitu mengetahui kondisi pembangunan

Ibu Kota Negara (IKN) baru terhadap transportasi laut, *supply* dan *demand*. Adapun beberapa tahapan identifikasi adalah sebagai berikut:

- a. Identifikasi gedung dan fasilitas yang akan dibangun di Ibu Kota Negara (IKN) baru
Dalam penelitian ini, studi kasus yang diangkat adalah pengangkutan kebutuhan material dan alat berat pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Sehingga sebelum menentukan material dan alat berat yang dibutuhkan, harus diketahui terlebih dahulu gedung dan fasilitas yang ingin dibangun.
- b. Identifikasi kebutuhan material dan peralatan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.
Selanjutnya setelah diketahui gedung dan fasilitas yang akan dibangun, bisa ditentukan jenis material dan alat berat yang akan dikirim menuju lokasi Ibu Kota Negara (IKN) baru. Penentuan jenis material dan alat berat yang akan dikirim merupakan material dan alat berat yang utama, dan ketersediaannya minim di Lokasi Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.
- c. Identifikasi ketersediaan material dan peralatan
Identifikasi ketersediaan material dan alat berat, bertujuan untuk mengetahui jumlah dan lokasi-lokasi produksi material dan alat berat. Baik di Pulau Kalimantan itu sendiri maupun diluar Pulau Kalimantan.

3.2.2 Tahap Analisis

Setelah tahap identifikasi dilaksanakan, maka tahap selanjutnya adalah tahap analisis. Pada penelitian ini dilakukan beberapa analisis sebagai berikut:

A. Analisis supply dan demand

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui besarnya permintaan (*demand*) kebutuhan material dan alat berat untuk pembangunan Ibu Kota Negara baru, serta menentukan besar jumlah muatan yang harus dikirim dari daerah asal material dan alat berat.

$$Supply = Demand \quad \text{(Persamaan 3-1)}$$

Berdasarkan (Persamaan 3-1) menyatakan bahwa jumlah pengiriman kebutuhan material dan alat berat menuju lokasi Ibu Kota Negara (IKN), tidak boleh kurang dari besar kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru.

1. Analisis Demand

Tahap ini menggunakan perhitungan jumlah kebutuhan material dan alat berat untuk pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, perhitungan ini menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

□ Material

□ Semen (PC)

$$PC = v \times 488 \quad \text{(Persamaan 3-2)}$$

Keterangan:

- Pc = Semen
- V = Volume Beton
- 488 = kebutuhan semen untuk 1 m³ beton

□ Aspal (As)

$$As = v \times 2,34 \quad \text{(Persamaan 3-3)}$$

$$As = p \times l \times t \times 2,34 \quad \text{(Persamaan 3-4)}$$

Keterangan:

- As = Aspal
- V = Volume Jalan
- 2,34 = masa jenis aspal

□ Baja Konstruksi

$$V_{BJ} = (p + OG) \times (l + OG) / \theta \quad \text{(Persamaan 3-5)}$$

$$Ks = (V_{BJ} \times 4) / 6 \quad \text{(Persamaan 3-6)}$$

$$Re = (Ks \times 1,2) \quad \text{(Persamaan 3-7)}$$

$$B_{Bj} = (Ks \times 0,0044) + (Re \times 0,00208) \quad \text{(Persamaan 3-8)}$$

Keterangan:

- VBJ = Volume Atap Baja Konstruksi
- P = Panjang Bangunan
- L = Lebar Bangunan
- OG = *Overstek* Genteng
- θ = Derajat Kemiringan Atap Genteng
- Ks = Jumlah Kaso
- Re = Jumlah Reng
- B_{Bj} = Berat Baja Konstruksi

❑ **Beton Precast**

$$p = v \times m \quad \text{(Persamaan 3-9)}$$

Keterangan:

- Bp = Beton Precast
- V = Volume Beton
- M = Masa Jenis Beton (2,2 ton/m³)

❑ **Peralatan**

❑ **Excavator**

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \times \text{Kerja Alat (hari)} \quad \text{(Persamaan 3-10)}$$

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{\text{Waktu kerja yang dibutuhkan}}{(Vtn \cdot Q)} \quad \text{(Persamaan 3-11)}$$

Keterangan:

- Q = Produktifitas (jam/hari)
- Vtn = Volume tanah total (m³)
- q = Produksi (jam/siklus)
- E = Efisiensi Kerja
- Cm = Waktu Siklus

❑ **Truck**

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \times \text{Kerja Alat (hari)} \quad \text{(Persamaan 3-12)}$$

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{\text{Output Excavator}}{\text{Output Truck}} \quad \text{(Persamaan 3-13)}$$

Keterangan:

- Q = Produktifitas (jam/hari)
- q = Produksi (jam/siklus)
- E = Efisiensi Kerja
- Cm = Waktu Siklus

❑ **Bulldozer**

$$Q = \frac{q \times 60 \times E \times \text{Faktor Konversi tanah}}{Cm} \times \text{Kerja Alat} \quad \text{(Persamaan 3-14)}$$

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{\text{Output Excavator}}{Q} \quad \text{(Persamaan 3-15)}$$

Keterangan:

- Q = Produktifitas (m³/hari)

- q = Produksi ($m^3/siklus$)
- E = Efisiensi Kerja
- C_m = Waktu Siklus

□ **Vibration Roller**

$$Q = \frac{W \times H \times V \times 1000 \times E}{N} \times \text{Kerja Alat (hari)} \quad \text{(Persamaan 3-16)}$$

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{\text{Output Excavator}}{Q} \quad \text{(Persamaan 3-17)}$$

Keterangan:

- W = Lebar Efektif Pemasangan
- H = Lebar Lapisan Pemasangan
- V = Kecepatan Operasional
- E = Efektif Kerja
- N = Jumlah Lintasan Pemasangan

□ **Concrete Pump Truck**

$$T_s = T_{ef} + T_d \quad (\text{menit}) \quad \text{(Persamaan 3-18)}$$

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{v}{\left(\frac{T}{T_s}\right) \times Q_1 \times E} \quad \text{(Persamaan 3-19)}$$

Keterangan :

- T_s = Waktu Siklus Alat
- T_{ef} = Waktu Efektif
- T_d = Waktu *Delay*
- V = Volume Pengecoran
- T = Waktu Pekerjaan Proyek
- Q_1 = Kapasitas Alat
- E = Efektif Kerja

□ **Truck Mixer**

$$T_s = T_m + T_p + T_{sp} + T_t + T_{TM} \quad (\text{menit}) \quad \text{(Persamaan 3-20)}$$

$$Q = \frac{Q_1 \times E \times 60 \times 20}{T_s} \quad (m^3/hari) \quad \text{(Persamaan 3-21)}$$

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{V}{(Q \times T)} \quad \text{(Persamaan 3-22)}$$

Keterangan:

- T_s = Waktu Siklus
- T_m = Waktu Muat

- T_p = Waktu Perjalanan
- T_{sp} = Waktu Tunggu Sebelum Penuangan
- T_t = Waktu Tuang
- T_{tm} = Waktu Tunggu Pemuatan
- Q = Produktifitas Alat
 - Q_1 = Kapasitas Alat
 - E = Efektif Kerja
 - V = Volume Beton
 - T = Waktu Pengerjaan Proyek

□ *Pondation Equipment*

$$T_s = T_{tp} + T_{tk} + S \cdot T_{ts} + T_{pd} \quad \text{(Persamaan 3-23)}$$

$$Q = \frac{60 \times 60 \times 18}{T_s} \times FK \quad \text{(Persamaan 3-24)}$$

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{\text{Jumlah Titik Pondasi}}{(Q \times T)} \quad \text{(Persamaan 3-25)}$$

Keterangan :

- T_s = Waktu Siklus
- T_{tp} = Waktu Penyiapan Tiang Pancang Oleh Crane
- T_p = Waktu Waktu Penekanan Tiang Pancang ke Tanah
- T_{ts} = Waktu Pengelasan
- T_{pd} = Waktu Pindah
- S = Jumlah Sambungan
- T = Waktu Pengerjaan Proyek

2. Analisis Supply (Perusahaan Pemasok)

Analisis *supply* pada penelitian ini merupakan pemilihan perusahaan pemasok material dan alat berat kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Pemilihan perusahaan pemasok kebutuhan material dan alat berat berdasarkan kepada produktivitas perusahaan alternatif pemasok. Perusahaan alternatif pemasok ini dipilih sendiri pada penelitian ini dengan berbagai data sekunder dari internet.

Setelah diketahui beberapa perusahaan alternatif pemasok kebutuhan material dan alat berat, maka selanjutnya perusahaan-perusahaan tersebut akan dipilih berdasarkan nilai produktivitas terbesar dan mampu mencukupi semua kebutuhan material dan alat berat Ibu Kota Negara (IKN) baru selama masa pembangunan.

B. Analisis Pelabuhan

Analisis pelabuhan merupakan penentuan titik awal dan titik akhir pengiriman pada penelitian ini. Penentuan lokasi pelabuhan yang akan disinggahi ini berdasarkan akses yang bisa dilewati dan lokasinya. Pelabuhan asal ditentukan berdasarkan perusahaan pemasok terpilih, dimana pada biasanya perusahaan pemasok kebutuhan material dan alat berat tersebut memiliki Terminal Khusus sendiri, sehingga Terminal Khusus tersebut bisa menjadi titik awal pengiriman. Apabila tidak tersedia Terminal Khusus sebagai titik awal pengiriman, maka akan dipilih pelabuhan terdekat dengan perusahaan pemasok, dan pelabuhan yang dipilih tersebut harus mampu melayani jenis muatan yang akan dimuat ke kapal.

Pelabuhan tujuan akhir dipilih berdasarkan lokasi terdekat dengan lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Seperti yang sudah dijelaskan pada bagian 1.1 sebelumnya, bahwa untuk melakukan pengiriman menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru terdapat pelabuhan yang berada di Kabupaten Penajam Paser Utara yaitu Pelabuhan Cita Sabut. Akan tetapi, karena keterbatasan kedalaman dan alur pelayaran yang sempit, maka kapal-kapal besar tidak bisa langsung menuju Pelabuhan Cita Sabut dan harus berhenti di TUKS PT. DKI sebagai pelabuhan Transit.

C. Analisis Rute

Analisis Rute merupakan merencanakan jarak yang akan dilewati oleh armada transportasi terpilih, mulai dari titik awal (Pelabuhan Asal) menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara. Pada penelitian ini rute dibagi berdasarkan jenis komoditi yang akan dimuat karena lokasi pengambilan material dan alat berat berbeda-beda setiap jenisnya. Pada penelitian ini juga terdapat rute pengiriman lanjutan, yang mana harus dilakukan pemilihan terhadap jalur darat dan jalur laut, pemilihan antara jalur ini tergantung kepada perbandingan biaya minimum antara truk dan kapal kecil.

3.3 Metode Perhitungan dan Skenario

Perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu merencanakan armada transportasi yang mampu memenuhi kebutuhan selama masa proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru dengan biaya yang minimum. Armada transportasi yang direncanakan meliputi armada transportasi laut (kapal) dan armada transportasi darat (truk). Berikut merupakan metode perhitungan yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini:

a. Perhitungan kebutuhan kapal

Pada penelitian ini, kapal yang direncanakan terdiri dari 3 jenis kapal, yaitu Kapal *Landing Craft Tank* (LCT), Kapal *General Cargo* (GC), dan Kapal *Tanker*. Kapal jenis LCT direncanakan untuk melayani 2 (dua) jenis kegiatan, dimana kegiatan pertama yaitu melayani muatan jenis alat berat dari pelabuhan asal menuju pelabuhan tujuan (TUKS PT. DKI) dan kegiatan yang kedua sebagai kapal kecil yang akan melayani pengiriman lanjutan dari TUKS PT. DKI menuju ke lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru (Pelabuhan Cita Sabut). Kapal LCT dipilih karena cocok untuk pengangkutan Alat berat dan bahan bahan konstruksi yang akan dikirim ke daerah pembangunan yang alurnya adalah sungai dengan kedalaman rendah, dan Pelabuhan kecil. Kapal LCT lebih efisien dari pada menggunakan *barge + tug* dan SPB (*Self Propelled Barged*) karena Kapal LCT tidak memerlukan Pelabuhan yang besar untuk mendaratkan barang yang diangkut. Kapal LCT memiliki *ramp door* yang dapat memudahkan kapal untuk bersandar dimana saja, dan tidak memerlukan wilayah yang luas untuk bermanuver sehingga dapat melakukan sandar secara langsung.

Kapal *General Cargo* (GC) akan melayani pengiriman material semen, baja konstruksi, dan beton precast. Material yang akan dikirim adalah semen yang sudah dikemas. Pemilihan Kapal *General Cargo* karena dinilai cocok untuk membawa muatan, khususnya muatan semen yang telah dikemas. Kapal ini lebih dipilih sesuai fungsinya untuk mengangkut barang barang umum, dan bukan curah seperti kapal kargo curah yang utamanya mengangkut barang curah seperti biji besi, biji-bijian, dan mineral lainnya.

Kapal *Tanker* akan direncanakan untuk melayani muatan Aspal. Aspal yang dikirim adalah aspal cair. Kapal *Tanker* dipilih karena pengiriman dari pelabuhan asal menuju pelabuhan tujuan jaraknya cukup jauh dan melewati jalur laut dengan gelombang sedang dan perairan dalam, sehingga Kapal *Tanker* lebih cocok dibandingkan dengan Kapal SPOB yang utamanya digunakan untuk jalur sungai atau perairan dangkal.

b. Perhitungan Waktu Operasional Kapal

Pada perhitungan waktu operasional terdiri dari perhitungan waktu berlayar, waktu bongkar atau muat, total waktu pelabuhan, *Round trip Days* (RTD), dan *Frequency by Trip*. Detai persamaan yang digunakan untuk menghitung waktu operasional kapal adalah sebagai berikut:

1. *Commision Days*

Commission Days merupakan lama hari kapal beroperasi dalam satu tahun. Dalam penelitian ini, *Commission Days* ditentukan selama 330 hari. Artinya, dalam satu tahun kapal beroperasi selama 330 hari, sedangkan 30 hari yang tersisa merupakan waktu yang digunakan untuk kepentingan kapal sendiri melakukan perbaikan (*repair*) dan perawatan (*maintenance*). *Commission Days* dirancang selama 330 untuk masing-masing kapal. Karena pada pembahasan 2.1 sebelumnya sudah diketahui bahwa masa pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru adalah 9 tahun, maka *commission day* dari masing-masing kapal alternatif menjadi 2.970 hari dalam 9 tahun.

2. Perhitungan waktu berlayar

$$Sea\ Time\ (Hari) = \frac{S/V_s}{24} \quad \text{(Persamaan 3-26)}$$

Keterangan:

- S = Jarak berlayar (nm)
- V_s = Kecepatan kapal (knot)

3. Perhitungan Waktu bongkar/muat

$$Loading\ Time\ (jam) = \frac{Payload\ (ton)}{Produktivitas\ (ton/jam)} \quad \text{(Persamaan 3-27)}$$

$$Discharging\ Time\ (jam) = \frac{Payload\ (ton)}{Produktivitas\ (ton/jam)} \quad \text{(Persamaan 3-28)}$$

4. Perhitungan Waktu Pelabuhan (*Port Time*)

$$Port\ Time = Loading\ Time + Discharging\ Time + Idle\ Time \quad \text{(Persamaan 3-29)}$$

5. *Round Trip Days*

$$RTD = Total\ Sea\ Time\ (Hari) + Total\ Port\ Time\ (Hari) \quad \text{(Persamaan 3-30)}$$

6. *Frequency by Trip*

$$Frequency\ by\ trip = \frac{Commission\ Days}{RTD} \quad \text{(Persamaan 3-31)}$$

c. Perhitungan Kebutuhan Truk

Perhitungan kebutuhan truk merupakan jawaban dari jumlah truk yang dibutuhkan untuk bisa melakukan pengiriman semua kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Opsi truk ini merupakan salahsatu opsi perbandingan antar moda pada rute

pengiriman lanjutan, perbandingan ini terdiri dari transportasi laut (Kapal kecil) dengan transportasi darat (truk). Sehingga untuk mengetahui jumlah truk yang dibutuhkan dan biaya truk, dilakukan analisis sebagai berikut:

1. Waktu Siklus

Waktu siklus terdiri dari waktu muat, waktu perjalanan, waktu bongkar, waktu balik, dan waktu *delay*.

□ Waktu Muat (WM)

$$WM(jam) = \frac{\text{kapasitas truk (ton)}}{\text{Produktivitas muat(ton perjam)}} \quad \text{(Persamaan 3-32)}$$

□ Waktu Perjalanan (WP)

$$WP(jam) = \frac{\text{Jarak (km)}}{\text{Kecepatan Berangkat(km perjam)}} \quad \text{(Persamaan 3-33)}$$

□ Waktu Bongkar (WBo)

$$WBo(jam) = \frac{\text{kapasitas truk (ton)}}{\text{Produktivitas Bongkar(ton perjam)}} \quad \text{(Persamaan 3-34)}$$

□ Waktu Balik (WBl)

$$WBl(jam) = \frac{\text{Jarak (km)}}{\text{Kecepatan Balik(km perjam)}} \quad \text{(Persamaan 3-35)}$$

2. Perhitungan Jumlah Siklus 1 Truk

$$\text{Jumlah Siklus 1 truk} = \frac{\text{hari dalam 4 tahun (hari)}}{\text{waktu siklus (hari)}} \quad \text{(Persamaan 3-36)}$$

3. Perhitungan Jumlah Perjalanan Siklus yang dibutuhkan

$$\text{Kebutuhan Siklus} = \frac{\text{Demand (ton)}}{\text{Kapasitas truk (ton)}} \quad \text{(Persamaan 3-37)}$$

4. Perhitungan Jumlah Truk

$$\text{Jumlah Truk} = \frac{\text{Kebutuhan Siklus}}{\text{Jumlah Siklus 1 truk}} \quad \text{(Persamaan 3-38)}$$

5. Perhitungan Biaya Truk

Perhitungan Biaya Truk terdiri dari 2 komponen biaya yaitu biaya pengadaan truk dan biaya pengoperasian truk.

❑ Perhitungan Biaya Pengadaan Truk (BPT)

Pada penelitian ini biaya pengadaan truk bisa diperoleh dengan 2 cara, yaitu dengan melakukan pembelian truk baru dan melakukan penyewaan truk. sehingga bisa dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$BPT = \text{Jumlah Truk} \times \text{Biaya 1 unit truk} \quad \text{(Persamaan 3-39)}$$

❑ Biaya Operasional Truk

Biaya pengoperasian truk ini dibagi menjadi biaya gaji supir, biaya konsumsi supir, biaya bahan bakar. Tetapi untuk biaya pengoperasian truk menggunakan sistem beli, terdapat penambahan biaya pajak dan perawatan truk.

3.3.1 Skenario 1: Kapal Sewa

Kapal alternatif sewa yang akan digunakan pada penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) jenis kapal yaitu Kapal General Cargo, Kapal Taker, dan Kapal LCT. Dari setiap jenis kapal, akan menggunakan 5 (lima) unit kapal sebagai kapal Alternatif. Semua kapal alternatif yang dimiliki harus dilakukan duplikasi kapal agar bisa memenuhi dan melayani semua pengiriman menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Sehingga setelah proses duplikasi tersebut diperoleh kapal General Cargo yang akan dipilih berjumlah 60 unit dengan duplikasi sebesar 12 kali, kapal Landing Craft Tank (LCT) yang akan dipilih sebanyak 50 unit dengan duplikasi sebesar 10 kali, dan terakhir kapal tanker dengan jumlah 5 unit tanpa dilakukan proses duplikasi. Jenis sewa kapal yang digunakan pada penelitian ini adalah *Time Charter Hite* (TCH) dan *Voyage Charter Hire* (VCH), dimana untuk menghitung biaya total (*Total Cost*) untuk skenario sewa kapal didasarkan pada komponen biaya tetap (*fixed cost*), biaya tidak tetap (*voyage cost*), dan biaya pelayanan muatan (*Cargo Handling Cost*)

Time Charter Hire (TCH) merupakan sistem sewa kapal per satuan waktu, dimana pada penelitian ini nilai Time Charter Hire (TCH) dihitung selama 9 tahun, karena masa pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) adalah 9 Tahun. Penentuan biaya *charter rate* pada sistem sewa ini didasarkan pada komponen biaya tetap (*fixed cost*) yaitu biaya modal (CC) dan biaya operasional (OC). Perhitungan biaya tetap mengalami perubahan selama umur sisa kapal, biaya tersebut harus dihitung nilai saat ini (*present value*). Biaya modal merupakan biaya pengadaan kapal. Biaya pengadaan kapal ditambah dengan inflasi, pajak, dan keuntungan, maka didapatkan harga kapal. Setelah diketahui harga kapal dikalikan dengan jumlah kapal, maka didapatkan biaya modal yang harus dikeluarkan. Berikut merupakan persamaan dalam menghitung biaya modal. Berikut merupakan persamaan dalam menghitung biaya modal.

$$CC = JK[(LWT.Hb) + i + p + u] \quad \text{(Persamaan 3-40)}$$

Keterangan:

CC : Biaya Modal (*capital cost*)

JK : Jumlah Kapal (unit)

LWT : Berat Baja Kapal (ton)

I : Inflasi

P : Pajak

U : Keuntungan

Biaya operasional terdiri dari gaji kru, perbekalan, perbaikan dan perawatan, asuransi, biaya minyak pelumas, dan air bersih.

$$OC = (Gk.nK) + (Pb.nK) + Pp + (Wlo.Hlo) + (Wfw.Hfw) \quad \text{(Persamaan 3-41)}$$

Keterangan:

OC : Biaya operasional (*operational cost*)

Gk : Gaji Kru Kapal (IDR/Kru)

nK : Jumlah Kru (orang)

Pp : Biaya perbaikan dan perawatan kapal (IDR/ 9 tahun)

Wlo : Kebutuhan Minyak Pelumas (liter)

Hlo : Harga minyak pelumas (IDR/liter)

Wfw : Kebutuhan air bersih (liter)

Hfw : Harga air bersih (IDR/liter)

Biaya modal dan biaya operasional yang sudah diketahui dapat digunakan untuk mendapatkan nilai Time Charter Hire (TCH). Kedua biaya tersebut dibebankan merata setiap 9 tahun sesuai dengan masa proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, dan selanjutnya ditambahkan dengan keuntungan pemilik kapal.

$$TCH = u(CC + OC) \quad \text{(Persamaan 3-42)}$$

Keterangan:

TCH : *Time Charter Hire* (IDR/ 9 tahun)

U : Jumlah Kapal

CC : Biaya modal (IDR/ 9 tahun)

OC : Biaya operasional (IDR/ 9 tahun)

Perhitungan biaya pelayaran terdiri dari biaya bahan bakar dan biaya pelabuhan.

$$VC = Cb + Cp \quad \text{(Persamaan 3-43)}$$

Keterangan:

VC : Biaya Pelayaran (*voyage cost*)

Cb : Biaya bahan bakar (IDR)

Cp : Biaya pelabuhan (IDR)

Perhitungan biaya bahan bakar mesin dilakukan untuk sejumlah jenis mesin utama dan mesin bantu kapal, berikut merupakan persamaan dalam mencari biaya bahan bakar kapal.

$$Cb = (Pm. SFOC.Tse. Fa). Cm + (Pax. SFOC. Ttot. Fa). Cax \quad \text{(Persamaan 3-44)}$$

Keterangan:

Pm : Daya mesin utama kapal (kW)

Pax : Daya mesin bantu kapal (kW)

SFOC : *Specific fuel oil consumption* tiap mesin (g/kWh)

Tse : Total waktu di laut (jam/roundtrip)

Ttot : Total waktu 1 kali perjalanan (jam/roundtrip)

Cm : Harga BBM untuk mesin utama (IDR/ton)

Cax : Harga BBM untuk mesin bantu (IDR/ton)

Fa : Frekuensi kapal berdasarkan trip

Biaya pelabuhan terdiri dari biaya untuk jasa labuh, jasa pantu, jasa tunda, jasa tambat, dan buka tutup palkah. Biaya pelabuhan dipengaruhi oleh tarif setiap layanan dipelabuhan. Setiap pelabuhan memiliki tarif yang berbeda dengan satuan yang berbeda. Berikut adalah persamaan umum dari perhitungan biaya pelabuhan.

$$Cp = \{[(GT. Cl) + (GT. Ct)] + [Cpa + (GT. Gr. Cpb)] + [Cua + (GT. Gr. Cub)]\}. Fa \quad \text{(Persamaan 3-45)}$$

Keterangan:

Nk : Jumlah Kapal yang dibutuhkan (unit)

GT : *Gross tonnage* kapal

Cl : Tarif Jasa Labuh (IDR/GT/*shipment*)

Ct : Tarif Jasa Tambat (IDR/GT/*shipment*)

Cpa : Tarif tetap jasa pandu (IDR/kapal/gerakan)

Cpb : Tarif variable jasa pandu (IDR/kapal/gerakan)

Gr : Jumlah gerakan

Cua : Tarif tetap jasa tunda (IDR/kapal/gerakan)

Cub : Tarif variable jasa tunda (IDR/kapal/gerakan)

Fa : Frekuensi kapal berdasarkan trip

Biaya penanganan muatan adalah biaya untuk pemindahan muatan dari kapal menuju ke pelabuhan dan begitu juga sebaliknya. Biaya bongkar muat dipengaruhi oleh jumlah muatan yang diangkut oleh kapal dan tarif bongkar muat. Berikut adalah persamaan dalam menghitung biaya bongkar dan muat.

$$CHC = NK \cdot (Pi \cdot Cpp) \quad \text{(Persamaan 3-46)}$$

Keterangan:

- NK : Jumlah Kapal (unit)
- Pi : Payload Kapal (ton)
- Cpp : Tarif bongkar muat (IDR/Ton)

Setelah semua komponen biaya diketahui maka Voyage Charter Hire (VCH) bisa ditentukan. Dimana komponen biaya *Voyage Charter Hire* (VCH) ini terdiri dari biaya tetap (*Time Charter Hire*), biaya tidak tetap, dan biaya penanganan muatan. Karena *Voyage Charter Hire* merupakan sistem sewa kapal berdasarkan jumlah muatan yang diangkut, maka hasil penjumlahan semua komponen biaya harus dibagi dengan probabilitas angkut, frekuensi, dan payload kapal. Berikut adalah persamaan dalam menghitung *Voyage Charter Hire* (VCH).

$$VCH = u \cdot (TCH + VC + CHC) / (Pi \cdot Fa \cdot Pra) \quad \text{(Persamaan 3-47)}$$

Keterangan:

- VCH : *Voyage Charet Hire* (IDR/ton)
- U : margin keuntungan pemilik kapal
- VC : *Variable Cost* (IDR/ 9 tahun)
- CHC : *Cargo Handling Cost* (IDR/ 9 Tahun)
- Pi : Payload kapal (ton)
- Fa : Frekuensi Kapal
- Pra : Probabilitas angkut (%)

Setelah semua komponen biaya dan *charter rate* diketahui maka dilakukan perhitungan *unit cost*, dimana biaya *unit cost* ini memiliki satuan IDR/ton. Unit cost ditentukan dengan menghitung biaya total dengan jumlah permintaan kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru. persamaan untuk menghitung *unit cost* adalah sebagai berikut:

$$TC = \sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^q (TCH_{kl} + VCS_{kl} + CHCS_{kl}) + (VCH_{kl} \cdot Fa_{kl} \cdot Pi_{kl}) \quad \text{(Persamaan 3-48)}$$

Keterangan:

- TC : Total Cost (IDR/ 9 tahun)
- TCH_{kl} : *Time Charter Hire*, terhadap k unit kapal pada rute l (IDR/ 9 tahun)

- k : Indek Jumlah Kapal (1 s/d 12 unit)
 l : Indek Rute (1 s/d 6)
 q : Indek Maksimal rute (6)
 p : Indek jumlah maksimal kapal sewa (12 unit)
 VC_{kl} : *Variable Cost*, terhadap k unit kapal pada rute l (IDR/ 9 tahun)
 CHC_{kl} : Biaya Bongkar muat, terhadap k unit kapal pada rute l (IDR/ 9 tahun)
 VCH_{kl} : Voyage Charter Hire terhadap k unit kapal pada rute l (IDR/ton)
 Fa_{kl} : Frekuensi kapal, terhadap k unit kapal sewa VCH pada rute l
 Pi_{kl} : Payload kapal, terhadap k unit kapal sewa VCH pada rute l (ton)

$$UC = \frac{TC}{D} \quad \text{(Persamaan 3-49)}$$

Keterangan:

- UC : Unit Cost (IDR/ton)
 TC : Total Cost (IDR)
 D : Total Permintaan IKN (ton)

3.3.2 Skenario 2: Kapal Milik (Bangun Baru)

Skenario kapal milik (pembangunan kapal baru), memiliki komponen biaya total yang terdiri dari biaya modal, biaya operasional, biaya pelayaran, dan biaya penanganan muatan.

$$TC = \sum_{k=1}^z \sum_{l=1}^q (CC_{kl} + OC_{kl} + VC_{kl} + CHC_{kl}) \quad \text{(Persamaan 3-50)}$$

Keterangan:

- TC : Biaya Total (IDR/ 9 Tahun)
 k : Indek Jumlah Kapal (1 s/d tidak terbatas)
 z : Indek Maksimal jumlah Kapal Milik (tidak dibatasi)
 l : Indek Rute (1 s/d 6)
 q : Indek Jumlah Maksimal rute (6)
 CC_{kl} : Biaya Modal, terhadap k unit kapal pada rute l (IDR/ 9 Tahun)
 OC_{kl} : Biaya Operasional, terhadap k unit kapal pada rute l (IDR/ 9 Tahun)
 VC_{kl} : Biaya Pelayaran, terhadap k unit kapal pada rute l (IDR/ 9 Tahun)
 CHC_{kl} : Biaya Pelayanan Muatan, terhadap k unit kapal pada rute l (IDR/ 9 Tahun)

Biaya modal diperoleh dari perkalian antara harga kapal dengan jumlah kapal. Harga kapal diperoleh dari biaya pengadaan yang ditambahkan dengan pajak, inflasi, dan

keuntungan dari galangan kapal. Persamaan perhitungan biaya modal kapal baru dapat dilihat pada (Persamaan 3-40).

Biaya operasional terdiri dari gaji kru, perbekalan, perbaikan dan perawatan, asuransi, minyak pelumas, dan air bersih. Perhitungan biaya operasional seperti yang diperlihatkan pada (Persamaan 3-41).

Biaya pelayaran pada kapal milik terdiri dari biaya bahan bakar dan biaya pelabuhan. Biaya bahan bakar terdiri dari bahan bakar mesin utama yang dipergunakan selama waktu berlayar dan biaya bahan bakar mesin bantu yang digunakan selama waktu pengoperasian kapal (berlayar dan berada dipelabuhan). Biaya pelabuhan dihitung terhadap penggunaan jasa pelabuhan terhadap layanan kapal, seperti jasa labuh, tunda, tambat, dan pandu. Biaya pelayaran dapat dihitung dengan (Persamaan 3-43).

Perhitungan biaya total dari kapal alternatif milik ditunjukkan dengan (Persamaan 3-50). Perhitungan biaya total ini nantinya akan digunakan dalam perhitungan *unit cost* dari kapal milik, dimana perhitungan unit cost ini dinyatakan dengan satuan IDR/ton, sehingga melibatkan total biaya dan jumlah permintaan pengiriman Ibu Kota Negara (IKN) baru seperti yang tertera pada (Persamaan 3-49).

Selanjutnya setelah model perhitungan selesai dibuat, langkah berikutnya yaitu melakukan optimasi yang bertujuan untuk meminimumkan fungsi objektif (*objective function*). Sehingga dengan menggunakan metode optimasi *Non Linear Programming* hasil yang didapatkan berupa ukuran utama (*main dimensions*) kapal bangun baru LPP, B, H, T, dan payload kapal. Payload kapal diperoleh dari hasil perkalian antara volume ruang muat kapal dengan masa jenis muatan yang diangkut.

Dalam proses optimasi terdapat tiga komponen utama yaitu *objective function* (OF), *decision variable* (DV), dan *constraint*. Pengerjaan ini menggunakan *software solver* pada Microsoft Excel, dimana komponen optimasi adalah sebagai berikut:

□ *Objective Function* (OF)

$$\text{Min Unit Cost} = \frac{TC}{D} \quad \text{(Persamaan 3-51)}$$

□ *Decision Variable* (DV)

$$\text{main dimensions} = Lpp, B, H, T \quad \text{(Persamaan 3-52)}$$

□ *Constraint*

1. Batasan Ukuran Utama

$$Lpp_{min} \leq Lpp \leq Lpp_{max} \quad \text{(Persamaan 3-53)}$$

$$B_{min} \leq B \leq B_{max} \quad \text{(Persamaan 3-54)}$$

$$H_{min} \leq H \leq H_{max} \quad \text{(Persamaan 3-55)}$$

$$T_{min} \leq T \leq T_p \quad \text{(Persamaan 3-56)}$$

2. Batasan Rasio Ukuran Utama

$$L/B_{min} \leq L/B \leq L/B_{max} \quad \text{(Persamaan 3-57)}$$

$$B/T_{min} \leq B/T \leq B/T_{max} \quad \text{(Persamaan 3-58)}$$

$$T/H_{min} \leq T/H \leq T/H_{max} \quad \text{(Persamaan 3-59)}$$

$$L/T_{min} \leq L/T \leq L/T_{max} \quad \text{(Persamaan 3-60)}$$

3. Batasan *Displacement* dan Berat

$$Displacement \geq LWT + DWT \quad \text{(Persamaan 3-61)}$$

$$\begin{aligned} Displacement - (LWT + DWT) \\ \leq 10\% \end{aligned} \quad \text{(Persamaan 3-62)}$$

4. Batasan Trim

$$LCB - LCG \leq 10\% \cdot Lpp \quad \text{(Persamaan 3-63)}$$

5. Batasan *Freeboard*

$$Actual Freeboard \geq Freeboard minimum \quad \text{(Persamaan 3-64)}$$

6. Batasan Stabilitas

$$e, 30^\circ \geq 0,09 \text{ m rad} \quad \text{(Persamaan 3-65)}$$

$$e, 40^\circ \geq 0,09 \text{ m rad} \quad \text{(Persamaan 3-66)}$$

$$e_{30,40^\circ} \geq 0,03 \text{ m rad} \quad \text{(Persamaan 3-67)}$$

$$h_{30^\circ} \geq 0,2 \text{ m} \quad \text{(Persamaan 3-68)}$$

$$\phi_{GZmax} \geq 25^\circ \quad \text{(Persamaan 3-69)}$$

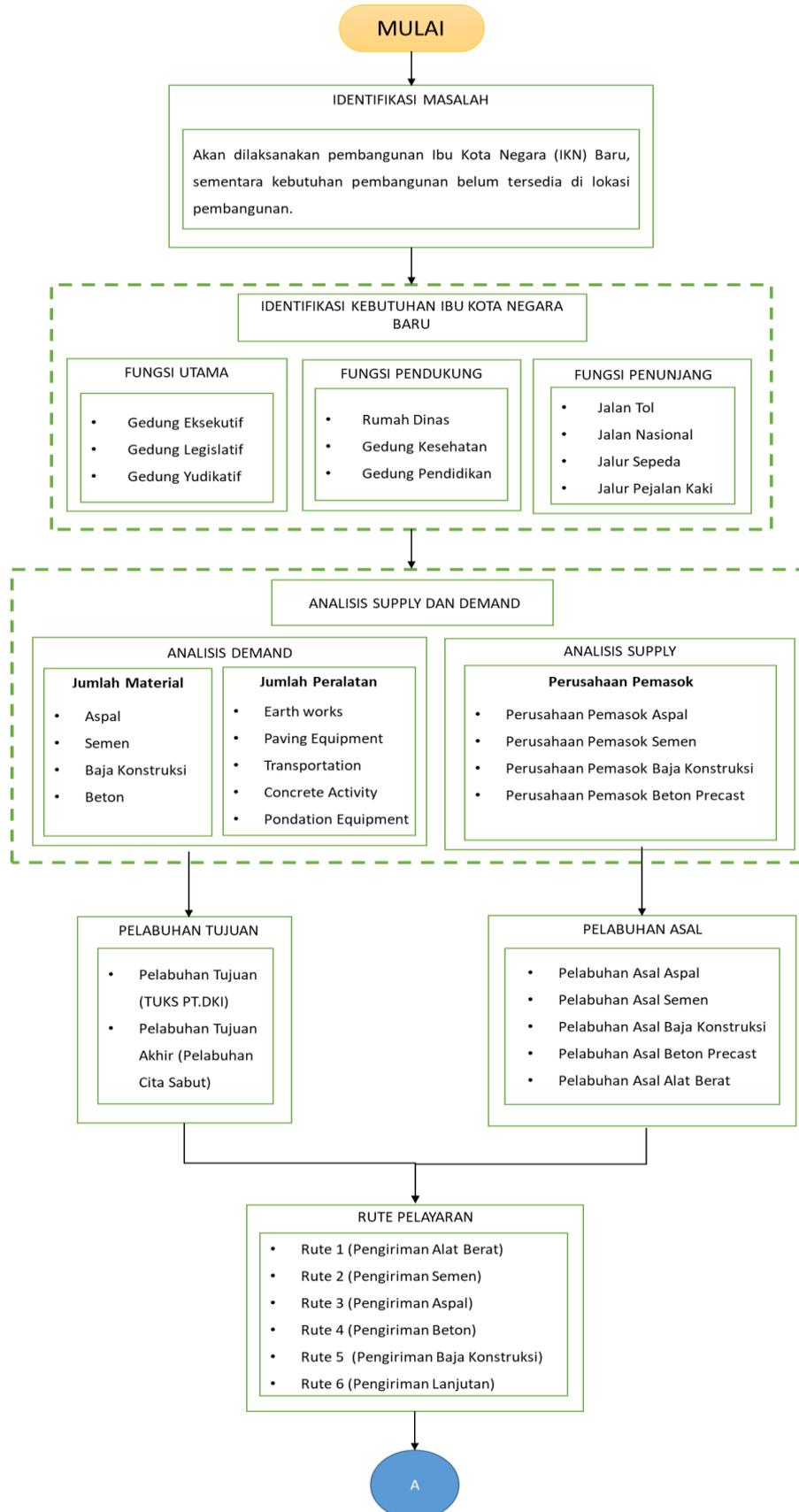
$$GM_0 \geq 0,15 \quad \text{(Persamaan 3-70)}$$

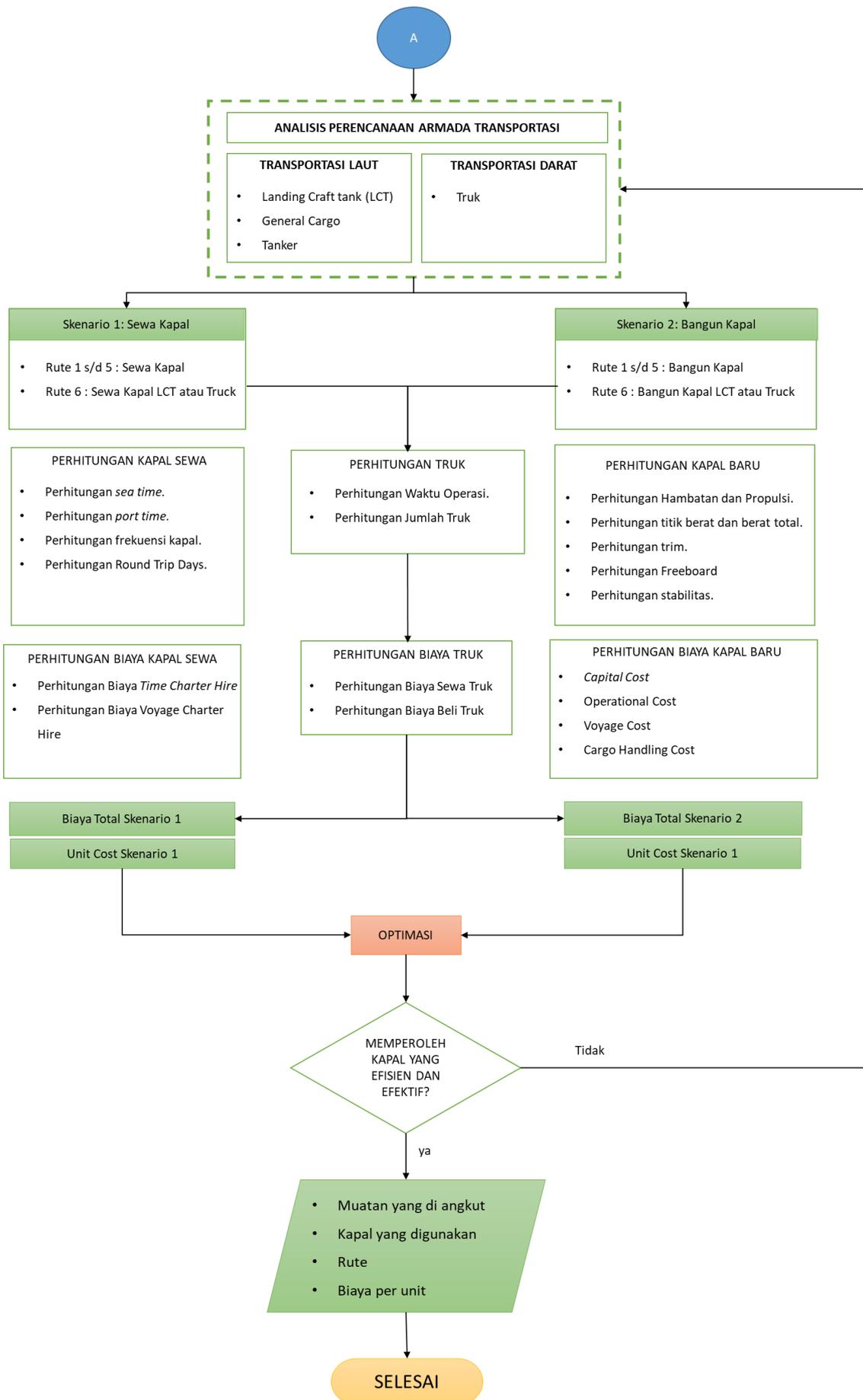
7. Batasan Permintaan

$$Total Supply \geq Demand \quad \text{(Persamaan 3-71)}$$

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pada tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:





Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

GAMBARAN UMUM

4.1 Lokasi Ibu Kota Negara (IKN) Baru

Ibu Kota Negara Indonesia akan dipindahkan dari DKI Jakarta yang berlokasi di Pulau Jawa menuju Pulau Kalimantan tepatnya di 2 lokasi yaitu Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Puncak Bukit Sepaku akan menjadi titik pusat ibu kota, yang mana disini akan dibangun Istana Negara.



Sumber : Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas (KPPIP)

Gambar 4.1 Lokasi Ibu Kota Negara (IKN) baru

Luas lahan yang tersedia untuk menjadi kawasan Ibu Kota Negara (IKN) baru secara keseluruhan adalah seluas 254.000 Ha dan dibagi menjadi beberapa kawasan sebagai berikut:

Tabel 4.1 Pembagian Lahan Ibu Kota Negara (IKN) baru

Wilayah	Luas (Ha)
Kawasan Inti Pusat Pemerintahan	6.000 Ha
Kawasan Ibu Kota Negara	40.000 Ha
Kawasan Perluasan IKN 1	200.000 Ha
Kawasan Perluasan IKN 2	254.000 Ha

Sumber : Kementrian PUPR, 2019 (diolah kembali)

4.2 Rencana Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) Baru

Proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru pada *time line* pengerjaannya akan mulai dilaksanakan pada tahun 2017 hingga 2045. Pelaksanaan proyek ini akan dibagi menjadi 2 tahapan yaitu tahap persiapan dan tahap pelaksanaan.

4.2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan akan dilaksanakan pada tahun 2017 sampai dengan 2021, pada tahap ini belum dilaksanakan proses pembangunan, tetapi akan melakukan semua persiapan sebelum dilakukannya proses pembangunan. Kegiatan yang dilaksanakan pada tahap persiapan adalah sebagai berikut:

1. Penyusunan dan penyelesaian kajian
2. Penyiapan regulasi dan kelembagaan
3. Penyusunan master plan kota
4. Perencanaan teknis kawasan
5. Pembebasan lahan

4.2.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru ini akan mulai dikerjakan pada tahun 2021, dalam proses pengerjaannya akan dibagi menjadi beberapa tahapan proyek diantaranya tahap persiapan, tahap pembangunan kawasan inti pusat pemerintahan, tahap pembangunan kawasan ibu kota negara, tahap pembangunan kawasan perluasan ibu kota negara 1, dan tahap pembangunan kawasan perluasan ibu kota negara 2. Time line pengerjaan proyek pembangunan IKN baru sebagai berikut:

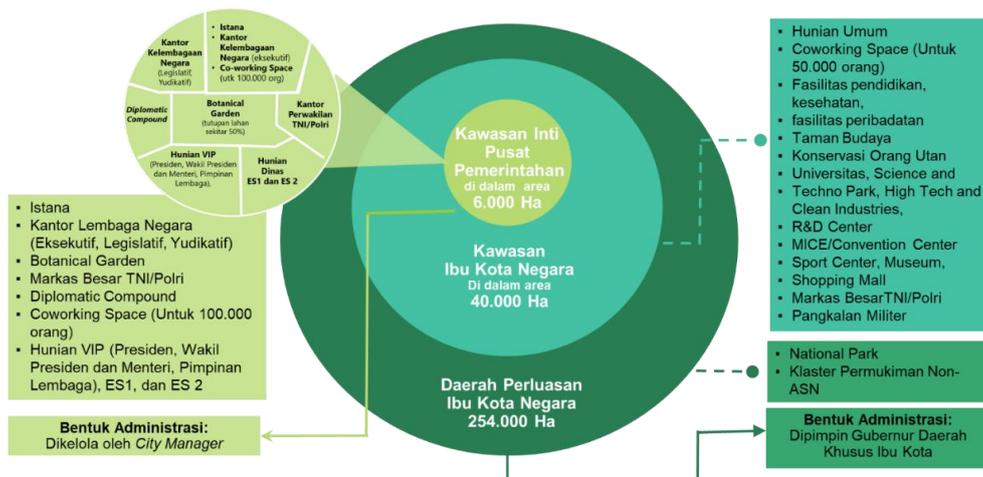
Tabel 4.2 Time Line Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru

Tahun Pelaksanaan	Pembangunan
2021 - 2024	1. Ground Breaking Pembangunan Ibu Kota Negara Baru
	2. Istana Negara
	3. Kantor Lembaga Negara (Eksekutif, Legislatif, Yudikatif)
	4. Taman Budaya
	5. Botani Garden

Tahun Pelaksanaan	Pembangunan
2025 - 2029	1. Perumahan ASN/TNI/Polri
	2. Diplomatic Compound
	3. Fasilitas pendidikan dan kesehatan
	4. Universitas, Science, and Techno Park
	5. High Tech and Clean Industries
	5. R&D Center
	6. MICE/Convention
	7. Sport Center
	8. Museum
	9. Shopping Mall
10. Pangkalan Militer	
2030 - 2045	1. Nasional Park
	2. Konservasi Orang Hutan
	3. Klaster Permukiman Non-ANS
	4. Kawasan Metropolitan
	5. Wilayah pengembangan terkait dengan wilayah provinsi

Sumber : Kementerian PUPR, 2019 (diolah kembali)

Fasilitas dan gedung yang dijelaskan pada Tabel 4.2, akan dibangun melalui 4 tahapan proyek pembangunan yang berlokasi pada 3 kawasan Ibu Kota Negara (IKN) baru, dimana kawasan inti Pusat Pemerintahan dengan luas wilayah 6.000 Ha, kawasan Ibu Kota Negara dengan luasan 40.000 Ha, dan Daerah perluasan Ibu Kota Negara dalam luasan 254.000Ha. berikut adalah rincian lokasi pembangunan fasilitas dan gedung pada IKN:



Sumber : Kementerian PUPR, 2019

Gambar 4.2 Daerah Lokasi Fasilitas dan Gedung

IKN baru direncanakan akan dihuni penduduk dengan berbagai kategori kepentingan seperti pejabat eksekutif beserta keluarga, pejabat legislatif beserta keluarga, dan pejabat

yudikatif beserta keluarga, TNI/Polri beserta keluarga, dan para pelaku ekonomi dengan total seluruh masyarakat diperkirakan mencapai 1.500.000 jiwa.

4.2.3 Infrastruktur Kebutuhan Ibu Kota Negara

Kebutuhan infrastruktur Ibu Kota Negara (IKN) baru, pada penelitian ini diperkirakan berdasarkan perencanaan biaya yang sudah dibahas pada bagian 2.1 sebelumnya. Dimana total biaya pada proyek pembangunan infrastruktur IKN baru ini akan menghabiskan sekitar 466,1 Triliun-Rupiah dan akan dipergunakan sebagai berikut:

Tabel 4.3 Infrastruktur Kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru

Fungsi Pembangunan	Komponen Kebutuhan
Fungsi Utama	1. Gedung Legislatif
	2. Gedung Eksekutif
	3. Gedung Yudikatif
	4. Istana Negara dan Bangunan Strategis TNI/POLRI
Fungsi Pendukung	1. Rumah dinas
	2. Sarana Pendidikan (SD, SMP & SMA)
	3. Sarana Pendidikan (Perhuruan Tinggi)
	4. Sarana Kesehatan
	5. Lembaga Pemasarakatan
Fungsi Penunjang	1. Sarana dan Prasarana (Jalan, listrik, telekomunikasi, air minum, drainase, pengolahan limbah, sarana OR)
	2. Ruang Terbuka hijau

Sumber : Kementerian PUPR, 2019 (diolah kembali)

Berdasar Tabel 4.3 diketahui pada tahap awal pengerjaan proyek pembangunan IKN baru pada tahun 2021-2024 akan membangun fungsi utama, yang terdiri dari gedung legislatif, gedung eksekutif, gedung yudikatif, dan bangunan TNI/Polri. Pada fungsi pendukung yang merupakan tahap 2 pembangunan IKN baru tahun 2025-2029 akan dibangun rumah dinas, sarana pendidikan, sarana kesehatan, dan lembaga masyarakat. Pada fungsi penunjang terdiri dari sarana dan prasarana, serta ruang terbuka hijau.

Pada pembangunan Sarana dan prasarana terdapat akses jalan IKN baru, yang terdiri dari pembangunan jalan nasional (tol) sepanjang 57 km *ring road* mengelilingi kawasan IKN. Pembangunan akses jalan ke 2 (dua) yaitu jalan nasional (non-tol) sepanjang 71 km Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP), 629 km Kawasan IKN, 198 km Kawasan Perluasan (KP) IKN. Pembangunan akses jalan yang ke 3 (tiga) yaitu pembangunan jalur pejalan kaki sepanjang 86 km KIPP, 671 Kawasan IKN, 198 Kawasan Perluasan IKN. Pembangunan akses jalan yang terakhir yaitu jalur bersepeda sepanjang 70 km pada Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP),

200 km pada kawasan Ibu Kota Negara, 198 km pada Kawasan Perluasan Ibu Kota Negara (KP-IKN).

4.3 Ketersediaan dan Persebaran Kebutuhan Pembangunan

Jenis kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru sudah ditentukan sebelumnya oleh Kementerian Pembangunan dan Perumahan Rakyat, pertama yaitu material yang terdiri dari semen, aspal, baja konstruksi, dan beton *precast*. Jenis kebutuhan yang kedua adalah alat berat yang sudah disebutkan pada pembahasan 2.2. Dari kebutuhan material dan peralatan untuk proses pembangunan IKN baru, sebagian besar produsennya berada di Pulau Jawa, bahkan ada beberapa material dan peralatan yang sama sekali tidak tersedia di Pulau Kalimantan. Berikut adalah persebaran material dan peralatan untuk pembangunan IKN baru:

4.3.1 Ketersediaan dan Persebaran Semen

Produsen terbesar dari material semen berada di Pulau Jawa, pada peringkat ke dua yaitu Pulau Sumatera, selanjutnya Pulau Sulawesi, ke empat Pulau Kalimantan, dan terakhir berada di Pulau Papua. Untuk mengetahui produktifitas tahunan dari material semen pada setiap pulau di Indonesia, bisa dilihat pada gambar dibawah berikut ini.



Sumber : Kementerian PUPR, 2019 (diolah kembali)

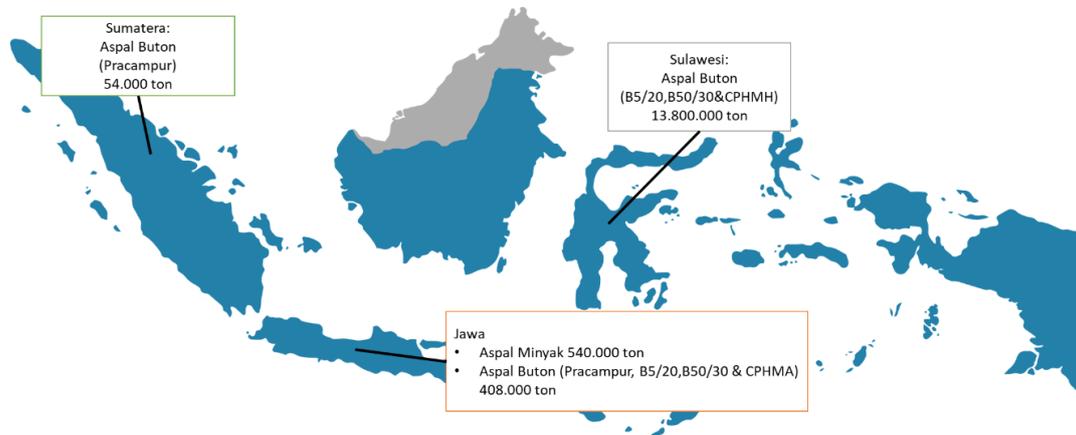
Gambar 4.3 Persediaan dan Persebaran Semen di Indonesia

Gambar 4.3 merupakan persebaran material semen di pulau-pulau besar Indonesia. Pulau Jawa, Bali, dan Nusatenggara memiliki produktivitas terbesar yaitu mencapai 72.747.000 ton per tahun. sedangkan pulau Kalimantan memiliki produktivitas paling rendah sebesar 5.800.000 ton per tahun.

4.3.2 Ketersediaan dan Persebaran Aspal

Sumber penghasil aspal terbesar di Indonesia berada pada Pulau Sulawesi, lebih tepatnya pada Pulau Buton. untuk penghasil aspal lainnya berada di Pulau Jawa dan Pulau

Sumatera. Sementara itu di Pulau Kalimantan tidak terdapat material aspal. Untuk mengetahui produktifitas tahunan dari material aspal pada setiap pulau di Indonesia, bisa dilihat pada gambar dibawah berikut ini.



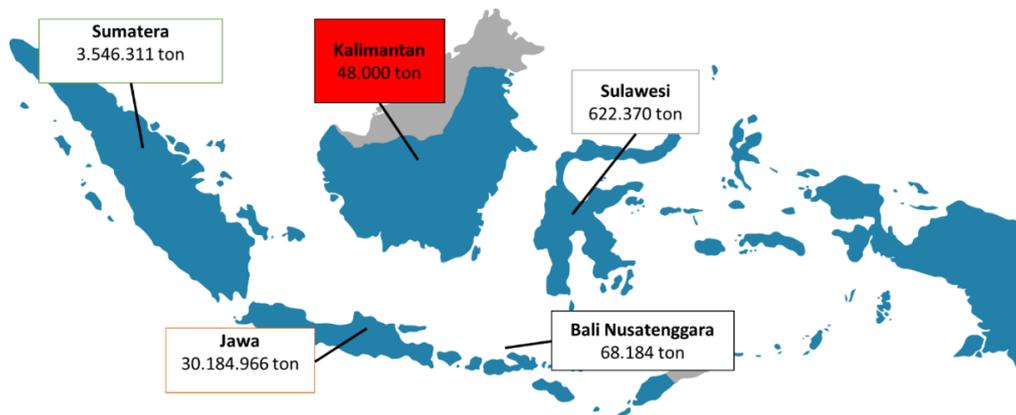
Sumber : Kementerian PUPR, 2019 (diolah kembali)

Gambar 4.4 Persediaan dan Persebaran Aspal di Indonesia

Gambar 4.4 menunjukkan produktivitas aspal dari pulau-pulau besar di Indonesia, dimana produktivitas terbesar berada di pulau Sulawesi, pulau ini menghasilkan aspal dengan jenis buton sebanyak 13.800.000 ton per tahun. Sementara itu, lokasi penghasil aspal kedua berada di Pulau Jawa, dengan memproduksi aspal minyak 540.000 ton per tahun dan produksi aspal buton 408.000 ton per tahun. Lokasi terakhir yang menghasilkan aspal adalah Pulau Sumatera, dengan memproduksi Aspal Buton (pracampur) 54.000 ton per tahun.

4.3.3 Ketersediaan dan Persebaran Beton Precast

Terdapat 5 wilayah penghasil dan produsen beton pracetak dan prategang, kelima wilayah tersebut adalah Pulau Jawa, Pulau Sumatera, Pulau Sulawesi, Nusatenggara dan Bali, yang terakhir yaitu Pulau Kalimantan sendiri. Untuk mengetahui produktifitas tahunan dari beton pracetak dan prategang pada setiap pulau di Indonesia, bisa dilihat pada gambar dibawah berikut ini.



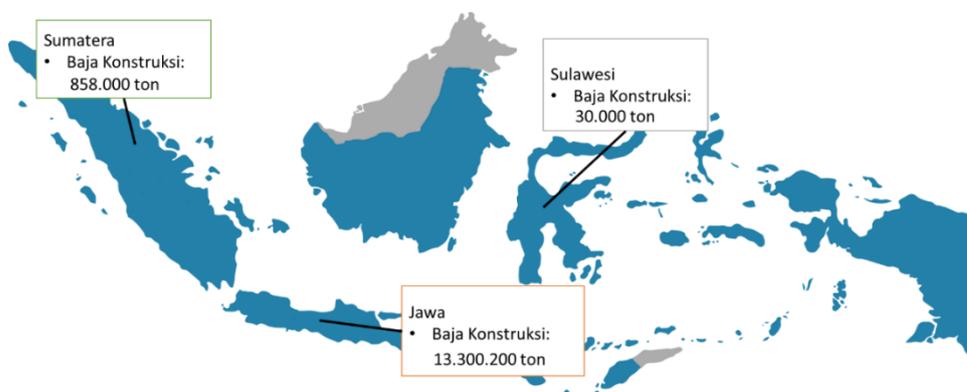
Sumber : Kementerian PUPR, 2019 (diolah kembali)

Gambar 4.5 Persediaan dan Persebaran Beton di Indonesia

Gambar 4.5 menunjukkan lokasi-lokasi persebaran material beton di Indonesia. Dimana beton di Indonesia tersebar antara Pulau Jawa, Pulau Sumatera, Pulau Bali dan Nusatenggara, Pulau Sulawesi, dan Pulau Kalimantan. Produsen beton terbesar berada di Pulau Jawa dengan kapasitas Produksi 30.184.966 ton per tahun. Produsen beton terbesar kedua berada di Pulau Sumatera dengan kapasitas produksi 3.546.311 ton per tahun. Produsen beton ketiga berada di Pulau Sulawesi dengan kapasitas produksi 622.370 ton per tahun. Produsen beton keempat berada di Pulau Bali Nusatenggara dengan kapasitas produksi 68.184 ton per tahun. Dan wilayah yang memiliki beton paling sedikit adalah Pulau Kalimantan dengan kapasitas produksi 48.000 ton per tahun.

4.3.4 Ketersediaan dan Persebaran Baja Konstruksi

Baja konstruksi memiliki 3 wilayah penghasil, yaitu Pulau Jawa sebagai penghasil terbesar, Pulau Sumatera sebagai penghasil nomor 2 terbesar, dan yang terakhir yaitu Pulau Sulawesi. Gambar berikut menjelaskan persebaran dan produktifitas penghasil baja konstruksi yang terdapat di kepulauan Indonesia.



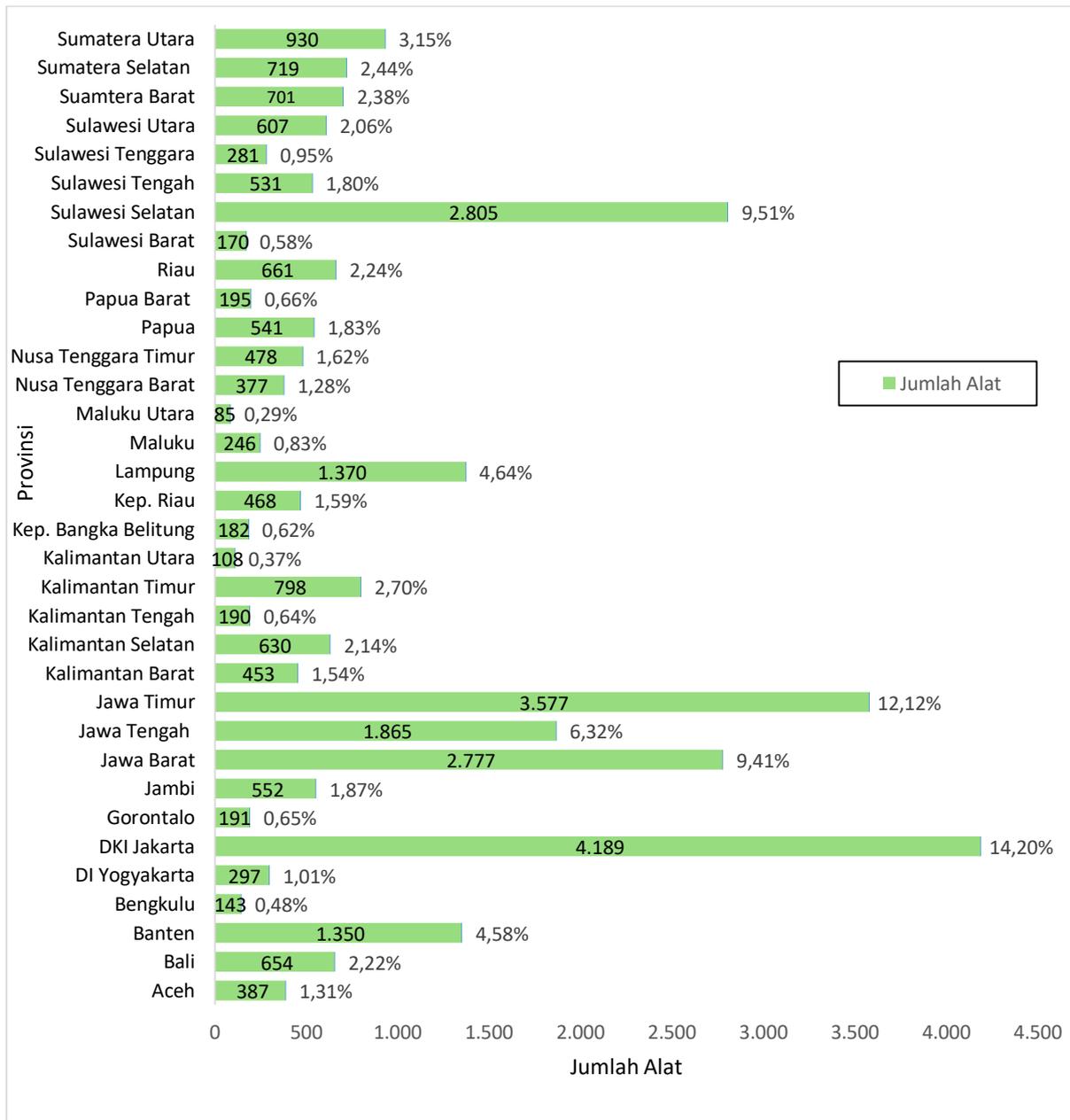
Sumber : Kementerian PUPR, 2019 (diolah kembali)

Gambar 4.6 Persediaan dan Persebaran Baja di Indonesia

Diketahui dari Gambar 4.6 wilayah yang memiliki baja konstruksi paling tinggi berada di Pulau Jawa dengan produktivitas tahunan sebesar 13.300.200 ton. Wilayah kedua dengan penghasil baja konstruksi adalah Pulau Sumatera dengan produktivitas 858.000 ton per tahun. wilayah terakhir penghasil baja konstruksi adalah Pulau Sulawesi dengan produktivitas 30.000 ton per tahun.

4.3.5 Ketersediaan dan Persebaran Alat Berat

Alat berat yang terkonformasi berdasarkan data dari Kementerian Pembangunan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tersebar di 34 Provinsi di Indonesia. Provinsi DKI Jakarta adalah daerah yang menyimpan alat berat terbanyak di Indonesia dengan jumlah total 4.189 unit alat berat. Wilayah kedua yang menyimpan alat berat adalah Provinsi Jawa Timur, dengan total jumlah alat berat yang tersedia sebanyak 3.577 unit. Wilayah ketiga sebagai penyimpan alat berat adalah Provinsi Sulawesi Selatan dengan jumlah alat berat sebanyak 2.805 unit. Provinsi Jawa Barat adalah wilayah pemilik alat berat keempat di Indonesia, dengan jumlah total alat berat yang disimpan sebanyak 2.777 unit. Wilayah kelima penyimpan alat berat berada di Provinsi Jawa Tengah dengan jumlah alat berat yang tersedia disana sebanyak 1.865 unit. Untuk mengetahui jumlah alat berat yang disimpan pada provinsi lain, selain yang disebutkan sebelumnya bisa dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Sumber : Kementerian PUPR, 2019 (diolah kembali)

Gambar 4.7 Persediaan dan Persebaran Alat Berat di Indonesia

4.4 Alternatif Pemasok Kebutuhan Pembangunan Ibu Kota Negara

Berdasarkan instruksi dari Presiden Republik Indonesia yaitu Bapak Joko Widodo, untuk memenuhi kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru akan menggunakan material dan peralatan yang berasal dari Negara Indonesia sendiri, sehingga pada penelitian ini akan menggunakan beberapa perusahaan produsen material dan alat berat yang ada di Indonesia, yaitu sebagai berikut:

4.4.1 Alternatif Pemasok Semen

a. PT. Semen Indonesia

PT. Semen Indonesia adalah produsen semen terbesar di Indonesia yang memproduksi total 29.580.000 ton semen setiap tahunnya. Semen yang dihasilkan oleh PT. Semen Indonesia diproduksi pada 3 daerah di Indonesia yaitu kota Gresik, kota Padang, dan kota Makassar. Berikut adalah produktifitas dari tiap pabrik PT. Semen Indonesia dengan ketersediaan pelabuhan asal:

Tabel 4.4 Data PT. Semen Indonesia

Supplier	Pabrik Asal	Daerah Asal	Kapasitas Produksi per tahun	Pelabuhan Asal
PT. Semen Indonesia	Semen Padang	Padang	7.400.000 Ton	Teluk Bayur
	Semen Geresik	Gresik	14.700.000 Ton	Teluk Lamong
	Semen Tonasa	Makasar	7.400.000 Ton	Makassar

b. PT. Solusi Bangun Indonesia

PT. Solusi Bangun Indonesia salah satu produsen semen terbesar di Indonesia, perusahaan ini bisa memproduksi semen sebanyak 14.500.000 ton setiap tahunnya, dan di produksi pada 4 pabrik yang berlokasi wilayah Indonesia. Berikut adalah lokasi pabrik dan ketersediaan pelabuhan asal dari PT. Solusi Bangun Indonesia:

Tabel 4.5 Data Perusahaan Semen Solusi Bangun Indonesia

Supplier	Pabrik Asal	Daerah Asal	Kapasitas Produksi	Pelabuhan Asal
PT. Solusi Bangun Indonesia	Narogong	Jawa Barat	14.500.000 Ton	Pelabuhan Tanjung Priok
	Cilacap	Jawa Tengah		Terminal Khusus PT. Solusi Bangun Indonesia Cilacap
	Tuban	Jawa Timur		Pelabuhan Holcim Tuban
	Lhoknga	Aceh		Pelabuhan Semen Andalas

c. PT. Indocement Tungal Prakarsa

PT. Indocement Tungal Prakasa merupakan produsen semen terbesar ke 2 (dua) di Indonesia, perusahaan ini memiliki 3 daerah penghasil semen dengan produktifitas sebesar 20.500.000 ton setiap tahunnya. Semen yang dihasilkan oleh PT. Indocement Tungal Prakarsa diproduksi pada 3 lokasi yang berbeda di wilayah Indonesia. Berikut adalah persebatan pabrik semen dari PT. Indocement Tungal Prakarsa dan ketersediaan pelabuhan asal alternatif:

Tabel 4.6 Data Perusahaan Semen Indocement Tunggal Prakarsa

Supplier	Pabrik Asal	Daerah Asal	Kapasitas Produksi	Pelabuhan Asal
PT. Indocement Tunggal Prakarsa	Citeureup	Jawa Barat	24.900.000 Ton	Pelabuhan Tanjung Priok
	Palimanan	Cirebin		Pelabuhan Cirebon
	Tarjun	Kota Baru		Pelabuhan Semen Tiga Roda

4.4.2 Alternatif Pemasok Aspal

Daerah penghasil aspal terbesar di Indonesia ialah Pulau Buton, dengan aspal jenis yang diproduksi adalah aspal buton. Aspal Buton ini memiliki potensi 667.000.000 ton. tetapi aspal ini baru tersebar 3% per tahun dari kebutuhan tahunan 1.667.000 ton Indonesia.

Aspal Buton ini awalnya dikelola oleh PT. Sarana Karya (SAKA), tetapi sejak 30 Juni 2014 pengelolaan terhadap aspal buton dipindah ke anak perusahaan PT. Wijaya Karya (WIKA) yaitu PT. Wika Bitumen. Perusahaan ini memiliki 1 dermaga khusus dalam penanganan muat aspal yaitu Dermaga Aspal PT. SAKA.

4.4.3 Alternatif Pemasok Beton Precast

a. PT. Wijaya Karya Beton

PT. Wijaya Karya Beton merupakan salah satu perusahaan yang menyatakan siap untuk melayani permintaan beton *precast* untuk kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Perusahaan ini memiliki kapasitas produksi pada tahun 2019 sebesar 4.051.000 ton, beton dari perusahaan ini diproduksi pada 14 lokasi pabrik yang berbeda. Untuk mengetahui lokasi dari masing-masing pabrik dari PT. Wijaya Karya Beton dan ketersediaan pelabuhan asal dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Lokasi Pabrik PT Wijaya Karya Beton dan Pelabuhan Terdekat

Keterangan Pabrik	Provinsi	Pelabuhan Terdekat
PT. Wijaya Karya	Jawa Barat	Tanjung Priok
PPB Bogor	Jawa Barat	Tanjung Priok
PPB Karawang	Jawa Barat	Tanjung Priok
PPB Subang	Jawa Barat	Tanjung Priok
PPB Majalengka	Jawa Barat	Tanjung Priok
PPB Boyolali	Jawa Tengah	Tanjung Mas
PPB Pasuruan 1	Jawa Timur	Tanjung Perak
PPB Pasuruan 2	Jawa Timur	Tanjung Perak
PPB Sulawesi Selatan 1	Sulawesi Selatan	Pelabuhan Makasar
PPB Sulawesi Selatan 2	Sulawesi Selatan	Pelabuhan Makasar
PPB Deli Serdang	Sumatera Utara	Belawan
PPB Natar	Lampung	Bakauheni

Keterangan Pabrik	Provinsi	Pelabuhan Terdekat
PPB Lampung Selatan	Lampung	Bakauheni
PT Citra Lautan Teduh	Batam	Dermaga CLT

b. PT Waskita Karya

PT. Waskita Karya menyatakan siap dalam menyambut proyek inti pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru (CNBCIndonesia,2019). Perusahaan ini memiliki kapasitas produksi tahunan sebesar 3.700.000 ton. Perusahaan ini memiliki 6 (enam) lokasi pabrik yang berbeda, berikut adalah data PT. Waskita Karya dan pelabuhan yang disarankan.

Tabel 4.8 Data Pabrik PT. Waskita Karya dan Pelabuhan Terdekat

Keterangan Pabrik	Daerah Asal	Produktifitas	Pelabuhan Terdekat
PT. Waskita Karya Cibitung	Bekasi	325.000 Ton	Tanjung Priok
PT. Waskita Karya Karawang	Karawang	575.000 Ton	Tanjung Priok
PT. Waskita Karya Sadang	Purwakarta	350.000 Ton	Tanjung Priok
PT. Waskita Karya Kalijati	Subang	250.000 Ton	Tanjung Priok
PT. Waskita Karya Subang	Subang	350.000 Ton	Tanjung Priok
PT. Waskita Karya Bojonegara	Serang	475.000 Ton	Tanjung Priok
PT. Waskita Karya Klaten	Klaten	225.000 Ton	Tanjung Mas
PT Waskita Karya Prambon	Sidoarjo	425.000 Ton	Tanjung Perak
PT. Waskita Karya Gasing	Banyu Asin	725.000 Ton	Dermaga Beton Gasing

4.4.4 Alternatif Pemasok Baja Konstruksi

a. PT. Krakatau Steel

PT. Krakatau Steel merupakan produsen baja terbesar di Indonesia, perusahaan ini mampu menghasilkan baja sebanyak 1.821.000 ton setiap tahunnya dengan lokasi daerah asal dan pelabuhan yang bisa digunakan sebagai asal sebagai berikut:

Tabel 4.9 Data Perusahaan Krakatau Steel

Supplier Asal	Kapasitas	Daerah Asal	Pelabuhan Asal
PT. Krakatau steel,TBK	1.821.000 Ton	Cilegon, Banten	Pelabuhan Cigading

PT. Krakatau Steel memiliki lokasi pabrik di daerah Cilegon, Provinsi Banten. Perusahaan ini memiliki pelabuhan yang digunakan untuk kepentingan sendiri yaitu Pelabuhan Cigading. Pelabuhan ini juga bisa digunakan untuk kepentingan umum, apabila Pelabuhan Ciwandang tidak sanggup untuk melayani muatan yang datang.

4.5 Kapal Alternatif

Kapal alternatif ini diambil dari beberapa sumber yang sedang melakukan penjualan kapal secara online di beberapa website seperti www.petronav.net , www.nautisnp.com , dan www.noaharapan.com . Berikut rincian dari kapal-kapal alternatif:

4.5.1 Kapal General Cargo (GC)

Dari jenis General Cargo pada penelitian ini terdiri dari lima unit kapal yang memiliki perbedaan spesifikasi dan harga, berikut adalah beberapa spesifikasi dan harga dari kapal-kapal alternatif dan untuk data lengkapnya bisa dilihat pada LAMPIRAN:

1. MV Hai Phong 18

Kapal ini merupakan kapal berbendera Vietnam, yang dibangun pada tahun 2009 dengan *Dead Weight* 4.274 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 3.419 ton. Pada *website* penjualannya kapal ini memiliki harga USD 1.800.000.

2. MV Dhong Sun

Kapal ini merupakan kapal berbendera Panama, yang dibangun pada tahun 2007 dengan *Dead Weight* 6.683 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 5.346 ton. Pada *website* penjualannya kapal ini memiliki harga USD 2.400.000.

3. CC DEL Gada

Kapal ini merupakan kapal berbendera Portugal, yang dibangun pada tahun 2007 dengan *Dead Weight* 8.637 ton dan kapasitas ruang muat 6.910 ton. Pada *website* penjualannya kapal ini memiliki harga USD 3.000.000.

4. Hanjani

Kapal ini merupakan kapal berbendera Indonesia, yang dibangun pada tahun 2006 dengan *Dead Weight* 11.427 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 9.142 ton. Pada *website* penjualannya kapal ini memiliki harga USD 6.000.000.

5. Americaborg

Kapal General Cargo yang terakhir ini merupakan kapal berbendera Netherlands, yang dibangun pada tahun 2007 dengan *Dead Weight* 17.356 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 13.885 ton. Pada *website* penjualannya kapal ini memiliki harga USD 11.000.000.

4.5.2 Kapal Landing Craft Tank (LCT)

Dari jenis Landing Craft Tank (LCT) pada penelitian ini sama seperti jenis kapal sebelumnya yang terdiri dari lima unit kapal yang memiliki perbedaan spesifikasi dan harga, berikut adalah

beberapa spesifikasi dan harga dari kapal-kapal alternatif dan untuk data lengkapnya bisa dilihat pada LAMPIRAN:

1. Petro Maju

Kapal ini merupakan kapal berbendera Indonesia, yang dibangun pada tahun 2007 dengan *Dead Weight* 600 ton dengan kapasitas ruang muat sebesar 480 ton pada *website* penjualannya kapal ini memiliki harga USD 525.000.

2. SMS Tangguh

Kapal ini merupakan kapal berbendera Indonesia, yang dibangun pada tahun 2007 dengan *Dead Weight* 1.329 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 1.063 ton. Pada *website* penjualannya kapal ini memiliki harga USD 1.000.000.

3. Adinda Diza

Kapal ini merupakan kapal berbendera Indonesia, yang dibangun pada tahun 2006 di Galangan Tunas Karya Bahari, Batam. Kapal ini memiliki *Dead Weight* 2.341 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 1.873 ton. Kapal ini dijual dengan harga USD 1.700.000

4. LCT-2

Kapal ini merupakan kapal berbendera Indonesia, yang dibangun pada tahun 2014 dengan *Dead Weight* 3.250 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 2.600 ton. Pada *website* penjualannya kapal harga kapal ini adalah USD 2.100.000.

5. LCT-1

Kapal Landing Craft Tank (LCT) yang terakhir adalah kapal LCT-1 yang berbendera Indonesia, dibangun pada tahun 2017 dengan *Dead Weight* 4.000 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 3.200 ton. Kapal ini dijual dengan harga USD 2.613.141.

4.5.3 Kapal Tanker

Dari jenis kapal tanker pada penelitian ini sama seperti jenis kapal sebelumnya yang terdiri dari lima unit kapal yang memiliki perbedaan spesifikasi dan harga, berikut adalah beberapa spesifikasi dan harga dari kapal-kapal alternatif dan untuk data lengkapnya bisa dilihat pada LAMPIRAN:

1. Yalong Wan

Kapal ini merupakan kapal berbendera Arab Saudi, yang memiliki *Dead Weight* 6.012 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 4.810 ton. Kapal ini dijual dengan harga USD 3.850.000.

2. Mo Satu

Yang kedua adalah kapal Mo Satu yang berbendera Malaysia, yang memiliki *Dead Weight* 7.550 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 6.040 ton. Kapal ini dijual dengan harga USD 4.000.000.

3. Leadership

Ketiga adalah kapal Leadership yang berbendera Indonesia, dengan *Dead weigh* 9.330 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 7.464 ton. Kapal ini dijual dengan harga USD 5.000.000.

4. MT Sinosea Cherry

Keempat adalah kapal MT Sinosea Cherry yang berbendera Malta, dengan *Dead Weight* 10.945 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 8.756 ton. Kapal ini dijual dengan harga USD 5.500.000.

5. MT Makhambet

Terakhir ada kapal MT Makhambet yang berbendera St Vincent &The Grenadines, dengan *Dead Weight* 12.365 ton dan kapasitas ruang muat sebesar 13.995 ton. Kapal ini pada *website* penjualannya dijual dengan harga USD 6.800.000.

4.6 Truk Alternatif

Armada Transportasi darat (Truk) yang akan digunakan sebagai alternatif dalam pengiriman kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru adalah truk yang bernama Hino Truk Ranger FM 265 TH C/R. Berikut adalah spesifikasi truk alternatif pada penelitian ini:

Tabel 4.10 Spesifikasi Truk

Data		Satuan
Nama Kendaraan	=	Hino Truk Ranger FM 265 TH C/R
Jenis Kendaraan	=	Dump Truck
Payload	=	40 ton
harga beli	=	887.000.000 Rp
Biaya Sewa	=	45.000.000 Rp/bln
Kecepatan		
Vs Kosong	=	60 KM/jam
VS ISI	=	40 Km/jam
Daya Mesin		
ME	=	7684 cc
SFOC		
konsumsi BBM	=	5 km/liter
Jumlah Pengemudi	=	2 Orang
Umur Ekonomis	=	10 Tahun

Dari Tabel 4.10 di atas diketahui harga beli truk tersebut sebesar Rp. 887.000.000 per unit. Sedangkan jika ingin melakukan penyewaan biaya yang harus dikeluarkan adalah sebesar Rp. 45.000.000 per bulan. Truk ini sanggup mengangkut muatan dengan berat maksimal 40 ton, dan kecepatan maksimal yang bisa di tempuh oleh truk ini adalah 80 km/jam. Kebutuhan bahan bakar dari Hino Truk Ranger FM 265 TH C/R adalah 1 liter per 5 kilometer perjalanan.

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Infrastruktur Ibu Kota Negara (IKN) Baru

Pada pembahasan 4.2.3 tentang kebutuhan infrastruktur Ibu Kota Negara (IKN) baru, dimana kebutuhan tersebut dibagi menjadi 3 fungsi pelaksanaan yaitu fungsi utama, fungsi pendukung, fungsi penunjang.

5.1.1 Fungsi Utama

Fungsi utama merupakan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru pada tahap pelaksanaan 1, yang mana fungsi tersebut dilaksanakan selama 4 (empat) tahun mulai dari tahun 2021 sampai tahun 2024. Kebutuhan fungsi utama yang direncanakan pada penelitian ini terdiri dari gedung legislatif, gedung eksekutif, dan terakhir gedung yudikatif.

Gedung legislatif akan dipergunakan oleh 2 (dua) lembaga negara, yaitu Dewan Perwakilan Rakyat (DPR) dan Majelis Permusyawaratan Rakyat (MPR). Perhitungan gedung legislatif pada penelitian ini, berdasarkan luas gedung legislatif saat ini yang berada di Provinsi DKI Jakarta yaitu 80.000 m², gedung ini terdiri dari 24 lantai dengan tinggi tiap lantai dan ketebalan beton pada gedung ini diasumsikan secara berurutan sebesar 4 m dan 25 cm.

Gedung eksekutif terdiri dari; pertama gedung Istana Negara sebagai tempat kediaman dan kerja Presiden Republik Indonesia, gedung ini memiliki luas 24.000 m² (disamakan dengan istana saat ini), terdiri dari 2 lantai dengan tinggi tiap lantai dan ketebalan beton diasumsikan 4 m dan 25 cm. Kedua Istana wakil presiden, gedung ini memiliki luas 20.000 m², terdiri dari 2 lantai, tinggi tiap lantai dan ketebalan beton sisi-sisi bangunan diasumsikan sebesar 4 m dan 25 cm. Ketiga gedung kementerian, gedung ini berjumlah 34 unit bangunan (sesuai jumlah kementerian Republik Indonesia), gedung-gedung tersebut diasumsikan dengan luas tiap gedung 15.683 m², jumlah lantai tiap gedung 22, tinggi tiap lantai 4 m, dan ketebalan beton 25 cm.

Gedung yudikatif terdiri gedung Mahkamah Agung (MA), Mahkamah Konstitusi (MK), dan Komisi Yudisial (KY). Gedung Mahkamah Agung diasumsikan dengan luas 20.000 m², jumlah lantai 22, tinggi tiap lantai 4 m, dan ketebalan beton tiap gedung 25 cm. Sedangkan Gedung Mahkamah Konstitusi diasumsikan dengan luas 23.323 m², jumlah lantai 20, ketinggian tiap lantai 4 m, ketebalan beton 25 cm. Dan terakhir gedung Komisi Yudisial juga direncanakan dan diasumsikan dengan luas 1.500 m², jumlah lanti 6, tinggi tiap lantai 4 m, ketebalan beton 25 cm.

5.1.2 Fungsi Pendukung

Fungsi pendukung merupakan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru pada tahap 2, yang mana tahap ini akan dilaksanakan selama 5 (lima) tahun mulai dari tahun 2025 sampai tahun 2029. Kebutuhan fungsi pendukung yang direncanakan pada penelitian ini terdiri dari rumah dinas, sarana pendidikan, sarana kesehatan, dan lembaga pemasyarakatan.

Rumah dinas direncanakan untuk dihuni oleh 1.500.000 penduduk, kebutuhan ini diasumsikan setiap unit dengan volume 163 m^2 , panjang 20 m, lebar 9,6 m, tinggi 6 m, dan ketinggian genteng 3 m.

Fasilitas pendidikan diasumsikan dengan, pertama 250 unit gedung Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) dan Taman Kanak-Kanak (TK) dengan volume beton tiap gedung 300 m^3 . kedua Sekolah Dasar (SD) diasumsikan sebanyak 100 unit dan volume beton tiap unit 600 m^3 . Ketiga Sekolah Menengah Pertama (SMP) sebanyak 50 unit dengan volume beton 600 m^3 . Keempat Sekolah Menengah Atas (SMA) dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) sebanyak 30 unit dan volume beton tiap unit 1.000 m^3 . Dan terakhir Perguruan Tinggi (Universitas) juga diasumsikan dengan jumlah 10 unit, dan volume tiap Universitas 10.000 m^3 .

Fasilitas Kesehatan diasumsikan dengan; pertama 63 unit puskesmas, dengan volume beton tiap gedung 500 m^3 . Kedua rumah sakit dengan jumlah 59 unit dan volume beton tiap gedung 1.000 m^3 . Ketiga klinik dengan jumlah 103 unit dengan volume beton tiap unit 200 m^3 . Keempat laboratorium sebanyak 69 unit dengan volume beton tiap unit 150 m^3 . Kelima optik yang berjumlah 99 unit, dengan volume beton tiap unit 100 m^3 . Keenam apotik dengan jumlah 100 unit, dengan volume beton tiap unit 60 m^3 . Dan terakhir toko obat yang juga diasumsikan dengan jumlah 59 unit dengan volume beton tiap unit 60 m^3 .

Fasilitas lembaga pemasyarakatan yang pertama adalah lapas dengan volume beton 1.000 m^3 . Kedua rumah tahanan (RUTAN) dengan volume beton 800 m^3 . Ketiga cabang rutan dengan volume beton 500 m^3 . Keempat rumah penyimpanan sitaan dengan volume beton 800 m^3 . Dan yang terakhir balai pemasyarakatan dengan volume beton 800 m^3 .

5.1.3 Fungsi Penunjang

Fungsi penunjang merupakan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru yang terdapat pada semua tahapan, yang mana tahap ini akan dilaksanakan selama fungsi utama dan fungsi pendukung dikerjakan, yang mana pengerjaannya selama 9 tahun dimulai dari tahun 2021 sampai tahun 2029. Kebutuhan fungsi penunjang yang direncanakan pada penelitian ini terdiri dari ruang terbuka hijau yang berjumlah 10 unit dengan volume beton 200 m^3 , Kedua

Lapangan olahraga dengan jumlah 2 unit dan volume beton 1.000 m³, Dan terakhir fasilitas jalan yang sesuai dengan pembahasan 4.2.3.

5.2 Analisis Kebutuhan Ibu Kota Negara Baru

Berdasarkan data dari Kementerian Pembangunan Umum dan Perumahan Rakyat, untuk saat ini terdapat 5 jenis kebutuhan yaitu semen, aspal, baja konstruksi, beton pracetak, dan alat berat.

5.2.1 Perhitungan Kebutuhan Semen

Perhitungan kebutuhan semen dimulai dengan menghitung volume beton yang akan dibangun. Setelah itu menentukan mutu beton yang akan digunakan sesuai dengan (Badan Standarisasi Nasional , 2008). Pada penelitian ini digunakan beton dengan mutu $F'_{o} = 31,2$ Mpa (K 350), slump (12 +2) cm, w/c = 0,48 karena memiliki gaya tekan paling tinggi. Untuk membangun beton dengan mutu $F'_{o} = 31,2$ Mpa (K 350), slump (12 +2) cm, w/c = 0,48 Dibutuhkan semen 448 Kg per m³ beton (Badan Standarisasi Nasional , 2008), sehingga untuk mencari kebutuhan semen bisa dirumuskan sesuai dengan (Persamaan 3-2) yang terdapat pada bagian 3.2.2.

Perhitungan volume beton dilakukan dengan menghitung volume dinding, volume lantai, dan volume beton luar dari semua gedung dan bangunan yang dibutuhkan pada semua fungsi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Untuk perhitungan volume beton alas dan beton dinding diperoleh dengan perkalian sisi (panjang, lebar, dan ketebalan), sementara itu untuk beton dalam gerung diasumsikan sebesar 50% dari volume beton alas dan dinding. Karena pada penelitian ini terdapat 2 sumber beton, yaitu yang pertama dengan beton cair yang dihasilkan dari semen dan yang kedua yaitu beton precast yang sudah diciptakan pada pabrik, maka untuk memenuhi kebutuhan beton tersebut dapat diperoleh dari 80% beton cair dan 20% beton *precart*. Maka didapatkan hasil volume beton yang membutuhkan semen untuk dikirim menuju IKN baru 67.559.425 m³, dengan volume beton tersebut dapat diketahui kebutuhan semen untuk pembangunan IKN baru sebesar 30.266.623 Ton.

5.2.2 Perhitungan Kebutuhan Aspal

Menghitung kebutuhan aspal berdasarkan pada volume dari jalan yang akan dibangun. Semua data jalan yang akan dibangun beserta panjang jalan, sudah disebutkan pada bagian 4.2.3. akan tetapi akses jalan yang diperhitungkan pada penelitian ini adalah jalan yang membutuhkan aspal seperti jalan tol, jalan raya non tol, dan jalur bersepeda.

Untuk mencari volume jalan tersebut digunakan data panjang, lebar, dan ketebalan aspal dari jalan yang akan dibangun. Volume aspal jalan raya tol diperoleh dari perkalian panjang 114 km, lebar sesuai Standar Konstruksi dan Bangunan no. 007/BM/2009 adalah 40 m, dan ketebalan aspal 0,05 m, sehingga diperoleh volume aspal untuk pembangunan tol 228.000 m³. Perhitungan volume aspal jalan nasional non tol diperoleh dari perkalian antara panjang jalan 1.796 km, lebar jalan yang terdiri dari 3 (tiga) ruas jalan sisetiap sisi, dengan masing-masing ruas memiliki lebar sesuai dengan RSNI T-14-2004 adalah 2,5 m, dan ketebalan aspal 0,05 m, sehingga diperoleh kebutuhan volume aspal untuk jalan nasional non tol sebesar 1.347.000 m³. Perhitungan volume aspal jalan yang terakhir yaitu jalur bersepeda dengan panjang 918 km, dan lebar jalan sesuai Peraturan Menteri PUPR No 03/PRT/M/2014 adalah 3 m, dan ketebalan aspal 0,05 m, yang menghasilkan volume aspal yang dibutuhkan untuk akses jalur bersepeda 137.700 m³.

Setelah diketahui total volume dari jalan yang akan dibangun maka dikalikan dengan masa jenis aspal 2,34 ton/m³. Perhitungan kebutuhan aspal dihitung menggunakan rumus dari (PT Buntara Megah Inti, 2020), yang mana rumus lengkap terdapat pada bagian 3.2.2 (Persamaan 3-3) dan (Persamaan 3-4). Sehingga didapatkan hasil kebutuhan aspal untuk pembanguna Ibu Kota Negara Baru sebesar 3.939.210 Ton.

5.2.3 Perhitungan Kebutuhan Baja

Pada penelitian ini, baja yang dihitung adalah baja ringan yang berfungsi sebagai rangka atap bangunan. Untuk menghitung kebutuhan baja ringan, terlebih dahulu menghitung volume rangka atap baja ringan yang disesuaikan dengan ukuran rumah (Arsiteki, 2020). Baja ringan rangka atap terdiri dari 2 jenis yaitu kaso dan reng. Perhitungan kebutuhan baja ringan dihitung berdasarkan rumus dari (Arsiteki, 2020), yang mana rumus lengkap terdapat pada bagian 3.2.2(Persamaan 3-5) sampai dengan (Persamaan 3-8)(Persamaan 3-7).

Menentukan jumlah kaso dan reng, tergantung kepada volume atap dimana perhitungan volume atap ini dilakukan kepada semua bangunan yang terdapat pada fungsi penunjang saja karena pada fungsi utama dan pendukung penunjang hanya terdapat gedung-gedung tinggu yang tidak menggunakan atap sebagai penutup genteng. Perhitungan volume atap ini tergantung kepada panjang dan lebar dari masing-masing bangunan yang dikalikan dengan tinggi masing-masing genteng yang diasumsikan 3 m dan setelah itu dibagi dengan derajat kemiringan atap COS 35° seperti (Persamaan 3-5). Setelah diketahui volume dari masing-masing bangunan, maka bisa diketahui jumlah kebutuhan baja ringan jenis kaso dengan persamaan (Persamaan 3-6) dan setelah itu perhitungan jumlah reng menggunakan (Persamaan

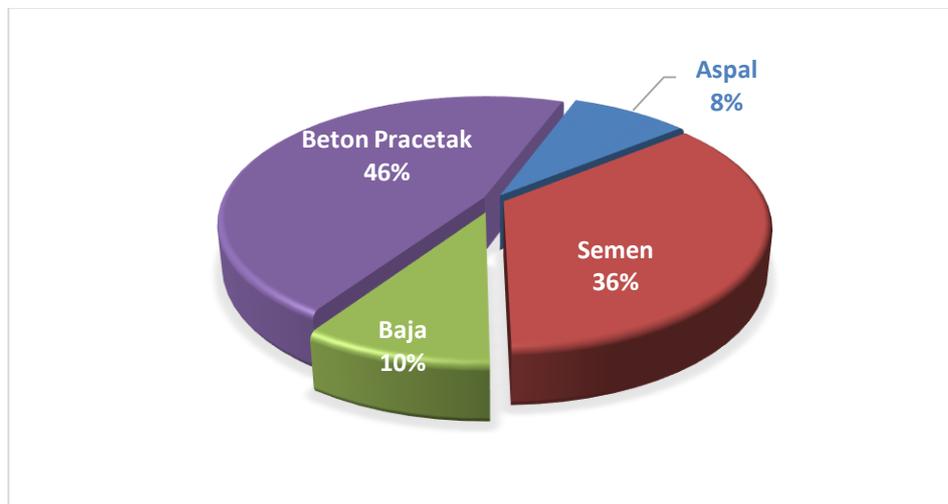
3-7). Setelah diketahui jumlah dari kaso dan reng, selanjutnya tinggal dikalikan dengan dengan berat masing-masing baja tersebut yaitu kaso 0,00444 ton per unit dan reng 0,00208 ton per unit, didapatkan hasil kebutuhan baja untuk pembanguna Ibu Kota Negara Baru sebesar 3.168.932 Ton.

5.2.4 Perhitungan Kebutuhan Beton

Beton yang dihitung pada penelitian ini adalah beton *precast*. Dimana, beton ini sudah diproduksi di pabrik, sehingga setelah sampai di lokasi pembangunan, beton ini bisa langsung disusun dan dipergunakan. Untuk menghitung jumlah kebutuhan beton *precast*, awalnya dilakukan perhitungan volume beton, dimana volume beton untuk kebutuhan beton precast diasumsikan dengan 20% dari kebutuhan total volume beton, sehingga menghasilkan volume 16.889.856 m³.

Setelah diketahui volume dikalikan dengan masa jenis beton 2,2 Ton/m³. Sehingga untuk mencari berat kebutuhan beton bisa dirumuskan sesuai dengan (Persamaan 3-9) yang terdapat pada bagian 3.2.2. Dengan persamaan tersebut, maka diperoleh hasil kebutuhan beton untuk pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru sebesar 37.157.684 Ton.

Setelah dilakukan semua perhitungan material kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, diperoleh hasil rangkuman sebagai berikut:



Gambar 5.1 Demand Material Ibu Kota Negara (IKN) baru

Total berat kebutuhan material yang akan dipergunakan untuk pembangunan IKN baru selama 9 tahun adalah sebesar 74.532.449 ton. Dengan jumlah kebutuhan yang paling besar adalah beton pracetast sebanyak 37.157.684 ton, dan kebutuhan paling kecil adalah baja konstruksi sebanyak 3.168.932 ton.

5.2.5 Perhitungan Kebutuhan Alat Berat

Alat Berat yang dihitung pada penelitian ini terdiri dari 7 jenis alat berat yang sudah disebutkan pada bagian 2.2.1 sebelumnya. Berdasarkan perhitungan Excavator, Truck non Jalam Raya, Bulodzer, dan Vibration Roller yang menggunakan rumus pendekatan dari (Dicky Setiadi Hadi Effendi), perhitungan jumlah Truck Mixer dan Concrete pump truck menggunakan rumus pendekatan yang bersumber dari (Jawat & Anak Agung Sagung Dewi Rahadiani, 2018), dan terakhir perhitungan Hydraulic Static Pile Driver menggunakan rumus pendekatan dari (Warsito & Hatmoko, 2016), yang mana rumus lengkap terdapat pada bagian 3.2.2 bagian analisis *demand*.

a. Perhitungan kebutuhan Excavator

Excavators berguna untuk melakukan pengerukan tanah pada luasan yang akan dibangun pada Ibu Kota Negara (IKN) baru. Perhitungan kebutuhan *excavators* tergantung kepada volume tanah yang akan dikeruk atau ditimbun. Perhitungan volume tanah diperoleh dengan data luasan yang akan dibangun. Dimana pada tahap-1 pembangunan, luas yang akan di bangun mencapai 6.000 Ha atau 60.000.000 m², dan pada tahap-2 pembanguna memiliki luas 40.000 Ha atau 400.000.000 m².

Menghitung kebutuhan *excavators* pada tahap 1 pembangunan, menggunakan data asumsi kedalaman pengerukan/penimbunan tanah 2 m, sehingga menghasilkan volume tanah yang akan dikeruk sebesar 120.000.000 m³. Perhitungan jumlah kebutuhan excavator diawali dengan perhitungan produksi per siklus (frekuensi) yang ditandai dengan kapasitas alat 0,776 m³. Perhitungan selanjunya yaitu waktu siklus (frekuensi) yang terdiri dari waktu buang, waktu gali, dan waktu putar sebesar 28,1 detik. Maka diperoleh produktifitas per jam dengan menggunakan persamaan (Persamaan 3-10) sebesar 74,56 m³, produktifitas jam ini ditambahkan dengan waktu kerja alat setiap hari sebesar 20 jam, maka menghasilkan kapasitas alat tersebut 1.491,24 m³ per hari. Sehingga dengan produktifitas harian, volume pengerukan tanah, dan waktu proyek pembangunan tahap-1 1.460 hari, dengan mmenggunakan (Persamaan 3-11) didapatkan jumlah kebutuhan excavator pada pembangunan tahap-1 sebanyak 55 unit.

Pada tahap-2 yang berluasan 400.000.000 m² dan kedalaman pengerukan diasumsikan 2 m, didapatkan volume tanah 800.000.000 m³. Dengan menggunakan (Persamaan 3-11), produktivitas harian *excavators* 1.491,24 m³, waktu pengerjaan proyek pembangunan tahap-2 1.825 hari diperoleh hasil jumlah kebutuhan alat *excavators* 294 unit.

b. Perhitungan Truck non Jalan Raya

Truck non jalan raya berguna untuk mengangkut tanah hasil pengerukan menuju ke lokasi yang tidak menghalangi proses pembangunan, dimana pada penelitian ini proses pengangkutan di asumsi sejauh 10 km, karena sudah berada diluar lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. . Perhitungan jumlah kebutuhan *truck non* jalan raya diawali dengan perhitungan produksi per siklus (frekuensi) yang ditandai dengan kapasitas *truck* 21 m³ dalam pengangkutan tanah. Setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan waktu siklus (frekuensi) yang terdiri dari waktu muat 10 menit, waktu pengangkutan 15 menit dengan kecepatan 40 km/jam, waktu kembali 10 menit dengan kecepatan 60 km/jam, waktu buang dan tunggu 3 menit, waktu *truck* mengambil posisi muat 1 menit. Sehingga diperoleh waktu siklus *truck non* jalan raya dalam 1 kali frekuensi 39 menit. Dengan menggunakan (Persamaan 3-12), data input berupa kapasitas per siklus/frekuensi, waktu siklus, dan jam kerja alat dalam 1 (satu) hari 20 jam, maka didapatkan produktivitas harian 651 m³.

Dikarenakan pengangkutan tanah oleh *truck non* jalan raya setelah dilakukan penggalian oleh *excavator*, maka untuk mengetahui jumlah kebutuhan truk dengan menggunakan (Persamaan 3-13). Sehingga menghasilkan jumlah kebutuhan *dump truck non* jalan raya pada tahap-1 pembangunan 126 unit dan pada tahap-2 sebanyak 673 unit.

c. Perhitungan Bulldozer

Bulldozer direncanakan dalam proses penggeseran tanah hasil kerukan sebelum diangkut dengan truck sehingga tidak mengganggu proses penggalian yang dilaksanakan. Perhitungan jumlah kebutuhan *bulldozer* diawali dengan menghitung produktivitas siklus/frekuensi, dimana produktivitas ini diperoleh dari kapasitas alat yang ditunjukkan dengan ukuran *blade* dengan panjang 3,58 m, lebar dan tinggi 1,42 m. sehingga menghasilkan kapasitas siklus 6,54 m³ dengan factor terangkut sebesar 0,9.

Perhitungan kedua adalah menghitung waktu siklus, didalam perhitungan waktu siklus terdapat data asumsi penggusuran sejauh 50 m, kecepatan maju 92,21 meter per menit, kecepatan mundur 110,50 meter per menit, waktu ganti persnelling 0,11 menit. Sehingga dengan waktu maju, mundur dan ganti persnelling diperoleh waktu siklus bulldozer 0,35 menit.

Perhitungan ketiga adalah produktifitas harian dengan menggunakan (Persamaan 3-14), dan data tambahan berupa jam kerja alat selama 1 (satu) hari 20 jam, efisiensi kerja 0,75. Menghasilkan produktivitas harian bulldozer sebesar 345,34 m³.

Perhitungan kebutuhan alat berat bulldozer tergantung kepada produktivitas dari *excavators*, karena bulldozer bisa bekerja menggusur tanah setelah *excavators* selesai

melakukan penggalian tanah, maka perhitungan jumlah *bulldozer* dilakukan dengan (Persamaan 3-15), dan menghasilkan jumlah kebutuhan *bulldozer* pada pembangunan tahap-1 238 unit dan pada tahap-2 pembangunan sebanyak 1.270 unit.

d. Perhitungan Vibration Roller

Vibration roller berguna untuk kegiatan menggilas dan memadatkan hasil timbunan. Dalam perhitungan produktivitas *vibration roller* menggunakan data kecepatan operasi (V) 5 km per jam, lebar efektif pemadatan (W) 0,2, jumlah lintasan pemadatan (N) 4, tebal lapisan pemadatan (H) 0,3 m, efektif kerja (E) 0,7. Sehingga dengan menggunakan (Persamaan 3-16) diperoleh nilai produktivitas *vibration roller* 56,25 m³ per jam, setelah itu dengan waktu operasional selama 20 jam per hari diperoleh nilai produktivitas harian dari *vibration roller* yaitu 1.125 m³ per hari.

Perhitungan kebutuhan alat berat *bulldozer* tergantung kepada produktivitas dari *excavators*, karena *vibration roller* bisa bekerja menggosok tanah setelah *excavators* selesai melakukan penggalian/penimbunan tanah, maka perhitungan jumlah *vibration roller* dilakukan dengan (Persamaan 3-17), dan menghasilkan jumlah kebutuhan *bulldozer* pada pembangunan tahap-1 sebanyak 73 unit dan pada tahap-2 pembangunan sebanyak 390 unit.

e. Perhitungan Truck Mixer

Truck mixer berguna untuk mengangkut dan mencampurkan adonan beton cair sebelum dipergunakan dalam proses pembangunan. Perhitungan jumlah *truck mixer* diawali dengan menghitung waktu siklus/frekuensi, dimana jarak perjalanan *truck mixer* diasumsikan 30 km, kecepatan berangkat dan balik sebesar 20 km/jam dan 40 km/jam, waktu tunggu sebelum penuangan 4,37 menit, waktu tuang 6,94 menit, waktu muat 3 menit. Sehingga dengan menggunakan data asumsi tersebut diperoleh waktu siklus sekali frekuensi dari *truck mixer* 154,73 menit. Produktivitas *truck* dalam 1 (satu) kali frekuensi ditunjukkan dengan kapasitas alat yaitu sebesar 7 m³. Setelah mengetahui nilai produktivitas siklus dan waktu siklus maka bisa ditentukan nilai produktivitas harian *truck mixer* dengan (Persamaan 3-21) yang menghasilkan nilai 40,71 m³ per hari.

Pada tahap-1 pembangunan akan dilakukan pengecoran pada gedung-gedung fungsi utama pembangunan, besar volume pengecoran total Ibu Kota Negara (IKN) baru tahap-1 adalah 14.496.564 m³, dimana nilai ini diperoleh setelah pengurangan volume beton total tahap-1 dengan volume penggunaan beton precast. pengecoran beton tahap-1 dilaksanakan selama 1.460 hari, Sehingga dengan menggunakan persamaan (Persamaan 3-22) diperoleh jumlah *truck mixer* 244 unit.

Tahap-2 pembangunan akan dilaksanakan pengecoran pada gedung-gedung fungsi pendukung dengan total volume beton cair yang dibutuhkan diluar volume beton precast adalah $53.050.862 \text{ m}^3$, tahap ini akan dilaksanakan selama 1.825 hari. Sehingga dengan menggunakan persamaan (Persamaan 3-22) diperoleh jumlah *truck mixer* 714 unit.

f. Perhitungan Concrete pump truck

Concrete Pump Truck berguna untuk menyalurkan beton cair dari *truck mixer* menuju lokasi pengecoran. Perhitungan waktu siklus concrete pump truck terdiri dari waktu efektif pengerjaan dan waktu delay pengerjaan, sehingga menghasilkan waktu siklus 11,36 menit. Untuk menentukan jumlah alat *concrete pump truck* dibutuhkan kapasitas alat $0,521 \text{ m}^3$ dan efektif kerja alat 0,75. Sehingga perhitungan kebutuhan jumlah alat concrete pump truck dirumuskan dengan (Persamaan 3-19).

Pengecoran tahap-1 dilakukan dengan volume yang sama seperti *truck mixer* yaitu $14.496.564 \text{ m}^3$ dan waktu pengecoran 1.460 hari, sehingga menghasilkan jumlah alat sebanyak 241 unit. Pengecoran pada tahap-2 dilakukan terhadap volume beton $53.050.862 \text{ m}^3$ dan waktu pengecoran yang dimiliki 1.825 hari, sehingga pada tahap-2 pembangunan membutuhkan jumlah *concrete pump truck* sebanyak 704 unit.

g. Perhitungan Hydraulic Static Pile Driver

Hydraulic Static Pile Driver digunakan dalam pemasangan pondasi bangunan, dimana pada penelitian ini pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Perhitungan pertama yang dilakukan dalam menghitung jumlah kebutuhan *hydraulic static pile driver* adalah dengan menghitung waktu siklus yang terdiri dari waktu mempersiapkan tiang pancang oleh crane 2,16 menit, waktu aktifitas pengelasan tiang dengan jumlah sambungan 2 (dua) selama 2,5 menit, waktu aktivitas *hydraulic static pile driver* (menjepit, menekan, melonggarkan, dan mengangkat tiang pancang) 16,34 menit, dan terakhir waktu pindah alat menuju titik pemancangan selanjutnya selama 5 menit. Sehingga dengan waktu kegiatan tersebut diperoleh waktu siklus hydraulic ststic pile driver untuk 1 (satu) titik pemancangan 28,5 menit. Setelah mengetahui waktu siklus, maka dilakukan perhitungan produktivitas dengan menggunakan persamaan (Persamaan 3-24) dan data inputan berupa waktu kerja per hari 10 jam, nilai koefisien kerja 0,83. Maka diperoleh produktivitas dari *hydraulic ststic pile driver* sebesar 17 titik per hari.

Menghitung jumlah pondasi yang akan dipasang oleh *hydraulic static pile driver* menggunakan keliling dari gedung yang akan dibangun dan asumsi jumlah pondasi sebanyak 1 (satu) unit dalam setiap 1 (satu) meter keliling. Didapatkan jumlah pondasi untuk

pembangunan fungsi utama sebanyak 4.897 titik pemancangan, sehingga untuk memasang pondasi pada fungsi utama, dengan waktu pekerjaan proyek selama 1.460 hari yaitu 1 unit *hydraulic static pile drivers*.

Pada fungsi pendukung diperoleh keliling dan jumlah titik pemancangan sebanyak 32.649. sehingga untuk memasangkan pondasi pada fungsi pendukung dalam waktu 1.825 hari dibutuhkan alat *hydraulic static pile driver* sebanyak 2 unit.

Hasil perhitungana diperoleh jumlah Alat berat yang dibutuhkan pada pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru sebesar 4.047 unit. Setelah mengetahui jumlah alat, maka untuk menentukan demand jumlah alat tersebut dikalikan dengan berat masing-masing peralatan, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5.1 Berat Total dari Kebutuhan Peralatan

No	Jenis Alat	Jumlah Alat Berat	Berat 1 Unit Alat	Berat Total Peralatan
1	Eskavator	294 unit	7,24 Ton	2.129 Ton
2	Truck Non Jalan Raya	673 unit	32,56 Ton	21.916 Ton
3	Bulldoser	1.270 unit	2,87 Ton	3.645 Ton
4	Vibration Roller	390 unit	7,99 Ton	3114 Ton
5	Concrete Pump Truck	704 unit	38,00 Ton	26.768 Ton
6	Truck Mixer	714 unit	25,00 Ton	17.849 Ton
7	Pondation Equipment	2 unit	32,00 Ton	64 Ton
Berat keseluruhan		4.047 unit	145,66 Ton	75.484 Ton

Jika kebutuhan alat berat untuk pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, dirubah menjadi satuan berat (ton), maka total berat yang akan dimuat adalah sebesar 75.484 ton dari ketujuh jenis peralatan.

5.3 Analisis Pelabuhan

Analisis Pelabuhan Alternatif pada penelitian ini adalah semua pelabuhan yang akan dipergunakan sebagai tempat asal dan tujuan dari kapal yang akan melayani pengiriman menuju Ibu Kota Negara (IKN) baru, pelabuhan alternatif dibagi menjadi pelabuhan alternatif tujuan dan pelabuhan alternatif asal. Pelabuhan asal dipilih berdasarkan lokasi terdekat dengan *supplier* pemasok kebutuhan pembangunan IKN baru.

5.3.1 Pemasok dan Pelabuhan Asal

Sebagaimana yang sudah dibahas pada paragraf sebelumnya bahwa pelabuhan asal dipilih berdasarkan pemasok kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) bari, jadi pada bagian ini akan membahas *supplier* terpilih beserta pelabuhan asalnya, sebagai berikut:

1. Semen

a. Pemasok

Pemasok material semen yang dipilih pada penelitian ini adalah PT. Semen Indonesia yang berlokasi pusat di Gresik, Jawa Timur. Pemilihan pemasok ini berdasarkan pada produksi semen PT. Semen Indonesia yang mencapai 29.580.000 ton setiap tahunnya, dan angka ini merupakan produksi terbesar jika dibandingkan dengan alternatif pemasok lainnya yang sudah dibahas pada bagian 4.4 sebelumnya.

b. Pelabuhan PT. Semen Gresik

Pelabuhan ini akan menjadi pelabuhan asal yang akan melayani proses muat semen menuju kapal untuk dikirim menuju Ibu Kota Negara (IKN) baru, pelabuhan ini dipilih karena pada dasarnya memang di khususkan untuk melayani muat semen dari PT Semen Gresik itu sendiri dan memiliki jarak 3,4 km dari lokasi pabrik semen. Berikut adalah data Pelabuhan PT. Semen Gresik:

Tabel 5.2 Data Tarif dan Produktifitas Layanan Pelabuhan PT. Semen Gresik

Data	Satuan	Tarif
Labuh	GT Call	Rp 58
Sandar	GT/Etmal	Rp 68
Pandu		
Tarif Tetap	gerakan	Rp 329.472
Tarif Variable	GT/Gerakan	Rp 55
Tunda		
Tarif Tetap	/Jam	Rp 505.920
Tarif Variable	GT/jam	Rp 8
Buka Tutup Palkah	/Unit	Rp 443.000
Data	Satuan	Tarif
Stevedoring	Rp/ton	Rp 14.320
Cargodoring	Rp/ton	Rp 14.320
(AT+IT+WT)	jam	7
Produktifitas B/M	ton/jam	100

2. Aspal

a. Pemasok

Pemasok material aspal yang dipilih pada penelitian adalah PT. Wika Bitumen yang berlokasi pusat di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Pemilihan pemasok ini berdasarkan pada potensi aspal yang terdapat pada Pulau Buton yang mencapai 667.000.000 ton, dan angka ini merupakan produksi terbesar jika dibandingkan dengan alternatif pemasok lainnya yang sudah dibahas pada bagian 4.4 sebelumnya.

b. Dermaga Aspal PT. SAKA

Dermaga Aspal PT. SAKA akan melayani proses muat aspal dari semua kebutuhan aspal Ibu Kota Negara (IKN) baru, pelabuhan ini akan menjadi titik awal pengiriman aspal yang berasal dari Pulau Buton menuju Kalimantan Timur. Dasar penentuan pelabuhan ini adalah karena pelabuhan ini merupakan pelabuhan milik dari PT. Wika Bitumen, dan memang dikhususkan untuk melayani aspal bagi kepentingan PT. Wika Bitumen. Berikut adalah data dari Dermaga Aspal PT. Saka:

Tabel 5.3 Data Tarif dan Produktifitas Layanan Dermaga Aspal PT. SAKA

Data	Satuan	Tarif
Labuh	GT Call	Rp 79
Sandar	GT/Etmal	Rp 68
Pandu		
Tarif Tetap	gerakan	Rp 70.000
Tarif Variable	GT/Gerakan	Rp 33
Tunda		
Tarif Tetap	/Jam	Rp 505.920
Tarif Variable	GT/jam	Rp 8
Buka Tutup Palkah	/Unit	Rp 443.000
Stevedoring	/ton	Rp 14.538
Cargodoring	/ton	Rp 13.053
(AT+IT+WT)	jam	8
Produktifitas B/M	ton/jam	3000

3. Baja Konstruksi

a. Pemasok

Pemasok Kebutuhan baja konstruksi yang dipilih untuk memenuhi kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru adalah PT. Krakatau Steel, pemilihan perusahaan ini adalah dikarenakan merupakan produsen baja terbesar di Indonesia dengan produksi baja sebesar 1.821.000 ton setiap tahunnya. Dan angka produksi tersebut sudah mampu untuk memenuhi demand dari kebutuhan baja IKN baru. PT. Krakatau Steel ini berlokasi pusat di Cilegon, Banten.

b. Pelabuhan Cigading

Dalam proses pengiriman kebutuhan IKN baru, Pelabuhan Cigading akan melayani proses muat baja konstruksi. Pelabuhan ini dipilih karena lokasinya berdekatan dengan pusat PT. Krakatau Steel yang berlokasi di Cilegon, Banten. Dan pelabuhan ini memang pada aslinya dikhususkan untuk melayani bongkar muat baja PT. Krakatau Steel. Berikut adalah data dari Pelabuhan Cigading:

Tabel 5.4 Data Tarif dan Produktifitas Layanan Pelabuhan Cigading

Data	Satuan	Tarif
Labuh	GT Call	Rp 79
Sandar	GT/Etmal	Rp 68
Pandu		
Tarif Tetap	gerakan	Rp 70.000
Tarif Variable	GT/Gerakan	Rp 33
Tunda		
Tarif Tetap	/Jam	Rp 505.920
Tarif Variable	GT/jam	Rp 8
Buka Tutup Palkah	/Unit	Rp 443.000
Stevedoring	/ton	Rp 14.538
Cargodoring	/ton	Rp 13.053
(AT+IT+WT)	jam	8
Produktifitas B/M	ton/jam	3000

4. Beton Precast

a. Pemasok

Pemasok kebutuhan beton *precast* pada penelitian ini dipilih berdasarkan perusahaan yang mampu mencukupi kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. kebutuhan beton dalam pembangunan IKN baru adalah sebesar 37.157.684 ton dalam 9 tahun. Sejumlah kebutuhan tersebut akan mampu dipenuhi dengan melakukan pengiriman pertama dari 5 pabrik PT. Wijaya Karya Berton yang berlokasi di Jawa Barat dengan asumsi setiap pabrik memiliki produktivitas tahunan 289.357 ton (diperoleh dari total kapasitas produksi dibagi jumlah pabrik). Pemasok beton kedua diambil dari PT. Waskita Karya yang berlokasi sebagian besar di Jawa Barat, dengan produksi tahunan sebanyak 2.325.000 ton. Karena sebagian besar pasokan beton berada di wilayah Jawa Barat, dan lokasi ini sangat mudah diakses menuju pelabuhan utama Tanjung Priok, maka pelabuhan ini akan menjadi pusat pengiriman awal.

b. Pelabuhan Tanjung Priok

Pelabuhan Tanjung Priok pada penelitian ini akan melayani proses muat dari material beton, pelabuhan ini dipilih karena lokasinya yang berdekatan dengan *supplier* beton seperti PT. Wijaya Karya dan PT. Waskita yang sebagian besar pabriknya berada di Jawa Barat. Selain itu pelabuhan ini juga merupakan salah satu pelabuhan utama dan terbesar yang dimiliki Indonesia, sehingga bisa melayani berbagai jenis muatan. Berikut adalah data dari Pelabuhan Tanjung Priok:

Tabel 5.5 Data Tarif dan Produktifitas Layanan Pelabuhan Tanjung Priok

Data	Satuan	Tarif
Labuh	GT Call	Rp 90
Sandar	GT/Etmal	Rp 68
Pandu		
Tarif Tetap	gerakan	Rp 213.248
Tarif Variable	GT/Gerakan	Rp 59
Tunda		
Tarif Tetap	/Jam	Rp 505.920
Tarif Variable	GT/jam	Rp 8
Buka Tutup Palkah	/Unit	Rp 400.000
Stevedoring	/ton	Rp 11.000
Cargodoring	/ton	Rp 11.000
(AT+IT+WT)	jam	4
Produktifitas B/M	ton/jam	200

5. Alat Berat

Pemasok alat berat pada penelitian ini akan diambil dari berbagai daerah di Indonesia, pemilihan wilayah pemasok kebutuhan alat berat tergantung kepada besar kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Diketahui pada Tabel 5.1 jumlah kebutuhan alat berat sebanyak 4.047 unit, dan sejumlah kebutuhan tersebut akan bisa terpenuhi dengan melakukan pengiriman dari wilayah Provinsi DKI Jakarta, dimana pada Sumber : *Kementrian PUPR, 2019 (diolah kembali)*

Gambar 4.7 diketahui jumlah alat berat yang disimpan pada wilayah Provinsi DKI Jakarta adalah sebanyak 4.189 unit.

Dengan terpilihnya wilayah Provinsi DKI Jakarta sebagai pemasok kebutuhan alat IKN baru, maka yang menjadi pelabuhan asal dalam pengiriman ini adalah Pelabuhan Tanjung Priok, pemilihan pelabuhan ini didasari oleh pelabuhan Tanjung Priok tersebut adalah pelabuhan terbesar di Provinsi DKI Jakarta, dan pelabuhan ini bisa melayani segala jenis muatan. Untuk mengetahui data terkait Pelabuhan Tanjung Priok bisa dilihat pada Tabel 5.5.

5.3.2 Pelabuhan Alternatif Tujuan

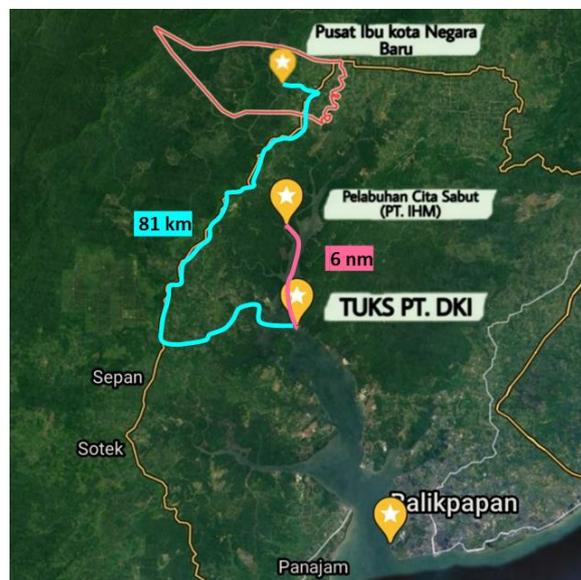
Pada penelitian ini, terdapat 2 (dua) pelabuhan yang dianggap bisa menjadi pelabuhan terakhir untuk pengiriman menuju ke wilayah pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, dikarenakan lokasinya yang dekat dengan Pusat Ibu Kota tersebut. Pelabuhan-pelabuhan tersebut adalah TUKS PT.DKI sebagai belabuhan tujuan (transit), dan Pelabuhan Cita Sabut sebagai pelabuhan tujuan akhir.



Gambar 5.2 Pelabuhan Tujuan Alternatif

a) TUKS PT. DKI

TUKS PT. DKI dipergunakan pada penelitian ini sebagai pelabuhan tujuan dari daerah asal kebutuhan, dimana pada TUKS ini akan memindahkan muatan dari kapal besar ke kapal kecil atau Truk., karena untuk perjalanan berikutnya menuju pelabuhan akhir terhalangi dengan keterbatasan kedalaman perairan. TUKS ini berjarak 6 nm dari pelabuhan terakhir, dan TUKS ini memiliki kedalaman perairan -10 m dibawah permukaan air. Dermaga TUKS PT. DKI ini bisa menampung kapal dengan panjang 183 m.



Gambar 5.3 TUKS PT. DKI

b) Pelabuhan Cita Sabut

Pelabuhan Citra Sabut adalah pelabuhan terakhir yang terdapat pada gambar Gambar 5.3, dan menjadi pelabuhan akhir dari pengiriman menggunakan kapal sebelum diteruskan menuju

Pusat Ibu Kota Negara (IKN) baru dengan menggunakan armada transportasi darat. Pelabuhan ini dipilih menjadi pelabuhan akhir pada penelitian dikarenakan memiliki lokasinya yang terletak di Kecamatan Sepaku yang merupakan pusat IKN baru.



Gambar 5.4 Pelabuhan Cita Sabut

Jika menggunakan Pelabuhan Cita Sabut ini, harus menempuh jarak 6 km untuk menuju lokasi Istana Negara yang berada di Puncak Bukit Raya, Kecamatan Sepaku, Kab. Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Pelabuhan ini memiliki perairan sedalam -5 m dibawah permukaan air, dan dermaga pelabuhan ini bisa menampung kapal dengan panjang 130 m.

5.4 Perencanaan Rute Transportasi

Dalam menentukan rute pada penelitian ini berdasarkan pada lokasi pelabuhan asal yang dekat dengan pabrik pabrik pemasok kebutuhan, lokasi pelabuhan tujuan, dan kapal beserta jenis muatan yang akan dilayani. Pada awalnya kapal LCT sudah direncanakan untuk melayani muatan alat berat dan melayani pengiriman dengan perairan yang sempit. Kapal GC direncanakan untuk mengangkut material semen, beton, dan baja. Kapal tanker direncanakan melayani muatan aspal. Armada transportasi darat (truk) sebagai moda pembanding pada pengiriman lanjutan. Dengan perencanaan tersebut, didapatkan rute pada pengiriman kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru menggunakan 2 alternatif rute, yaitu rute jalur laut dan rute jalur darat. Pada rute jalur laut akan menggunakan kapal sebagai alat angkutnya, dan pada rute jalur darat akan menggunakan truk.



Gambar 5.5 Rute Transportasi Pengiriman

5.4.1 Rute Transportasi Jalur Laut

Rute jalur laut disini merupakan rute yang akan dilalui dari pelabuhan asal menuju pelabuhan tujuan dan dilanjutkan kembali ke pusat Ibu Kota Negara (IKN) baru, dengan memperhatikan daerah asal material dan alat berat, sehingga diperoleh jarak pelayaran sebagai berikut:

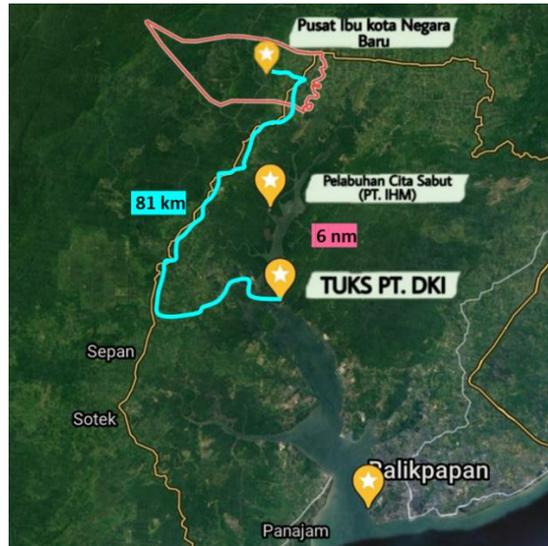
Tabel 5.6 Perencanaan Rute Jalur Laut

Rute -	Pelabuhan Asal	Pelabuhan Tujuan	Jarak	Jenis Kapal	Muatan
1	Pelabuhan Tanjung Priok	TUKS PT. DKI	771,3 nm	Landing Craft Tank	Alat Berat
2	Pelabuhan PT. Semen Gresik	TUKS PT. DKI	450,1 nm	General Cargo	Semen
3	Dermaga Aspal PT. Saka	TUKS PT. DKI	505,2 nm	Tanker	Aspal
4	Pelabuhan Tanjung Priok	TUKS PT. DKI	771,3 nm	General Cargo	Beton
5	Pelabuhan Cigading	TUKS PT. DKI	992,4 nm	General Cargo	Baja
6	TUKS PT. DKI	Pelabuhan Cita Sabut	6 nm	Landing Craft Tank	Semua

Dari Tabel 5.6 di atas diketahui bahwa kapal jenis genera cargo akan melayani pengiriman dari Pelabuan PT. Semen Gresik, Pelabuhan Cigading, dan Pelabuhan Tanjung Priok. Kapal Tanker akan melayani pengiriman aspal dari Dermaga Aspal PT. Saka. Sementara itu Kapal LCT dalam melayani muatan akan dibagi menjadi 2, dimana yang pertama akan ada kapal LCT yang melayani pengangkutan alat berat yang berasal dari Pelabuhan Tanjung Priok, dan yang kedua ada kapal LCT yang akan melanjutkan muatan yang berasal dari kapal General Cargo dan Tanker ke daerah Ibu Kota Negara (IKN) baru sejauh 6 nm menuju Pelabuhan Cita Sabut.

5.4.2 Rute Transportasi Jalur Darat

Rute transportasijalur jalur darat pada penelitian ini akan digunakan sebagai pengiriman lanjutan setelah material dan alat berat telah tiba di TUKS PT. DKI, maka rute darat ini akan dibandingkan dengan pengiriman yang menggunakan kapal jenis LCT, dan dilihat hasil akhir biaya termurah.



Gambar 5.6 Rute Transportasi Jalur Darat

Pengiriman dengan rute transportasi jalur darat ini akan menggunakan truk sebagai alat angkut dengan menempuh jarak sejauh 81 km dari TUKS PT. DKI menuju lokasi pusat pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.

5.5 Konsep Model Perencanaan Armada Transportasi

Konsep model perencanaan armada transportasi pada intinya merupakan kegiatan pemilihan armada transportasi yang memiliki biaya paling minimum. Dimana armada transportasi pada penelitian ini, terdiri dari armada transportasi laut (kapal) dan armada transportasi darat (truk). Armada transportasi laut (kapal) dibagi berdasarkan 2 status kepemilikan, pertama kapal dengan status kepemilikan sewa dan kedua kapal dengan status kepemilikan milik. Sementara itu truk digunakan sebagai armada transportasi pembanding pada rute pengiriman lanjutan dari pelabuhan asal menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, armada transportasi darat (truk) juga bisa diwujudkan dengan 2 status kepemilikan yaitu truk sewa dan truk beli. Sehingga hingga pembagian skenario pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Skenario

Pembagian Skenario	Rute Pengiriman Utama		Rute Pengiriman Lanjutan			
	Status Kapal		Kapal Kecil		Truck	
	Sewa	Milik	LCT Sewa	LCT Milik	Sewa	Beli
Skenario 1						
a.single moda	✓	☐	✓	☐	☐	☐
b.multi moda	✓	☐	☐	☐	✓	✓
Skenario 2						
a.single moda	☐	✓	☐	✓	☐	☐
b.multi moda	☐	✓	☐	☐	✓	✓

5.5.1 Skenario 1

Skenario 1 (satu) merupakan perencanaan armada transportasi laut dengan status kepemilikan kapal sewa. Rute pelayaran yang direncanakan pada penelitian ini, secara garis besar terdiri dari: pertama rute pengiriman dari daerah asal menuju pelabuhan tujuan (rute 1, rute 2, rute 3, rute 4, dan rute 5) hanya dilayani oleh armada transportasi laut, yang kedua terdapat rute pengiriman lanjutan dari pelabuhan tujuan menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, dimana pada perencanaannya rute ini bisa dilayani dengan menggunakan armada transportasi laut berukuran kecil (kapal Landing Craft Tank rute 6) dan armada transportasi darat (truk). sehingga skenario 1 dibedakan menjadi 2 alternatif sebagai berikut:

1. Menggunakan kapal alternatif sewa sebagai moda transportasi dari daerah asal material dan alat berat, dan setelah itu menggunakan kapal kecil (*Landing Craft Tank*) sebagai pengiriman lanjutan menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.
2. Menggunakan kapal alternatif sewa sebagai moda transportasi dari daerah asal material dan alat berat, setelah itu dilanjutkan dengan pengiriman lanjutan yang menggunakan moda transportasi darat (truk) sebagai armada transportasi menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.

5.5.2 Skenario 2

Skenario 2 (dua) merupakan perencanaan armada transportasi laut dengan status kepemilikan kapal milik, dimana kapal milik ini akan diwujudkan dengan melakukan pembangunan kapal baru. Sama dengan skenario 1 (satu) diatas, skenario 2 (dua) juga dibedakan sebagai berikut:

1. Pengiriman dari daerah asal material dan alat berat dengan menggunakan kapal milik yang dibangun baru, dan setelah itu menggunakan kapal kecil (*Landing Craft Tank*) yang juga dibangun baru sebagai pengiriman lanjutan menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.
2. Pengiriman dengan menggunakan kapal milik yang dibangun baru dari pelabuhan asal material dan alat berat, dan setelah sampai di pelabuhan tujuan, akan dilanjutkan dengan pengiriman menggunakan armada transportasi darat (truk).

5.6 Tahap Pembuatan Model Optimasi

Dalam Tahap Pembuatan Model Optimasi antara alternatif 1 dan alternatif 2 terdapat persamaan perhitungan dan juga terdapat perbedaan perhitungan. Perbedaannya terletak pada perhitungan alternatif 1 yang menggunakan skenario kapal sewa sebagai opsi yang akan dipilih,

terdapat penambahan **Perhitungan Tarif Sewa** terhadap semua kapal alternatif tersebut, sedangkan pada Alternatif 2 yang menggunakan kapal milik juga memiliki penambahan **Perhitungan Kapal Milik** yang akan digunakan sebagai opsi yang akan dipilih. Sementara itu persamaan dari perhitungan antara Alternatif 1 dan Alternatif 2 terdapat pada **Perhitungan Waktu Operasional Kapal** komponen **Perhitungan Biaya Total Kapal** dan **Perhitungan Truk**. Jadi pada tahap pembuatan model optimasi ini akan dilakukan beberapa perhitungan sebagai berikut:

5.6.1 Perhitungan Waktu Operasional Kapal Alternatif

Kemampuan angkut kapal selama masa operasional tergantung kepada kapasitas ruang muat (*payload*) dan frekuensi kapal. Kapasitas ruang muat sudah tersedia nilainya pada bagian 4.5 bab sebelumnya. Sementara untuk perhitungan frekuensi yang mampu dilaksanakan oleh kapal selama masa proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru belum tersedia, sehingga harus dilakukan perhitungan frekuensi yang mampu dilaksanakan oleh kapal-kapal alternatif terhadap rute yang dilalui. Untuk menghitung frekuensi tersebut harus dilakukan beberapa tahap perhitungan sebagai berikut:

Tabel 5.8 Data Kapal MT Makhambet

Data			Satuan
Nama Kapal	=	MT Makhambet	
Jenis Kapal	=	Tanker	
Payload	=	9.892	Ton
Harga Kapal	=	100.045.340.000	Rp
DWT	=	12.365,00	ton
GT	=	7.224,00	
LOA	=	149,35	m
B	=	17,33	m
H	=	10,10	m
T	=	7,00	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	9,70	Knot
VS ISI	=	8,50	Knot
Daya Mesin			
ME	=	3.372	Kw
AE	=	350	Kw
SFOC			
ME	=	179,00	gr/kw.H
AE	=	211,70	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	20	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	13	Tahun

1. *Roundtrip Days (RTD)*

Dalam perhitungan *Roundtrip Days (RTD)*, terdapat beberapa data yang harus ditentukan terlebih dahulu. Data yang dimaksud adalah sebagai berikut:

a. *Commision Days*

Commision Days merupakan lama hari kapal beroperasi dalam satu tahun. Dalam penelitian ini, *Commision Days* ditentukan selama 330 hari. Artinya, dalam satu tahun kapal beroperasi selama 330 hari, sedangkan 30 hari yang tersisa merupakan waktu yang digunakan untuk kepentingan kapal sendiri melakukan perbaikan (*repair*) dan perawatan (*maintenance*). *Commision Days* dirancang selama 330 untuk masing-masing kapal. Karena masa pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru ini direncanakan selama 9 tahun masa pembangunan, maka *commision day* dari masing-masing kapal alternatif menjadi 2.970 hari dalam 9 tahun.

b. *Sea Time*

Sea time merupakan waktu yang dibutuhkan kapal untuk melakukan pelayaran. Dikarenakan perbedaan kondisi kapal saat berangkat dalam keadaan ruang muat yang penuh dan kondisi pada saat kapal kembali ke pelabuhan asal dalam keadaan ruang muat yang kosong, sehingga perbedaan kondisi tersebut menghasilkan kecepatan yang berbeda. Maka perhitungan waktu yang dibutuhkan oleh kapal untuk melakukan pelayaran harus mempertimbangkan 2 kecepatan dan harus dijumlahkan. Sebagai contoh, pada Tabel 5.8 diketahui bahwa kecepatan berangkat dari kapal MT Makhambet yaitu 8,50 knot dan kecepatan balik dari kapal tersebut dinyatakan dengan kecepatan kosong yang nilainya 9,70 knot. Diketahui dari Tabel 5.6 bahwa kapal jenis tanker akan berlayar pada rute 3 dengan jarak 505,2 nm. sehingga diperoleh waktu pelayaran dari kapal MT. Makhambet adalah 111,51 jam.

c. *Port Time*

Port Time atau waktu kapal berada di pelabuhan, waktu ini dibagi menjadi beberapa komponen waktu diantaranya:

□ **Waktu Muat (*Loading Time*)**

Loading Time atau waktu yang dibutuhkan oleh kapal selama proses memasukkan barang ke dalam ruang muat kapal pada saat kapal berada di pelabuhan asal. *Loading Time* ditentukan oleh kapasitas yang dimiliki oleh kapal dan produktivitas alat muat yang digunakan. Seperti yang terdapat pada

Tabel 5.8 bahwa kapasitas ruang muat dari kapal MT. Makhambet adalah 9.892 ton dan kecepatan muat dari dermaga aspal PT. SAKA ditunjukkan pada Tabel 5.3 yaitu 3.000 ton/jam. Dengan menggunakan data kapasitas ruang muat MT. Scoot Munchen dan produktifitas dermaga aspal PT. SAKA dapatkan waktu muat sebesar 3 jam.

❑ **Waktu Bongkar (*Discharging Time*)**

Sama seperti *Loading Time*, *Discharging Time* juga menentukan waktu yang dibutuhkan oleh kapal untuk melakukan kegiatan bongkar selama berada di pelabuhan tujuan. *Discharging Time* juga ditentukan oleh kapasitas muatan kapal dan produktivitas alat yang digunakan. Pada Tabel 5.8 diketahui kapasitas ruang muat MT. Makhambet adalah 9.892 ton, dan produktivitas pelabuhan tujuan dari rute 3 adalah TUKS PT.DKI dengan nilai 1.000 ton/jam. Maka didapatkan hasil waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan bongkar kapal MT. Scoot Munchen adalah 10 jam.

❑ **Idle Time (IT)**

Idle Time merupakan waktu yang digunakan oleh kapal saat berada di pelabuhan, waktu tersebut merupakan waktu sia-sia kapal. Dalam hal ini di dalam *Idle Time* terdapat komponen *Waiting Time* (WT) dan *Approaching Time* (AT). Data *Idle Time* dari setiap pelabuhan yang dikunjungi sudah dilampirkan pada pembahasan 5.3 sebelumnya. Data yang digunakan pada pembahasan ini adalah nilai *idle time* pelabuhan asal dan pelabuhan tujuan. Diketahui dari Tabel 5.6 bahwa kapal jenis Tanker bergerak dari Dermaga Aspal PT.SAKA menuju tujuan TUKS PT.DKI, dan diketahui juga nilai *idle time* dari ke 2 pelabuhan tersebut secara berurutan adalah 8 jam dan 7 jam.

Setelah diperoleh semua hasil *Loading Time*, *Discharging Time*, dan *Idle Time* dari setiap pelabuhan yang dikunjungi oleh masing-masing kapal alternatif, maka total waktu di pelabuhan (*Total Port Time*) akan bisa dihitung dengan (Persamaan 3-29), yang menghasilkan waktu pelabuhan dari kapal MT. Makhambet adalah 28,19 jam.

Dikarenakan *Sea Time* dan *Total Port Time* sudah diketahui, maka perhitungan *Roundtrip Days* atau total waktu dalam 1 (satu) kali perjalanan kapal terhadap rute yang dilewati bisa ditentukan dengan menjumlahkan waktu yang dibutuhkan oleh kapal saat berlayar dan total waktu pelabuhan.

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Waktu Kapal MT. Makhambet

Data Waktu	Nilai	Satuan
Waktu Berlayar	111,51	Jam
Waktu Pelabuhan	28,19	Jam
<i>Round Trip Days</i>	140,71	Jam
	6	Hari

2. *Frequency by Trip*

Frequency by trip merupakan jumlah *Round Trip Days* yang bisa dilakukan oleh kapal selama masa pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru yaitu 9 tahun pelayaran (empat kali *commission days*). Persamaan untuk menghitung *frequency by trip* dapat dilihat pada (Persamaan 3-31). Sehingga dengan waktu *commission days* sebanyak 2.970 hari dan round trip days dari kapal MT. Scot Munchen adalah 5 hari, diperoleh hasil perhitungan frekuensi maksimum yang bisa dilakukan oleh kapal MT. Scot Munchen adalah sebagai berikut:

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Frekuensi Kapal MT. Makhambet

Data	Nilai	Satuan
Commisionday	2.970	hari
Roundtrip days	6	hari
Frekuensi	495	roundtri

Tabel 5.10 merupakan pemaparan hasil perhitungan frekuensi maksimal yang bisa dilakukan oleh kapal MT. Makhambet, kapal ini berjenis tanker dengan rute pelayaran 3 dengan pelabuhan asal Dermaga Aspal PT. SAKA dan tujuan TUKS PT.DKI. Dengan pengirirman muatan aspal kapal ini bisa melayani pengiriman sebanyak 495 kali *roundtrip* selama masa pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.

Perhitungan *Roundtrip Days* dan *Frequency by Trip* antara kapal alternatif milik dan kapal alternatif sewa menggunakan langkah-langkah yang sama. Akan tetapi untuk kapal alternatif milik pada bagian ini belum bisa ditentukan nilainya, hal tersebut diakibatkan oleh ukuran utama, *payload*, kecepatan, dan data kapal lainnya belum diketahui. Karena hal tersebut merupakan *output* dari proses optimasi, sehingga nilai *Roundtrip Days* dan *Frequency by Trip* kapal alternatif milik akan ditampilkan pada bagian LAMPIRAN. Berikut adalah hasil perhitungan waktu operasional dari kapal alternatif sewa terhadap rute yang dilewati:

Tabel 5.11 Perhitungan Waktu Operasional Kapal Alternatif Sewa

Rute Pelayaran	Jenis Kapal	Nama Kapal	Sea Time	POL	POD	RTD	Frekuensi
Rute 1	Landing Craft Tank	Petro Maju	282,81 Jam	6,40 Jam	7,48 Jam	13 Hari	229
Rute 1	Landing Craft Tank	SMS Tangguh	183,75 Jam	9,32 Jam	8,06 Jam	9 Hari	330
Rute 1	Landing Craft Tank	Adinda Diza	216,01 Jam	13,36 Jam	8,87 Jam	10 Hari	297
Rute 1	Landing Craft Tank	LCT-2	182,11 Jam	17,00 Jam	9,60 Jam	9 Hari	330
Rute 1	Landing Craft Tank	LCT-1	182,11 Jam	20,00 Jam	10,20 Jam	9 Hari	330
Rute 2	General Cargo	MV Hai Phong 18	110,79 Jam	41,19 Jam	10,42 Jam	7 Hari	425
Rute 2	General Cargo	MV Dong Shun	72,13 Jam	60,46 Jam	12,35 Jam	7 Hari	425
Rute 2	General Cargo	CC DelGada	72,13 Jam	76,10 Jam	13,91 Jam	7 Hari	425
Rute 2	General Cargo	Hanjani	139,02 Jam	98,42 Jam	16,14 Jam	11 Hari	270
Rute 2	General Cargo	Americaborg	69,64 Jam	145,85 Jam	20,88 Jam	10 Hari	297
Rute 3	Tanker	Ya Long Wan	87,52 Jam	9,60 Jam	11,81 Jam	5 Hari	594
Rute 3	Tanker	Mo Satu	155,48 Jam	10,01 Jam	13,04 Jam	8 Hari	372
Rute 3	Tanker	Leadership	127,50 Jam	10,49 Jam	14,46 Jam	7 Hari	425
Rute 3	Tanker	MT Sinosea Cherry	111,55 Jam	10,92 Jam	15,76 Jam	6 Hari	495
Rute 3	Tanker	MT Makhambet	111,52 Jam	11,30 Jam	16,89 Jam	6 Hari	495
Rute 4	General Cargo	MV Hai Phong 18	189,85 Jam	21,10 Jam	10,42 Jam	10 Hari	297
Rute 4	General Cargo	MV Dong Shun	123,61 Jam	30,73 Jam	12,35 Jam	7 Hari	425
Rute 4	General Cargo	CC DelGada	123,61 Jam	38,55 Jam	13,91 Jam	8 Hari	372
Rute 4	General Cargo	Hanjani	238,23 Jam	49,71 Jam	16,14 Jam	13 Hari	229
Rute 4	General Cargo	Americaborg	119,33 Jam	73,42 Jam	20,88 Jam	9 Hari	330
Rute 5	General Cargo	MV Hai Phong 18	244,28 Jam	11,56 Jam	10,42 Jam	12 Hari	248
Rute 5	General Cargo	MV Dong Shun	159,04 Jam	14,13 Jam	12,35 Jam	8 Hari	372
Rute 5	General Cargo	CC DelGada	159,04 Jam	16,21 Jam	13,91 Jam	8 Hari	372
Rute 5	General Cargo	Hanjani	306,51 Jam	19,19 Jam	16,14 Jam	15 Hari	198
Rute 5	General Cargo	Americaborg	153,54 Jam	25,51 Jam	20,88 Jam	9 Hari	330
Rute 6	Landing Craft Tank	Petro Maju	2,18 Jam	7,48 Jam	4,48 Jam	1 Hari	2970
Rute 6	Landing Craft Tank	SMS Tangguh	1,41 Jam	8,06 Jam	5,06 Jam	1 Hari	2970
Rute 6	Landing Craft Tank	Adinda Diza	1,66 Jam	8,87 Jam	5,87 Jam	1 Hari	2970
Rute 6	Landing Craft Tank	LCT-2	1,40 Jam	9,60 Jam	6,60 Jam	1 Hari	2970
Rute 6	Landing Craft Tank	LCT-1	1,40 Jam	10,20 Jam	7,20 Jam	1 Hari	2970

5.6.2 Perhitungan Biaya dan Charter Rate

Model perhitungan biaya mengacu kepada tujuan dan diagram alir penelitian, model perhitungan ini dapat digunakan untuk menghitung *unit cost* pada semua jenis kapal dan rute yang dilewati seperti yang sudah dibahas pada pembahasan sebelumnya. Sebelum menentukan *unit cost* terlebih dahulu dilakukan perhitungan *Total Cost*, dimana *total cost* merupakan jumlah keseluruhan biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan kapal dan pengoperasian kapal. *Total Cost* terdiri dari *Fixed Cost*, *Variable Cost*, dan *Chargo Handling Cost*.

A. Perhitungan *Fixed Cost*

Karena pada penelitian ini terdapat skenario sewa kapal dan bangun kapal, dan didalam skenario sewa kapal terdapat 2 jenis sewa yaitu Time Charter Hire (TCH) dan Voyage Charter Hire (VCH), jadi biaya *fixed cost* yang dihitung adalah biaya Time Charter Rate yang harus dibayarkan kepada pemilik kapal. Dimana komponen biaya Time Charter ini terdapat *Capital Cost* (CC) dan *Operasional Cost* (OC).

Pada skenario sewa kapal biaya pengadaan (*capital cost*) adalah biaya pembelian kapal, dimana biaya modal dari semua kapal alternatif sewa sudah diperlihatkan pada pembahasan 4.5, disana terlihat biaya pembelian kapal tanker MT. Makhambet adalah senilai USD 6.800.000. jika di rupiahkan dengan nilai USD to IDR senilai 14.712,55. Maka diperoleh biaya pengadaan kapal Rp. 100.045.340.000.

Setelah melakukan perhitungan biaya pengadaan (*capital cost*), selanjutnya adalah menghitung biaya operasional (*operational cost*). Perhitungan biaya operasional dilakukan dengan menghitung biaya gaji kru yang merupakan fungsi dari jumlah kru dan rata-rata gaji kru perbulan, dimana pada Tabel 5.8 diketahui jumlah kru pada kapal tanker MT. Makhambet sebanyak 20 orang dengan asumsi gaji kru per bulan sebesar Rp. 6.000.000, dan dengan factor gaji 13 kali per tahun. perhitungan biaya air tawar dan minyak pelumas diperoleh dari perkalian antara kebutuhan dan harga. Biaya persediaan dan perbekalan diperoleh dari perhitungan antara jumlah kru dan biaya persediaan satu orang kru dalam 1 hari dikalikan dengan *commission days*. Biaya perawatan diasumsikan sebesar 1% dari harga kapal. Biaya umum diasumsikan 5% dari biaya operasional. Dan yang terakhir biaya asuransi di asumsikan dengan 4% dari harga kapal.

Setelah diketahui biaya modal dan biaya operasional, maka dilakukan penjumlahan kedua biaya tersebut, dimana biaya operasional terlebih dahulu dihitung selama sisa umur

ekonomis kapal dengan kenaikan biaya tiap tahun sebesar 5%. Setelah dijumlahkan dihitung nilai cicilan (Anuitas) kapal selama umur ekonomis kapal, dengan suku bunga bank sebesar 11,5%. Setelah diperoleh nilai cicilan kapal setiap tahun, maka untuk menentukan Time Charter Rate harus ditambahkan dengan margin keuntungan pemilik kapal sebesar 20%. Maka diperoleh biaya Time Charter Hire Kapal sebagai berikut.

Tabel 5.12 Perhitungan Time Charter Hire Kapal MT. Makhambet

Keterangan	Nilai	Satuan
Total Biaya Modal	Rp. 100.045.340.000	/ 20 tahun
Total Biaya operasional	Rp. 171.776.406.561	/ 20 tahun
Total Biaya	Rp. 271.821.746.561	/ 20 tahun
Wacc	11,50%	
Anuitas	Rp. 35.256.580.899	/ 9 tahun
Margin Profit	20%	
TCH	Rp. 42.307.897.079	/ 9 tahun

Dari Tabel 5.12 diketahui biaya total dari penjumlahan biaya modal dan biaya operasional sebesar Rp. 271.821.746.561 per 20 tahun, dengan biaya total tersebut diperoleh cicilan selama umur ekonomis 20 tahun senilai Rp. 35.256.580.899 per 9 tahun. Sehingga untuk melakukan sewa kapal MT. Makhambet dengan sistem sewa Time Charter Hire pada rute 3 harus membayar kepada pemilik kapal sebesar Rp. 42.307.897.079 per 9 tahun.

B. Perhitungan *Variable Cost*

Variable cost merupakan komponen dalam penentuan nilai *unit cost*. Besar biaya *variable cost* tergantung kepada jarak pelayaran dan spesifikasi kapal yang digunakan. Biaya Variabel terdiri dari biaya bahan bakar dan biaya pelabuhan. Dalam melayani rute pelayaran 3 sudah diketahui jumlah *roundtrip* kapal MT. Makhambet pada Tabel 5.10, bahwa untuk menempuh rute perjalanan pada rute 3 membutuhkan waktu 6 hari.

Harga bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu diasumsikan seperti pada Tabel 5.13 berdasarkan Tarif PT. Pertamina 2019.

Tabel 5.13 Asumsi Harga Bahan Bakar

Keterangan	Nialai	Satuan
MFO	10450	Rp/Liter
HDO	7550	Rp/Liter

Tarif biaya pelabuhan asal dan tujuan sudah dilampirkan pada pembahasan 5.3, sehingga untuk menghitung tarif pelabuhan asal kapal tanker MT. Makhambet dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Waktu *roundtrip* juga digunakan untuk menghitung komponen biaya *variable cost*, karena perhitungan waktu ini juga berfungsi untuk menentukan lama mesin induk dan mesin

bantu digunakan. Berikut adalah pemaparan perhitungan biaya *variable* kapal tanker MT. Makhambet pada rute 3.

1. Biaya Bahan Bakar

Biaya bahan bakar terbagi menjadi 2 (dua) yaitu biaya bahan bakar untuk mesin utama dan mesin bantu. Biaya bahan bakar merupakan fungsi dari lama pemakaian, daya mesin, dan *Specific fuel oil consumption* (SFOC). Cara perhitungan biaya bahan bakar seperti yang terdapat pada (Persamaan 3-44), sehingga didapatkan biaya bahan bakar untuk mesin utama Rp. 348.181.872.210 per 9 tahun dan mesin bantu Rp. 38.686.508.500 per 9 tahun. biaya bahan bakar ini sesuai dengan frekuensi untuk memenuhi permintaan dalam 9 tahun pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.

2. Biaya Pelabuhan

Biaya pelabuhan terdiri dari jasa pelayanan kapal pada pelabuhan yaitu jasa labuh, tambat, tunda, dan pandu. Dengan menggunakan perhitungan yang terdapat pada (Persamaan 3-45), didapatkan hasil biaya pelabuhan kapal MT. Makhambet pada pelabuhan asal dan tujuan dengan jumlah frekuensi untuk memenuhi permintaan dalam 9 tahun Ibu Kota Negara (IKN) baru sebesar Rp. 4.528.007.840.

C. Perhitungan Biaya Penanganan Muatan

Biaya penanganan muatan kapal tanker MT. Scot Munchen rute 3 diperoleh dari biaya pelabuhan asal Dermada Aspal PT. SAKA pada pembahasan 5.3.1 dan biaya penanganan muatan pelabuhan tujuan TUKS PT.DKI Rp. 13.053 per ton. Dengan menggunakan (Persamaan 3-46) serta data frekuensi kapal 495 *roundtrip*, payload kapal sebesar 9.892 ton. Maka diperoleh hasil biaya penanganan muatan kapal tanker MT. Scot Munchen rute 3 RP. 135.100.435.140 per 9 tahun pengiriman kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru.

D. Perhitungan Voyage Charter Hire (VCH)

Perhitungan *voyage charter* memiliki komponen biaya *fixed cost*, *variable cost*, dan *chargo handling cost*. Sehingga untuk mencari nilai *charter rate* yang dikenakan kepada penyewa kapal, bisa diketahui nilainya dengan menjumlahkan semua biaya kapal terhadap suatu rute, kemudian biaya total tersebut dibagi dengan jumlah muatan yang bisa di angkut oleh kapal (perkalian antara payload dengan frekuensi).

Voyage Charter Hire (VCH) dinyatakan dalam satuan Rp/ton, sehingga dalam perhitungan nilai VCH kapal MT. Makhambet menggunakan data payload 9.892 ton, frekuensi 495 *roundtrip*, dan probabilitas angkut sebesar 50% terhadap 1 kapal karena muatan balik dari

kapal-kapal yang direncanakan adalah 0 ton. Dengan perhitungan model (Persamaan 3-47), diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 5.14 Perhitungan Voyage Charter Hire Kapal MT. Makhambet

Keterangan	Nilai	Satuan
TCH	Rp. 42.307.897.079	/ 9 Tahun
Total Biaya Bahan Bakar	Rp. 386.868.380.710	/ 9 Tahun
Total Biaya Pelabuhan	Rp. 4.528.007.840	/ 9 Tahun
Total Biaya Penanganan Muatan	Rp. 135.100.435.140	/ 9 Tahun
Total Biaya Keseluruhan	Rp. 568.804.790.769	/ 9 Tahun
Margin Keuntungan	20%	
VCH	Rp. 278.795	/ ton

Tabel 5.14 merupakan contoh perhitungan *Voyage Charter Hire* dari kapal alternatif sewa. Pada kapal tanker MT. Scot Munchen yang berlayar pada rute 3 dengan jenis muatan aspal diketahui biaya *fixed cost* Rp. 42.307.897.079 per 9 tahun, biaya bahan bakar Rp. 386.868.380.710 per 9 tahun, biaya pelabuhan Rp. 4.528.007.840 per 9 tahun, biaya penanganan muatan pada pelabuhan asal dan tujuan berjumlah Rp. 135.100.435.140 per 9 tahun. dan semua komponen biaya tersebut dijumlahkan menjadi Rp. 568.804.790.769 per 9 tahun, setelah itu dibagi dengan kemampuan angkut selama 9 tahun dan ditambahkan dengan *margin* keuntungan pemilik kapal sebesar 20%, sehingga diperoleh biaya *voyage charter hire* sebesar Rp. 278.795 per ton.

Perhitungan komponen *Total Cost* antara kapal alternatif milik dan kapal alternatif sewa menggunakan langkah-langkah yang sama. Akan tetapi untuk kapal alternatif milik pada bagian ini belum bisa ditentukan nilainya, hal tersebut diakibatkan oleh ukuran utama, *payload*, kecepatan, dan data kapal lainnya belum diketahui, karena hal tersebut akan diketahui setelah proses optimasi. Sementara itu untuk kapal alternatif sewa komponen biaya yang dihitung dengan langkah-langkah diatas akan digunakan untuk perhitungan tarif sewa kapal alternatif. Berikut adalah hasil perhitungan komponen biaya serta tarif sewa dari setiap kapal alternatif sewa pada rute yang dilewati:

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Biaya dan Charter Rate Kapal Alternatif Sewa

Rute Pelayaran	Jenis Kapal	Nama Kapal	CC	OC	TCR	VC	PC	CHC	VCH
			(Rp-JT)	(Rp-JT / 9 tahun)	(Rp / Ton)				
Rute 1	LCT	Petro Maju	7.724	60.172	10.568	84.638	485	2.644	2.147.046
Rute 1	LCT	SMS Tangguh	14.713	93.754	12.927	104.592	811	8.439	867.151
Rute 1	LCT	Adinda Diza	25.011	127.848	14.380	205.028	1.025	13.379	1.008.855
Rute 1	LCT	LCT-2	30.896	33.126	39.237	195.843	1.234	20.637	718.744
Rute 1	LCT	LCT-1	38.446	194.173	56.818	160.979	1.219	25.400	555.490
Rute 2	GC	MV Hai Phong 18	26.483	82.985	21.841	215.418	809	39.777	458.882
Rute 2	GC	MV Dong Shun	35.310	130.325	20.282	144.026	2.816	62.197	242.217
Rute 2	GC	CC DelGada	44.138	341.456	22.508	207.725	3.553	80.383	256.763
Rute 2	GC	Hanjani	88.275	332.560	32.719	305.925	2.676	67.563	397.580
Rute 2	GC	Americaborg	161.838	489.586	62.903	339.599	4.374	112.880	302.492
Rute 3	Tanker	Ya Long Wan	56.643	235.877	26.986	405.718	4.339	78.825	433.366
Rute 3	Tanker	Mo Satu	58.850	139.284	30.839	278.410	2.340	61.994	399.042
Rute 3	Tanker	Leadership	73.563	90.588	25.549	309.734	2.912	87.524	322.088
Rute 3	Tanker	MT Sinosea Cherry	80.919	56.364	40.004	331.546	4.424	119.585	274.408
Rute 3	Tanker	MT Makhambet	100.045	171.776	42.308	386.868	4.528	135.100	278.795
Rute 4	GC	MV Hai Phong 18	26.483	83.331	21.915	250.665	498	24.426	885.934
Rute 4	GC	MV Dong Shun	35.310	131.520	20.418	235.686	2.785	54.654	331.175
Rute 4	GC	CC DelGada	44.138	344.353	22.641	296.764	3.105	61.825	358.859
Rute 4	GC	Hanjani	88.275	335.446	32.884	429.290	2.278	50.353	590.197
Rute 4	GC	Americaborg	161.838	495.219	63.337	598.914	4.925	110.210	407.187
Rute 5	GC	MV Hai Phong 18	26.483	83.496	21.950	267.321	349	23.396	885.934
Rute 5	GC	MV Dong Shun	35.310	131.857	20.456	261.982	2.204	54.875	409.701
Rute 5	GC	CC DelGada	44.138	346.975	22.761	376.396	2.822	70.919	441.553
Rute 5	GC	Hanjani	88.275	336.452	32.941	472.555	1.796	49.941	738.857
Rute 5	GC	Americaborg	161.838	498.529	63.592	751.925	4.514	126.422	495.743
Rute 6	LCT	Petro Maju	7.724	59.473	10.459	13.131	5.421	39.334	115.058
Rute 6	LCT	SMS Tangguh	14.713	92.564	12.792	12.886	6.419	87.124	90.614
Rute 6	LCT	Adinda Diza	25.011	125.117	14.156	26.508	9.356	153.467	87.801
Rute 6	LCT	LCT-2	30.896	32.522	38.609	20.029	10.208	213.058	87.616
Rute 6	LCT	LCT-1	38.446	191.364	56.083	16.931	10.078	262.225	87.201

5.6.3 Perhitungan jumlah dan Biaya Truk

Perhitungan truk akan menghasilkan jumlah truk yang dibutuhkan dan biaya dalam pengadaan truk dan pengoperasiannya. Sebelum melakukan perhitungan, harus diketahui biaya-biaya yang ada dalam pengoperasian truk, sebagai berikut:

Tabel 5.16 Data Operasional Truk

Jenis Data	Nilai	Satuan
jarak yang ditempuh truck	81	Km
Kecepatan muat	20	ton/jam
Kecepatan Bongkar	20	ton/jam
hari setahun	365	hari/tahun
bulan setahun	12	bulan/tahun
masa pembangunan proyek	9	tahun
Gaji Supir truk	3.605.420	Rp/bulan'
biaya perawatan	10.000.000	Rp/tahun
konsumsi Supir	100.000	Rp/orang.hari
bahan bakar	9.600	Rp/liter
Waktu muat alat berat	1	jam/alat berat

Data Tabel 5.16 akan digunakan untuk menghitung menghitung biaya pengadaan dan pengoperasian truk. Akan tetapi sebelum menentukan biaya pengadaan truk, terlebih dahulu harus ditentukan jumlah truk yang akan dioperasikan. Jumlah truk ini sangat berpengaruh kepada jumlah muatan yang akan diangkut dan waktu pengoperasian. Dimana waktu pengoperasian truk ini adalah selama 9 tahun masa proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Jadi hari pengoperasian truk tersebut adalah sebalama 4.380 hari.

Dalam menentukan jumlah truk, diawali dengan perhitungan kemampuan truk, kemampuan truk yang dimaksud disini adalah frekuensi yang bisa dilakukan oleh 1 unit truk dalam mengangkut permintaan kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru dan frekuensi yang diburuhkan truk dalam mengangkut semua kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Dalam penentuan frekuensi yang bisa dilaksanakan oleh truk, dilakukan perhitungan waktu siklus. Waktu siklus tersebut merupakan waktu yang dibutuhkan oleh truk untuk melakukan kegiatan pemuatan di titik awal, hingga berangkat menuju lokasi pembangunan, dan kembali lagi ke titik awal pemuatan. Sehingga diperlukan perhitungan sebagai berikut:

A. Waktu Siklus

Berikut adalah perhitungan waktu siklus perjalanan truk menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru dari pelabuhan tujuan.

1. Waktu Muat

Waktu muat adalah waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan kegiatan pemindahan material atau alat berat menuju ke ruang muat truk hingga ruang muat tersebut terisi penuh. Dalam perhitungan waktu muat truk, kapasitas dan produktivitas muat tersebut dibagi menjadi 2 (dua). Dimana kapasitas dibagi menjadi kapasitas pengangkutan material yang bernilai 40 ton, dan kapasitas pengangkutan alat berat sebesar 1 unit alat dalam 1 unit truk. Produktivitas muat juga dibagi menjadi produktivitas muat material 20 ton/jam dan produktivitas muat alat berat 1 unit/jam. Perhitungan waktu muat truk menggunakan (Persamaan 3-32), maka diperoleh hasil waktu muat material selama 2 jam dan waktu muat alat berat selama 1 jam.

2. Waktu Perjalanan Berangkat

Waktu perlanan berangkat adalah waktu yang dibutuhkan oleh truk untuk mengirimkan material dan alat berat menuju ke lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. waktu perjalanan berangkat ini memperhatikan kecepatan dan jarak perjalanan. Data kecepatan rata-rata truk saat berangkat diasumsikan 40 km/jam dan jarak perjalanan yang ditempuh sejauh 81 km seperti yang sudah tertera pada Tabel 5.16. Sehingga dengan menggunakan (Persamaan 3-33), didapatkan hasil waktu yang dibutuhkan truk untuk menempuh jarak 81 km menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru adalah 2 jam.

3. Waktu Bongkar

Waktu bongkar adalah waktu yang dibutuhkan oleh truk untuk melakukan kegiatan menurunkan material dan alat berat, setelah tiba di lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Kegiatan bongkar ini memperhitungkan kapasitas truk dan juga produktivitas bongkar. Sama dengan perhitungan muat di atas kapasitas truk juga dibagi menjadi dua yaitu kapasitas mengangkut material sebesar 40 ton per unit, dan kapasitas alat sebesar 1 unit alat per truk. Produktivitas juga dibagi menjadi 2 yaitu, produktivitas bongkar material sebesar 20 ton/jam dan produktifitas bongkar alat sebesar 1 unit alat per jam seperti yang ditampilkakan pada Tabel 5.16. Dengan menggunakan (Persamaan 3-34), maka diperoleh hasil waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan muatan material dari atas truk sebesar 2 jam, dan waktu untuk menurunkan alat berat sebesar 1 jam.

4. Waktu Perjalanan Balik

Waktu perjalanan balik adalah waktu yang dibutuhkan oleh truk saat kembali lagi ke lokasi muat, kegiatan ini bertujuan untuk mengambil sisa muatan yang belum diangkut menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. perhitungan waktu

perjalanan balik sama dengan perhitungan waktu berangkat, tetapi kecepatan yang digunakan yaitu kecepatan rata-rata balik (truk kosong), yang nilainya diasumsikan 60 km/jam. Dengan menggunakan (Persamaan 3-35), maka diperoleh hasil waktu yang dibutuhkan oleh truk untuk kembali ke tempat muat setelah melakukan kegiatan pembongkaran sebesar 1,35 jam.

5. Waktu *Delay*

Waktu *delay* adalah waktu yang terbuang sia-sia atau truk tidak melaksanakan kegiatan pengiriman. Waktu *delay* ini terdiri dari waktu istirahat supir, waktu menunggu giliranmuat, dan waktu menunggu giliran bongkar. Waktu *delay* dalam penelitian ini di asumsikan sebesar 6 jam per hari.

Setelah perhitungan komponen waktu selesai dikerjakan, maka waktu siklus bisa diperoleh dengan menjumlahkan seluruh komponen waktu tersebut, dan hasilnya diperoleh waktu siklus senilai 13,4 jam untuk melaksanakan 1 (satu) kali pengiriman material dan 11,4 jam untuk mengirimkan alat berat.

B. Perhitungan Jumlah Siklus Truk

Jumlah siklus truk adalah jumlah perjalanan siklus yang mampu dilaksanakan oleh 1 unit truk untuk melaksanakan perjalanan siklus. Hal ini sangat terpengaruh kepada waktu total pengoperasian truk dan waktu siklus truk. Waktu total pengoperasian truk ini merupakan masa proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru yaitu 9 tahun masa proyek atau 4.380 hari. Dengan menggunakan (Persamaan 3-36), maka diperoleh jumlah perjalanan siklus yang mampu dilaksanakan oleh 1 unit truk dalam 9 tahun masa proyek pembangunan, untuk mengangkut material 5.895 kali siklus dan jumlah siklus untuk mengangkut alat berat 6.930 kali siklus.

C. Perhitungan Kebutuhan Siklus

Kebutuhan siklus adalah jumlah siklus yang harus dilakukan oleh truk untuk bisa memenuhi semua kebutuhan dari pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Perhitungan kebutuhan siklus ini sangat memperhatikan berapa jumlah permintaan kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru dan kapasitas yang dimiliki oleh truk. Kapasitas pengangkutan yang dimiliki oleh truk dibagi menjadi 2 (dua) dimana kapasitas pengangkutan material sebesar 40 ton dan kapasitas pengangkutan alat berat sebesar 1 unit alat per truk. Dengan menggunakan (Persamaan 3-37), dapat menentukan jumlah siklus yang dibutuhkan

truk dalam pengiriman demand material semen, aspal, baja konstruksi, beton precast, dan alat berat. Diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5.17 Jumlah Siklus Truk dalam Pengiriman Demand

Demand	Besaran Demand	Kebutuhan Siklus
Semen	30.266.623 Ton	756.666 Kali siklus
Aspal	3.939.210 Ton	98.480 Kali siklus
Baja Konstruksi	3.168.932 Ton	79.223 Kali siklus
Beton Precast	37.157.684 Ton	928.942 Kali siklus
Alat Berat	4.047 Unit	4.047 Kali siklus

Dari Tabel 5.17 diketahui jumlah siklus yang paling banyak terdapat pada pengangkutan beton precast 928.942 kali siklus, karena kebutuhan demandnya juga yang paling besar. Siklus yang paling sedikit terdapat pada pengangkutan alat berat 4.047 kali siklus.

A. Perhitungan Jumlah Truk

Setelah melakukan perhitungan kemampuan siklus 1 unit truk dan jumlah siklus yang dibutuhkan, maka bisa dilakukan penghitungan jumlah truk yang dibutuhkan untuk mengirimkan semua material dan alat berat dari pelabuhan akhir menuju ke lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru dengan (Persamaan 3-38). Berikut adalah hasil perhitungan jumlah truk dalam pengiriman material semen, aspal, baja konstruksi, beton precast, dan alat berat.

Tabel 5.18 Jumlah Kebutuhan Truk Jalan Raya

Jenis Muatan	Kebutuhan Truk	Satuan
semen	128	Unit
aspal	17	Unit
baja konstruksi	13	Unit
beton precast	158	Unit
alat berat	1	Unit
Total	317	Unit

Dari Tabel 5.18 diketahui bahwa jumlah truk total adalah 317 unit, dengan kebutuhan terbanyak yaitu truk yang mengangkut beton precast 158 unit dan kebutuhan yang paling sedikit terdapat pada truk yang mengangkut alat berat 1 unit.

B. Perhitungan Biaya Truk

Perhitungan biaya truk merupakan perhitungan biaya pengadaan dan pengoperasian truk yang sudah ditentukan jumlahnya sebelumnya. Perhitungan biaya pengadaan truk ini dibagi menjadi 2 (dua) yaitu perhitungan biaya yang menggunakan sistem sewa truk dan sistem beli truk baru. Perhitungan biaya pengoperasian truk meliputi biaya gaji supir, biaya konsumsi

supir, biaya bahan bakar, biaya pajak dan perawatan (untuk sistem beli truk). Berikut adalah detail penjelasan biaya truk:

1. Perhitungan Biaya Pengadaan Truk

Biaya pengadaan truk dibagi menjadi dua, yaitu biaya pengadaan truk menggunakan sistem sewa dan biaya pengadaan truk menggunakan sistem beli truk baru. Perhitungan biaya pengadaan truk tergantung kepada jumlah truk yang akan digunakan dan biaya pengadaan 1 unit (sewa atau beli). Cara perhitungan biaya truk ditunjukkan dengan (Persamaan 3-39).

Dengan menggunakan menggunakan data input berupa biaya sewa 1 (satu) unit truk seharga Rp. 45.000.000,- per bulan. Maka biaya yang harus dikeluarkan untuk pengadaan 317 unit truk dengan waktu pengoperasian selama 9 (empat) tahun, dihasilkan nilai biaya sebesar Rp. 1.539.110.760.999,-.

Sama dengan perhitungan sewa truk pada paragraph diatas, sistem beli truk juga menggunakan (Persamaan 3-39), tetapi untuk data input berupa jumlah truk sebanyak 314 unit dengan harga pembelian 1 unit truk sebesar Rp. 887.000.000,-. Diperoleh hasil biaya pembelian truk untuk pengiriman material dan alat berat menuju ke lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru sebesar Rp. 280.903.548.355,-. Tetapi, dikarenakan pada biasanya perusahaan atau instansi dalam mengeluarkan biaya pengadaan menggunakan sistem kredit/pinjam uang ke bank, maka pada perhitungan biaya pengadaan beli truk tersebut dikenakan suku bunga bank sebesar 11,5% dengan waktu cicilan 10 tahun. Maka diperoleh biaya akhir pengadaan truk dengan waktu pengoperasian selama 9 tahun sebesar Rp. 438.320.461.975,-.

2. Perhitungan Biaya Operasional Truk

Biaya pengoperasian truk merupakan biaya yang harus dikeluarkan pada saat truk melakukan pengiriman material dan alat berat menuju ke lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Biaya pengoperasian truk ini dibagi menjadi biaya gaji supir, biaya konsumsi supir, biaya bahan bakar. Tetapi untuk biaya pengoperasian truk menggunakan sistem beli, terdapat penambahan biaya pajak dan perawatan truk. Untuk detail perhitungan biaya sebagai berikut:

- Biaya gaji supir truk, perhitungan biaya gaji ini menggunakan data berupa jumlah supir yang bekerja untuk 1 unit truk adalah 2 (dua) orang, dan nilai gaji untuk 1 orang supir sebesar Rp. 3.605.420,- per bulan. Sehingga biaya gaji

yang harus dikeluarkan untuk semua supir yang bekerja dalam waktu 108 bulan adalah sebesar Rp. 246.628.476.441,00.

- Biaya konsumsi, perhitungan biaya konsumsi ini menggunakan data berupa jumlah supir yang bekerja untuk 1 unit truk adalah 2 (dua) orang, dan nilai biaya konsumsi untuk 1 orang supir sebesar Rp. 100.000,- per hari. Sehingga diperoleh biaya konsumsi supir truk selama 9 tahun senilai Rp. 208.064.973.246,00.
- Biaya bahan bakar, perhitungan biaya ini tergantung kepada jarak perjalanan yang ditempuh oleh truk. Data jarak yang digunakan adalah 2 kali jarak tempuh menuju Ibu Kota Negara (IKN) baru, yaitu sebesar 162 km. Perhitungan biaya bahan bakar juga menggunakan data konsumsi bahan bakar senilai 5 km per liter, data total jumlah siklus yang terdapat pada Tabel 5.17, dan terakhir data biaya bahan bakar sebesar Rp. 9.600 per liter. Sehingga diperoleh hasil biaya bahan bakar sebesar Rp. 580.823.130.150,- dengan waktu pengoperasian selama 9 tahun.
- Biaya Pajak, biaya pajak untuk 1 (satu) unit truk ini diasumsikan senilai Rp. 20.000.000 per tahun. Sehingga jika truk beroperasi selama 9 tahun, Maka diperoleh biaya pajak semua truk sebesar Rp. 57.004.102.259,-.
- Biaya Perawatan. Biaya perawatan 1 unit truk menggunakan data senilai Rp. 10.000.000,- per tahun. Sehingga jika truk beroperasi selama 9 tahun, Maka diperoleh biaya perawatan semua truk sebesar Rp. 28.502.051.130.

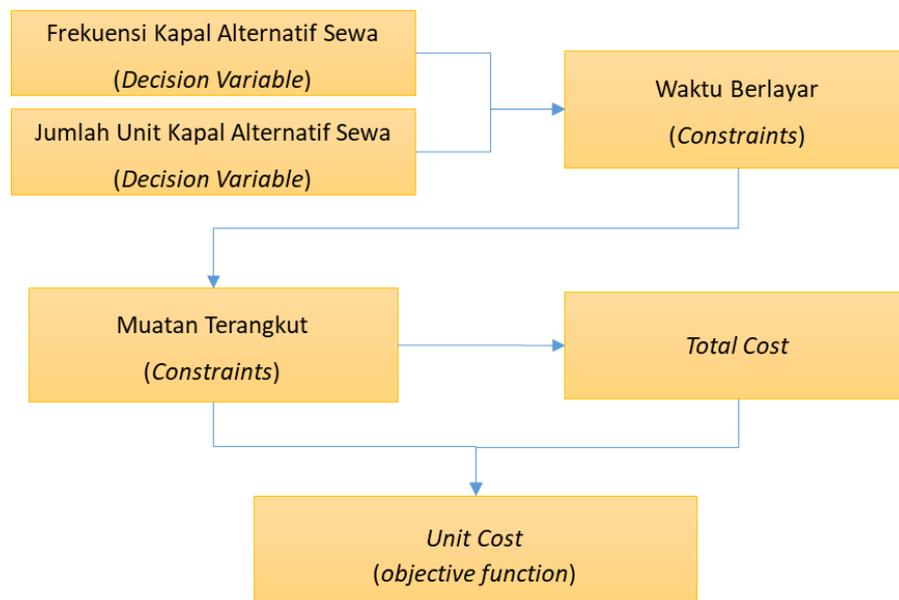
5.7 Optimasi Alternatif 1

Proses optimasi secara manual atau menggunakan bantuan *tool* tertentu akan mendapatkan hasil yang sama. Hanya saja, dalam melakukan optimasi dengan menggunakan bantuan *tool* (misal: Solver) lebih menghemat waktu dalam menemukan hasil akhir (*objective function*). Setelah proses pembuatan model optimasi/model matematis alternatif pada *worksheet* Gnueric selesai dikerjakan, maka selanjutnya dilakukan proses *running* dengan memanfaatkan *tool* Solver yang terdapat di dalamnya.

5.7.1 Proses Optimasi Skenario 1 dengan Solver

Proses optimasi diawali dengan memasukkan data input (data yang sudah dihitung sebelumnya, seperti: *payload*, *time charter hire*, *voyage charter hire*, *round trip days*, *frequency by trip*, *voyage cost*, *port chargers*, *cargo handling cost*). Hasil dari optimasi ini adalah mendapatkan

unit cost yang paling minimum dengan jumlah dan frekuensi kapal bisa memenuhi kebutuhan (*demand*). Berikut diagram alur dalam proses *running* optimasi Skenario 1 menggunakan Solver.



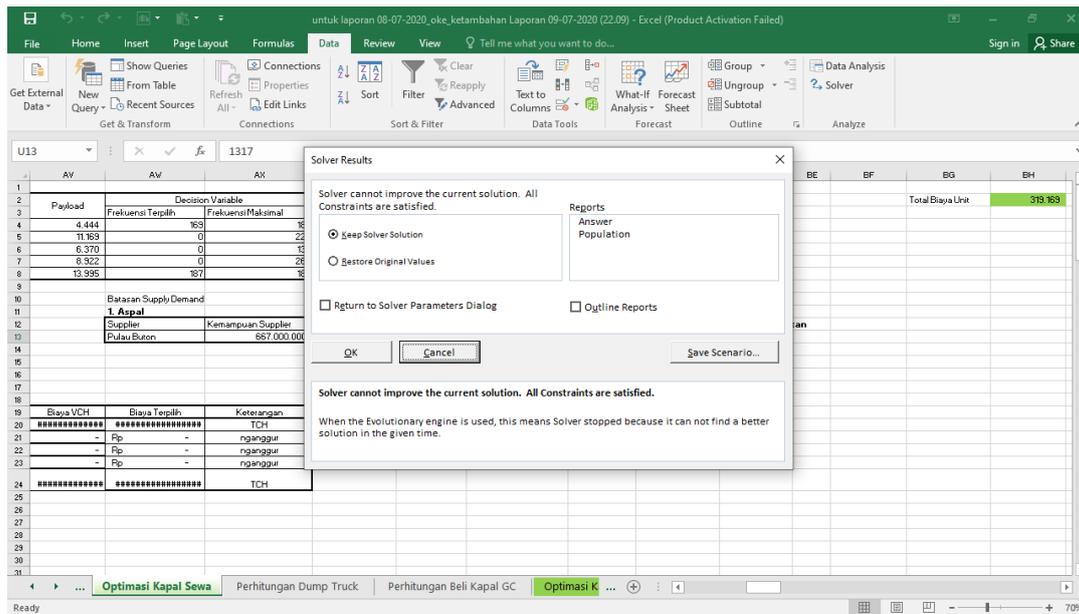
Gambar 5.7 Diagram Alir Proses Optimasi Skenario 1

Dari penjelasan di atas, dapat dilakukan *running* proses optimasi pada Solver dengan frekuensi dan jumlah unit kapal sebagai *Decision Variable* (DV), waktu berlayar dan muatan terangkut menjadi *Constraints*, dan biaya per unit menjadi *Objective Function*. Berikut adalah perumusan model optimasi kapal sewa.

- Objective Function*
- Decision Variable*
- Constraints*

5.7.2 Hasil Keluaran (*output*) Proses Optimasi Model Skenario 1

Hasil keluaran (*output*) dari proses optimasi pada Solver dapat diterima setelah proses *running*, untuk mendapatkan hasil optimasi yang paling minimum maka proses optimasi dilakukan secara berulang sampai batasan-batasan yang diberikan tidak lagi dilanggar dan biaya unit yang dihasilkan tidak mengalami perubahan. Hal tersebut menyatakan bahwa hasil yang didapat dari proses optimasi merupakan hasil yang paling optimal.



Gambar 5.8 Hasil Optimasi Model Skenario 1

A. Hasil Perhitungan Supply dan Kapal Sewa Terpilih

Setelah Solver menyatakan hasil paling optimal, maka akan diperoleh hasil berupa kapal yang terpilih, jumlah kapal yang terpilih, frekuensi aktual kapal, dan jumlah muatan yang diangkut. Berikut adalah ringkasan data hasil keluaran (*output*) dari proses optimasi yang disajikan berdasarkan jenis kapal:

Tabel 5.19 Hasil Optimasi Kapal Landing Craft Tank

Kapal Landing Craft Tank							
Nama Kapal	Payload (Ton)	Frekuensi		Muatan Terangkut (Ton)		Jumlah Kapal (unit)	Status Sewa
		Rute 1	Rute 6	Rute 1	Rute 6		
Petro Maju	480	-	-	-	-	0	Tidak Terpilih
SMS Tangguh	1.063	-	193	-	1.025.998	5	VCH
Adinda Diza	1.873	1	555	18.728	10.394.040	10	VCH
LCT-2	2.600	-	2.940	-	7.644.000	1	TCH
LCT-1	3.200	3	2.893	57.600	55.545.600	6	TCH
Total		31	8.724	76.328	74.609.628	22	

Pada Tabel 5.19 merupakan hasil optimasi kapal jenis Landing Craft Tank (LCT), yang mana kapal ini melayani 2 rute, rute 1 adalah rute yang menangani muatan jenis alat berat, sedangkan rute 6 adalah rute lanjutan untuk mengirimkan semua jenis muatan dari pelabuhan akhir menuju wilayah pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Hasil optimasi tersebut menyatakan bahwa semua kapal alternatif jenis LCT terpilih seluruhnya kecuali kapal Petro Maju, dengan jumlah total kapal sebanyak 7 unit disewa dengan sistem *Time Charter Hire* (TCH) dan 16 unit *voyage charter hire*. Jumlah permintaan alat berat 75.484 ton dan total permintaan pada rute pengiriman lanjutan 74.607.933 ton.

Tabel 5.20 Hasil Optimasi Kapal General Kargo

Kapal General Kargo									
Nama Kapal	Payload (Ton)	Frekuensi			Muatan Terangkut (Ton)			Jumlah Kapal (unit)	Status Sewa
		Rute 2	Rute 4	Rute 5	Rute 2	Rute 4	Rute 5		
MV Hai Phong 18	3.419	-	-	-	-	-	-	0	Tidak Terpilih
MV. Dong Shun	5.346	-	419	-	-	26.881.699	-	12	TCH
CC Del Gada	6.910	148	120	37	12.271.450	9.949.824	3.067.862	12	TCH
Hanjani	9.142	219	-	2	18.018.094	-	164.549	9	TCH
Americaborg	13.885	-	2	-	-	333.235	-	12	VCH
Total		367	541	39	30.289.543	37.164.758	3.232.411	45	

Tabel 5.20 merupakan ringkasan hasil (output) dari proses optimasi kapal jenis General Cargo yang melayani 3 jenis rute, yaitu yang pertama rute 2 yang melayani muatan jenis semen, kedua rute 4 yang melayani muatan beton precast, dan terakhir rute 5 yang dikhususkan untuk melayani muatan baja konstruksi. Dari hasil optimasi tersebut diketahui bahwa kebutuhan jumlah kapal General Kargo sebanyak 45 unit, yang terdiri dari 12 unit kapal MV Dong Shun yang disewa secara *Time Charter Hire* (TCH), 12 unit kapal CC Del Gada dengan sistem sewa *Time Charter Hire* (TCH), Kapal Hanjani sebanyak 9 unit dengan sistem sewa *Time Charter Hire* (TCH), dan terakhir 12 unit kapal Americaborg dengan sistem sewa *Voyage Charter Hire* (VCH). Jumlah permintaan semen 30.266.623 ton, beton 37.157.684 ton, dan baja 3.168.932 ton.

Tabel 5.21 Hasil Optimasi Kapal Tanker

Kapal Tanker					
Nama Kapal	Payload (Ton)	Frekuensi Rute 3	Muatan Terangkut Rute 3 (Ribu-Ton)	Jumlah Kapal	Status Sewa
Ya Long Wan	4.810	-	-	-	Tidak Terpilih
Mo Satu	6.040	371	2.240.840	1	TCH
Leadership	7.464	-	-	-	Tidak Terpilih
MT Sinosea Cherry	8.756	194	1.698.664	1	VCH
MT Makhambet	9.892	-	-	-	Tidak Terpiih
Total		565	3.939.504	2	

Dari Tabel 5.21, menyatakan bahkan kapal jenis tanker yang dipilih hanya akan melayani rute 3 dengan membawa muatan aspal dari Pulau Buton menuju TUKS PT. DKI yang

berada di Kalimantan Timur. Kapal Berjenis tanker ini berjumlah 2 unit kapal, yang terdiri dari 1 (satu) unit Kapal Mo Satu dengan jumlah frekuensi 371, dengan muatan aspal terangkut sebanyak 2.240.840ton, dan disewa dengan sistem *Time Charter Hire* (TCH). Kapal kedua yaitu MT. Sinosea Cherry dengan frekuensi sebanyak 194, muatan terangkut 1.698.664, dan kapal ini disewa secara *Voyage Charter Hire* (VCH). Besar permintaan aspal Ibu Kota Negara (IKN) baru 3.365.590 ton

B. Hasil Perhitungan Total Biaya Kapal Sewa

Biaya total kapal sewa memiliki komponen yang terdiri dari total biaya kapal disewa dengan sistem *Time Charter Hire* (TCH) dan total biaya kapal disewa dengan sistem *Voyage Charter Hire* (VCH). Sehingga dapat dirumuskan dengan (Persamaan 3-48).

Perhitungan total biaya kapal yang disewa dengan sistem *Time Charter Hire* (TCH), dapat ditentukan dengan menjumlahkan biaya *charter rate* yang dibayarkan kepada pemilik kapal dengan biaya bahan bakar (*voyage cost*), biaya pelabuhan (*port charges*), dan biaya pelayanan muatan (*cargo handling cost*) terhadap rute yang dilalui, kemudian hasil penjumlahan biaya tersebut dikalikan dengan jumlah kapal yang dibutuhkan. karena pada penelitian ini terdapat 6 rute yang berbeda, sehingga terdapat beberapa kapal yang melayani lebih dari 1 rute, maka untuk menghitung total biaya *Time Charter Hire* (TCH) 1 unit kapal dengan rute pelayaran lebih dari 1(satu) diambil nilai maksimum dari total biaya *Time Charter Hire* (TCH) tersebut. Perhitungan biaya ini dilakukan kepada semua kapal terpilih dengan status sewa *Time Charter Hire* (TCH), dan setelah itu semua biaya dari masing-masing kapal dijumlahkan.

Perhitungan total biaya kapal dengan status sewa *Voyage Charter Hire* (VCH), dihitung dengan cara perkalian antara jumlah muatan (ton) yang dilayani oleh kapal dengan tarif *Voyage Charter Hire* (VCH) rute yang dilalui. Perhitungan jumlah muatan ini didapatkan dari perkalian payload kapal, frekuensi kapal terpilih (frekuensi actual), dan jumlah kapal. Karena pada penelitian ini terdapat 6 rute pelayaran yang berbeda, sehingga terdapat beberapa kapal yang melayani lebih dari 1 rute, maka untuk menghitung total biaya *Voyage Charter Hire* (VCH) 1 unit kapal dengan rute pelayaran lebih dari 1 (satu) maka biaya dihitung terhadap kedua rute tersebut dan setelah itu dijumlahkan. Perhitungan biaya ini dilakukan kepada semua kapal terpilih dengan status sewa *Voyage Charter Hire* (TCH), dan setelah itu semua biaya dari masing-masing kapal dijumlahkan.

Dari perhitungan total biaya sewa *Time Charter Hire* (TCH) dan total biaya sewa *Voyage Charter Hire* (VCH) masing masing kapal terpilih terhadap rute yang dilaluinya. Maka

diperoleh hasil total biaya kapal sewa selama 9 (sembilan) tahun proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, yang ditunjukkan pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Total Biaya Kapal Skenario 1

Nama Kapal	Status Sewa	Jumlah Kapal	Total Biaya Sewa (TCH / VCH)
SMS Tangguh	VCH	5 unit	Rp. 92.968.366.892
Adinda Diza	VCH	10 unit	Rp. 931.501.742.668
LCT-2	TCH	1 unit	Rp. 253.862.100.161
LCT-1	TCH	6 unit	Rp. 1.798.809.046.874
MV Dong Shun	TCH	12 unit	Rp. 3.780.907.644.892
CC Del Gada	TCH	12 unit	Rp. 5.665.053.388.096
Hanjani	TCH	9 unit	Rp. 4.916.176.942.424
Americaborg	VCH	12 unit	Rp. 135.689.167.822
Mo Satu	TCH	1 unit	Rp. 373.583.118.088
MT Sinosea Cherry	VCH	1 Unit	Rp. 466.126.252.308
Total Keseluruhan		69 unit	Rp. 18.434.041.918.795

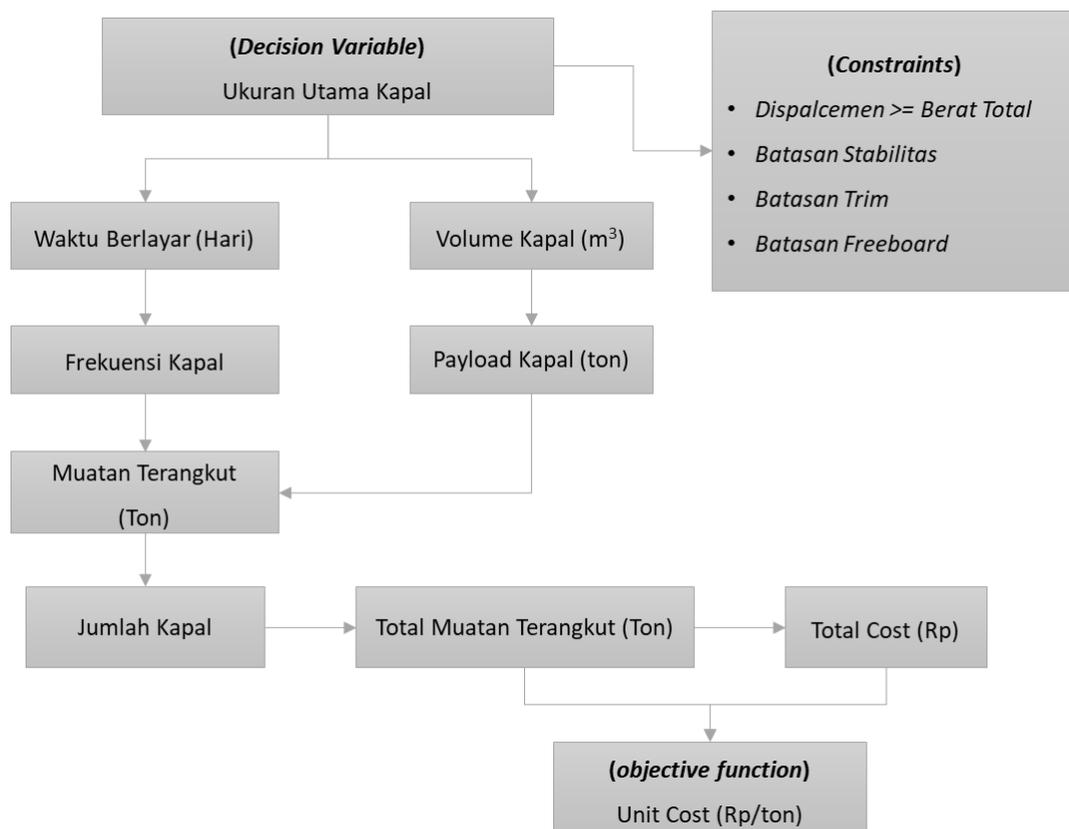
Tabel 5.22 adalah penyajian data biaya penggunaan kapal sewa pada skenario 1 (satu), dimana total biaya penggunaan kapal pada skenario 1 senilai Rp. 18.434.041.918.795, total biaya keseluruhan berguna untuk menyewa dan mengoperasikan kapal sebanyak 69 unit. Total biaya sewa paling besar terdapat pada kapal jenis *General Cargo* (GC) dengan nama kapal CC Del Gada, Kapal ini berjumlah 12 unit dan disewa secara *Time Charter Hire* (TCH) dengan nilai biaya sebesar Rp. 5.665.053.388.096. Total biaya sewa paling kecil terdapat pada kapal jenis *Landing Craft Tank* (LCT) dengan nama SMS Tangguh, dimana kapal ini disewa sebanyak 5 unit dengan sistem sewa *Voyage Charter Hire* (VCH) dengan nilai biaya Rp. 92.968.366.892. Semua biaya sewa kapal pada skenario 1 ini dihitung selama 9 tahun proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, sehingga kapal-kapal yang terpilih mampu melayani muatan sesuai dengan perencanaan pembangunan tersebut.

5.8 Optimasi ALternatif 2

Optimasi Alternatif 2 dilakukan dengan *tool* yang sama dengan alternatif 1 yaitu dengan bantuan Solver agar bisa meningkatkan waktu dalam proses memperoleh hasil optimasi. Pada optimasi alternatif 2 ini juga bertujuan untuk meminimumkan nilai *Objective Function* dengan membuat model matematis terlebih dahulu pada *worksheet* Gnumeric, kemudian dilakukan proses *running* dengan bantuan Solver.

5.8.1 Proses Optimasi Skenario 2 dengan Solver

Proses optimasi diawali dengan memasukkan data input (seperti: data pelabuhan, Jarak pelayaran, kecepatan yang direncanakan, *Commission days*, data biaya operasional.). Hasil dari optimasi ini adalah mendapatkan unit cost minimum dengan ukuran utama kapal sebagai *Decision Variable*, sehingga jumlah muatan yang diangkut bisa memenuhi kebutuhan (demand). Berikut diagram alur dalam proses *running* optimasi menggunakan Solver.

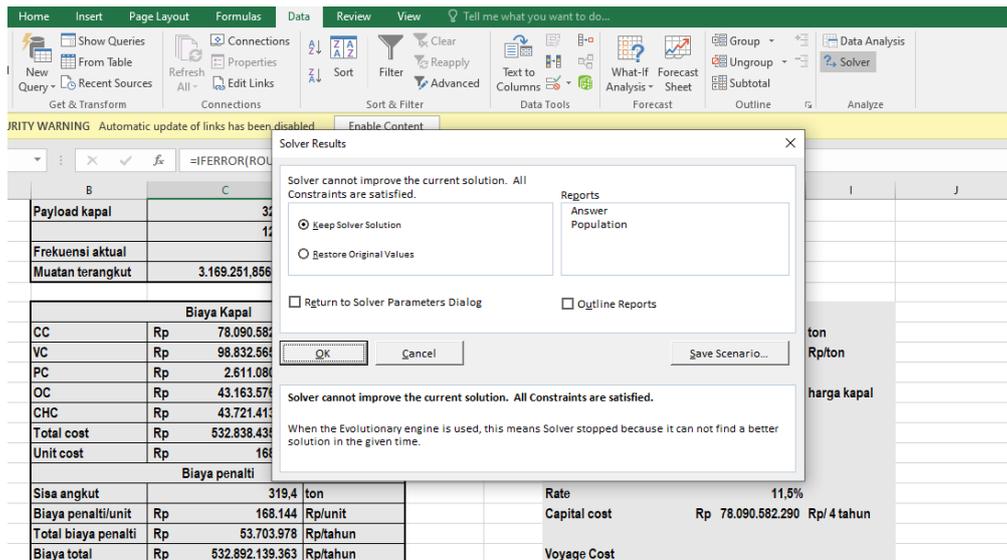


Gambar 5.9 Diagram Alir Proses Optimasi Skenario 2

Dari penjelasan Gambar 5.9, maka dapat dilakukan *running* proses optimasi pada Solver dengan ukuran utama kapal sebagai *Decision Variable*, persyaratan-persyaratan kapal sebagai *Constraints*, dan biaya per unit menjadi *Objective Function*.

5.8.2 Hasil Keluaran (output) Proses Optimasi Model Skenario 2

Sama dengan hasil keluaran (*output*) dari skenario 1, proses optimasi pada Solver dapat diterima setelah proses *running* sudah tidak berubah nilainya setelah dilakukan secara berulang sampai batasan-batasan yang diberikan tidak lagi dilanggar. Hal tersebut menyatakan bahwa hasil yang didapat dari proses optimasi merupakan hasil yang paling optimal.



Gambar 5.10 Hasil Optimasi Model Skenario 2

Setelah Solver menyatakan hasil paling optimal seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.10, maka akan diperoleh hasil nilai perhitungan kapal milik dan hasil perhitungan *Supply* dan *Demand* dari kapal milik terpilih. Berikut adalah ringkasan data hasil keluaran (*output*) dari proses optimasi:

A. Hasil Ukuran Utama Kapal Milik

Ukuran utama kapal terdiri dari data panjang kapal (L_{pp}), Lebar Kapal (B), Tinggi Kapal (H), sarat kedalaman kapal (T). Ukuran utama kapal milik ini nantinya akan berguna untuk menentukan perhitungan-perhitungan kapal selanjutnya, dan juga akan berguna untuk menyatakan bahwa kapal yang direncanakan ini bisa untuk melayani rute peyaran yang direncanakan. Pertimbangan ukuran utama kapal yang menjadi acuan dalam penelitian ini adalah sarat kedalaman kapal, dimana sayarat kedalaman kapal saat muatan penuh tidak boleh melebihi 7 meter, karena pada pelabuhan tujuan kedalaman alur maksimal hanya 7 meter.

Tabel 5.23 Hasil Optimasi Ukuran Utama Kapal Milik

Data Kapal	Kapal LCT		Kapal GC			Tanker
	Rute 1	Rute 6	Rute 2	Rute 4	Rute 5	Rute 3
L_{pp}	35,85 Meter	62,76 Meter	165,62 Meter	197,86 Meter	154,61 Meter	110,43 Meter
B	9,83 Meter	14,21 Meter	18,27 Meter	20,34 Meter	17,59 Meter	15,60 Meter
H	3,95 Meter	3,63 Meter	15,00 Meter	14,91 Meter	13,32 Meter	8,15 Meter
T	2,20 Meter	2,64 Meter	6,57 Meter	8,93 Meter	6,97 Meter	6,30 Meter

Dari Tabel 5.23, diketahui bahwa semua hasil optimasi ukuran utama kapal milik tidak ada yang melebihi sarat kedalaman air, hal tersebut di lihat dari nilai T dari kapal-kapal tersebut kecil dari 10 meter.

B. Hasil Perhitungan *Supply* dan *Demand*

Perhitungan *supply* dan *demand* merupakan perhitungan yang memperhitungkan jumlah permintaan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru dengan kemampuan angkut kapal-kapal yang sudah direncanakan. *Supply* yang dimaksud disini adalah total kemampuan angkut dari kapal-kapal yang terpilih. Sedangkan *demand* merupakan besar jumlah permintaan kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru yang nilainya sudah disebutkan pada bagian 5.1 sebelumnya. Sehingga pada penelitian ini nilai dari *supply* harus lebih besar sama dengan *demand*. Untuk mengetahui kemampuan *supply* dari kapal-kapal milik terpilih bisa dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Ringkasan Hasil Optimasi Kemampuan Supply Kapal Alternatif 2

Jenis Kapal	Rute	Jenis Muatan	Payload (Ton)	Frekuensi (RTD/Unit)	Jumlah Kapal (Unit)	Kemampuan Supply (Ton)	≥	Demand (Ton)
LCT	1	Alat Berat	280	270	1	75.484	≥	75.484
GC	2	Semen	10.191	330	9	30.266.625	≥	30.266.623
Tanker	3	Aspal	6.632	594	1	3.939.210	≥	3.939.210
GC	4	Beton	21.404	248	7	37.157.688	≥	37.157.684
GC	5	Baja	10.670	297	1	3.168.933	≥	3.168.932
LCT	6	Semua Jenis	1.092	2.970	23	74.608.007	≥	74.607.993
Total				4745	42	149.215.947	≥	149.215.866

Dari Tabel 5.24 diperlihatkan hasil bahwa dengan menggunakan kapal terpilih skenario 2 mampu mengangkut semua kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Kapal yang dibutuhkan tersebut terdiri dari: pertama kapal Landing Craft Tank (LCT) yang melayani pengangkutan alat berat berjumlah 1 unit dengan frekuensi tiap unit kapal berjumlah 270 RTD, kedua kapal Generat Kargo (GC) yang melayani pengiriman semen berjumlah 9 unit dengan frekuensi tiap unit kapal berjumlah 330 RTD, ketiga kapal Tanker yang melayani muatan aspal berjumlah 1 unit dengan frekuensi tiap kapal berjumlah 594 RTD, keempat kapal General Kargo (GC) yang melayani muatan beton berjumlah 7 unit dengan frekuensi tiap unit kapal berjumlah 248 RTD, kelima kapal General Kargo (GC) yang melayani muatan Baja berjumlah 1 unit dengan frekuensi tiap unit berjumlah 297 RTD, dan yang terakhir kapal Landing Craft Tank (LCT) yang melayani pengiriman semua jenis muatan menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru dari pelabuhan akhir berjumlah 23 unit kapal dengan frekuensi tiap unit berjumlah 2.970 RTD.

C. Hasil Total Biaya Kapal Milik

Perhitungan total biaya kapal milik terbagi menjadi beberapa komponen biaya, yaitu biaya tetap (*fixed cost*), biaya tidak tetap (*variable cost*), dan biaya penanganan muatan (*cargo handling cost*). Cara perhitungan total biaya kapal milik menggunakan (Persamaan 3-50).

1. Biaya Tetap Kapal Milik

Biaya tetap (*fixed cost*) terdiri dari biaya modal (*capital cost*) dan biaya operasional (*operational cost*). Biaya modal diperoleh dari perhitungan perkalian antara berat baja dengan harga baja Rp. 10.000.000 per ton. Biaya pengadaan ini ditambahkan dengan inflasi, pajak, dan profit galangan untuk menentukan harga kapal. Perhitungan harga kapal, pada penelitian ini menggunakan asumsi sebesar 40% dari biaya pengadaan. Karena dalam pembelian kapal, biasanya *ship owner* biasanya melakukan pinjaman, maka harga kapal tersebut dihitung dengan penambahan suku bunga bank sebesar 11,5% dan umur ekonomis kapal 20 tahun.

Perhitungan biaya operasional kapal milik menggunakan (Persamaan 3-41), dan asumsi asumsi biaya operasional sudah dijelaskan sebelumnya pada pembahasan 5.6.2. Tetapi pada perhitungan biaya operasional kapal milik tidak perlu dicari nilainya selama umur ekonomis, karena biaya ini tidak akan digunakan untuk menghitung tarif lainnya. Sehingga biaya ini murni keluar untuk kebutuhan pengiriman material dan alat berat Ibu Kota Negara (IKN) baru. Biaya operasional kapal milik ini hanya dihitung selama masa proyek Ibu Kota Negara (IKN) baru yaitu 9 tahun.

2. Biaya Tidak Tetap Kapal Milik

Biaya tidak tetap (*variable cost*) terdiri dari biaya bahan bakar (*voyage cost*) dan biaya pelabuhan (*port charges cost*). Biaya bahan bakar merupakan merupakan fungsi dari waktu, daya mesin, dan *Specific fuel oil consumption* (SFOC). Daya mesin dibagi menjadi 2 yaitu mesin utama dan mesin bantu. Dalam perhitungan mesin utama komponen waktu yang digunakan adalah waktu berlayar dan SFOC mesin utama, sedangkan untuk mesin bantu komponen waktu yang digunakan adalah waktu total 1 (satu) kali *roundtrip* dan SFOC mesin bantu. Setelah mesin utama dan mesin bantu diketahui kebutuhannya, maka selanjutnya dikalikan dengan harga masing-masing bahan bakar yang terdapat pada Tabel 5.13. Untuk memperoleh biaya bahan bakar selama 9 tahun masa proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN), maka harus dikalikan dengan frekuensi kapal. Seperti yang dirumuskan pada (Persamaan 3-44).

Biaya pelabuhan kapal milik merupakan biaya layanan kapal yang harus dibayarkan kepada pihak pelabuhan, sesuai dengan rute yang dilalui. Biaya pelabuhan ini terdiri dari biaya labuh, pandu, tunda, dan tambat. Untuk detail perhitungannya terdapat pada (Persamaan 3-45).

3. Biaya Penanganan Muatan Kapal Milik

Biaya penanganan muatan ini, merupakan biaya bongkar dan muat yang harus dibayarkan kepada penyedia jasa. Biaya ini dibagi menjadi biaya muat di pelabuhan asal, dan biaya bongkar di pelabuhan tujuan. Perhitungan biaya ini tergantung kepada payload kapal, tarif muat pelabuhan asal dan tarif bongkar belabuhan tujuan, serta frekuensi kapal. Seperti yang dijelaskan pada (Persamaan 3-46).

Setelah mengetahui detail perhitungan Total biaya kapal milik pada poin 1,2, dan 3 diatas. Maka diperoleh hasil total cost kapal milik sebagai berikut:

Tabel 5.25 Total Biaya Kapal Skenario 2

Jenis Kapal	Rute	Komponen Biaya (JT-RP.unit/9 Tahun)					Jumlah kapal (Unit)	Total Biaya (JT-RP /9 Tahun)
		CC	OC	VC	PC	CHC		
LCT	1	9.089	20.237	7.166	1.855	1.661	1	40.008
GC	2	194.209	103.213	108.134	8.083	96.315	9	4.589.591
Tanker	3	82.765	85.347	245.592	5.126	108.687	1	527.517
GC	4	265.393	132.736	159.656	7.653	116.781	7	4.775.534
GC	5	156.265	88.953	199.998	5.368	87.434	1	538.020
LCT	6	21.314	28.477	5.518	21.185	71.364	23	3.400.733
Total Keseluruhan							42	13.871.402

Dari Tabel 5.25 diatas, diketahui total biaya keseluruhan dalam penggunaan kapal milik skenario 2 sebesar Rp.13.871.402 juta per 9 tahun, dengan rincian biaya pertama pembangunan Landing Craft Tank (LCT) pada rute 1 dengan jumlah armada kapal sebanyak 1 unit memerlukan biaya Rp. 40.008 juta per 9 tahun, kedua pembangunan kapal *General Cargo* (GC) pada rute 2 dengan jumlah armada kapal sebanyak 9 unit membutuhkan biaya Rp. 4.589.591 juta per 9 tahun, ketiga pembangunan kapal tanker pada rute 3 dengan jumlah armada kapal sebanyak 1 unit membutuhkan biaya Rp. 527.517 juta per 9 tahun, keempat pembangunan kapal *General Cargo* (GC) pada rute 4 sebanyak 7 unit membutuhkan biaya Rp. 4.775.534 juta per 9 tahun, kelima pembangunan kapal *General Cargo* (GC) pada rute pelayaran 5 sebanyak 1 unit membutuhkan biaya Rp.538.020, dan yang terakhir pembangunan kapal *Landing Craft Tank* (LCT) pada rute pelayaran 6 sebanyak 23 unit membutuhkan biaya Rp. 3.400.733 juta per 9 tahun.

5.9 Perbandingan Biaya Skenario 1 & 2

Perbandingan biaya penggunaan skenario 1 dan skenario 2 merupakan pemilihan antara kedua skenario tersebut. Sebelum melakukan pemilihan antara ke 2 (dua) Skenario, harus dipahami terlebih dahulu komponen apa saja yang terdapat pada kedua alternatif tersebut, seperti yang sudah disebutkan pada bagian 5.5 sebelumnya.

Komponen yang terdapat pada alternatif 1 terdiri dari penggunaan kapal sewa (kapal sewa rute 1 s/d 5) sebagai moda transportasi pengangkutan material dan alat berat dari daerah asal kebutuhan menuju ke TUKS PT. DKI yang berlokasi di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Kemudian untuk pengiriman lanjutan menuju wilayah pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru terbagi lagi menjadi 2 pilihan, yang pertama dengan menggunakan moda transportasi laut yaitu penggunaan kapal berjenis Landing Craft Tank sewa (kapal sewa rute 6), dan pilihan yang kedua adalah penggunaan truk sebagai moda transportasi darat dengan perhitungan biaya truk tersebut dibagi menjadi 2 yaitu biaya truk sewa dan biaya truk beli.

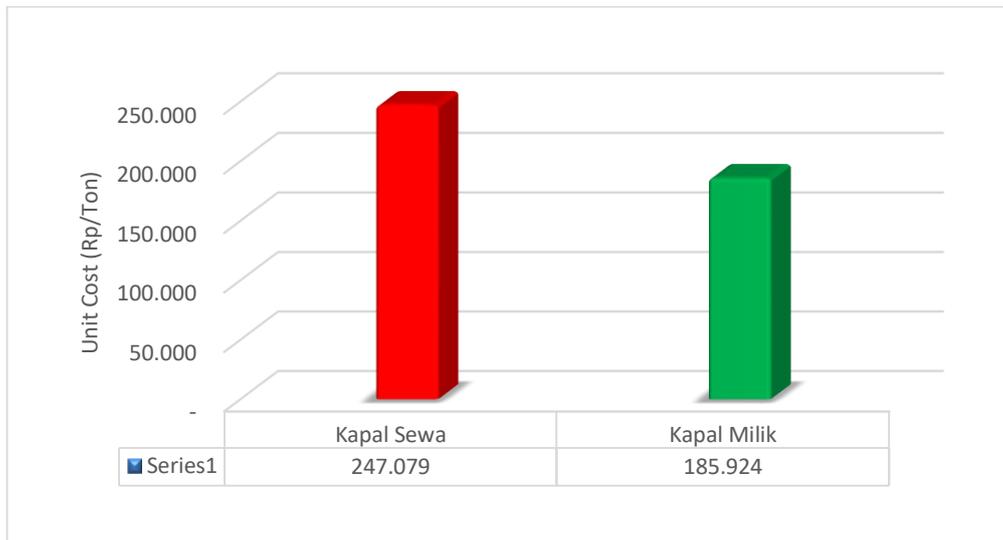
Setelah itu, pada komponen biaya alternatif 2 terdiri dari penggunaan kapal milik (kapal milik rute 1 s/d 5) sebagai moda transportasi pengangkutan material dan alat berat dari daerah asal kebutuhan menuju ke TUKS PT. DKI yang berlokasi di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Kemudian untuk pengiriman lanjutan menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru terbagi menjadi 2 pilihan, yang pertama dengan menggunakan moda transportasi laut yaitu penggunaan kapal berjenis Landing Craft Tank milik (kapal milik rute 6), dan pilihan yang kedua adalah penggunaan truk sebagai moda transportasi darat dengan perhitungan biaya truk tersebut dibagi menjadi 2 yaitu biaya truk sewa dan biaya truk beli.

Dikarenakan terdapat 2 (dua) rute utama pada kedua alternatif, maka untuk membandingkan moda transportasi yang akan digunakan, dibagi berdasarkan 2 (dua) rute utama tersebut. Perbandingan pertama adalah membandingkan antara penggunaan kapal sewa dengan penggunaan kapal beli, dan perbandingan yang ke dua antara penggunaan moda transportasi darat (Truk sewa dan beli) dengan penggunaan moda transportasi laut (kapal sewa / beli di rute 6).

5.9.1 Perbandingan Penggunaan Kapal Sewa dengan Kapal Beli

Karena pada pembahasan 5.7.2 dan 5.8.2 sudah dinyatakan penggunaan kapal sewa dan kapal beli sama-sama bisa melakukan pengiriman kebutuhan pembangunan Ibu Kota (IKN) baru dengan kapasitas *supply* yang bisa memenuhi *demand*. Maka pada perbandingan kali ini akan menggunakan unit biaya sebagai tolak ukur dalam pemilihan biaya yang paling minimum. Unit biaya dipengaruhi oleh total biaya dan jumlah permintaan pengiriman Ibu Kota Negara

(IKN) baru, jika dirumuskan dapat dilihat pada (Persamaan 3-49). Untuk membandingkan unit biaya antara penggunaan kapal sewa dengan kapal beli bisa dilihat pada Gambar 5.11.



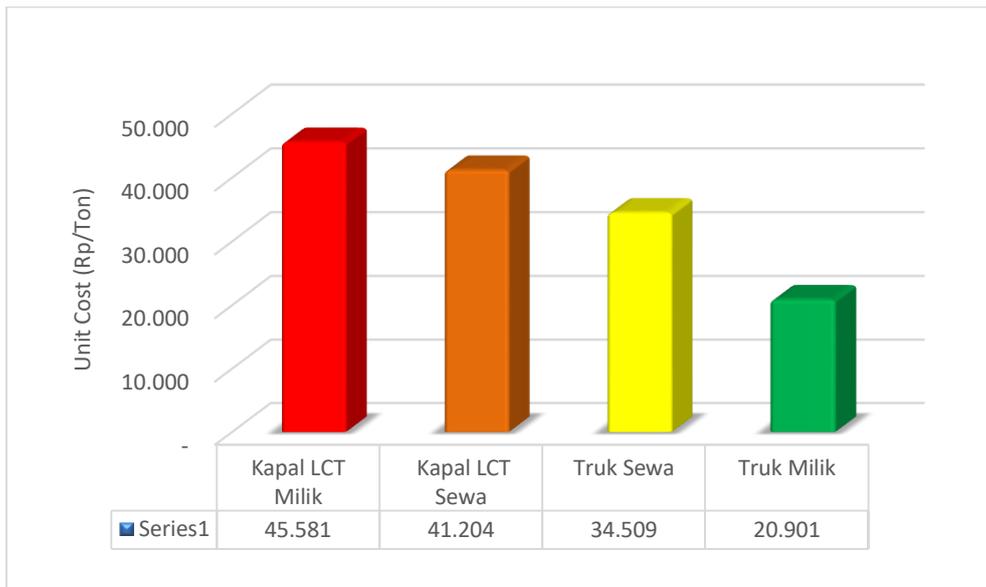
Gambar 5.11 Perbandingan Unit Cost Kapal Sewa dengan Kapal Milik

Berdasarkan nilai *unit cost* yang ditunjukkan oleh Gambar 5.11 Perbandingan Unit Cost Kapal Sewa dengan Kapal Milik, diketahui bahwa penggunaan kapal milik dalam pengiriman kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru memiliki biaya yang lebih minimum, hal ini ditunjukkan dengan hasil perhitungan unit biaya penggunaan kapal milik yang hanya Rp. 185.924 per ton, sementara itu apabila menggunakan kapal sewa unit biaya yang dihasilkan mencapai Rp. 247.079 per ton.

5.9.2 Perbandingan Penggunaan Truk dengan Kapal

Perbandingan penggunaan truk dengan kapal, merupakan perbandingan antara penggunaan armada transportasi darat dengan penggunaan armada transportasi laut. Kedua jenis armada ini akan dipilih dan digunakan dalam melayani pengiriman lanjutan dari pelabuhan tujuan (TUKS PT.DKI) menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru.

Pemilihan armada transportasi ini menggunakan *unit cost* sebagai tolak ukur, sehingga armada transportasi dengan nilai *unit cost* paling minimum yang akan terpilih sebagai transportasi pengiriman lanjutan menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Unit biaya dihasilkan dari perbandingan antara total biaya dengan besarnya permintaan, sehingga bisa dirumuskan seperti pada (Persamaan 3-39). Perbandingan antara penggunaan armada transportasi darat (truk) dan armada transportasi laut (kapal) pada rute pengiriman lanjutan bisa dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Perbandingan Unit Cost Pada Rute Pengiriman Lanjutan

Dari Gambar 5.12 diketahui hasil perhitungan *unit cost* masing-masing alternatif dalam pengiriman lanjutan material dan alat berat dari pelabuhan tujuan (TUKS PT.DKI) menuju ke lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. Pembelian truk baru adalah alternatif terpilih, karena menghasilkan nilai unit biaya paling murah Rp. 20.901 per ton. Sedangkan kapal LCT milik menghasilkan unit biaya paling mahal Rp. 45.581 per ton, kapal LCT sewa menghasilkan unit biaya Rp. 41.204 per ton, dan truk sewa memiliki unit biaya Rp. 34.509 per ton.

5.10 Schedule Macro Armada Transportasi Terpilih

Schedule Macro armada transportasi adalah rencana waktu yang dibutuhkan untuk 1 kali pengiriman kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, waktu ini terdiri dari perjalanan dan waktu bongkar atau muat. Rencana waktu pengiriman kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru akan dilaksanakan secara terus menerus sampai semua kebutuhan pembangunan proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru tersalurkan seluruhnya. Tetapi pada penelitian ini waktu pengiriman disesuaikan dengan masa proyek pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru yaitu selama 9 tahun.

Tabel 5.26 Schedule Macro Armada Transportasi Terpilih

Waktu Siklus Kapal										
Nama Kapal	Jumlah kapal (unit)	Freku-ensi per unit	Jenis Muatan	Pelabuhan Asal	Pelabuhan Tujuan	Waktu Muat (jam)	Waktu Berangkat (jam)	Waktu Bongkar (jam)	Waktu Balik (jam)	Total Waktu (jam)
LCT - Rute 1	1	270	Alat Berat	Tanjung Priok	TUKS PT. DKI	5,40	128,55	7,28	110,19	251,41
GC - Rute 2	9	330	Semen	PT. Semen Gresik	TUKS PT. DKI	108,90	42,87	17,19	39,14	208,10
Tanker - Rute 3	1	594	Aspal	Dermaga Aspal PT. SAKA	TUKS PT. DKI	10,21	42,10	13,63	38,86	105,80
GC - Rute 4	7	248	Beton Precast	Tanjung Priok	TUKS PT. DKI	111,02	73,46	28,40	67,07	353,41
GC - Rute 5	1	297	Baja Konstruksi	Cigading	TUKS PT. DKI	18,22	94,51	17,66	86,30	311,22
Waktu Siklus Truk										
Nama Truk	Jumlah Truk (unit)	frekuensi	Jenis Muatan	Titik awal Muat	Titik Akhir Bongkar	Waktu Muat (jam)	Waktu Berangkat (jam)	Waktu Bongkar (jam)	Waktu Balik (jam)	Total Waktu (jam)
Hino Truk Ranger FM 265 TH C/R	7316	1.863.311	Semua Material	TUKS PT. DKI	Puncak Bukit Sepaku	2,00	2,025	2,00	1,35	13,38
Hino Truk Ranger FM 265 TH C/R	1	4.047	Alat Berat	TUKS PT. DKI	Puncak Bukit Sepaku	1,00	2,025	1,00	1,35	11,38

Tabel 5.26 menjelaskan detail lama waktu perjalanan yang akan dilakukan oleh armada transportasi terpilih, armada transportasi tersebut dibagi menjadi 2 yaitu armada transportasi laut dan armada transportasi darat. Untuk armada transportasi laut terbagi menjadi 5 waktu perjalanan sesuai rute, yaitu pertama kapal Landing Craft Tank (LCT) rute 1 dengan jenis muatan alat berat membutuhkan waktu untuk 1 kali perjalanan *voyage* selama 251,41 jam, kedua kapal General Kargo (GC) rute 2 dengan jenis muatan berupa material semen membutuhkan waktu untuk 1 (satu) kali perjalanan *voyage* selama 208,10 jam, ketiga kapal tanker dengan jenis muatan aspal membutuhkan waktu untuk 1 (satu) kali perjalanan *voyage* selama 105,80 jam, keempat kapal jenis General Kargo (GC) rute 4 dengan jenis muatan beton precast membutuhkan waktu untuk 1 (satu) kali perjalanan *voyage* selama 353,41 jam, dan terakhir kapal General Cargo (GC) rute 5 yang akan mengangkut muatan baja konstruksi membutuhkan waktu 311,22 jam untuk 1 (satu) kali perjalanan *voyage*.

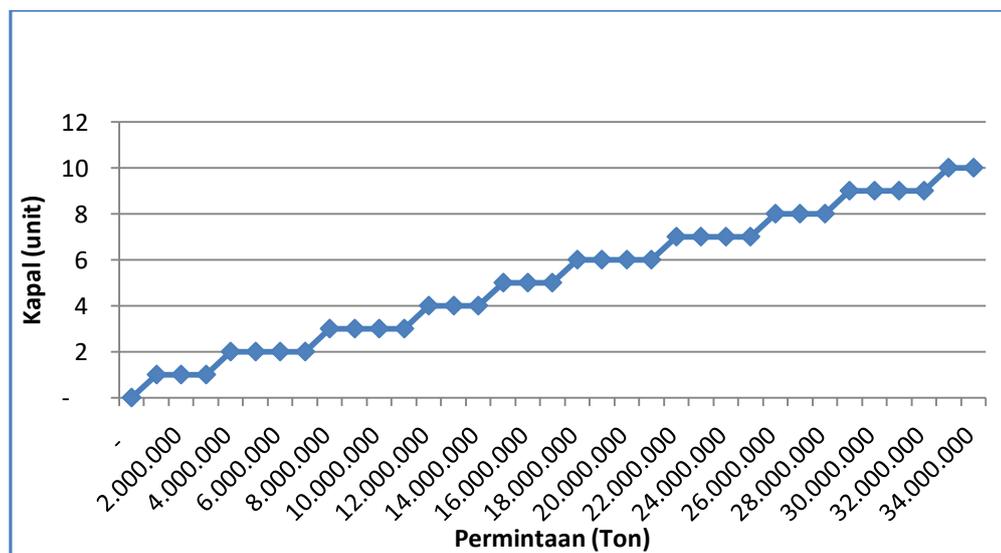
Untuk rute pengiriman lanjutan yang dilakukan oleh armada transportasi darat (truk) dibagi menjadi 2 waktu, yaitu pertama waktu perjalanan truk yang mengirimkan material dengan titik muat berada di TUKS PT. DKI dan bertujuan ke lokasi pusat pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru yang berada di Puncak Bukit Sepaku membutuhkan waktu total 1 (satu) kali perjalanan bolak-balik selama 13 jam, yang kedua adalah truk yang mengirimkan alat berat membutuhkan waktu 11 jam untuk 1 (satu) kali perjalanan bolak balik menuju lokasi pusat pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru yang berada di Puncak Bukit Sepaku, Kalimantan Timur.

5.11 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas ini dilakukan untuk mengetahui variabel apa saja yang dapat mengupah skenario yang terpilih. Variabel yang divariasikan pada analisis sensitivitas ini adalah jumlah permintaan Ibu Kota Negara (IKN) baru dan waktu pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, dimana waktu tersebut pada penelitian ini dijadikan sebagai *commision days* atau waktu pengiriman. Analisis sensitivitas terhadap variabel permintaan dan waktu dipergunakan untuk melihat perubahan kapal yang terpilih dan biaya per unit (*unit cost*) terhadap masing-masing kapal pada rute yang dilalui. Sebagai contoh pada pembahasan ini akan menggunakan kapal Genenal Cargo Milik rute-2 dan untuk nilai sensitivitas rute lain dapat dilihat pada LAMPIRAN, sebagai berikut:

1. Analisis Sensitivitas permintaan terhadap Kapal

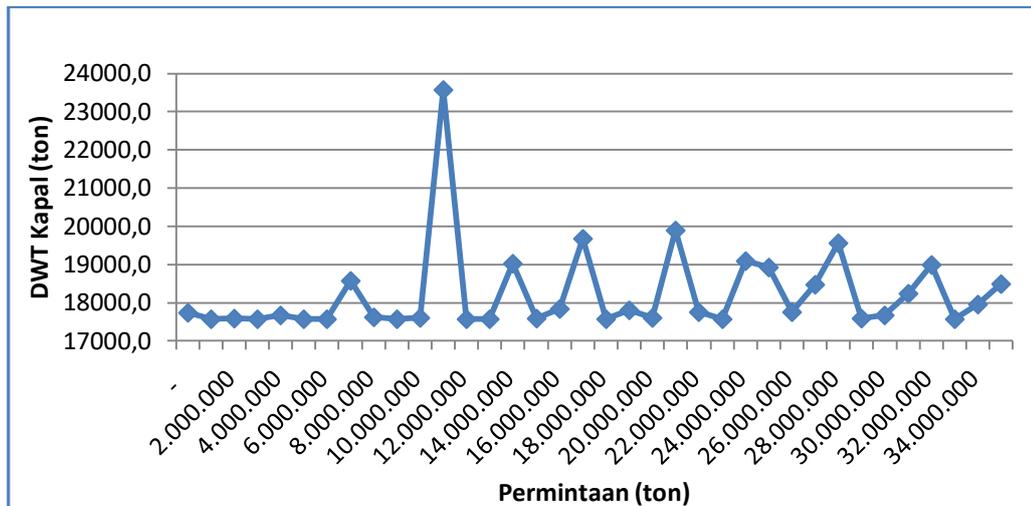
Analisis sensitivitas pertama yang dilakukan pada kapal General Cargo (GC) rute-2 adalah dengan merubah variabel jumlah permintaan terhadap nilai unit cost, jumlah kapal, dan DWT kapal yang terpilih. Permintaan awal dari alat berat untuk Ibu Kota Negara (IKN) adalah 30.266.623 ton, dan pada analisis ini divariasikan nilainya mulai dari 2.000.000 ton, dengan kenaikan 1.000.000 ton.



Gambar 5.13 Analisis Sensitivitas Antara Permintaan Terhadap Jumlah Kapal

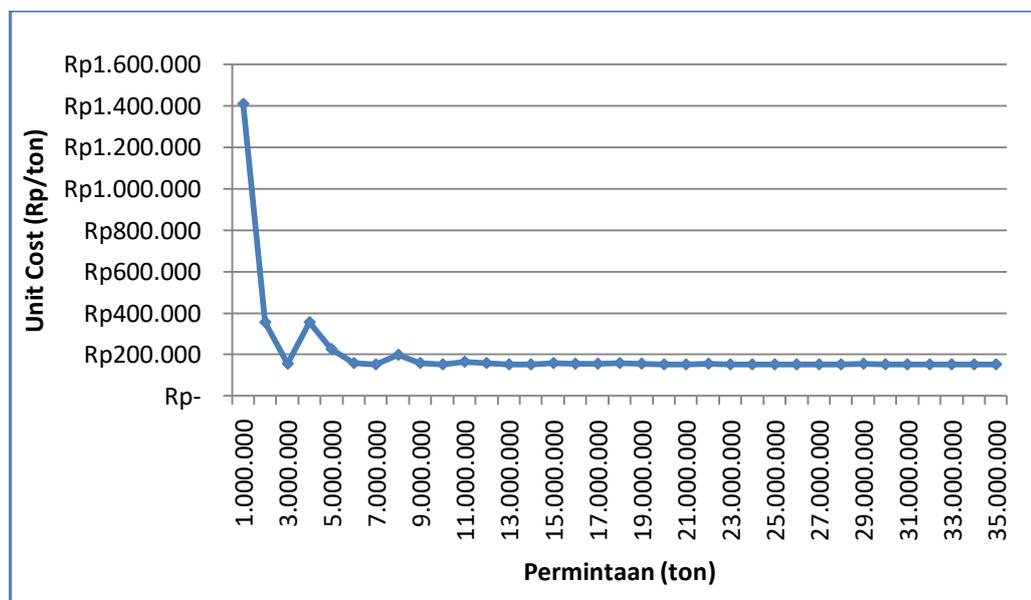
Semakin tinggi jumlah permintaan Ibu Kota Negara (IKN), jumlah kapal yang dihasilkan cenderung meningkat dan begitu sebaliknya, terlihat pada nilai permintaan 32.000.000 ton yang membutuhkan kapal sebanyak 9 unit, mengalami penambahan 1 unit kapal seiring dengan penambahan 1.000.000 ton permintaan. Rata-rata terjadi penambahan jumlah kapal adalah disaat terjadi penambahan permintaan sebesar 3.000.000 – 4.000.0000 ton, hal ini terlihat setelah terjadi penambahan jumlah kapal pada nilai permintaan 15.000.000 ton, mengalami

penambahan jumlah kapal selanjutnya pada permintaan 18.000.000 ton, dan penambahan jumlah kapal selanjutnya pada nilai permintaan 22.000.000 ton.



Gambar 5.14 Analisis Sensitivitas Antara Permintaan Terhadap DWT Kapal

Pengaruh Permintaan terhadap DWT kapal menunjukkan nilai yang bertambah, karena pada logika awalnya dengan menambahkan jumlah permintaan pasti akan membutuhkan kapal dengan ukuran yang semakin besar. Peningkatan nilai DWT kapal akan mencapai puncak tepat pada saat sebelum jumlah kapal bertambah, hal ini terlihat pada permintaan 11.000.000 yang merupakan batas akhir jumlah kapal sebanyak 3 unit (sebelum mengalami pertambahan menjadi 4 unit) merupakan nilai DWT yang paling besar yaitu 23.579 ton. Dan setelah terjadi penambahan jumlah kapal, maka nilai DWT yang dihasilkan akan berkurang.



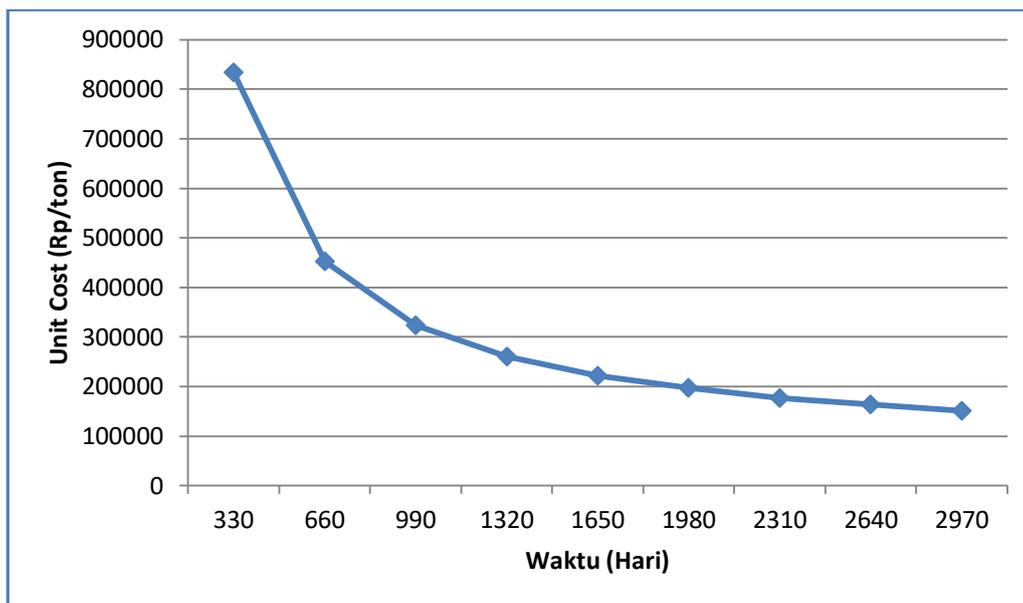
Gambar 5.15 Analisis Sensitivitas Antara Permintaan Terhadap Unit Cost

Semakin tinggi jumlah permintaan, *unit cost* yang dihasilkan cenderung menurun. Hal ini dibuktikan dengan jumlah permintaan 35.000.000 ton yang merupakan pemvariasian nilai

paling besar, menghasilkan nilai *unit cost* paling kecil di angka Rp. 151.206 per ton. Dari peningkatan permintaan 1.000.000 ton pada nilai awal 34.000.000, mengakibatkan penurunan nilai *unit cost* 0,31%.

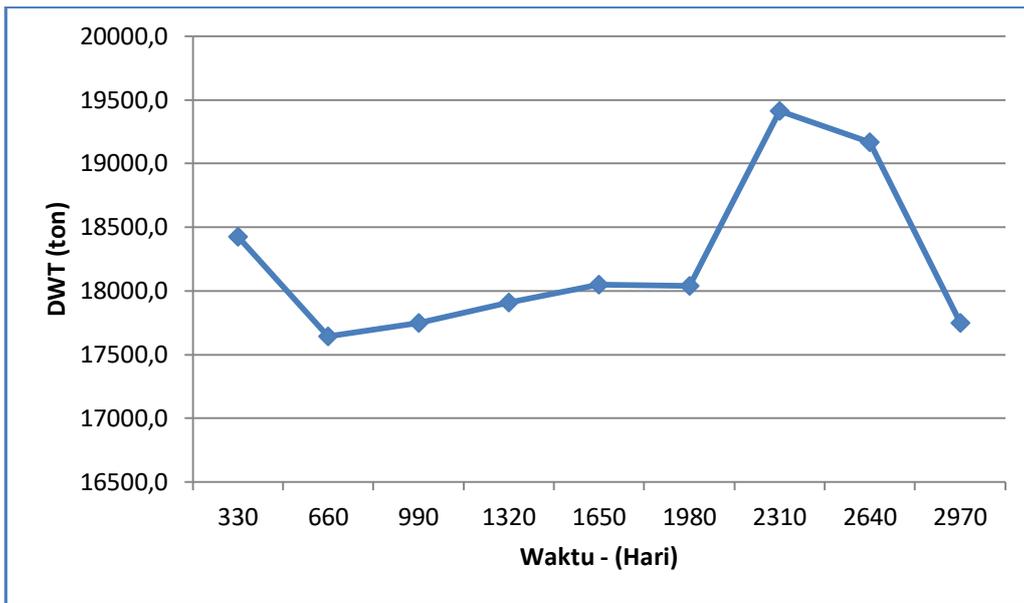
2. Analisis Sensitivitas waktu terhadap kapal terpilih

Analisis sensitivitas kedua yang dilakukan pada kapal General Cargo (GC) rute-2 adalah dengan merubah variabel waktu permintaan terhadap nilai unit cost, jumlah kapal, dan DWT kapal yang terpilih. waktu awal dari alat berat untuk Ibu Kota Negara (IKN) adalah 2.970 hari, dan pada analisis ini divariasikan nilainya mulai dari 330 hari, dengan kenaikan 330 hari.



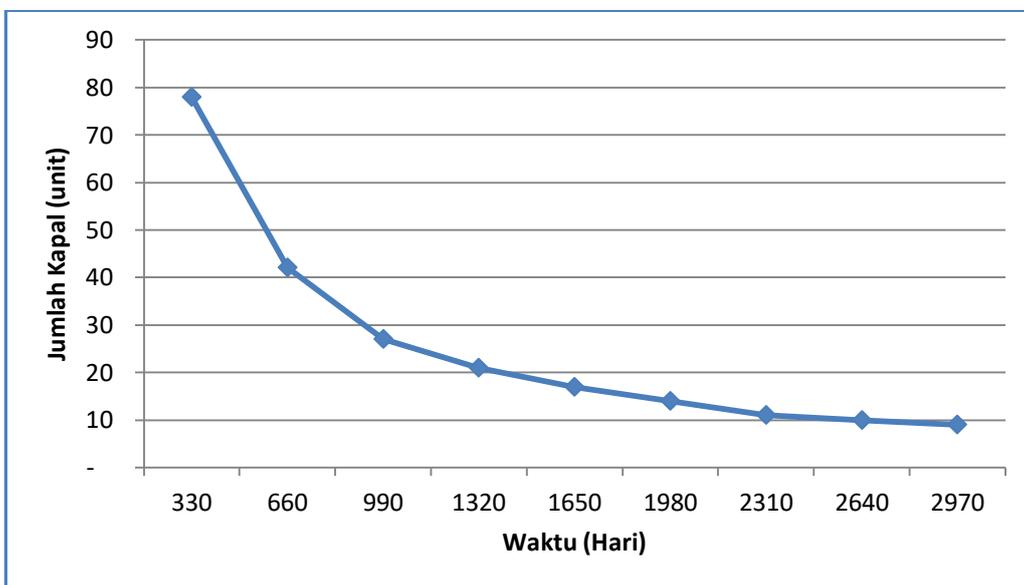
Gambar 5.16 Analisis Sensitivitas Antara Waktu Terhadap Unit Cost

Semakin sedikit waktu pengiriman yang dimiliki untuk mengirimkan kebutuhan Ibu Kota Negara (IKN) baru dalam jumlah permintaan yang besar, maka biaya yang dikeluarkan akan semakin bertambah karena kapal yang digunakan juga bertambah jumlah dan ukurannya. Sehingga terlihat pada Gambar 5.16 dengan pengurangan waktu 330 hari dari 2.970 hari yang dimiliki, maka akan menambah nilai *unit cost* sebesar 8,28%.



Gambar 5.17 Analisis Sensitivitas Antara Waktu Terhadap DWT

Dengan terjadinya pengurangan waktu pengiriman tidak pasti akan terjaninya penambahan ukuran kapal, karena ukuran kapal ini terbatas oleh ukuran utama yang dimiliki, sehingga disaat ukuran utama tersebut mencapai nilai DWT maksimal maka bisa dilakukan penambahan jumlah kapal dengan memperbesar atau memperkecil kapal yang akan digunakan. sehingga hal ini akan berpengaruh besar terhadap jumlah kapal yang akan digunakan.



Gambar 5.18 Analisis Sensitivitas Antara Waktu Terhadap Jumlah Kapal

Pengurangan waktu pengiriman, akan menyebabkan penambahan jumlah kapal yang digunakan, karena jumlah permintaan yang akan dikirim nilainya sama. Hal ini terlihat pada grafik yang nilai jumlah kapalnya berkurang seiring dengan penambahan waktu pengiriman. Pada penambahan waktu 330 hari dari 2.690 hari mengakibatkan berkurangnya jumlah kapal yang digunakan sebanyak 1 unit.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada tugas akhir ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah kebutuhan material dan alat berat pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru adalah sebesar 74.607.933 ton, dengan rincian yang dibagi berdasarkan jenis material dan alat berat sebagai berikut:
 - a) Material kebutuhan material terdiri dari semen, aspal, beton *precast*, dan baja konstruksi dengan detail kebutuhan sebagai berikut:
 - Material semen yang dibutuhkan sebanyak 30.266.623 ton.
 - Material aspal yang dibutuhkan sebanyak 3.939.210 ton.
 - Material berton *precast* dengan berat 37.157.684 ton
 - Material baja konstruksi dengan berat 3.168.932 ton.
 - b) Alat berat yang dibutuhkan terdiri dari:
 - Excavator* sebanyak 294 unit dengan berat total 2.129 ton.
 - Truck non* jalan rata sebanyak 673 unit dengan berat total 21.916 ton.
 - Bulldozer* sebanyak 1.270 unit dengan berat total 3.645 ton.
 - Vibration roller* sebanyak 390 unit dengan berat total 3.114 ton.
 - Concrete pump truck* sebanyak 704 unit dengan berat total 26.768 ton.
 - Truck mixer* sebanyak 714 unit dengan berat total 17.849 ton.
 - Hidraulic static driver* sebanyak 2 unit dengan berat total 64 ton.
2. Daerah *supply* material dan alat berat bisa dibagi berdasarkan jenis kebutuhan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru, sebagai berikut:
 - a) Kebutuhan material semen dipasok dari PT. Semen Indonesia yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur dan titik awal pengiriman berada pada Pelabuhan PT. Semen Gresik.
 - b) Kebutuhan material aspal dipasok dari PT. Wijaya Karya Bitumen yang berlokasi di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara dan titik awal pengiriman berada pada Dermaga Aspal PT. SAKA.

- c) Kebutuhan material beron dipasok dari PT. Wijaya Karya dan PT. Waskita Karya yang berlokasi di Jawa Barat dan titik awal pengiriman berada pada Pelabuhan Tanjung Priok.
 - d) Kebutuhan material baja dipasok dari PT. Krakatu Steel yang berlokasi di Cilegon, Banten dan titik awal pengiriman berada pada Pelabuhan Cigading.
 - e) Kebutuhan alat Berat diambil dari Provinsi DKI Jakarta dengan titik awal pengiriman berada di pelabuhan Tanjung Priok.
3. Titik lokasi akhir pengiriman paling minimum berdasarkan skenario terpilih, dibagi menjadi 2 yaitu:
- a) TUKS PT. DKI sebagai lokasi akhir pengiriman dari daerah asal dengan menggunakan armada transportasi laut.
 - b) Bukit Raya sebagai lokasi tujuan akhir pengiriman dengan menggunakan armada transportasi darat (truk).
4. Armada transportasi terpilih dengan biaya minimum terdapat pada penggunaan skenario 2 (b), dengan pengiriman dari daerah asal menuju pelabuhan tujuan menggunakan armada Transportasi laut (kapal milik), dan pengiriman lanjutan menuju lokasi pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) menggunakan armada Transportasi darat (truk).
- a) Armada Transportasi Laut (kapal)
 - Kapal *Landing Craft Tank* (LCT) rute-1 berjumlah 1 unit, dengan unit cost Rp. 530.012 per ton.
 - Kapal General Cargo (GC) rute-2 berjumlah 9 unit, dengan *unit cost* Rp. 151.639 per ton.
 - Kapal Tanker rute-3 berjumlah 1 unit, dengan *unit cost* Rp. 133.914 per ton.
 - Kapal General Cargo (GC) rute-4 berjumlah 7 unit, dengan unit cost Rp. 128.521 per ton.
 - Kapal General Cargo (GC) rute-5 berjumlah 1 unit, dengan unit cost Rp. 169.779 per ton.
 - b) Armada Transportasi darat (truk)
 - Truk yang terpilih berjumlah 317 unit dengan *unit cost* Rp. 20.901 per ton.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil tugas akhir ini, saran yang diberikan penulis adalah sebagai berikut:

1. Hasil tugas akhir ini dapat dikembangkan ke arah lebih menyerupai keadaan nyata, dengan melaksanakan survei secara langsung (pengumpulan data primer).
2. Perencanaan perlu dikembangkan lagi dengan mempertimbangkan penjadwalan kapal terpilih.
3. Data yang digunakan adalah *master plan* pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru jika nanti tahun 2021 sudah selesai dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina. (2017). *Model Penjadwalan dan Operasi Armada Kapal Pendukung Aktivitas Anjungan Minyak Lepas Pantai: Studi Kasus Area West Madura Offshore*.
- Arsiteki. (2020, MARCH 17). *Cara Menghitung Kebutuhan Baja Ringan Untuk Atap Rumah*. Diambil kembali dari arsiteki.com: <https://www.arsiteki.com/cara-menghitung-kebutuhan-baja-ringan/>
- Badan Standarisasi Nasional . (2008). *Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton untuk konstruksi gedung dan perumahan*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Dicky Setiadi Hadi Effendi, P. W. (t.thn.). Perhitungan Kebutuhan Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah Proyek Pembangunan Pabrik Precast di Sentu. *Program Studi Teknik Sipil, FT-UNPAK*, 1-11.
- Dr. Ir. Syarif Burhanuddin, M. (2019). Rantai Pasok Industri Konstruksi Pembangunan Ibu Kota Negara Baru. 11.
- Harnanto, Z. (2003). *Manajemen Biaya*. Yogyakarta: BPFPE.
- Hilton, R. W. (2006). *Managerial Accounting: Creative Value in a Dynamic Business Environment*. McGraw-Hill/Irwin.
- Jawat, I. W., & Anak Agung Sagung Dewi Rahadiani, N. K. (2018). Produktivitas Truck Concrete Pump dan Truck Mixer Pada Pekerjaan Pengecoran Beton Ready Mix. *Paduraksa*, 164-183.
- Kementrian PUPR. (2019). Rantai Pasok Konstruksi Indonesia. *Pentingnya Informasi Supply-Demand Rantai Pasok Sumber Daya Material dan Peralatan Konstruksi Dalam Mendukung Pembangunan Ibu Kota Negara Baru*, 19-21.
- Kompas.com. (2019). *4 Alasan Mengapa Ibu Kota Indonesia Harus Keluar Dari Pulau Jawa*. Jakarta: nasional.kompas.com.
- Kumar, A. (2015). Capital, Voyage and Operating Cost of A Ship Marine Engineering.
- Leli, N. (2016). Kinerja Angkutan dan Konektivitas Pelayaran Rakyat: Studi Kasus Pelabuhan Rakyat Kalimas.
- PT Buntara Megah Inti. (2020, July 6). *PT Buntara Megah Inti*. Diambil kembali dari buntara.com: <http://buntara.com/menghitung-rab-pengaspalan-hotmix/>
- Santosa & P Willy. (2011). *Metoda Metaheuristik Konsep dan Implementasi*. Surabaya: Guna Widya.

- Simorangkir, E. (2019, September 3). *detik finance*. Diambil kembali dari <https://finance.detik.com/properti/d-4691456/material-impor-ancam-pembangunan-ibu-kota-baru>
- Warsito, J. Y., & Hatmoko, J. U. (2016). Pemodelan Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Menggunakan Model Analitis Pada Tanah Berlanau. *Jemis*, 175-184.

LAMPIRAN

1. Perhitungan Kebutuhan Material
2. Perhitungan Kebutuhan Alat Berat
3. Data Kapal Alternatif Sewa
4. Perhitungan Charter Rate beberapa kapal sewa
5. Model perhitungan unit cost kapal milik
6. Sensitivitas Rute 1, 3, 4, 5, dan 6

Lampiran 1: Perhitungan Kebutuhan Material

☐ Volume Beton Fungsi Utama

Fungsi Utama													
Jenis Kebutuhan	Luas (m ²)	Panjang (m)	Lebar (m)	Jumlah Lantai	Tinggi Tiap Lantai (m)	Tebal Lantai (m)	Tebal Dinding (m)	Volume Beton Lantai (m ³)	V.B.D luar + V.BD Lantai (m ³)	Asumsi V.B Dalam Gedung	Volume 1 Gedung (m ³)	Jumlah Gedung	Volume Total (m ³)
Gedung Legislatif													
MPR dan DPR	80.000	800	100	24	4	0,25	0,2	480.000	2.016.000	50% Beton Luar	3.024.000	1	3.024.000
Gedung Ekecutif													
Istana Presiden	24.000	240	100	2	4	0,25	0,25	12.000	60.000	50% Beton Luar	120.000	1	120.000
Istana Wakil Presiden	20.000	150	133	2	4	0,25	0,25	10.000	50.000	50% Beton Luar	100.000	1	100.000
Kementrian	15.683	150	105	22	4	0,25	0,2	86.257	362.277	50% Beton Luar	543.416	34	18.476.142
Gedung Yudikatif													
MA	20.000	160	125	15	4	0,25	0,2	75.000	315.000	50% Beton Luar	472.500	1	472.500
MK	23.323	160	146	20	4	0,25	0,2	116.615	489.783	50% Beton Luar	734.675	1	734.675
KY	1.500	50	30	6	4	0,25	0,2	2.250	9.450	50% Beton Luar	14.175	1	14.175
												Volume Total Beton Fungsi Utama	22.941.492

❑ Berat 1 Unit Baja Ringan

Jenis Baja Ringan	Berat
Kaso	4,44444 Kg
Reng	2,07792 Kg

❑ Perhitungan Volume Beton dan Berat Baja Fungsi Pendukung

Fungsi Pendukung															
Jenis Kebutuhan	Volume Beton per unit (m ³)	Jumlah Fasilitas (unit)	Volume Total (m ³)	Gedung tiap fasilitas (unit)	P (m)	L (m)	Tinggi genteng (m)	Darjad Miring (Cos 35)	Volume Atap (m ³ /fasilitas)	Jumlah Kaso /fasilitas	Jumlah Reng /fasilitas	Berat Kaso (ton)	Berat Reng (ton)	Total Berat Baja (ton)	
Rumah Dinas	61.056.000	375.000	61.056.000	-	20	10	3	0,9	847	565	678	941.323	528.119	1.469.441	
Fasilitas Pendidikan															
Paud & TK	75.000	250	75.000	-	18	6	3	0,9	531	354	425	393	221	614	
SD	60.000	100	60.000	8	10	7	3	0,9	359	239	287	850	477	1.327	
SMP	30.000	50	30.000	5	70	8	3	0,9	2.390	1.593	1.912	1.771	993	2.764	
SMA/SMK	30.000	30	30.000	10	100	15	3	0,9	5.756	3.838	4.605	5.117	2.871	7.987	
Universitas	100.000	10	100.000	70	300	100	3	0,9	102.260	68.174	81.808	212.096	118.994	331.089	
Fasilitas Kesehatan															
Puskesmas	31.500	63	31.500	2	800	100	3	0,9	271.566	181.044	217.253	101.385	56.881	158.265	
Rumah sakit	59.000	59	59.000	10	800	100	3	0,9	271.566	181.044	217.253	474.737	266.346	741.083	
klini	20.600	103	20.600	2	500	100	3	0,9	169.983	113.322	135.986	103.752	58.209	161.961	
laboratorium	10.350	69	10.350	1	700	100	3	0,9	237.705	158.470	190.164	48.597	27.265	75.862	
optik	9.900	99	9.900	1	500	100	3	0,9	169.983	113.322	135.986	49.862	27.974	77.836	
apotek	6.000	100	6.000	1	500	100	3	0,9	169.983	113.322	135.986	50.365	28.257	78.622	
toko obat	3.540	59	3.540	1	500	100	3	0,9	169.983	113.322	135.986	29.715	16.672	46.387	
Fasilitas Pemasarakatan															
Lapas	1.000	1	1.000	2	1.000	100	3	0,9	339.288	226.192	271.430	2.011	1.128	3.139	
(Rutan)	800	1	800	2	1.000	100	3	0,9	339.288	226.192	271.430	2.011	1.128	3.139	
Cabang rutan	500	1	500	2	1.000	100	3	0,9	339.288	226.192	271.430	2.011	1.128	3.139	
Rm. barang Sitaan	800	1	800	2	1.000	100	3	0,9	339.288	226.192	271.430	2.011	1.128	3.139	
Balai Pemas-	800	1	800	2	1.000	100	3	0,9	339.288	226.192	271.430	2.011	1.128	3.139	
Volume Beton Fungsi Pendukung			61.495.790									Baja Fungsi Pendukung			3.168.932

❑ Perhitungan Beton dan Aspal Fungsi Penunjang

Fungsi Penunjang						
Jenis Kebutuhan	Panjang (m)	Lebar (m)	Ketebalan aspal (m)	Volume (m ³)	Masa jenis aspal (Ton/m ³)	Total Kebutuhan (ton)
Jalan						
Tol	114.000	40	0,05	57000	2,3	131.100
Non Tol	1.796.000	15	0,05	1077600	2,3	2.478.480
Bersepeda	918.000	3	0,05	137700	2,3	316.710
Ruang Terbuka Hijau				Total Kebutuhan Aspal		3.939.5210
	Jumlah (unit)	volume 1 unit (m ³)	volume total (m ³)			
Taman	10	200	2.000			
Lapangan Olahraga	2	5.000	10.000			
	Total Volume Beton Fungsi Penunjang		12.000			

Lampiran 2 : Perhitungan Kebutuhan Alat Berat

❑ Data Asumsi Excavator

Jenis Data	Keterangan	Satuan
Nama Alat	Excavator	
Tipe Alat	Komatsu PC 200-8	
Kapasitas Bucket (q1)	0,97	m ³
Faktor Bucket (k)	0,8	
Efisiensi Kerja {E}	0,75	
Waktu Gali	9,3	detik
Waktu Buang	7,2	detik
Waktu Putar	5,8	detik

❑ Perhitungan Jumlah Excavator

Perhitungan	Pembangunan Tahap 1	Pembangunan Tahap 2
Waktu Pelaksanaan	2021-2024	2025-2029
Luas Wilayah (m ²)	60.000.000	400.000.000
Kedalaman Pengerukan (m)	2	2
Volume Tanah Yang akan digali (m ³)	120.000.000	800.000.000
Produktivitas per Siklus (m ³)	0,776	0,776
Waktu Per Siklus (detik)	28,1	28,1
Produksi per jam (m ³ /jam)	74,56	74,56
Waktu Kerja Alat per Hari (jam)	20	20
Produktivitas per hari (m ³ /hari)	1491,24	1491,24
Kebutuhan Waktu Kerja jika dengan 1 Alat	80.470	536.464
Jumlah Alat	55	294

❑ Data Perhitungan Kerja Dump Truk non Jalan Raya

Jenis Data	Keterangan	Satuan
Nama Alat	Dump truck	
Tipe Alat	Hino FM 260 JD	
Masa jenis Tanah	2,75	gr/cm3
Kapasitas Truk	64,6	Ton
	58.604.134,20	Gr
Volume Tanah di atas Truk	21.310.594,25	cm3
	21	M3
Kapasitas bucket backhoe (q1)	0,97	m3
Faktor bucket (k)	1	
Cycle time backhoe (Cm)	28	detik
Jarak angkut dump truck (D)	10000	m
Kecepatan Saat ada Muatan	40	km/jam
Kecepatan muatan kosong	60	km/jam
Efisiensi Kerja €	1	

❑ Perhitungan Jumlah Dump Truk non Jalan Raya

Perhitungan	Pembangunan Tahap 1	Pembangunan Tahap 2
Waktu Pelaksanaan Kerja	2021-2024	2025-2029
Waktu Muat (menit)	10	10
Waktu Pengangkutan (menit)	15	15
Waktu Kembali (menit)	10	10
Waktu Buang+Tunggu (menit)	3	3
Waktu Ambil Posisi Muat (menit)	1	1
Waktu Siklus (menit)	39	39
Produksi siklus (M ³)	21	21
produksi 1 jam (m ³ /jam)	33	33
Waktu Kerja Alat (jam/hari)	20	20
Produktivitas per hari (m ³ /hari)	651	651
Jumlah Alat (Side Output Excavator per hari/Side Out Put Truk Per Hari)	126 Unit	673 Unit

□ Data Perhitungan Kerja Bulldozer

Jenis Data	Keterangan	Satuan
Nama alat	Bulldozer	
Tipe Alat	Komatsu D65WX-18	
Ukuran Blade		
L	3,58	Meter
H	1,425	Meter
Faktor Blade (a)	0,9	
Efisiensi Kerja {E}	0,75	
Jarak gusur (D)	50	Meter
Kecepatan maju (F)	5,533	km/jam
Kecepatan Mundur {R}	6,633	km/jam
Waktu ganti persnelling (Z)	0,11	menit

□ Perhitungan Jumlah Bulldozer

Perhitungan	Pembangunan Tahap 1	Pembangunan Tahap 2
Waktu Pelaksanaan Kerja	2021-2024	2025-2029
Produktivitas Siklus (m ³)	6,54	6,54
Kecepatan Maju (meter/menit)	92,21	92,21
Kecepatan Mundur (meter/menit)	110,55	110,55
Kecepatan Ganti Persnelling (menit)	0,11	0,11
Waktu Siklus (menit)	0,35	0,35
Produktivitas Buldozer (m ³ /jam)	1.036,02	1036,02
Waktu Kerja Alat (jam/hari)	20	20
Produktivitas per hari (m ³ /hari)	345,34	345,34
Jumlah Alat (Side Output Excavator per hari/Side Out Put Bulldozer Per Hari)	238 Unit	1.270 Unit

□ Data Perhitungan Vibration Rollers

Jenis Data	Keterangan	Satuan
Tipe Alat	sakai SV900D	
Lebar Drum	2,15	meter
Diameter Drum	1,65	meter
Efisiensi Kerja (E)	0,75	
Kecepatan Operasi (V)	5	
Lebar Efektif Pemadatan (W)	0,2	
Jumlah Lintasan Pemadatan (N)	4	
Tebal lapisan pemadatan (H)	30	cm
	0,3	meter

❑ **Perhitungan Jumlah Vibration Rollers**

Perhitungan	Pembangunan Tahap 1	Pembangunan Tahap 2
Waktu Pelaksanaan Kerja	2021-2024	2025-2029
A. Produktifitas Vibration Roller (Q)	$(W \cdot H \cdot V \cdot 1000 \cdot E) / N$	
Q	56,25	56,25
B. Side Out Put per Hari		
Dalam 1 hari alat bekerja	20	20
Side Out Put per Hari	1.125	1.125
Jumlah Alat (Side Out Put Excavator / side out put per hari)	73 Unit	390 Unit

❑ **Data Waktu Siklus Concrete Pump Truck**

No	Tahap Pengeroran	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Delay (menit)	Waktu Total (menit)
1	Tahap 1	7,26	3,21	10,47
2	Tahap 2	7,05	3,07	10,12
3	Tahap 3	7,15	4,45	11,6
4	Tahap 4	7,18	3,48	10,66
5	Tahap 5	7,23	4,18	11,41
6	Tahap 6	6,28	4,02	10,3
7	Tahap 7	10,52	2,43	12,95
8	Tahap 8	7,42	2,19	9,61
9	Tahap 9	7,48	1,42	8,9
10	Tahap 10	9,23	6,21	15,44
11	Tahap 11	6,14	7,39	13,53
Waktu Siklus				124,99
Rata-rata waktu Siklus				11,36272727

❑ **Perhitungan Jumlah Concrete Pump Truck**

Perhitungan	Pembangunan Tahap 1	Pembangunan Tahap 2
Waktu Pelaksanaan Proyek	2021-2024	2025-2029
Waktu Proyek	4	5
Produktivitas (m ³ /menit)	0,521	0,521
Waktu dalam proyek (menit)	1.752.000	2.190.000
Waktu Sekali Siklus (menit)	11,36	11,36
Maksimal jumlah Siklus 1 alat	154.188	192.735
Pengecoran 1 alat (m ³)	60.249	75.311
Volume Beton Keseluruhan (m ³)	14.496.564	53.050.862
Jumlah Alat	241 unit	704 unit

□ Perhitungan Truck Mixer

Data	Keterangan	Satuan
Nama Alat	Truck Mixer	
Kapasitas Alat	7	m ³
Efisiensi Alat	0,75	
Jarak Lokasi Pengambilan dengan lokasi pengecoran	30	km
Kecepatan Berangkat	20	km/jam
Kecepatan Balik	40	km/jam

□ Perhitungan jumlah Truck Mixer

Perhitungan	Pembangunan Tahap 1	Pembangunan Tahap 2
Waktu Pelaksanaan Kerja	2021-2024	2025-2029
Perhitungan Waktu		
Waktu Muat Beton ke Truk (menit)	5,41	5,41
waktu berangkat (menit)	90	90
waktu Balik (menit)	45	45
Waktu tunggu sebelum penuangan (menit)	4,37	4,37
waktu tuang (menit)	6,94	6,94
Waktu tunggu muat (menit)	3	3
Waktu Siklus (menit)	154,73	154,73
Perhitungan Produktivitas		
Kapasitas (m ³)	7	7
Efisiensi Alat	0,75	0,75
Produktivitas (m ³ /menit)	0,03	0,03
(m ³ /jam)	2,03	2,03
Jam Kerja Harian (jam/hari)	20	20
Produktivitas harian (m ³ /hari)	40,71	40,71
Kebutuhan Beton Cair (m ³)	14.496.564	53.050.862
Waktu yang dibutuhkan jika pengecoran dengan 1 alat (hari)	356.046	1.302.969
Jumlah Alat	244	714

❑ **Asumsi Waktu Pengoperasian Hidraulic Static Pile Driver**

Keterangan Waktu	Nilai	Saruan
Waktu Menyiapkan Tiang Pancang Oleh Crane		
Mengikat Tiang Pancang	40	detik
Mengangkat Tiang Pancang	30	detik
Memutar Lengan Crane	20	detik
Menurunkan Tiang Pancang	40	detik
Waktu Aktifitas Mesin Las	0	tanpa sambungan
Mengikat Kutup Negatif Pada Tiang Pancang	20	detik
Mengelas ikat dari 2 sisi sudut	60	detik
Pindah Posisi Pengelasan	10	detik
Mengelas Pada sisi yang lain	60	detik
Waktu Aktivitas mesin HSPD (HYDRAULIC STATIC PILE DRIVER)		
Menjepit tiang pancang dengan grip	30	detik
menekan tiang pancang	900	detik
Melonggarkan Jepitan grip	30	detik
menaikkan posisi grip	20	detik
Waktu Pemindahan Alat Ke titik Pemancangan Lain		
Menurunkan Kaki dalam dan menaikkan kaki luar	60	detik
menggerakkan maju kaki luar	60	detik
menurunkan kaki luar dan menaikkan kaki dalam	60	detik
menggerakkan maju kaki roda hidrolis	120	detik
Waktu Perpindahan alat dari 1 proyek ke proyek lain	1	hari
	24	jam
	1440	menit
	86400	detik

□ **Perhitungan Jumlah Hidraulic Static Pile Driver**

Perhitungan	Pembangunan Tahap 1	Pembangunan Tahap 2
Waktu Pelaksanaan Kerja	2021-2024	2025-2029
Ukuran Tiang Pancang		
Penampang (cm)	30*30	30*30
Panjang (cm)	800	800
Kedalaman Pemancangan (m)	24	24
Perhitungan Waktu Siklus (WS)		
Wsiap (detik)	130	130
Wtekan (detik)	980	980
S	Jumlah sambungan	
	2	
Wlas (detik)	150	150
Wpindah (detik)	300	300
Ws (detik)	1710	1710
WS (menit)	28,50	28,50
Perhitungan Produktivitas		
Waktu Kerja harian (jam/hari)	10	10
Faktor Koreksi	0,83	0,83
Produktivitas (titik/jam)	1,75	1,75
Produktivitas (titik/hari)	17,47	17,47
Waktu yang dibutuhkan jika 1 alat	280	1.868
Jumlah Alat	1	2

Lampiran 3 : Daftar Kapal Alternatif Sewa

☐ Spesifikasi Kapal General Cargo Alternatif

☐ Spesifikasi MV Dong Shun

Data			Satuan
Nama Kapal	=	MV Dong Shun	
Jenis Kapal	=	General Cargo	
Payload	=	5.346	ton
Harga Kapal	=	35.310.120.000	Rp
DWT	=	6.683	ton
GT	=	103,70	
LOA	=	103,70	m
B	=	17,20	m
H	=	8,50	m
T	=	6,61	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	13,00	Knot
VS ISI	=	12,00	Knot
Daya Mesin			
ME	=	2.000	Kw
AE	=	200	Kw
SFOC			
ME	=	194	gr/kw.H
AE	=	212	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	20	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	13	Tahun

☐ Spesifikasi MV Hai Phong 18

Data			Satuan
Nama Kapal	=	MV Hai Phong 18	
Jenis Kapal	=	General Cargo	
Payload	=	3.419	ton
Harga Kapal	=	26.482.590.000	Rp
DWT	=	4.274	ton
GT	=	2.551	
LOA	=	90,72	m
B	=	13,00	m
H	=	7,60	m
T	=	6,16	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	8,60	Knot
VS ISI	=	7,70	Knot
Daya Mesin			

ME	=	2.039	Kw
AE	=	250	Kw
SFOC			
ME	=	185	gr/kw.H
AE	=	229	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	19	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	11	Tahun

❑ Spesifikasi MV CC Del Gada

Data		Satuan	
Nama Kapal	=	CC DelGada	
Jenis Kapal	=	General Cargo	
Payload	=	6.910	ton
Harga Kapal	=	44.137.650.000	Rp
DWT	=	8.637	ton
GT	=	6.019	
LOA	=	128,60	m
B	=	18,40	m
H	=	8,80	m
T	=	6,50	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	13,00	Knot
VS ISI	=	12,00	Knot
Daya Mesin			
ME	=	2.970	Kw
AE	=	259	Kw
SFOC			
ME	=	190	gr/kw.H
AE	=	200	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	18	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	13	Tahun

❑ Spesifikasi MV Hanjani

Data		Satuan	
Nama Kapal	=	Hanjani	
Jenis Kapal	=	General Cargo	
Payload	=	9.142	ton
Harga Kapal	=	88.275.300.000	Rp
DWT	=	11.427	ton
GT	=	7.444	
LOA	=	110,70	m
B	=	19,20	m

H	=	9,21	m
T	=	5,00	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	6,90	Knot
VS ISI	=	6,10	Knot
Daya Mesin			
ME	=	3.900	Kw
AE	=	340	Kw
SFOC			
ME	=	177	gr/kw.H
AE	=	200	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	16	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	14	Tahun

□ **Spesifikasi America Borg**

Data			Satuan
Nama Kapal	=	Americaborg	
Jenis Kapal	=	General Cargo	
Payload	=	13.885	ton
Harga Kapal	=	161.838.050.000	Rp
DWT	=	17.356	ton
GT	=	11.864	
LOA	=	143,00	m
B	=	21,50	m
H	=	11,00	m
T	=	9,70	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	13,50	Knot
VS ISI	=	12,40	Knot
Daya Mesin			
ME	=	7.800	Kw
AE	=	500	Kw
SFOC			
ME	=	170	gr/kw.H
AE	=	200	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	20	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	13	Tahun

☐ Spesifikasi Kapal Tanker

☐ Spesifikasi MT Ya Long Wan

Data		Satuan
Nama Kapal	=	Ya Long Wan
Jenis Kapal	=	Tanker
Payload	=	4.810 Ton
Harga Kapal	=	56.643.317.500 Rp
DWT	=	6.012 ton
GT	=	5.530
LOA	=	107,00 m
B	=	18 m
H	=	7 m
T	=	6 m
Kecepatan		
Vs Kosong	=	12 Knot
VS ISI	=	11 Knot
Daya Mesin		
ME	=	3.552 Kw
AE	=	400 Kw
SFOC		
ME	=	190 gr/kw.H
AE	=	200 gr/kw.H
Jumlah Crew	=	18 Orang
Umur Ekonomis	=	20 Tahun
Umur Kapal	=	13 Tahun

☐ Spesifikasi MT Mo Satu

Data		Satuan
Nama Kapal	=	Mo Satu
Jenis Kapal	=	Tanker
Payload	=	6.040 Ton
Harga Kapal	=	58.850.200.000 Rp
DWT	=	7.550 ton
GT	=	4.599
LOA	=	115 m
B	=	18 m
H	=	9 m
T	=	7 m
Kecepatan		
Vs Kosong	=	7 Knot
VS ISI	=	6 Knot
Daya Mesin		
ME	=	2.206 Kw

AE	=	250	Kw
SFOC			
ME	=	190	gr/kw.H
AE	=	200	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	18	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	12	Tahun

❑ Spesifikasi MT Leadership

Data			Satuan
Nama Kapal	=	Leadership	
Jenis Kapal	=	Tanker	
Payload	=	7.464	Ton
Harga Kapal	=	73.562.750.000	Rp
DWT	=	9.330,00	ton
GT	=	5.113,00	
LOA	=	107,10	m
B	=	18,60	m
H	=	10,00	m
T	=	7,91	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	8,40	Knot
VS ISI	=	7,50	Knot
Daya Mesin			
ME	=	2.646	Kw
AE	=	256	Kw
SFOC			
ME	=	190,00	gr/kw.H
AE	=	200,00	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	18	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	15	Tahun

❑ Spesifikasi MT Sinosea Cherry

Data			Satuan
Nama Kapal	=	MT Sinosea Cherry	
Jenis Kapal	=	Tanker	
Payload	=	8.756	Ton
Harga Kapal	=	80.919.025.000	Rp
DWT	=	10.945,00	ton
GT	=	7.030,00	
LOA	=	132,00	m
B	=	19,83	m
H	=	10,00	m

T	=	7,58	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	10,80	Knot
VS ISI	=	7,80	Knot
Daya Mesin			
ME	=	2.813	Kw
AE	=	293	Kw
SFOC			
ME	=	185,00	gr/kw.H
AE	=	206,60	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	20	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	12	Tahun

□ Spesifikasi MT Makhambet

Data			Satuan
Nama Kapal	=	MT Makhambet	
Jenis Kapal	=	Tanker	
Payload	=	9.892	Ton
Harga Kapal	=	100.045.340.000	Rp
DWT	=	12.365,00	ton
GT	=	7.224,00	
LOA	=	149,35	m
B	=	17,33	m
H	=	10,10	m
T	=	7,00	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	9,70	Knot
VS ISI	=	8,50	Knot
Daya Mesin			
ME	=	3.372	Kw
AE	=	350	Kw
SFOC			
ME	=	179,00	gr/kw.H
AE	=	211,70	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	20	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	13	Tahun

☐ Spesifikasi Kapal LCT

☐ SMS Langguh

Data			Satuan
Nama Kapal	=	SMS Tangguh	
Jenis Kapal	=	Landing Craft Tank	
Payload	=	1.063	m2
Harga Kapal	=	14.712.550.000	Rp
DWT	=	1.329,00	ton
GT	=	785,00	
LOA	=	56,00	m
B	=	12,00	m
H	=	4,10	m
T	=	3,20	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	8,60	Knot
VS ISI	=	8,20	Knot
Daya Mesin			
ME	=	768	Kw
AE	=	90	Kw
SFOC			
ME	=	195,00	Liter/day
AE	=	215,00	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	19	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	13	Tahun

☐ Petro Maju

Data			Satuan
Nama Kapal	=	Petro Maju	
Jenis Kapal	=	Landing Craft Tank	
Payload	=	480	m2
Harga Kapal	=	7.724.088.750	Rp
DWT	=	600,00	ton
GT	=	485,00	
LOA	=	48,77	m
B	=	11,58	m
H	=	3,40	m
T	=	2,40	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	6,00	Knot
VS ISI	=	5,00	Knot
Daya Mesin			
ME	=	588	Kw
AE	=	88	Kw

SFOC			
ME	=	190,00	Liter/day
AE	=	200,00	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	19	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	13	Tahun

□ Adinda Diza

Data			Satuan
Nama Kapal	=	Adinda Diza	
Jenis Kapal	=	Landing Craft Tank	
Payload	=	1.873	m2
Harga Kapal	=	25.011.335.000	Rp
DWT	=	2.341,00	ton
GT	=	1.668,00	
LOA	=	78,10	m
B	=	16,00	m
H	=	4,80	m
T	=	3,50	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	7,40	Knot
VS ISI	=	6,90	Knot
Daya Mesin			
ME	=	1.472	Kw
AE	=	164	Kw
SFOC			
ME	=	190,00	liter/day
AE	=	200,00	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	19	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	14	Tahun

□ LCT-2

Data			Satuan
Nama Kapal	=	LCT-2	
Jenis Kapal	=	Landing Craft Tank	
Payload	=	2.600	m2
Harga Kapal	=	30.896.355.000	Rp
DWT	=	3.250,00	ton
GT	=	1.924,00	
LOA	=	82,60	m
B	=	17,60	m
H	=	4,80	m
T	=	3,60	m

Kecepatan			
Vs Kosong	=	9,00	Knot
VS ISI	=	8,00	Knot
Daya Mesin			
ME	=	1.470	Kw
AE	=	90	Kw
SFOC			
ME	=	202,00	lier/day
AE	=	200,00	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	19	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	6	Tahun

□ LCT-1

Data			Satuan
Nama Kapal	=	LCT-1	
Jenis Kapal	=	Landing Craft Tank	
Payload	=	3.200	m2
Harga Kapal	=	38.445.967.620	Rp
DWT	=	4.000,00	ton
GT	=	1.885,00	
LOA	=	82,70	m
B	=	18,00	m
H	=	4,50	m
T	=	3,35	m
Kecepatan			
Vs Kosong	=	9,00	Knot
VS ISI	=	8,00	Knot
Daya Mesin			
ME	=	1.283	Kw
AE	=	75	Kw
SFOC			
ME	=	190,00	Liter/day
AE	=	200,00	gr/kw.H
Jumlah Crew	=	19	Orang
Umur Ekonomis	=	20	Tahun
Umur Kapal	=	3	Tahun

Lampiran 4 : Skenario 1

❑ Perhitungan Charter Rate

1. Kapal GC - MV Dong Shun - Rute 2

Time Charte Hire

Capital Cost	35.310.120.000
--------------	----------------

Tahun Ke-		14	15	16	17	18	19	20
Kenaikan Biaya		5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Asuransi	Rp / 9 Tahun	23.969.699.098	25.168.184.052	26.426.593.255	27.747.922.918	29.135.319.064	30.592.085.017	32.121.689.268
Gaji Crew	Rp / 9 Tahun	26.474.513.958	27.798.239.656	29.188.151.639	30.647.559.221	32.179.937.182	33.788.934.041	35.478.380.743
Persediaan dan Perbekalan	Rp / 9 Tahun	12.880.869.291	13.524.912.756	14.201.158.394	14.911.216.313	15.656.777.129	16.439.615.985	17.261.596.785
Minyak Pelumas	Rp / 9 Tahun	1.041.327.383	1.093.393.753	1.148.063.440	1.205.466.612	1.265.739.943	1.329.026.940	1.395.478.287
Perbaikan dan perawatan	Rp / 9 Tahun	5.992.424.774	6.292.046.013	6.606.648.314	6.936.980.729	7.283.829.766	7.648.021.254	8.030.422.317
Biaya Umum	Rp / 9 Tahun	3.703.096.553	3.888.251.381	4.082.663.950	4.286.797.147	4.501.137.004	4.726.193.855	4.962.503.547
Total	Rp / 9 Tahun	74.061.931.058	77.765.027.611	81.653.278.991	85.735.942.941	90.022.740.088	94.523.877.092	99.250.070.947
Unur Sisa (1)		1	1	1	1	1	1	1
Pv		16.134.179.638	15.193.622.081	14.307.895.233	13.473.802.686	12.688.334.368	11.948.655.683	11.252.097.280
Sum PV (CC+OC)	130.308.706.970							
WACC	11,50%							
Nilai Anuitas (A)	Rp16.901.662.679							
Margin Profit	20%							
Time Charter (Rp/9 Tahun)	20.281.995.215							

Biaya Bahan Bakar

ME	liter/trip	27.987
	liter/ 9 tahun	11.894.470
AE	liter/trip	6.148
	liter/ 9 tahun	2.613.083
Biaya BBM		
ME	Rp/ 9 tahun	124.297.206.811
AE	Rp/ 9 tahun	19.728.779.868
Total Biaya BBM	Rp/ 9 tahun	144.025.986.679

Biaya Pelabuhan

Biaya Pelabuhan		
POL (Pelabuhan PT. Semen Gresik)	Rp/trip	1.219.721
Layanan Kapal		
labuh	Rp/call	6.015
sandar	Rp/call	42.310
pandu	Rp/call	664.648
tunda	Rp/call	506.750
POD (TUKS PT.DKI)	Rp/trip	699.072
Layanan Kapal		
labuh	Rp/call	8.192
sandar	Rp/call	42.310
pandu	Rp/call	144.422
tunda	Rp/call	504.148
total biaya pelabuhan	Rp/trip	1.918.793
	Rp/ 9 tahun	815.487.153

Biaya Pelayanan Muatan

Stevedoring+Cargodoring	Rp/ton	27.373
Biaya CHC	Rp/trip	146.347.007
	Rp/ 9 tahun	62.197.478.060

Voyage Charter Hire

TCH	Rp / 9 Tahun	20.281.995.215
Biaya Bahan Bakar	Rp / 9 Tahun	144.025.986.679
Biaya Pelabuhan	Rp / 9 Tahun	815.487.153
Biaya Layanan Barang	Rp / 9 Tahun	62.197.478.060
Total Biaya	Rp / 9 tahun	227.320.947.106
	Rp / bulan	4.735.853.065
	Rp / ton	200.087
Margin Keuntungan	%	20%
VCH Rute 2	Rp / ton	240.105

2. Kapal GC – MV Hai Phong 18 - Rute 4

Time Charter Hire

Capital Cost	26.482.590.000
--------------	----------------

Operational Cost							
Tahun Ke-		12	13	14	15	16	17
Kenaikan Biaya		5%	5%	5%	5%	5%	5%
Asuransi	Rp / 9 Tahun	16.305.917.753	17.121.213.641	17.977.274.323	18.876.138.039	19.819.944.941	20.810.942.188
Gaji Crew	Rp / 9 Tahun	22.812.506.359	23.953.131.676	25.150.788.260	26.408.327.673	27.728.744.057	29.115.181.260
Persediaan dan Perbekalan	Rp / 9 Tahun	11.099.161.748	11.654.119.835	12.236.825.827	12.848.667.118	13.491.100.474	14.165.655.498
Minyak Pelumas	Rp / 9 Tahun	1.452.907.786	1.525.553.175	1.601.830.834	1.681.922.375	1.766.018.494	1.854.319.419
Perbaikan dan perawatan	Rp / 9 Tahun	4.076.479.438	4.280.303.410	4.494.318.581	4.719.034.510	4.954.986.235	5.202.735.547
Biaya Umum	Rp / 9 Tahun	2.934.051.215	3.080.753.776	3.234.791.464	3.396.531.038	3.566.357.590	3.744.675.469
Total	Rp / 9 Tahun	58.681.024.298	61.615.075.513	64.695.829.289	67.930.620.753	71.327.151.791	74.893.509.381
Umur Kapal		1	1	1	1	1	1
Present Value		15.892.758.255	14.966.274.590	14.093.801.184	13.272.189.456	12.498.474.375	11.769.863.761

	18	19	20
	5%	5%	5%
	21.851.489.298	22.944.063.763	24.091.266.951
	30.570.940.323	32.099.487.339	33.704.461.706
	14.873.938.272	15.617.635.186	16.398.516.945
	1.947.035.390	2.044.387.159	2.146.606.517
	5.462.872.324	5.736.015.941	6.022.816.738
	3.931.909.242	4.128.504.705	4.334.929.940
	78.638.184.850	82.570.094.092	86.698.598.797
	1	1	1
	11.083.728.206	10.437.591.584	9.829.122.119

Sum PV (CC+OC)	140.326.393.530
WACC	11,50%
Nilai Anuitas (A)	Rp18.201.004.550
margin	20%
Time Charter	21.841.205.459

Biaya Bahan Bakar

Kebutuhan BBM		
ME	liter/trip	41.792
	liter/ 9 tahun	17.761.733
AE	liter/trip	9.289
	liter/ 9 tahun	3.948.016
Biaya BBM		
ME	Rp/ 9 tahun	185.610.104.651
AE	Rp/ 9 tahun	29.807.519.518
Total Biaya BBM	Rp/ 9 tahun	215.417.624.169

Biaya Pelabuhan

POL (Pelabuhan PT. Semen Gresik)	Rp/trip	2.514.343
Layanan Kapal		
labuh	Rp/call	147.958
sandar	Rp/call	1.040.808
pandu	Rp/call	799.249
tunda	Rp/call	526.328
POD (TUKS PT. DKI)	Rp/trip	2.069.560
Layanan Kapal		
labuh	Rp/call	201.529
sandar	Rp/call	1.040.808
pandu	Rp/call	225.183
tunda	Rp/call	602.040
total biaya pelabuhan	Rp/trip	4.583.903
	Rp/ 9 tahun	1.948.158.775

Biaya Pelayanan Muatan

Stevedoring+Cargodoring	Rp/ton	27.373
Biaya CHC	Rp/trip	93.593.762
	Rp/ 9 tahun	39.777.348.680

Voyage Charter Hire

TCH	Rp / 9 Tahun	21.841.205.459
Biaya Bahan Bakar	Rp / 9 Tahun	215.417.624.169
Biaya Pelabuhan	Rp / 9 Tahun	1.948.158.775
Biaya Layanan Barang	Rp / 9 Tahun	39.777.348.680
Total Biaya	Rp / 9 tahun	278.984.337.083
	Rp / ton	383.969
margin	%	20%
VCH Rute 2	Rp / ton	460.763

3. Kapal GC – MV CC Delgada - Rute 2

Time Charter Hire

Capital Cost	44.137.650.000
--------------	----------------

Tahun Ke-		14	15	16	17	18	19	20
Kenaikan Biaya		5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Asuransi	Rp / 9Tahun	29.962.123.872	31.460.230.066	33.033.241.569	34.684.903.647	36.419.148.830	38.240.106.271	40.152.111.585
Gaji Crew	Rp / 9 Tahun	23.827.062.562	25.018.415.691	26.269.336.475	27.582.803.299	28.961.943.464	30.410.040.637	31.930.542.669
Persediaan dan Perbekalan	Rp / 9 Tahun	11.592.782.362	12.172.421.480	12.781.042.554	13.420.094.682	14.091.099.416	14.795.654.387	15.535.437.106
Minyak Pelumas	Rp / 9 Tahun	1.540.034.696	1.617.036.431	1.697.888.252	1.782.782.665	1.871.921.798	1.965.517.888	2.063.793.782
maintenance	Rp / 9 Tahun	7.490.530.968	7.865.057.516	8.258.310.392	8.671.225.912	9.104.787.207	9.560.026.568	10.038.027.896
Biaya Umum	Rp / 9 Tahun	3.916.449.182	4.112.271.641	4.317.885.223	4.533.779.484	4.760.468.459	4.998.491.882	5.248.416.476
Total	Rp / 9 Tahun	78.328.983.643	82.245.432.825	86.357.704.466	90.675.589.689	95.209.369.174	99.969.837.632	104.968.329.514
Umur Kapal		1	1	1	1	1	1	1
Pv	44.137.650.000	17.063.744.827	16.068.997.371	15.132.239.677	14.250.091.175	13.419.368.371	12.637.073.354	11.900.382.979

Sum PV		144.609.547.756
WACC		11,50%
Nilai Anuitas (A)		Rp18.756.550.143
margin		20%
Time Charter	Rp/ 9 Tahun	22.507.860.171
	Rp/bln	468.913.754
	Rp/hari	15.416.343

Biaya Bahan Bakar

Kebutuhan BBM		
ME	liter/trip	40.704
	liter/ 9 tahun	17.299.096
AE	liter/trip	8.399
	liter/ 9 tahun	3.569.446
Biaya BBM		
ME	Rp/ 9 tahun	180.775.551.040
AE	Rp/ 9 tahun	26.949.319.420
Total Biaya BBM	Rp/ 9 tahun	207.724.870.460

Biaya Pelabuhan

POL	Rp/trip	Rp	4.348.915
Layanan Kapal			
labuh	Rp/call	Rp	349.102
sandar	Rp/call	Rp	2.455.752
pandu	Rp/call	Rp	989.989
tunda	Rp/call	Rp	554.072
POD	Rp/trip	Rp	4.011.640
Layanan Kapal			
labuh	Rp/call	Rp	475.501
sandar	Rp/call	Rp	2.455.752
pandu	Rp/call	Rp	339.627
tunda	Rp/call	Rp	740.760

Biaya Pelayanan Muatan

Stevedoring+Cargodoring	Rp/ton	27.373
Biaya CHC	Rp/trip	189.136.481
	Rp/ 9 tahun	80.383.004.340

Voyage Charter Hire

TCH	Rp / 9 Tahun	22.507.860.171
Biaya Bahan Bakar	Rp / 9 Tahun	207.724.870.460
Biaya Pelabuhan	Rp / 9 Tahun	3.553.235.875
Biaya Layanan Barang	Rp / 9 Tahun	80.383.004.340
Total Biaya	Rp/ 9 tahun	314.168.970.846
	Rp/bulan	6.545.186.893
	Rp/ton	213.969
margin	%	20%
VCH Rute 2	Rp/ton	256.763

Lampiran 5 : Unit Cost Skenario 2

1. Unit Cos – General Cargo – Rute 2

- Biaya Modal

Capital Cost		
Berat baja	6654,75	ton
Harga baja	10.000.000	Rp/ton
Biaya baja	66.547.462.190	Rupiah
Biaya baja	40%	harga kapal
Harga kapal	166.368.655.474	Rupiah
Margin	10%	
Harga kapal akhir	183.005.521.022	Rupiah
Umur ekonomis kapal	20	Tahun
Rate	11,5%	
Capital cost	194.209.294.567	Rp / 9 tahun

- Biaya Operasional

Operating Cost		
Kru		
Rata-rata gaji kru	6.000.000	Rp/bulan
Faktor gaji	13	kali/tahun
Jumlah kru	21	orang
Total gaji	14.742.000.000	Rp/ 9 tahun
LO		
Konsumsi Minyak Pelumas	0,069370517	ton/RT
Total Konsumsi LO	23	ton/ 9 tahun
Harga LO	50.000	Rp/liter
Total Biaya LO	1.271.792.819	Rp/ 9 tahun
Persediaan dan Perbekalan		
Persediaan & perbekalan	100.000	Rp/orang.hari
Hari Kerja	2970	hari
Air tawar	200	liter/org.hari
Harga air tawar	75.000	Rp/ton
Biaya air tawar	935.550.000	Rp/ 9 tahun
Total Biaya S&C	7.172.550.000	Rp/ 9 tahun
Perawatan Perbaikan dan lain-lain		
Biaya maintenance	1%	harga kapal
	14.973.178.993	Rp/ 9 tahun
Asuransi		
Biaya asuransi	4%	harga kapal
	59.892.715.971	Rp/ 9 tahun
Biaya umum		
Biaya umum	5%	OC
	5.160.644.094	Rp/ 9 tahun
Total OC	103.212.881.876	Rp/ 9 tahun

- Biaya Bahan Bakar

Voyage Cost		
Jarak	450	Nm
Frekuensi	330	kali
GT	15.518,5	

Konsumsi BBM	327.678.576	Rp/RT
Harga BBM		Rp/liter
Biaya BBM		Rp/RT
	108.133.930.049	Rp/ 9 tahun

- **Biaya Pelabuhan**

Tarif POD (TUKS PT. DKI)		
Labuh	79	Rp/GT Call
Sandar	68	Rp/GT/Etmal
Pandu		
Tarif tetap	70.500	Rp/Gerakan
Tarif Variable	33	Rp/GT/Gerakan
Tunda		
Tarif tetap	500.000	Rp/Jam
Tarif Variable	40	Rp/GT/Jam
Buka Tutup Palkah	443.000	Rp/Unit

Tarif POL (Pelabuhan PT. Semen Gresik)		
Labuh	58	Rp/GT Call
Sandar	68	Rp/GT/Etmal
Pandu		
Tarif tetap	329.472	Rp/Gerakan
Tarif Variable	55	Rp/GT/Gerakan
Tunda		
Tarif tetap	505.920	Rp/Jam
Tarif Variable	8	Rp/GT/Jam
Buka Tutup Palkah	443.000	Rp/Unit

Biaya POD		
Labuh	1.225.961	Rp/RT
Sandar	6.331.545	Rp/RT
Pandu		
Tarif tetap	211.500	Rp/RT
Gerakan	3	
Tarif Variable	1.536.331	Rp/RT
Tunda		
Lama tunda	1	jam
Tarif tetap	500.000	Rp/RT
Tarif Variable	620.740	
Jumlah palkah	3	
Buka Tutup Palkah	1.329.000	Rp/RT
Total	11.755.076	Rp/RT

Biaya POL		
Labuh	900.073	Rp/RT
Sandar	6.331.545	Rp/RT
Pandu		
Tarif tetap	988.416	Rp/RT
Gerakan	3	
Tarif Variable	2.560.551	Rp/RT
Tunda		
Lama tunda	1	jam
Tarif tetap	505.920	Rp/RT
Tarif Variable	124.148	
Jumlah palkah	3	
Buka Tutup Palkah	1.329.000	Rp/RT
Total	12.739.652	Rp/RT

- **Biaya Pelayanan Muatan**

-

Cargo Handling Cost		
Setevedoring+Cargodoring	28.640	Rp/ton
Biaya CHC	291.864.021	Rp/RT
Total CHC	96.315.126.834	Rp/ 9 Tahun

- **Biaya Total**

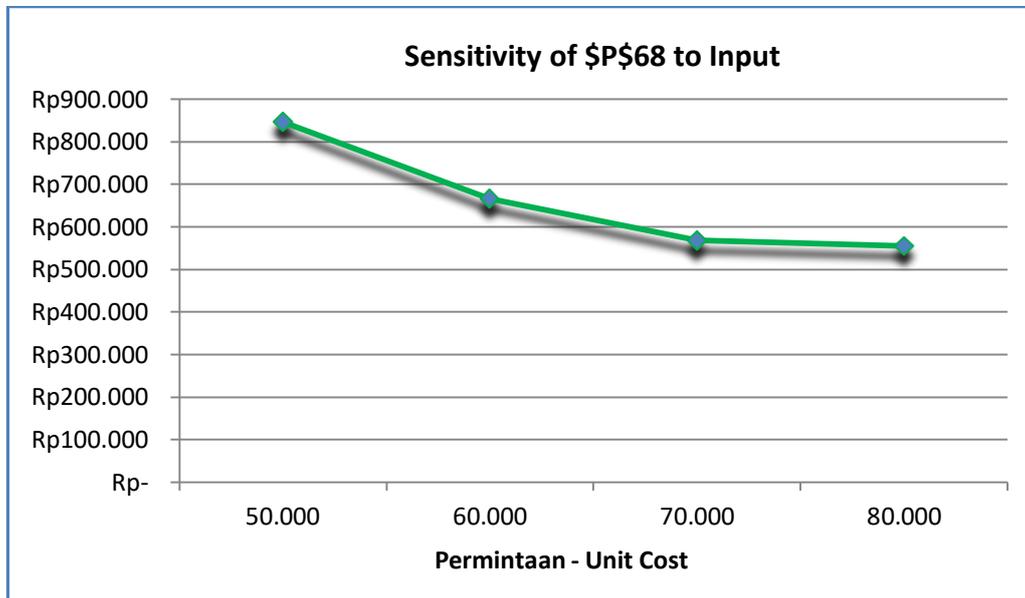
Biaya Kapal		
CC	194.209.294.567	Rp/ kapal. 4 tahun
VC	108.133.930.049	Rp/ kapal. 4 tahun
PC	8.083.260.384	Rp/ kapal. 4 tahun
OC	103.212.881.876	Rp/ kapal. 4 tahun
CHC	96.315.126.834	Rp/ kapal. 4 tahun
Total cost	4.589.590.443.390	Rp/9 unit. 9 tahun
Unit cost	151.639	Rp/ton
Biaya penalti		
Sisa angkut	2	ton
Biaya penalti/unit	151.639	Rp/unit

Total biaya penalti	372.328	Rp/tahun
Biaya total	4.589.590.815.718	Rp/tahun
Biaya per unit	151.639	Rp/ton

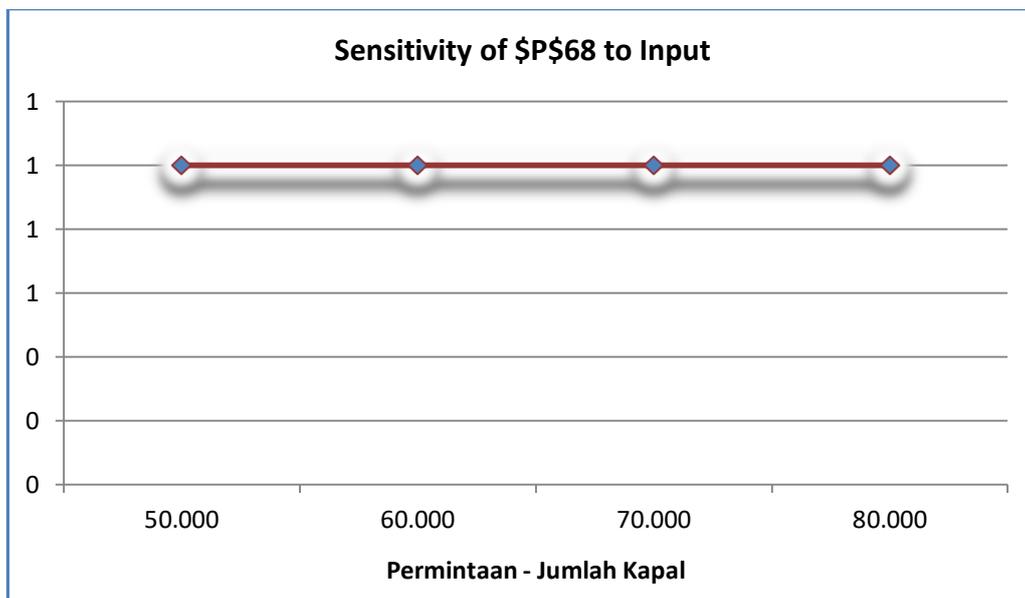
Lampiran 6 : Sensitivitas

A. Sensitivitas Kapal rute 1

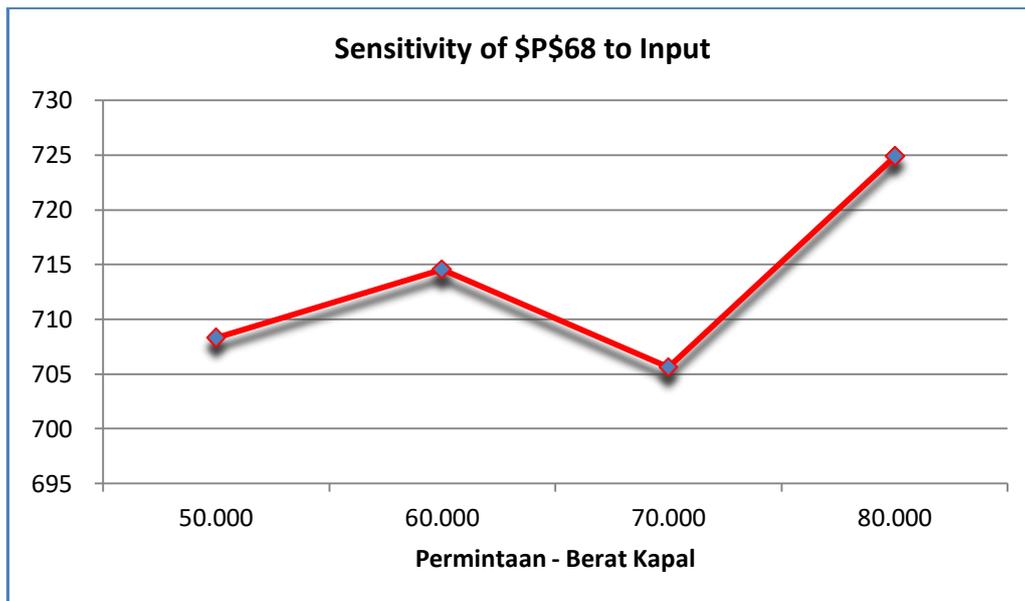
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Unit Cost



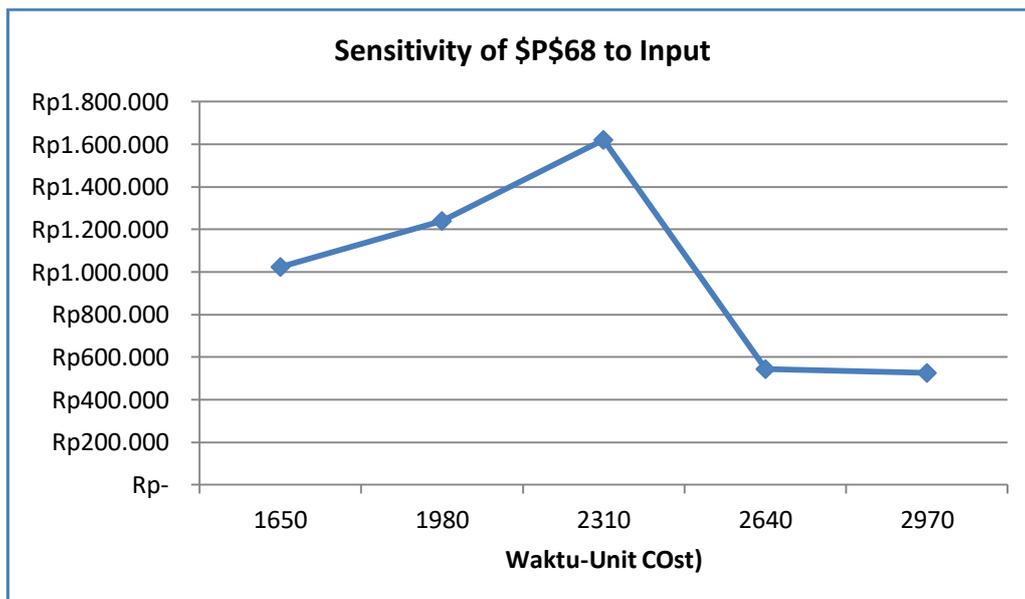
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Jumlah Kapal



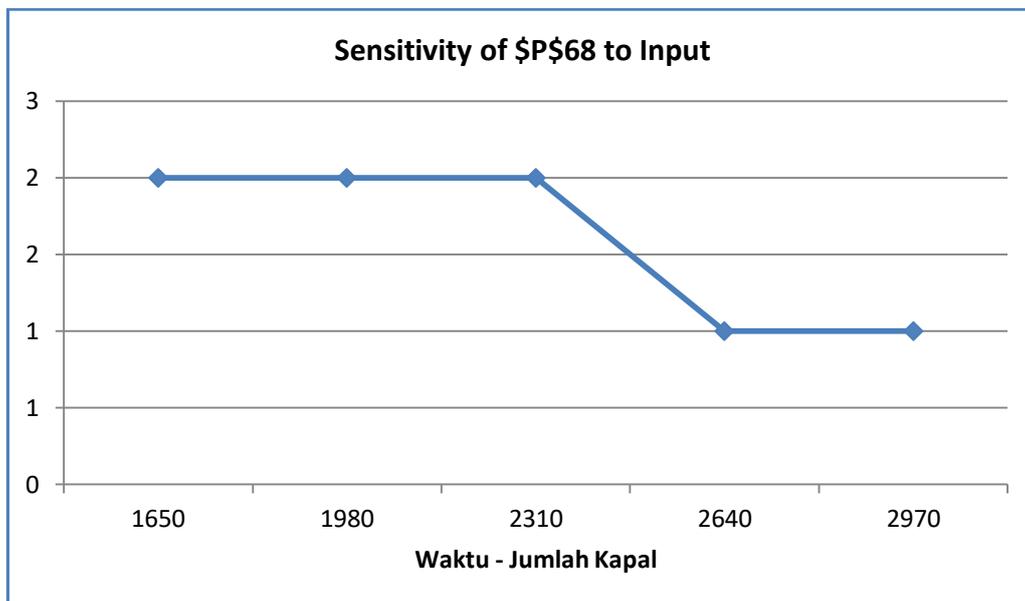
- Sensitivitas Permintaan Terhadap DWT Kapal



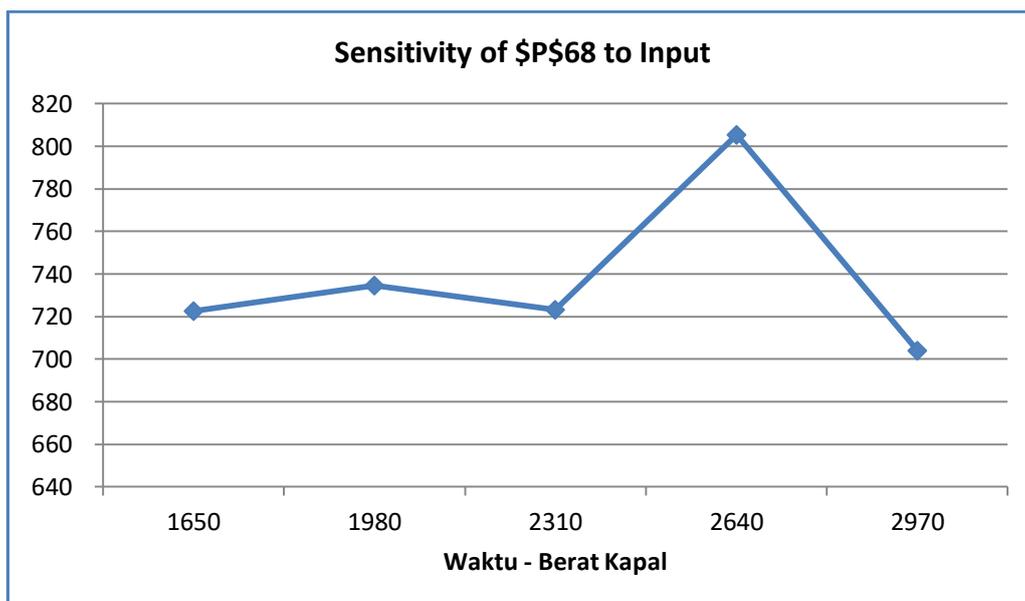
- Sensitivitas waktu terhadap Unit Cost



- Sensitivitas Waktu Terhadap Jumlah Kapal

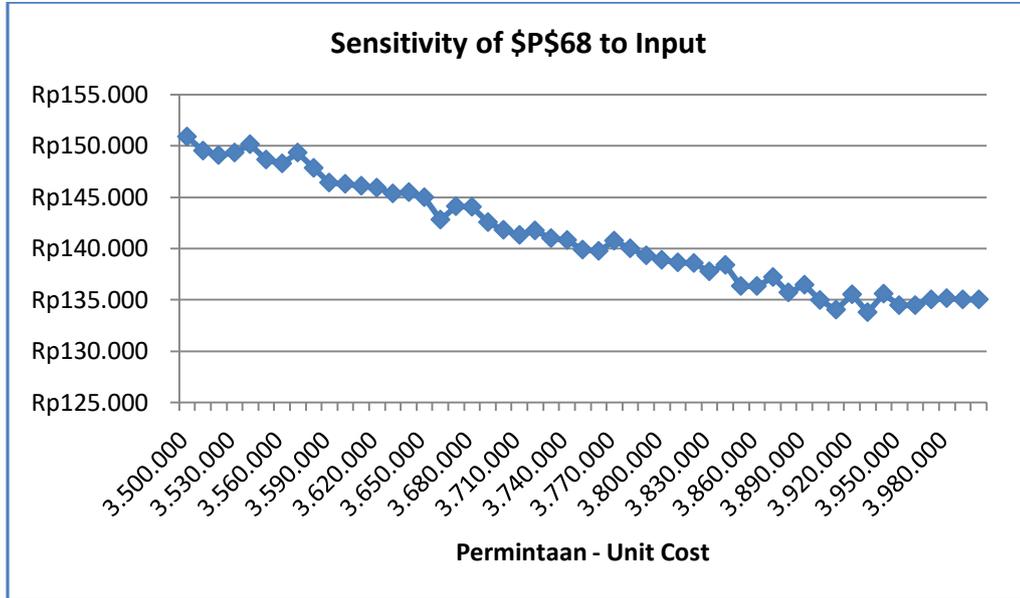


- Sensitivitas Waktu Terhadap DWT Kapal

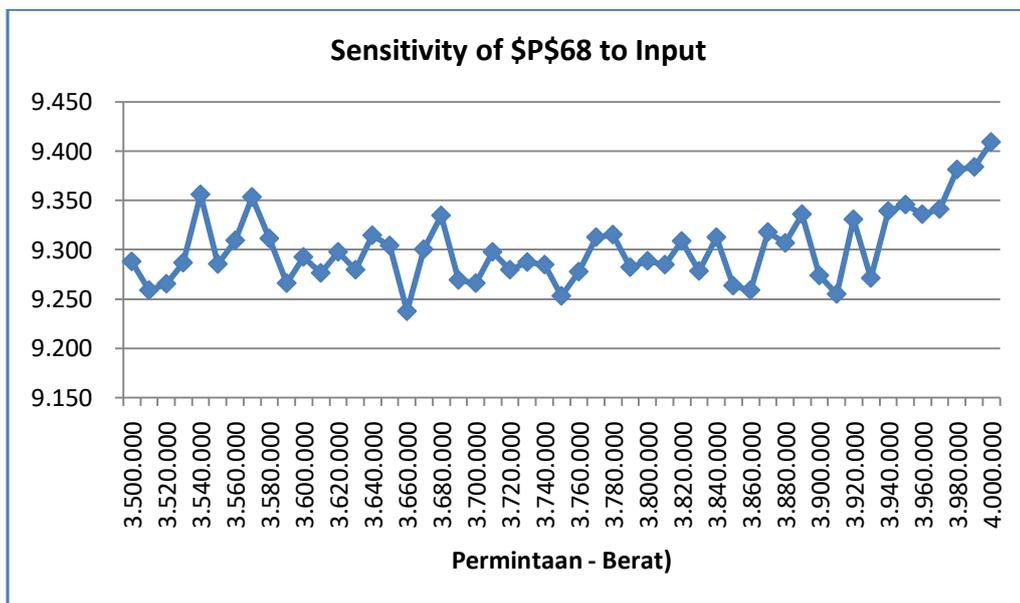


B. Sensitivitas Kapal rute 3

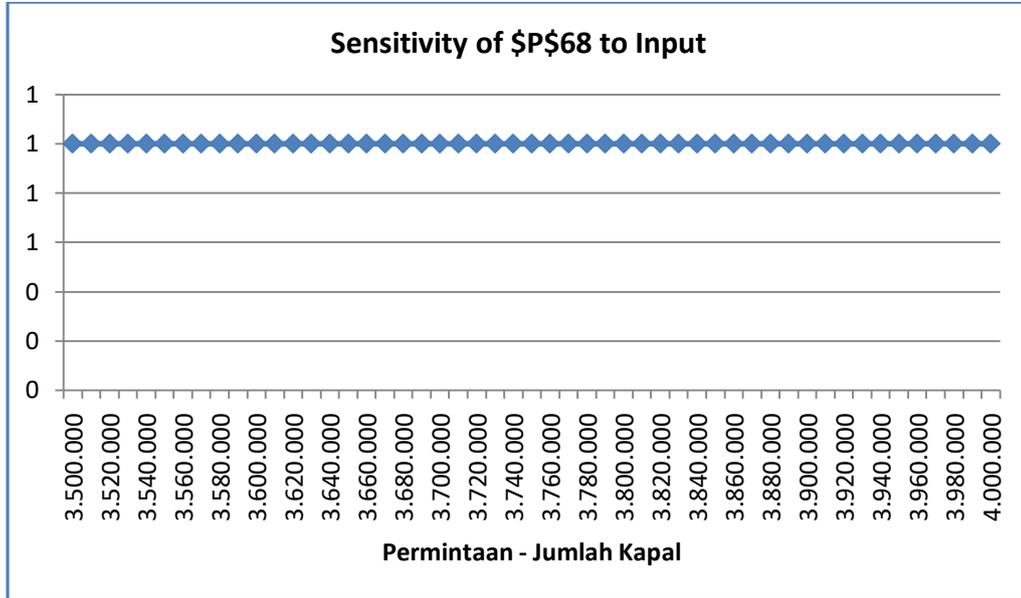
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Unit Cost



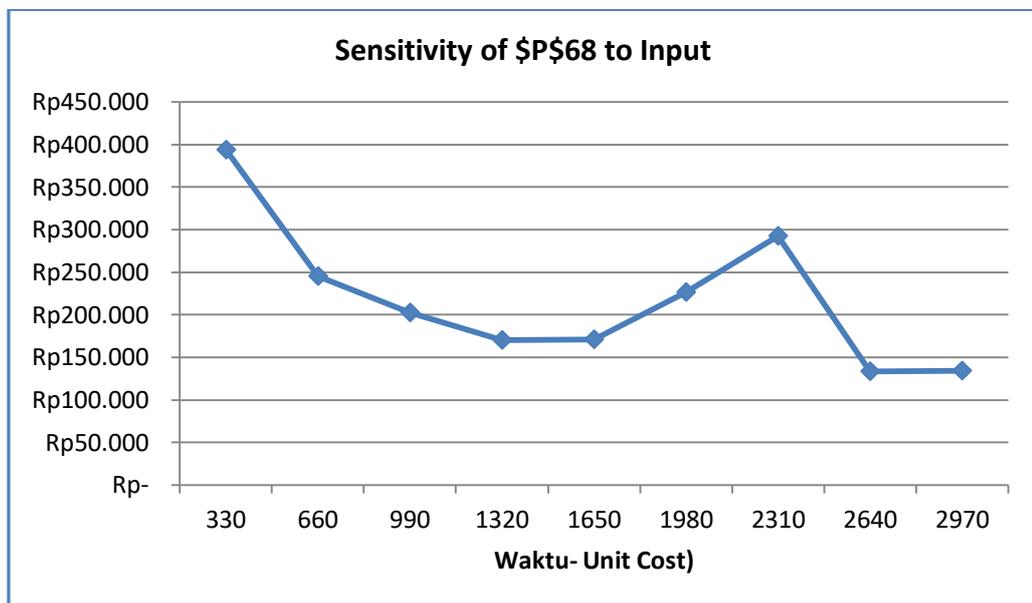
- Sensitivitas Permintaan Terhadap DWT Kapal



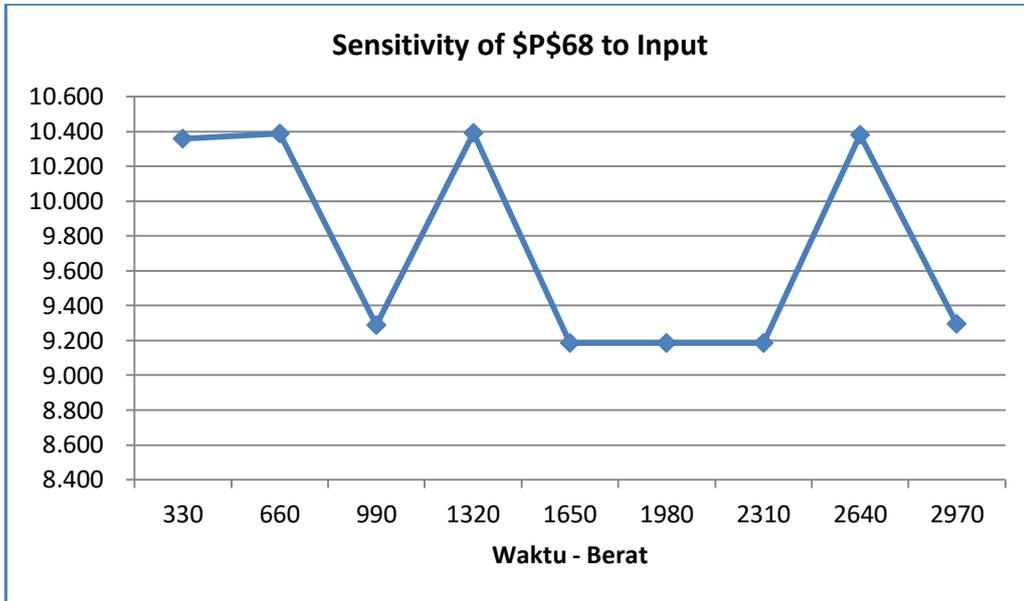
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Jumlah Kapal



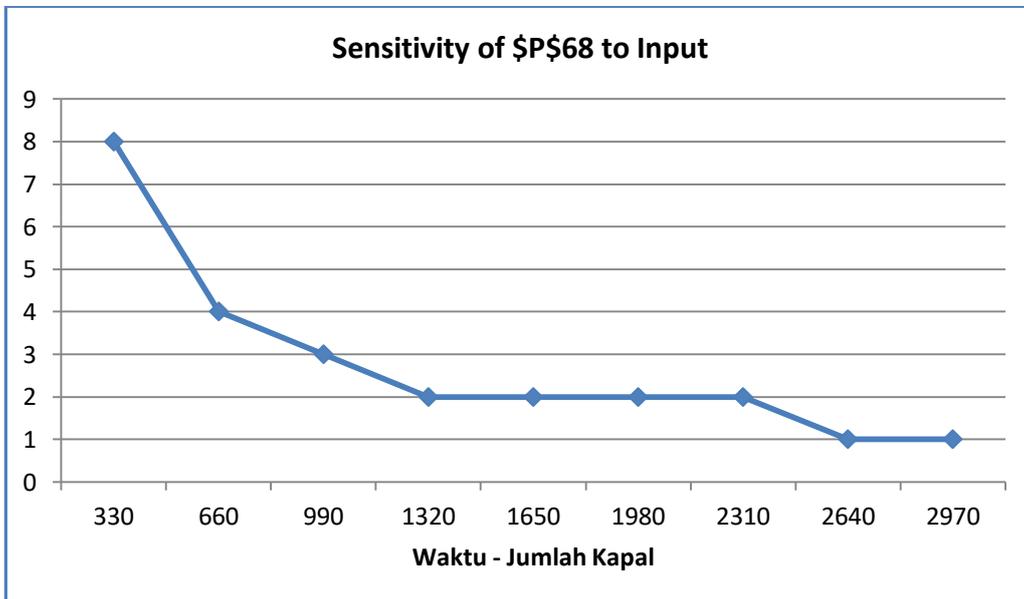
- Sensitivitas Waktu Terhadap Unit Cost



- Sensitivitas Waktu Terhadap DWT Kapal

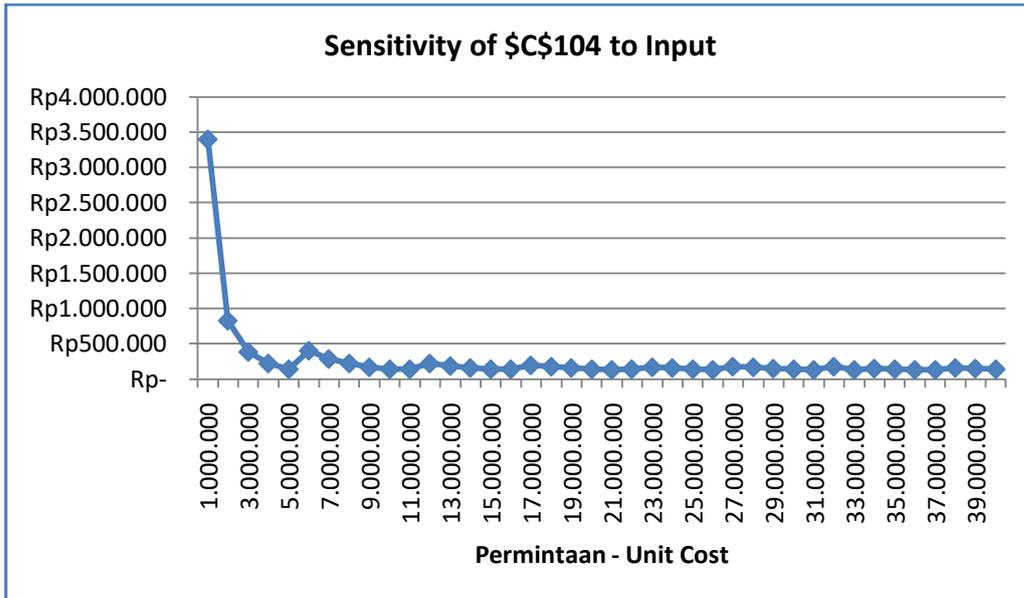


- Sensitivitas Waktu Terhadap Jumlah Kapal

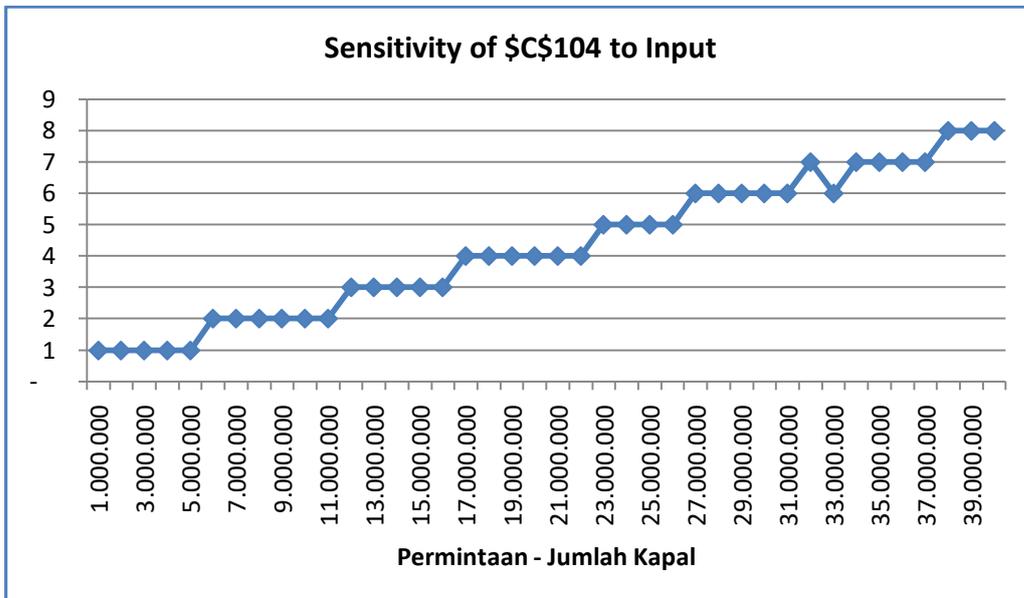


D. Sensitivitas Kapal rute 4

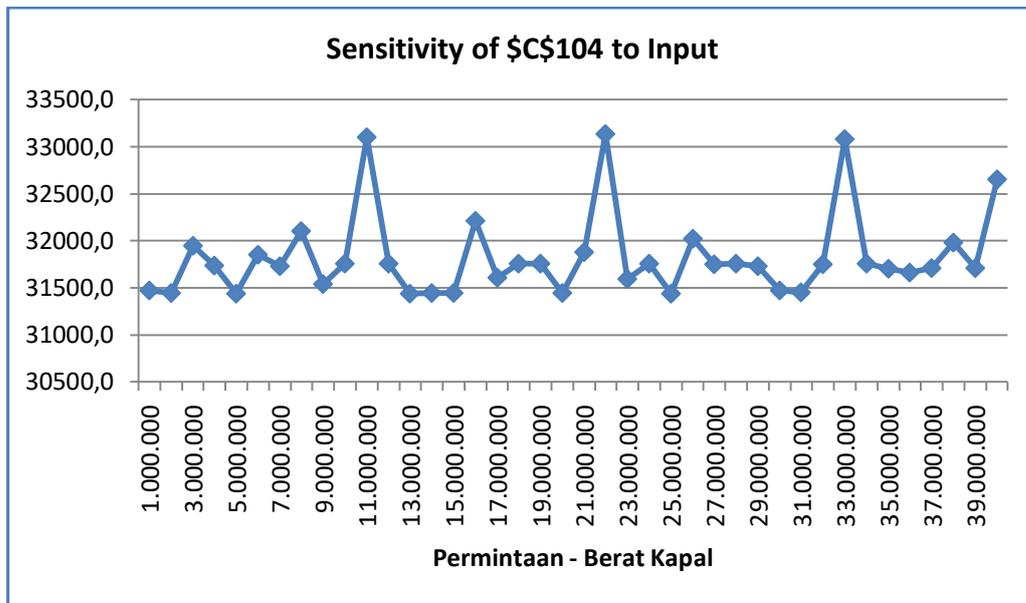
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Unit Cost



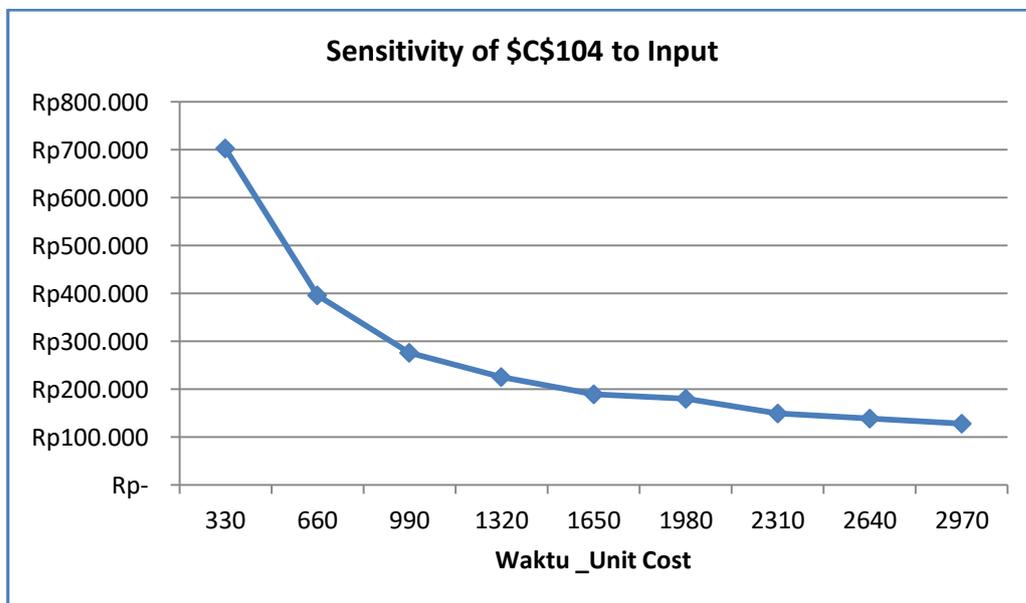
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Jumlah Kapal



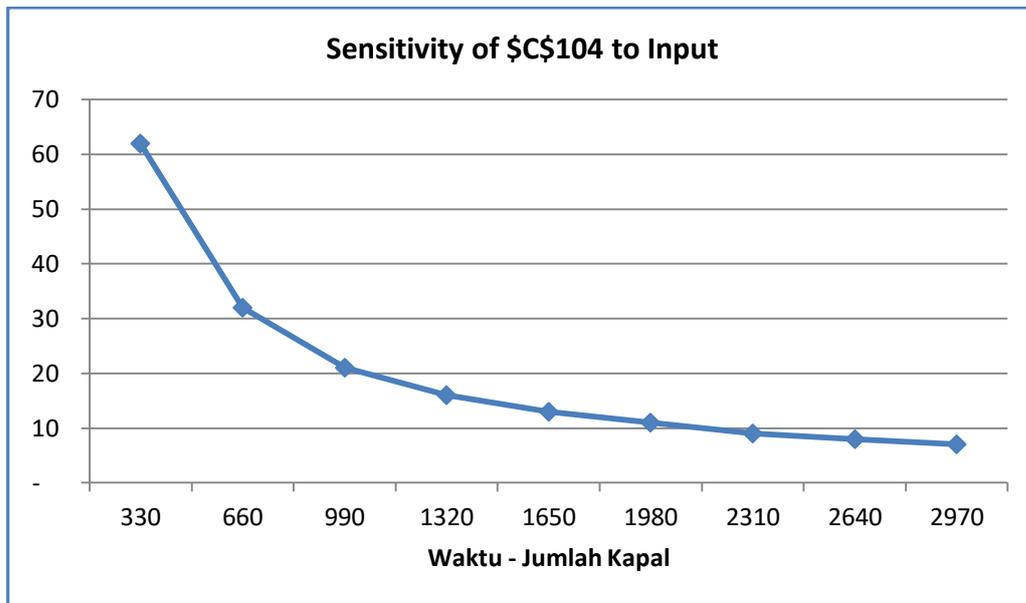
- Sensitivitas Permintaan Terhadap DWT Kapal



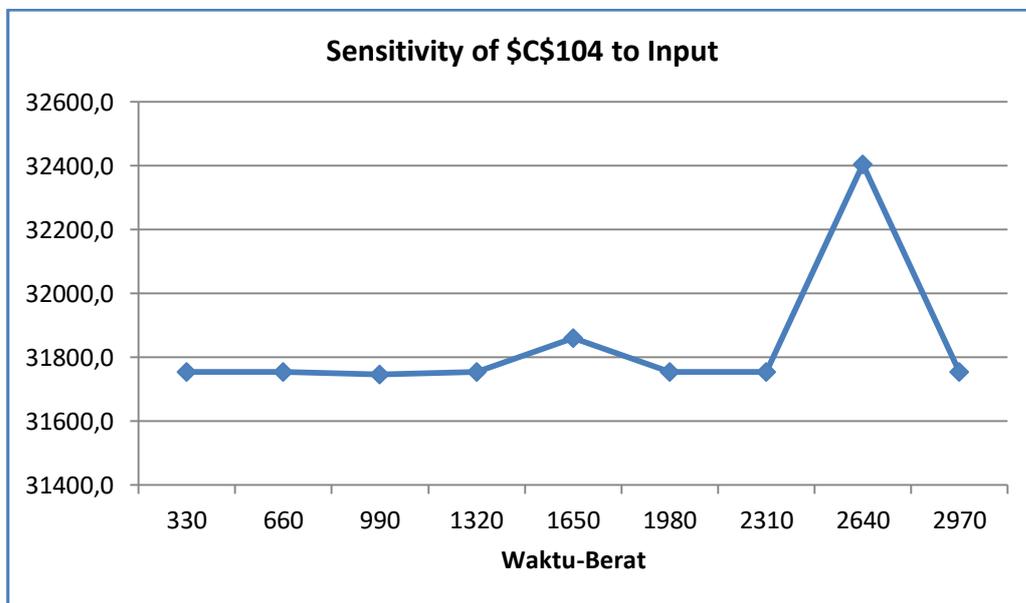
- Sensitivitas Waktu Terhadap Unit Cost



- Sensitivitas Waktu Terhadap Jumlah Kapal

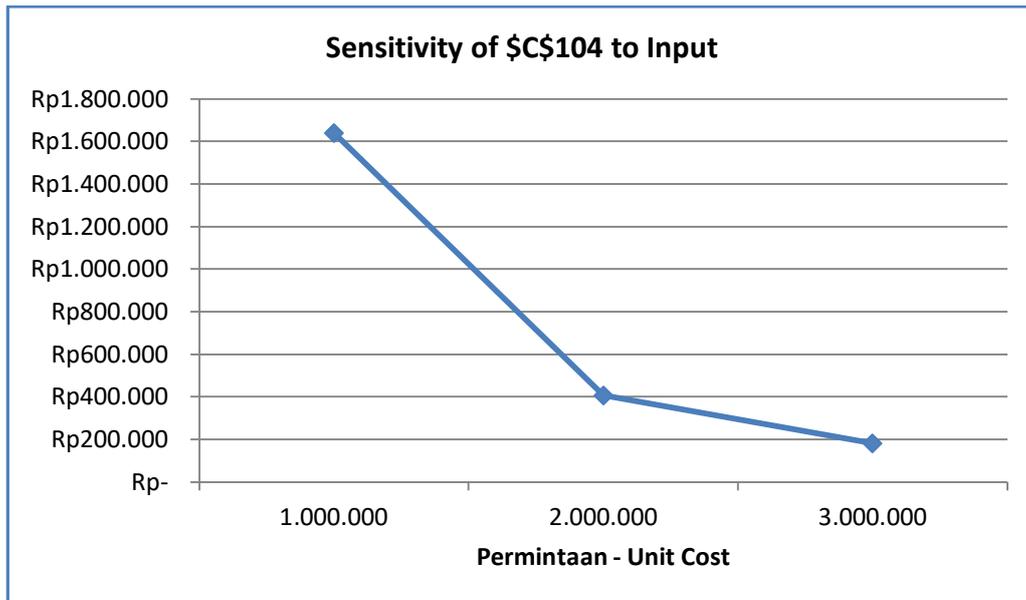


- Sensitivitas Waktu Terhadap DWT Kapal

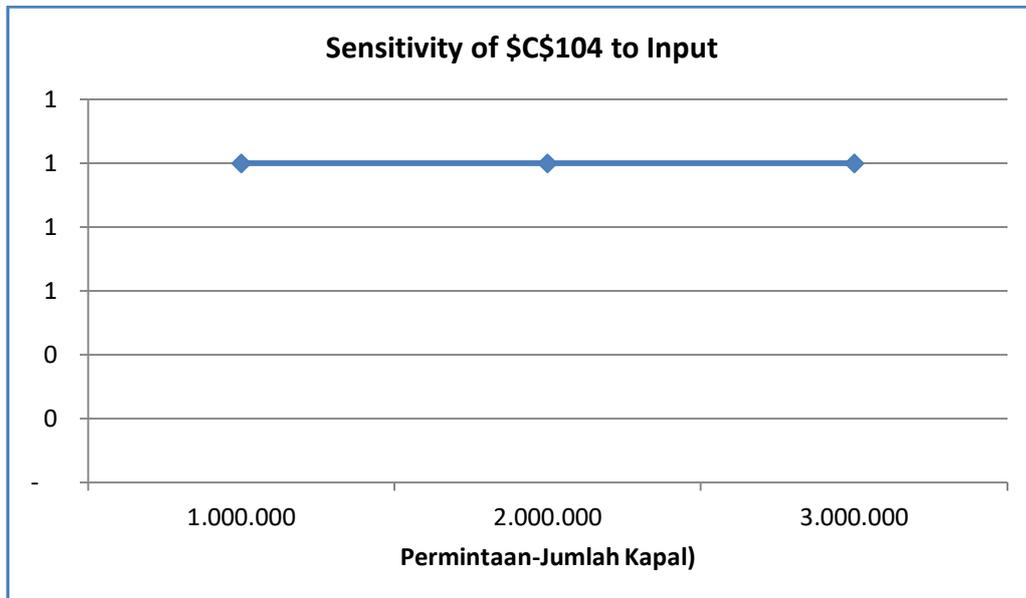


E. Sensitivitas Kapal rute 5

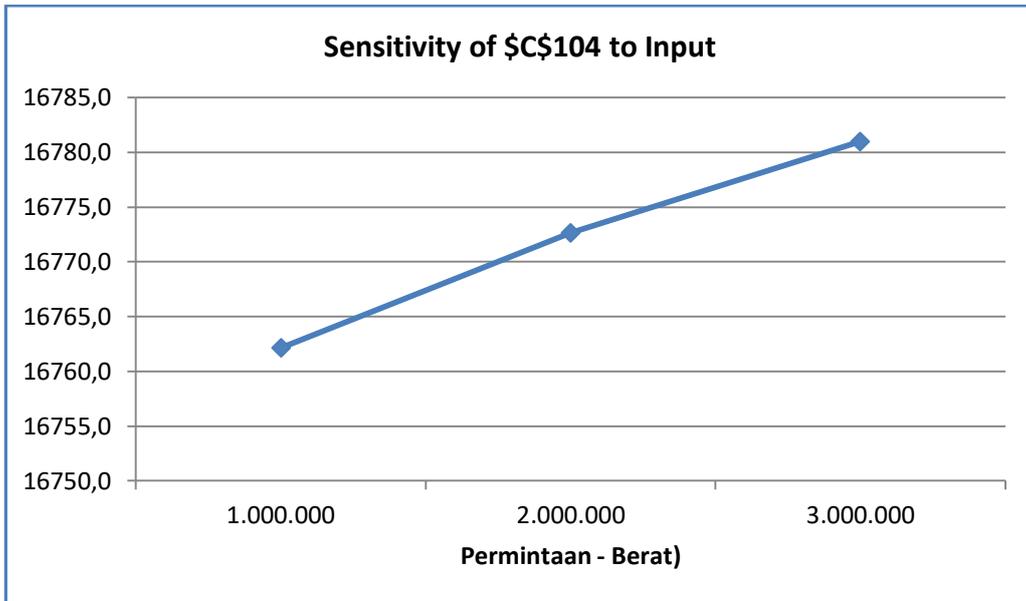
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Unit Cost



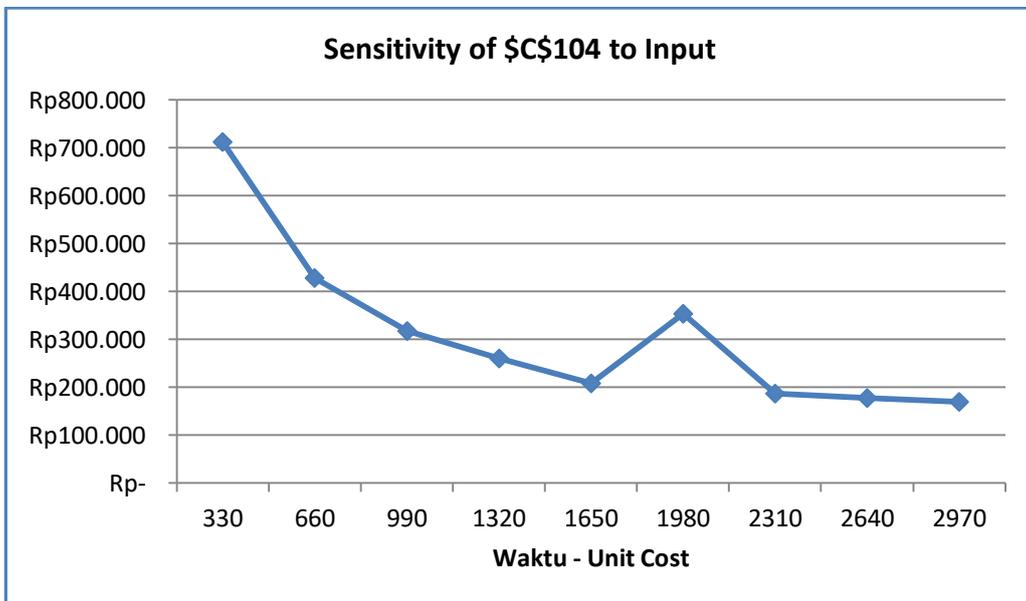
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Jumlah Kapal



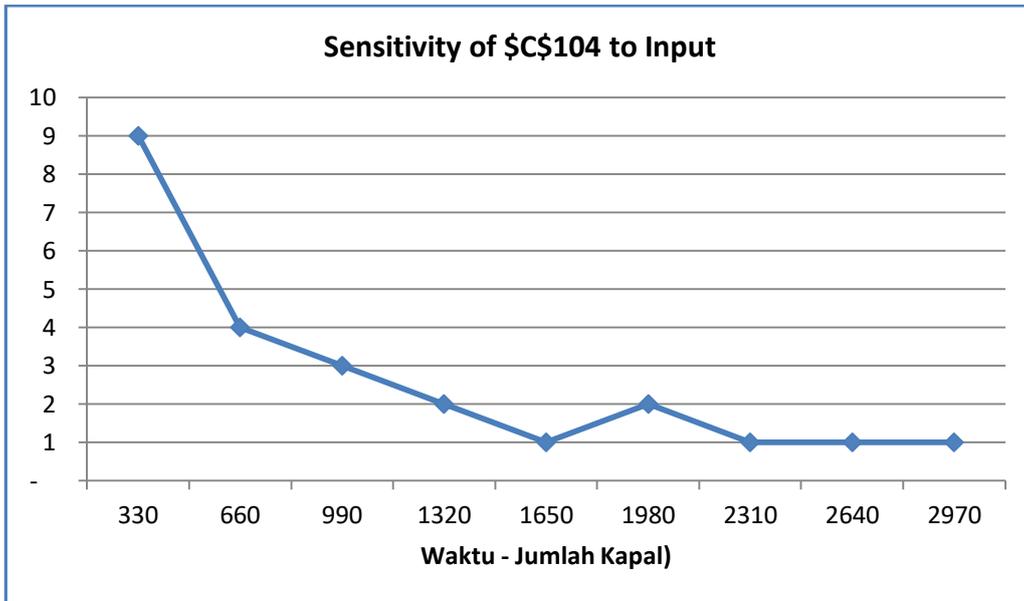
- Sensitivitas Permintaan Terhadap DWT Kapal



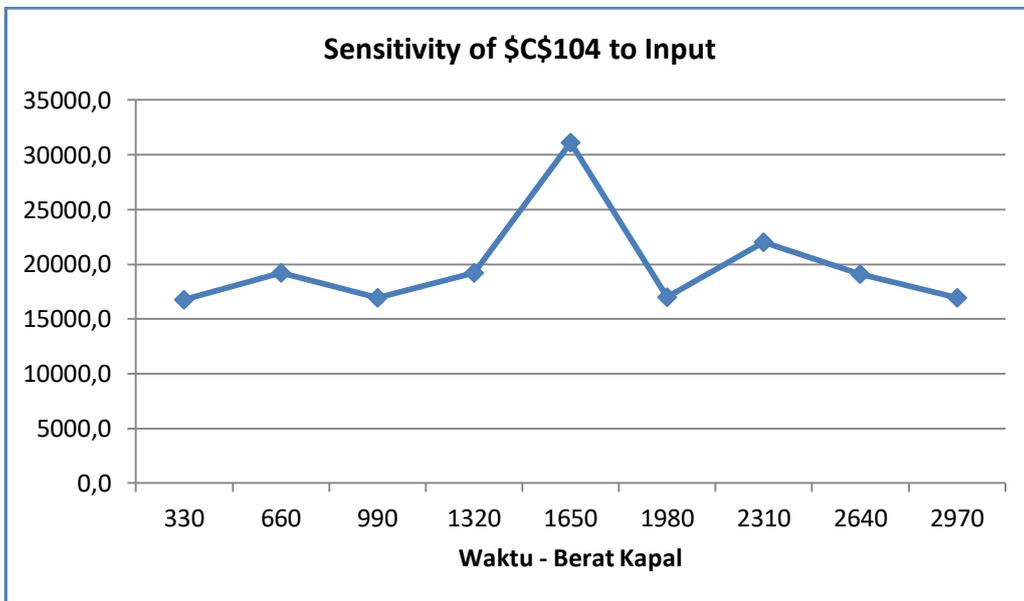
- Sensitivitas Waktu Terhadap Unit Cost



- Sensitivitas Waktu Terhadap Jumlah Kapal

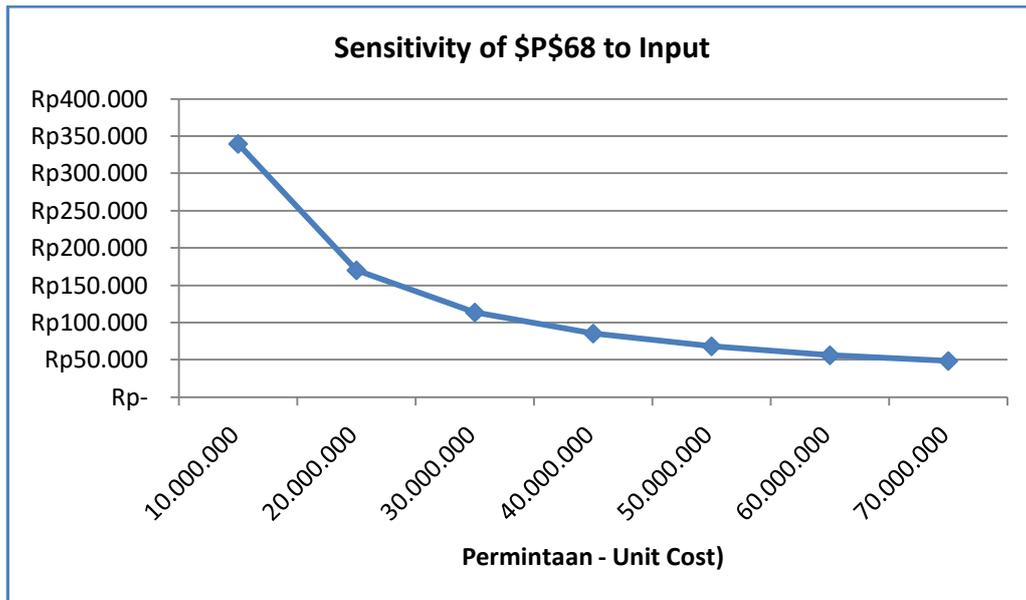


- Sensitivitas Waktu Terhadap DWT Kapal

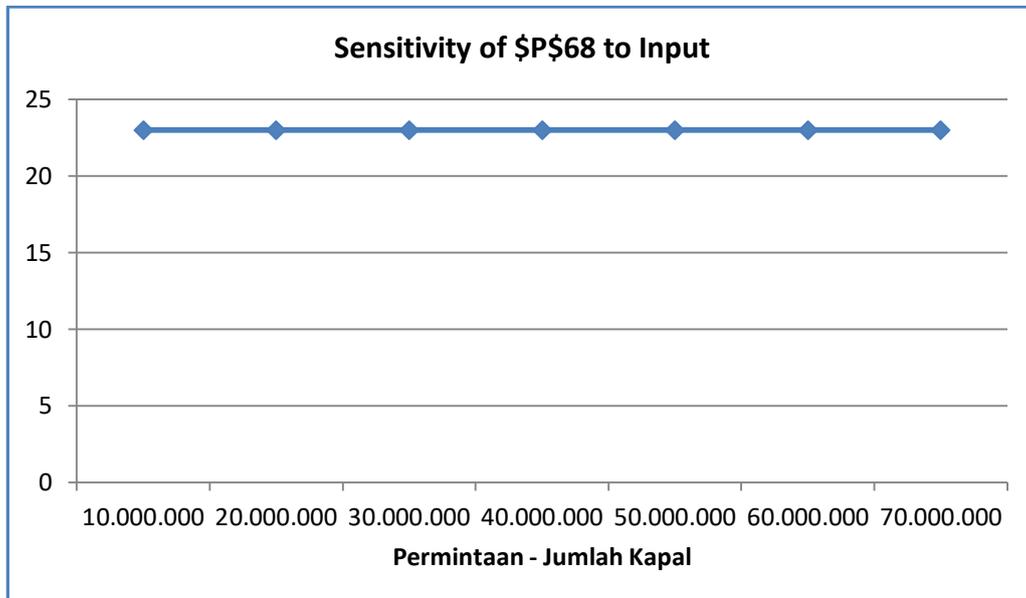


F. Sensitivitas Kapal rute 6

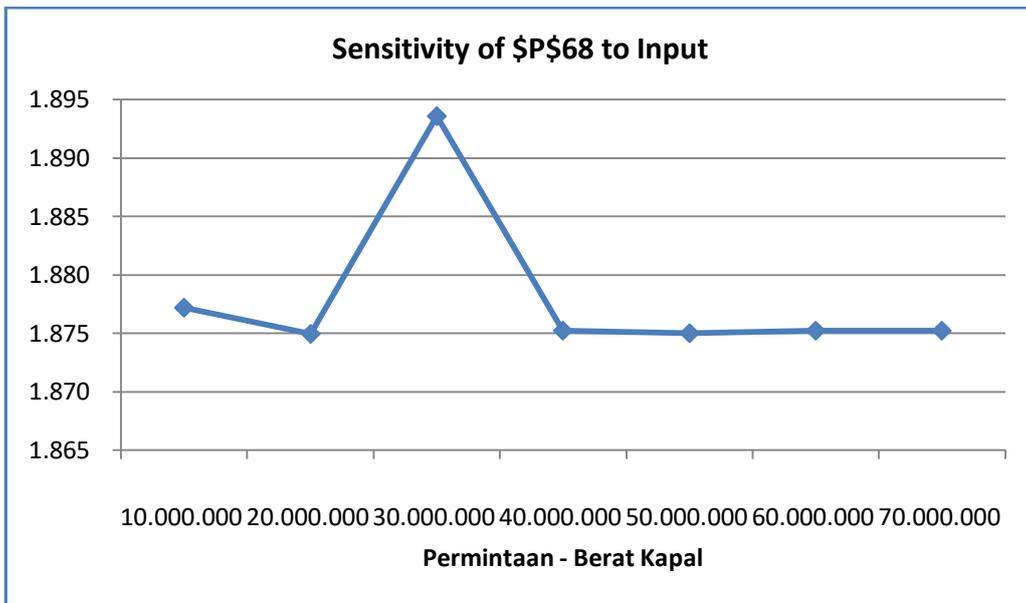
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Unit Cost



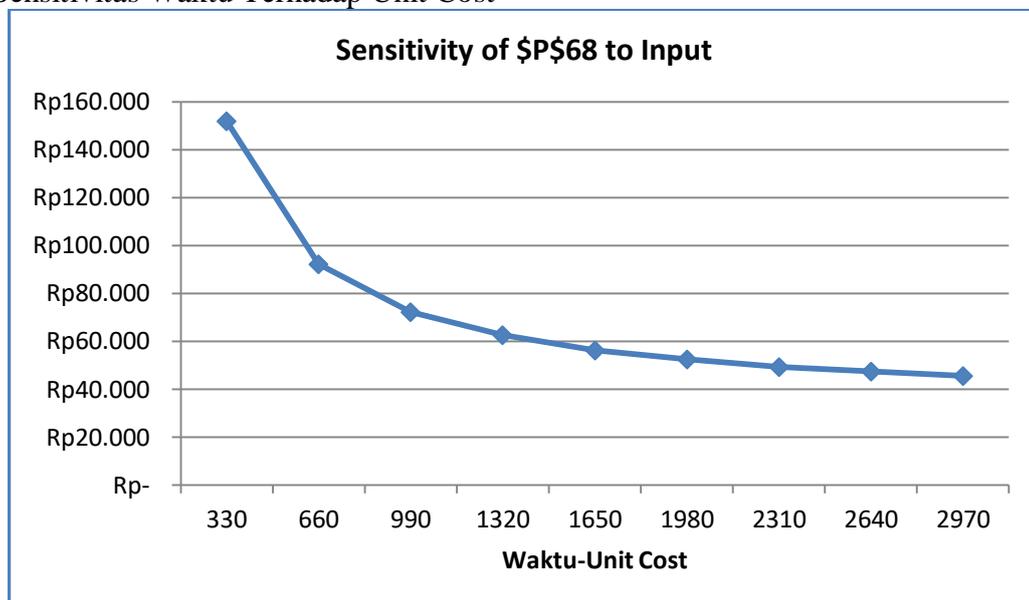
- Sensitivitas Permintaan Terhadap Jumlah Kapal



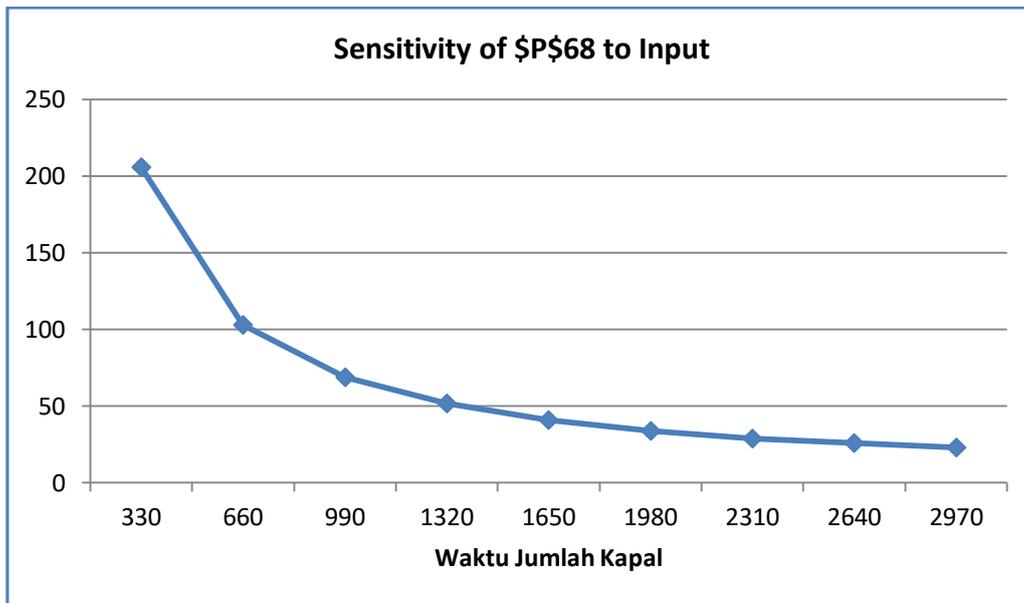
- Sensitivitas Permintaan Terhadap DWT Kapal



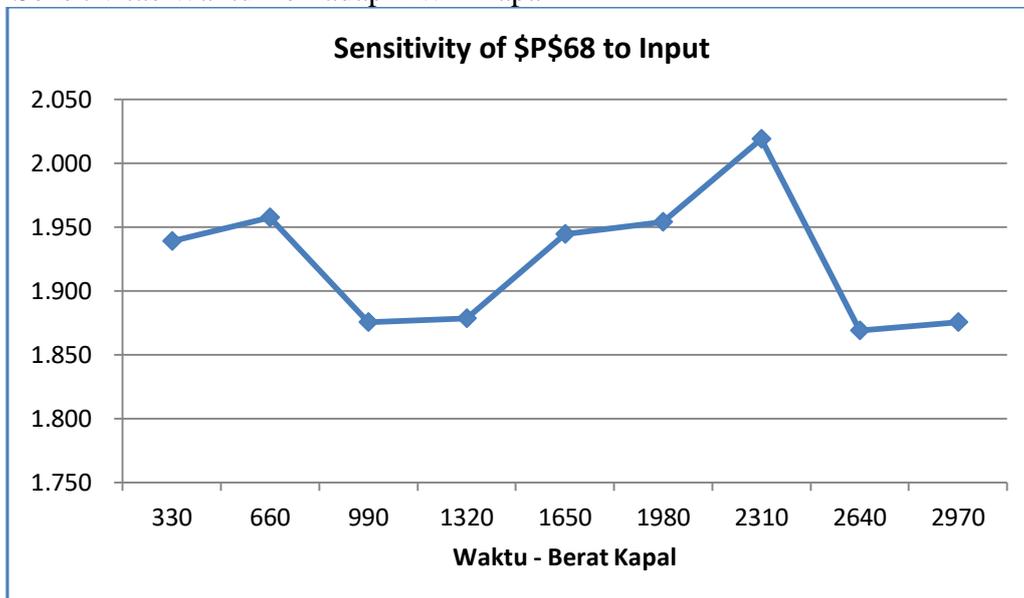
- Sensitivitas Waktu Terhadap Unit Cost



- Sensitivitas Waktu Terhadap Jumlah Kapal



- Sensitivitas Waktu Terhadap DWT Kapal



BIODATA PENULIS



Penulis bernama Anang Makhruf, lahir pada tanggal 2 Juni 1998 di Situjuh Batua, Sumatera Barat. Penulis merupakan anak ke 2 (dua) dari 4 (empat) bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal sekolah dasar di SD Negeri 01 Situjuh Batua pada tahun 2004-2010, kemudian melanjutkan ke SMP Islam Raudhatul Jannah Payakumbuh pada tahun 2010-2013, dan SMA Negeri 1 Payakumbuh ditahun 2013-2016. Pada pertengahan tahun 2016, penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Teknik Transportasi Laut, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SBMPTN. Selama menempuh Pendidikan di ITS, penulis ikut serta dan aktif dalam organisasi dan kegiatan, yaitu menjabat sebagai staff Kesejahteraan Mahasiswa Kabinet Karya tahun pengurusan 2017-2018. Selain itu Penulis juga aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan ditingkat ITS yaitu koordinator PAMMITS dan GERIGI ITS. Penulis juga melakukan Kerja Praktek I di PT Pelabuhan Indonesia (Persero) II Cabang Palembang dan Kerja Praktek II yaitu di PT Sarana Bandar Nasional Cabang Surabaya.

Email : anangmakhruf7@gmail.com

No Tlp : 0823-8904-0567 / 0882-1757-1868