

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Objek penelitian adalah pemantauan konsumsi bahan bakar yang diperoleh melalui sistem monitoring berbasis pelacakan serta data pelaporan aktual oleh kru kapal. Penelitian ini difokuskan pada proses analisis pemantauan konsumsi BBM dengan menggunakan sistem pelacakan VMS pada data realisasi di lapangan pada 6 kapal operasional selama periode Januari hingga Oktober 2025. Objek yang diamati meliputi data pada penggunaan konsumsi bahan bakar, serta frekuensi pelaporan sistem dengan data pencatatan. Penelitian ini juga mencakup proses pengelolaan dan pelaporan konsumsi bahan bakar yang dilakukan oleh pihak manajemen dan operasional kapal, guna mendukung analisis terhadap tingkat kesesuaian data yang dihasilkan oleh sistem monitoring, sehingga dapat diperkirakan bahwa sistem pelacakan dapat mampu sebagai bahan analisis pemantauan konsumsi bahan bakar kapal.

Penelitian ini berfokus pada perusahaan yang bergerak di bidang jasa layanan angkutan laut khususnya untuk sektor agribisnis dan HEMCE. Perusahaan ini terletak di Jakarta Utara, DKI Jakarta. Perusahaan ini telah berdiri sejak tahun 2010 dengan memiliki ijin usaha pelayaran (SIUPAL) yang merupakan bagian layanan logistik dengan brand ABC dan khusus menyediakan layanan transportasi laut. Perusahaan *shipping* ini berfokus dalam kegiatan pengiriman unit alat berat dan minyak sawit yang mengoperasikan beberapa kapal dengan tipe *Landing Craft Tank* (LCT) dan *Tug & CPO Barge* (CPO). Peneliti berharap dengan mengetahui penggunaan sistem pelacakan kapal dapat mampu berperan sebagai alat efektif

dalam proses analisis pemantauan konsumsi bahan bakar kapal. Dengan memanfaatkan data yang dihasilkan secara *real-time*, sistem ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih akurat dan objektif dibandingkan pelaporan konvensional. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam meningkatkan kualitas pemantauan, membantu mengidentifikasi ketidaksesuaian data di lapangan, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan operasional kapal. Dengan demikian, sistem pelacakan tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantau atau monitoring, tetapi juga sebagai sarana analisis yang mendukung transparansi dan kecakapan data konsumsi bahan bakar kapal.

#### **4.1.1 Profil Perusahaan**

Perusahaan ini mengoperasikan 6 kapal, diantaranya 3 *Landing Craft Tank* (LCT), 3 set *Tug Boat* (TB) & *Barge* (BG). *Landing Craft Tank* memiliki kegunaan untuk mengirimkan muatan alat berat dan beberapa cargo yang memiliki dimensi dan berat yang besar (*over dimension & over weight*) ke area yang remote (pelabuhan kecil). *Tug Boat* digunakan untuk menarik *Barge*, sedangkan tipe *Barge* yang dioperasikan saat ini hanya dapat mengangkut tipe cair khususnya CPO (*Crude Palm Oil*). Adapun nama kapal yang dimiliki perusahaan tersebut diantaranya, LCT S9, LCT S11, LCT S12, TB S6 & BG S7, TB S14 & BG S15, dan TB S16 & BG S17.

#### **4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan**

##### **Visi**

*“To be Agro-HEMCE sea transport and agency specialist”.*

Memiliki visi yang memiliki suatu cerminan tujuan dan aspirasi suatu organisasi atau perusahaan dalam bidang transportasi laut dan agensi yang berfokus pada sektor pertanian dan *agro-industry*. Dalam visi ini menunjukkan keinginan

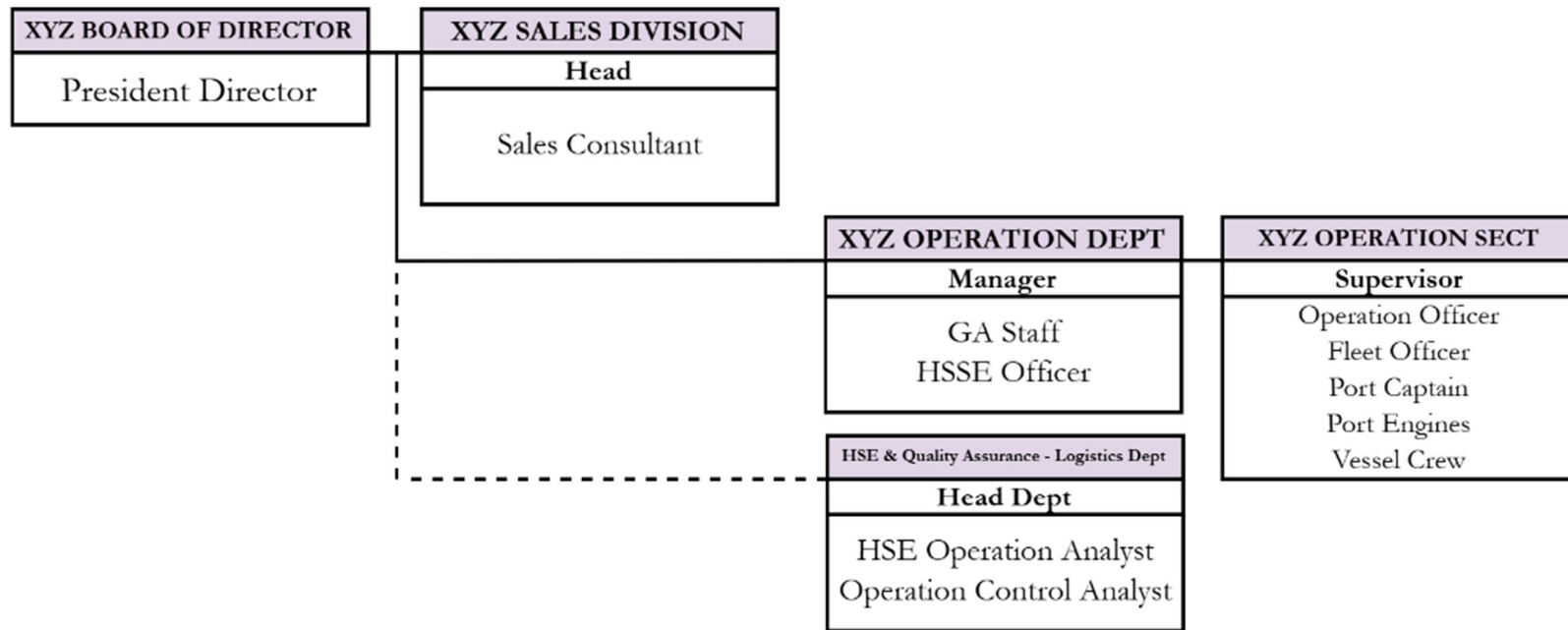
untuk menjadi pemimpin atau spesialis dalam bidang transportasi laut yang berfokus pada pengiriman produk pertanian, dengan penekanan pada efisiensi, keahlian dan inovasi dalam layanan agensi. Hal ini juga mencerminkan komitmen untuk mendukung sektor pertanian melalui solusi logistik yang efektif dan berkelanjutan.

### **Misi**

*“To achieve superior level of customer satisfaction by delivering transport & vessel husbandry solution through people competence advanced technology and vast network”.*

PT XYZ misi untuk mencerminkan komitmen pada organisasi untuk menempatkan kepuasan pelanggan sebagai prioritas utama. Organisasi ini memiliki fokus pada penyediaan solusi dalam bidang transportasi dan pengelolaan kapal, yang mencakup pengiriman barang melalui laut serta layanan pemeliharaan dan pengelolaan kapal. Keberhasilan dalam mencapai tujuan ini sangat bergantung pada kompetensi dan keterampilan sumber daya manusia, di mana pelatihan dan pengembangan karyawan menjadi kunci untuk memberikan layanan berkualitas tinggi. Selain itu, pemanfaatan teknologi canggih memiliki harapan untuk bisa dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam operasional, sementara jaringan yang luas memungkinkan organisasi untuk menjangkau lebih banyak pelanggan dan memberikan layanan yang akan lebih cepat. Dengan pendekatan *holistic* dan terintegrasi ini, organisasi berupaya tidak hanya memenuhi, tetapi juga dapat melampaui harapan pelanggan dalam setiap aspek layanan yang diberikan

### 4.1.3 Struktur Organisasi



Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Perusahaan  
 Sumber: Data internal Perusahaan 2025

#### 4.1.4 Tugas dan Fungsi

Di dalam perusahaan *Shipping* ini memiliki bagian *job description* yang dijelaskan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Tugas dan fungsi masing-masing bagian

Bagian	Deskripsi	Tugas dan Fungsi
Operasional Manager	Seseorang yang bertanggung jawab atas keseluruhan Gerak operasional pada tim <i>Shipping Division</i> .	Seorang Operasional Manager (OM) memiliki peran sentral dalam memastikan seluruh proses pelayaran dan logistik laut berjalan efisien, aman dan sesuai regulasi. Tugas utamanya mencakup perencanaan jadwal pelayaran, pengaturan rute yang optimal, serta koordinasi dengan Pelabuhan dan otoritas maritim. Bertanggung jawab pula atas pengelolaan armada kapal, termasuk pemeliharaan rutin, pengawasan proses bongkar-muat barang, dan pengelolaan dokumen pengiriman. Di sisi sumber daya manusia, OM mengatur kru kapal, menilai performa kerja, serta memastikan komunikasi yang efektif antar tim operasional maupun keseluruhan masing-masing bagian. Selain itu, seorang OM harus mampu mengelola anggaran operasional, melakukan efisiensi biaya dan menyusun laporan performa yang mendukung pengambilan keputusan strategis. Dalam hal keselamatan dan kepatuhan, seorang OM wajib memastikan bahwa seluruh aktivitas operasional mematuhi standar operasional perusahaan (SOP) dan juga standar internasional seperti ISM Code dan SOLAS, serta mampu menangani insiden dengan cepat dan tepat. Posisi ini menuntut kemampuan analitis,

Bagian	Deskripsi	Tugas dan Fungsi
		kepemimpinan serta pemahaman mendalam tentang industri maritim dan logistik laut.
Operasional Fleet	Seseorang yang mengurus terkait perkapalan, dokumen perkapalan, perhitungan bunker dan mengurus terkait permintaan kebutuhan kapal.	Operasional fleets merujuk pada pengelolaan dan pengawasan armada kapal yang digunakan untuk mendistribusikan barang melalui jalur laut. Proses ini mencakup perencanaan rute pelayaran yang efisien, penjadwalan keberangkatan dan kedatangan kapal, serta pengaturan muatan sesuai kapasitas dan jenis kapal. Manajemen armada juga melibatkan pemeliharaan rutin kapal agar tetap layak laut, pemantauan konsumsi bahan bakar dan pelacakan posisi kapal secara real-time menggunakan teknologi SOG system MAP-Vessel Monitoring. Selain itu, operasional fleets harus memastikan kepatuhan terhadap regulasi maritim nasional bahkan internasional, termasuk standar keselamatan kerja dan perlindungan lingkungan laut. Efisiensi operasional armada sangat berpengaruh terhadap biaya logistik, waktu pengiriman dan kepuasan pelanggan.
Operasional Keagenan	Seseorang yang berkoordinasi dengan agen kapal yang sudah menjadi mitra dalam proses shipment.	Pada kegiatan operasional bagian ini, aktivitas yang dilakukan memiliki 3 fase proses, seperti Pra-Shipment, Shipment dan Pasca Shipment. Pada proses ini seorang operasional melakukan proses dari ketiganya, diawali dengan Pra-Shipment dimana merupakan sebuah aktivitas yang dipersiapkan dalam proses pengiriman, ketika sebelum dilakukannya <i>dealing payment</i> . Seorang operasional akan mengawasi beberapa hal, seperti kapal, jumlah kargo muat, transaksi

Bagian	Deskripsi	Tugas dan Fungsi
		<p>biaya dan pengurusan terkait bongkar muat, kapal siap bersandar dan kapal siap dibongkar. Seorang yang bertanggung jawab di operasional juga mengawasi <i>asset</i> seperti keagenan kapal, izin sandar, proses kapal masuk area pelabuhan, surveyor dan juga komunikasi setelah pengangkutan di area laut hingga proses <i>dooring</i>. Selanjutnya proses <i>Shipment</i>, seorang operasional juga memantau kegiatan pada aktivitas pada proses ini eksekusi muatan berjalan sampai dengan persiapan <i>next voyage</i>. Seorang operasional bagian ini juga mengurus terkait proses Pasca <i>Shipment</i> dimana pada proses ini adalah tahapan untuk proses payment ataupun tagihan-tagihan. Operasional juga mengurus suatu kebutuhan kapal dan penyewaan kapal oleh beberapa vendor yang telah bekerja sama, permintaan yang diajukan oleh kapal diproses juga melalui seorang operasional bagian ini.</p>
Finance	<p>Bertugas dalam proses pencatatan keuangan dan pengurusan pendataan invoice pengiriman dan berkoordinasi dengan tim procurement untuk kepemilikan</p>	<p>Seorang <i>officer</i> bagian ini memiliki 3 bagian didalam nya, yaitu AR Officer, HSSE-GA Officer, Accounting Officer. Ketiga tugas ini juga berbeda-beda sesuai fungsinya masing-masing. AR Officer merupakan seseorang yang bertugas untuk melakukan penagihan terhadap customer sesuai term of payment yang telah disepakati saat awal shipment dimulai, seorang AR Officer akan melakukan komunikasi terhadap customer untuk mengingatkan terkait jatuh tempo pembayaran dan juga terkait</p>

Bagian	Deskripsi	Tugas dan Fungsi
	<p>barang. Serta melakukan penagihan pembayaran serta penentuan vendor yang akan dipilih untuk melengkapi keperluan kapal.</p>	<p>pembiayaan pengiriman lainnya saat proses shipment berlangsung (biaya-biaya yang disepakati jika biaya tersebut mengalami kendala). HSSE-GA Officer, merupakan seorang yang bekerja meliputi dua (2) tugas di dalamnya, menjadi seorang pengawas keamanan dan juga seorang yang melakukan pengadaan seluruh kegiatan operasional kantor maupun kapal. Hal yang dikerjakan ialah melakukan kepengurusan terkait permintaan suatu barang untuk dilakukan suatu proses yang dinamakan <i>Purchase Requisition</i> (PR) dan juga pembentukan <i>Purchase Order</i> (PO) untuk diserahkan ke vendor terkait dalam proses alur pembayaran nantinya. Seorang GA berperan penting dalam penginputan suatu permintaan ke sebuah sistem yang disebut Sistem SAP. <i>Accounting Officer</i>, merupakan seorang yang mengurus terkait keuangan operasional agar suatu pengeluaran atau pemasukan bisa terpantau dan jelas alur penggunaannya. Seorang <i>accounting officer</i> juga melakukan proses prospekan biaya dalam suatu shipment untuk dapat menutupi jika terdapat kekurangan pembiayaan yang didapati dari proses-proses shipment sebelumnya. Berperan penting dalam proses pembiayaan dan juga pembayaran agar segala biaya masuk kedalam budget cost perusahaan.</p>
Sales	<p>Bertugas dalam penjualan terkait kapal kepada</p>	<p>Seorang <i>sales</i> bertugas dalam proses penjualan dan melakukan penawaran terkait penyewaan kapal. Mencari <i>customer</i> untuk bisa dilakukan</p>

Bagian	Deskripsi	Tugas dan Fungsi
	<p><i>customer</i> untuk bisa dilakukan kerja sama, dan penentuan harga untuk setiap pengangkutan sesuai dengan jarak, bahan bakar yang digunakan yang kemudian menentukan <i>revenue</i> harga.</p>	<p>kerja sama dan menjalin kerja sama, kemudian melakukan penentuan harga untuk proses shipment yang telah disetujui. Dalam menentukan harga pada kegiatan shipment, seorang sales melakukan perhitungan dari pembuatan <i>voyage plan</i> yaitu jarak pengiriman yang akan dilakukan, dan perhitungan dari jasa lainnya seperti keagenan kapal, pihak pelabuhan, pengisian bahan bakar dan lainnya.</p>

Sumber: Data Internal Perusahaan, 2025

#### 4.2 Hasil Penelitian dan Pembahasan

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang angkutan pelayaran atau *shipping* dan senantiasa mengedepankan kualitas layanan selama proses pelayaran. PT XYZ dalam menjalankan operasionalnya, perusahaan juga menempatkan akses keselamatan dan keamanan sebagai prioritas utama guna memastikan kegiatan pelayaran berlangsung secara aman dan terkendali. Dalam mendukung pengelolaan operasional yang lebih efektif, perusahaan dapat melakukan analisis secara rutin terhadap data operasional dalam proses pemantauan kinerja kapal dan mengidentifikasi kondisi yang memerlukan evaluasi. Salah satu teknologi yang dimanfaatkan adalah *Vessel Monitoring System* (VMS), yang pada awalnya digunakan untuk memantau posisi dan pergerakan kapal, namun memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai alat pemantauan konsumsi bahan bakar. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis pemantauan

konsumsi bahan bakar kapal menggunakan sistem VMS. Dalam pelaksanaannya, peneliti telah melakukan pengumpulan data dan dokumentasi sistem dari sistem VMS serta data pendukung lainnya untuk menganalisis sejauh mana sistem tersebut dapat digunakan sebagai alat pemantauan konsumsi bahan bakar dalam kegiatan operasional perusahaan.

Untuk memahami hasil penelitian ini secara komprehensif, diperlukan pemahaman mengenai metode perhitungan dan analisis konsumsi bahan bakar kapal dengan mempertimbangkan sejumlah variabel operasional, seperti kecepatan kapal, jarak tempuh rute pelayaran (*voyage plan*), serta faktor-faktor aktual lain yang dapat mempengaruhi besarnya penggunaan bahan bakar. Variabel-variabel tersebut memiliki peranan penting dalam menjelaskan variasi konsumsi bahan bakar yang terjadi selama kegiatan operasional. Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, peneliti mengidentifikasi beberapa temuan utama yang selanjutnya dianalisis secara lebih mendalam sesuai dengan fenomena penelitian yang telah diuraikan pada bab sebelumnya. Untuk memperkuat validitas data dan interpretasi hasil, pembahasan juga didukung oleh hasil wawancara dengan informan yang memiliki keterlibatan langsung dalam proses pemantauan dan pelaporan konsumsi bahan bakar. Dengan demikian, subbab ini menyajikan analisis yang terintegrasi antara data kuantitatif dan hasil wawancara guna memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai pemanfaatan sistem VMS sebagai alat pemantauan konsumsi bahan bakar kapal.

#### **4.2.1 Efektivitas Pemantauan Konsumsi bahan bakar dalam kegiatan operasional dan Penerapan VMS**

Efektivitas pemantauan konsumsi bahan bakar dalam kegiatan operasional dapat dipahami sebagai kemampuan suatu sistem untuk menyediakan data yang lengkap, akurat, konsisten dan tepat waktu sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengawasan dan analisis penggunaan bahan bakar. Dalam konteks penelitian ini, efektivitas pemantauan tidak hanya ditentukan oleh tersedianya data konsumsi, tetapi juga oleh keteraturan pencatatan, kesesuaian antara data hasil sistem dengan kondisi aktual, serta kemampuan sistem pelacakan dalam menghasilkan informasi yang mendukung proses analisis operasional. Menurut (Guerra-López & Thomas, 2011), efektivitas suatu sistem informasi dapat dinilai dari sejauh mana data yang dihasilkan mampu memberikan gambaran yang valid dan dapat dipercaya untuk mendukung pengambilan keputusan. Sejalan dengan hal itu, Sugiyono (2023) menegaskan bahwa data yang baik harus memenuhi unsur kelengkapan, konsistensi dan keterjaminan agar dapat digunakan sebagai dasar analisis yang objektif.

Konsep tersebut didukung oleh berbagai penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa pemanfaatan sistem monitoring berbasis digital mampu meningkatkan kualitas pemantauan konsumsi bahan bakar kapal. (Shi et al., 2020) dalam penelitiannya tentang *Data-aware Monitoring Method for Fuel Economy in Ship-based CPS* menjelaskan bahwa sistem monitoring yang terintegrasi secara *real-time* dapat menyediakan data konsumsi secara kontinu, sehingga memudahkan proses evaluasi operasional kapal. Yusuf, et al (2025) melalui penelitian *Fishing Vessel Position Monitoring System Based on the Internet of Things (IoT)* juga menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis sensor dan IoT mampu

meningkatkan keakuratan pencatatan konsumsi bahan bakar dibandingkan metode manual. Selain itu, didukung dengan penelitian (Wu et al., 2023) menegaskan bahwa ketersediaan data operasional yang lengkap dan terintegrasi merupakan faktor utama dalam meningkatkan keandalan analisis konsumsi bahan bakar kapal. Berdasarkan landasan teoritis dan hasil penelitian terdahulu tersebut, efektivitas pemantauan konsumsi bahan bakar dan penelitian ini dianalisis melalui tiga indikator utama yaitu ketersediaan data konsumsi untuk mendukung ketepatan waktu data yang dikirimkan, frekuensi pencatatan dan pelaporan harian untuk mengukur ketepatan pengukuran dengan berkaitan tingkat keakuratan data konsumsi berdasarkan perhitungan ukuran operasional, serta kesesuaian antara data hasil sistem dengan data aktual di lapangan, hal ini mengaitkan antara data hasil pemantauan dengan perhitungan teoritis atau standar operasional kapal. Ketiga indikator tersebut digunakan untuk menilai sejauh mana *Vessel Monitoring System* (VMS) dapat dimanfaatkan sebagai alat pemantauan yang mendukung analisis konsumsi bahan bakar kapal secara lebih objektif, terstruktur dan sesuai dengan kondisi operasional yang sebenarnya.

#### **4.2.1.1 Ketersediaan data konsumsi bahan bakar**

Ketersediaan data konsumsi merupakan salah satu indikator utama dalam menilai efektivitas pemantauan konsumsi bahan bakar kapal, indikator ini berkaitan dengan ketepatan pengukuran (*measurement accuracy*) dimana kemampuan dalam menyediakan data yang memadai dan standar perhitungan yang konsisten. Secara konseptual, ketersediaan data mengacu pada sejauh mana data yang dibutuhkan tersedia secara lengkap, berkesinambungan, mudah diakses dan siap digunakan untuk proses analisis maupun keputusan.

Berdasarkan hasil temuan yang dilakukan dengan para informan, diketahui bahwa ketersediaan data konsumsi bahan bakar pada perusahaan telah dilakukan secara rutin, seperti yang disampaikan oleh informan. Para informan menyampaikan bahwa pelaporan pencatatan penggunaan bahan bakar setiap harinya dikirimkan setiap siang hari, atau disebut dengan *Noon Report*, pencatatan sendiri dilakukan dengan hasil perhitungan yang mengacu pada standar internal perusahaan. Data tersebut kemudian dilaporkan kepada pihak kantor, yang pada umumnya dikirim setiap siang hari sebagai bagian di laporan operasional harian kapal. Hal ini dikonfirmasi oleh pernyataan A-3 sebagai pihak kru kapal yang biasanya melakukan proses pemantauan dan pelaporan konsumsi dari kapal.

“baik untuk data konsumsi sendiri, biasanya kami dari kru kapal sudah memperhitungkan dengan mengikuti standar oleh kantor, untuk per-jam-nya di angka 90 liter/jam untuk mesin induk, lalu untuk generator diangka 5 liter, itu kemudian dimasukkan ke dalam noon report yang kemudian kami kirimkan setiap jam 12 siang ke kantor”

(Wawancara Informan A-3 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Kemudian, informan lainnya yang bertugas sama namun berbeda kapal juga mengatakan, bahwa:

“Pencatatan konsumsi setiap jam ikutin jam kerja mesin kapal, setiap pergerakan dicatat dan dikurangi konsumsi dari jarak tersebut, dalam hitungannya kami juga mengikuti standari kantor, diangka 90 liter/jam jika RPM menyentuh 1300, sehabis itu hasil dari perhitungan dicatat lalu dimasukkan ke dalam logbook noon report, kemudian dikirim ke kantor setiap jam 12 siang”

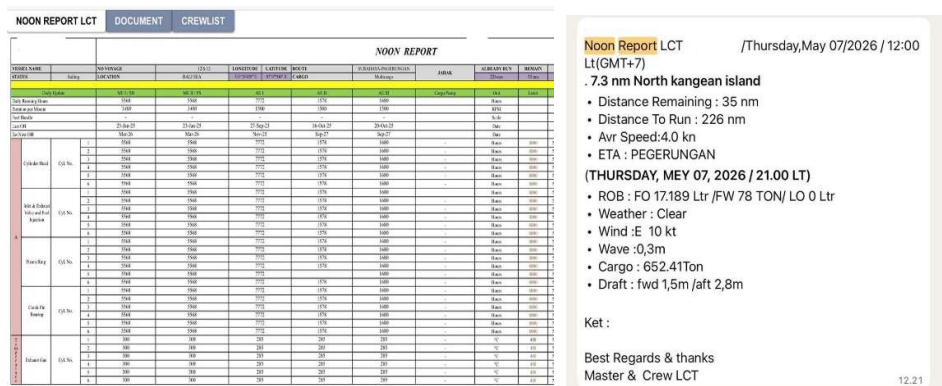
(Wawancara Informan A-4 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Hal ini di validasi juga oleh pihak kantor selaku informan A-2, bahwa ketersediaan informasi pencatatan dikirimkan oleh kru kapal pada waktu siang hari atau biasa disebut dengan *Noon Report*.

“Ketersediaan data konsumsi bahan bakar pada perusahaan pada perusahaan, ada beberapa pengambilan data noon report, data SOG nya. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan noon report yang dikirim oleh kru kapal terkait konsumsi bahan bakar, kita juga punya memorandum atau memori internal perusahaan buat proses pemantauan pemakaian bahan bakar, kru kapal biasanya sudah hitung sesuai standar perusahaan, kalo proses sailing biasanya diangka 115 liter per-jam-nya, kalo untuk kapal CPO di 95 liter per-jam-nya, nah hitungan ini

atau noon report ini dikirim sama kru kapal di siang hari semua buat disetor ke kita pihak kantor”  
 (Wawancara Informan A-2 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Berdasarkan dari hasil observasi yang dilakukan, diperoleh informasi bahwa perusahaan telah memiliki mekanisme pelaporan konsumsi bahan bakar yang dilakukan secara rutin sebagai bagian dari pengendalian operasional kapal, namun seluruh data konsumsi bahan bakar masih dicatat secara manual oleh kru kapal dengan mengacu pada format pelaporan yang telah ditetapkan perusahaan. Pencatatan dilakukan berdasarkan operasi jam mesin, durasi pelayaran, aktivitas yang dilakukan, serta estimasi penggunaan bahan bakar sesuai kondisi operasional harian. Perhitungan jumlah konsumsi bahan bakar selama pelayaran setiap harinya dihitung melalui hitungan standar perusahaan yang dilihat setiap konsumsi liter per-jam (liter/jam). Setelah direkap, laporan tersebut dikirim kepada pihak kantor setiap siang hari bersamaan dengan laporan operasional lainnya, sehingga perusahaan dapat memperoleh informasi konsumsi bahan bakar secara berkala untuk keperluan monitoring dan evaluasi.



Gambar 4. 2 Tampilan Pelaporan Noon Report Kru Kapal  
 Sumber: Data Internal Perusahaan 2026

Pemantauan konsumsi yang dilakukan secara manual memiliki beberapa kelemahan, seperti ketergantungan pada ketelitian kru kapal, keterlambatan pelaporan, serta kemungkinan terjadinya perbedaan antara data yang dilaporkan dengan kondisi aktual dilapangan. Hal ini mengakibatkan, perusahaan dapat mengalami kesulitan dalam melakukan verifikasi data dan analisis konsumsi bahan bakar secara objektif. Menurut Guillen-Aguinaga dan Aguinaga-Ontoso (2025), dalam penelitiannya kualitas data yang baik harus memenuhi unsur ketersediaan (*availability*), kelengkapan (*completeness*), akurasi (*accuracy*), konsistensi (*consistency*) dan ketepatan waktu (*timeliness*) agar dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Hal ini didukung dengan pernyataan Shi, *et al* (2020) bahwa penggunaan data operasional kapal yang lengkap dan terintegrasi mampu meningkatkan akurasi monitoring konsumsi bahan bakar.

Apabila data yang dihasilkan dari *Vessel Monitoring System* (VMS) belum dimanfaatkan, perusahaan belum mengoptimalkan informasi operasional seperti kecepatan, jarak tempuh dan durasi pelayaran yang sebenarnya berkaitan langsung dengan pemakaian konsumsi BBM kapal. Sebaliknya, jika VMS digunakan sebagai bahan analisis, perusahaan dapat langsung membandingkan data operasional dengan laporan konsumsi bahan bakar, sehingga proses pemantauan menjadi lebih objektif dan terukur. Hal ini juga dibuktikan dengan penelitian Jusuf, *et al* (2025), menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis digital dapat mampu meningkatkan keakuratan pencatatan dan mempermudah evaluasi operasional. Dengan demikian, membuktikan bahwa pemanfaatan VMS dapat mampu membantu perusahaan dalam meningkatkan akurasi data, memperkuat proses verifikasi serta mendukung analisis konsumsi bahan bakar secara efektif.

#### 4.2.1.2 Frekuensi Pencatatan dan Pelaporan Harian

Frekuensi pencatatan dan pelaporan harian merupakan indikator yang menunjukkan seberapa rutin dan tepat waktu. Dalam konsep kualitas data, aspek ini berkaitan erat dengan dimensi ketepatan waktu (*timeliness*), yaitu kemampuan suatu sistem menyediakan data sesuai dengan periode yang dibutuhkan agar informasi tetap relevan untuk proses pemantauan dan pengambilan keputusan. Alabduljabbar (2024), menjelaskan bahwa *timeliness* merupakan salah satu dimensi utama kualitas data, di mana data harus tersedia secara berkala dan pada waktu yang tepat agar dapat digunakan secara efektif dalam proses monitoring. Semakin tinggi frekuensi pencatatan dan semakin konsisten pelaporan dilakukan, semakin besar pula kemampuan perusahaan dalam mendeteksi perubahan konsumsi bahan bakar secara cepat dan akurat.

Berdasarkan hasil temuan yang dilakukan peneliti dalam melakukan wawancara dengan informan, diketahui bahwa pencatatan dan pelaporan konsumsi bahan bakar dilakukan secara rutin setiap hari sebagai bagian dari prosedur operasional perusahaan. Data penggunaan bahan bakar dicatat oleh kru kapal berdasarkan aktivitas mesin dan kondisi operasional, kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan konsumsi untuk keperluan monitoring dan evaluasi perusahaan. Setelah data direkap, kemudian laporan dikirim setiap siang hari, sehingga pihak kantor dapat menerima informasi konsumsi bahan bakar secara berkala, hal ini dibuktikan dengan hasil temuan yang dilakukan ketika melakukan wawancara dengan informan A-3 menyatakan bahwa:

“Pencatatan pastinya sudah kami laporan secara real-time di jam 12 siang, pencatatan mengikuti standar operasional perusahaan dengan disesuaikan dengan

kondisi mesin dan RPM, nantinya jika sudah dimasukkan ke dalam logbook, kemudian kami kirimkan ke kantor untuk keperluan perusahaan”

(Wawancara Informan A-3 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Hal ini juga dikatakan oleh informan lainnya dengan kode A-4, menyatakan bahwa:

“betul, kami melakukan setoran pencatatan terkait konsumsi bahan bakar dan lainnya setiap siang hari atau biasa disebut noon report dengan kondisi sebenarnya dan sesuai standar dan mengikuti kondisi lapangan. Hal yang kami laporkan ke kantor hasilnya berdasarkan sesuai jam kerja mesin”

(Wawancara Informan A-4 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Dalam proses pencatatan yang dilakukan oleh kru kapal selaku petugas yang melaporkan aktivitas pencatatan konsumsi bahan bakar secara *real-time*, dibuktikan juga kebenarannya oleh informan A-2 selaku pihak kantor yang melakukan pemindahan data dari kapal ke data kantor untuk dimasukkan ke dashboard *fleet* perusahaan, menyatakan bahwa:

“untuk pelaporan pencatatan benar pasti setiap kapal dikirim pada siang hari, dinamakan noon report, setelah dikirim biasanya kita cek terlebih dahulu mengenai tanggal hari dan pastinya konsumsinya, karena nantinya hasil sisa tersebut akan kami catat di logbook hasil konsumsi menyesuaikan jenis kapal dan ditanggal berapa. Namun, ada kendala yang mungkin bisa terjadi ketika pencatatan tersebut berlangsung, biasanya ada di human error atau sinyal, untuk di orangnya sendiri kita harus bisa lihat-lihat lagi apakah penulisan sesuai mengenai hari/tanggal jangan sampe kita salah masukkin, karena nanti dampaknya kita bisa salah hitung jika sedang ingin melakukan perhitungan estimasi pengisian bunker kapal untuk trip selanjutnya. Kendala lainnya jika masalah sinyal biasanya kru bakal tumpuk dulu lalu jika sudah ada sinyal baru dikirim, hal ini agak menyulitkan kita kantor karna sudah terlalu numpuk”

(Wawancara Informan A-2 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Frekuensi pencatatan ini juga dilakukan persepsi dari hasil wawancara yang dilakukan kepada informan A-1 selaku *key informan*, menyatakan bahwa:

“sejauh ini kalo dari data sistem dan laporan kru, pastinya kalau ada terdapat deviasi tentu ada, meskipun pencatatan dan pelaporan konsumsi bahan bakar dilakukan setiap hari. Pada dasarnya laporan konsumsi yang disusun oleh kru masih berupa estimasi yang didasarkan pada pengalaman dan perkiraan terhadap tingkat konsumsi bahan bakar per jam, sesuai standar dan bergantung RPM nya setiap jam nya. Perkiraan yang dilakukan untuk jumlah bahan bakar berdasarkan

putaran mesin atau RPM, kecepatan kapal dengan standar konsumsi yang ditetapkan perusahaan, misalnya berapa liter bahan bakar yang diperkirakan habis pada tingkat RPM tertentu dalam satu jam operasi”

(Wawancara Informan A-1 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Dalam hasil observasi ini, dapat dilakukan analisis bahwa pendekatan perhitungan tersebut cukup membantu sebagai acuan operasional, namun belum sepenuhnya menggambarkan konsumsi aktual karena data yang dihasilkan bukan merupakan hasil pengukuran langsung, melainkan perhitungan estimatif. Semakin rendah RPM mesin dan kecepatan kapal, maka konsumsi bahan bakar cenderung lebih kecil, sedangkan peningkatan RPM dan kecepatan akan menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat. Walaupun hubungan tersebut secara teknik dapat diterima, hasil perhitungan manual tetap memiliki keterbatasan karena tidak memeperhitungkan seluruh kondisi aktual di lapangan, seperti cuaca, arus laut, beban kapal dan pola pengoperasian mesin. Temuan lainnya dari hasil wawancara dengan informan A-1 menegaskan bahwa:

“pencatatan manual yang dilakukan saat ini mungkin lebih menjadi dasar perhitungan dan pelaporan konsumsi estimasi, bukan sebagai representasi data real secara langsung yang di kaitkan dengan sistem monitoring. Oleh karena itu, masih terdapat selisih antara estimasi konsumsi dengan penggunaan bahan bakar yang sesungguhnya”

(Wawancara Informan A-1 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Temuan ini menunjukkan bahwa frekuensi pencatatan yang dilakukan setiap hari belum sepenuhnya menjamin akurasi data, karena kualitas informasi yang dihasilkan tetap bergantung pada metode estimasi yang digunakan. Dari hasil temuan ini dapat dikaitkan bahwa dalam konteks operasional kapal, pencatatan dan pelaporan harian memungkinkan perusahaan memperoleh gambaran penggunaan bahan bakar secara berkelanjutan. Data yang dicatat setiap harinya memungkinkan adanya informasi mengenai pola konsumsi, mempermudah proses perencanaan dan identifikasi potensi.. Dalam hal ini, pemanfaatan data operasional dari *Vessel*

*Monitoring System* (VMS) berpotensi memberikan informasi yang lebih objektif dan dapat digunakan sebagai alat bantu untuk memvalidasi perhitungan konsumsi bahan bakar yang selama ini dilakukan secara manual.

Potensi penggunaan VMS sebagai alat bantu proses pemantauan konsumsi bahan bakar didukung juga oleh data yang disediakan, seperti kecepatan, posisi jarak tempuh dan durasi pelayaran. Data tersebut digunakan sebagai alat menghitung estimasi konsumsi bahan bakar secara *real-time* sistem dengan laporan manual kru kapal, sehingga perusahaan memperoleh dasar analisis yang lebih objektif. Penggunaan VMS ini juga dikuatkan oleh penelitian Yusuf, *et al* (2025) yang menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT mampu meningkatkan akurasi data kontinuitas data konsumsi BBM, sedangkan Yiran Shi (2020) menyatakan bahwa sistem monitoring digital lebih menghasilkan akurasi data dibandingkan pencatatan manual. Selain itu, penelitian lain menurut Isikli, *et al* (2020) menegaskan bahwa variabel operasional seperti kecepatan dan jarak pelayaran memiliki pengaruh signifikan terhadap konsumsi bahan bakar. Dengan demikian, VMS memiliki potensi yang kuat untuk dimanfaatkan sebagai alat bantu analisis dan validasi pemantauan konsumsi bahan bakar kapal.

#### **4.2.1.3 Kesesuaian Data (Sistem & Aktual)**

Kesesuaian data antara sistem dan kondisi aktual merupakan indikator yang menunjukkan tingkat kecocokan antara data yang dihasilkan oleh sistem monitoring dengan keadaan yang sebenarnya terjadi di lapangan. Dalam teori kualitas data, konsep ini berkaitan erat dengan dimensi akurasi (*accuracy*) dan konsistensi (*consistency*).

Dalam penelitian ini, kesesuaian data diartikan sebagai tingkat kecocokan antara estimasi konsumsi bahan bakar yang dihitung berdasarkan data operasional dari *Vessel Monitoring System* (VMS), seperti kecepatan, jarak tempuh dan durasi pelayaran dengan data konsumsi bahan bakar yang dilaporkan oleh kru kapal melalui logbook. Hasil temuan yang dilakukan dalam aspek kesesuaian data yang telah dilakukan wawancara dengan *key informan*, menjelaskan bahwa:

“kalo untuk kesesuaian data antara sistem dan laporan kru, sejauh ini kalau terdapat deviasi atau perbedaan tetap ada, dimana laporan kru dilakukan dengan secara feeling terkait tingkat konsumsi setiap per-jam-nya, kita bisa melihat jumlah konsumsi per-jam-nya diangka berapa, namun memang tidak dapat menggambarkan sesuai kondisi aktual, hitungan manual ini juga mereka tidak melihat speed nya.”

(Wawancara Informan A-1 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Dari hasil temuan wawancara yang dilakukan menyatakan bahwa, kesesuaian data antara sistem dan pelaporan manual kru tetap ada *deviasi* (perbedaan). Perbedaan tersebut merupakan hal yang wajar karena data pelaporan masih bersifat estimasi dan sangat dipengaruhi oleh pengalaman kru dalam memperkirakan konsumsi bahan bakar berdasarkan RPM mesin, kecepatan kapal, serta standar liter per-jam yang telah ditetapkan perusahaan. Dengan demikian pola konsumsi yang dilaporkan umumnya mengikuti kondisi operasional kapal, angka yang tercatat belum sepenuhnya merepresentasikan penggunaan bahan bakar secara aktual. Hal ini juga dibuktikan bahwa pelaporan konsumsi bahan bakar yang dilakukan oleh kru kapal pada dasarnya masih berdasarkan perhitungan estimatif yang mengacu pada putaran mesin (RPM) kapal. Informan A-3 menyatakan bahwa:

“rpm kapal yang mempengaruhi jumlah konsumsi bahan bakar, jika rpm melampaui tinggi, sehingga konsumsi akan tinggi, namun pelaporan juga menyesuaikan perhitungan, namun ada beberapa hal juga yang mempengaruhi konsumsi, seperti cuaca, arus laut.”

(Wawancara Informan A-3 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Informan lainnya juga memberikan pernyataan bahwa perhitungan konsumsi pada kapal lain didasari oleh gerak mesin:

“perhitungan kami dari kru menggunakan patokan dari rpm, rpm semakin tinggi maka daya semakin tinggi pula, hal ini mempengaruhi konsumsi kapal.”

(Wawancara Informan A-4 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Temuan ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan antara data sistem dan data aktual sangat mungkin terjadi, karena dasar perhitungan yang digunakan kru masih bersifat estimasi dan hanya berfokus pada RPM kapal. Pendekatan ini secara teknis dapat memberikan estimasi yang cukup logis, namun belum sepenuhnya menggambarkan kondisi aktual karena tidak memperhitungkan seluruh faktor operasional lain, seperti cuaca, arus laut, beban kapal dan penggunaan mesin bantu. Oleh karena itu, meskipun laporan kru tetap dapat digunakan sebagai dasar pemantauan, hasilnya masih berpotensi menimbulkan *deviasi* apabila dibandingkan dengan kondisi konsumsi yang sebenarnya. Pada hasil temuan ini menunjukkan bahwa akurasi antara data dan sistem belum dikaitkan satu sama lain, sedangkan dalam aspek akurasi mengacu pada sejauh mana data merepresentasikan kondisi nyata, sedangkan konsistensi menunjukkan bahwa data tetap seragam dan tidak saling bertentangan antar sumber. Guillen-Aguinaga dan Aguinaga-Ontoso (2025), menjelaskan bahwa data yang berkualitas harus valid, akurat, tepat waktu dan konsisten agar dapat digunakan secara andal dalam proses monitoring dan pengambilan keputusan. Dengan demikian, semakin kecil perbedaan antara data sistem dan data aktual, semakin tinggi tingkat kepercayaan terhadap hasil analisis yang dilakukan.

Maka dalam konteks penelitian ini, hal tersebut memperkuat pentingnya pemanfaatan *Vessel Monitoring System (VMS)* sebagai sumber data operasional

yang lebih objektif, sehingga dapat digunakan sebagai alat pemabnding untuk memvalidasi hasil perhitungan manual dengan data yang tertera, seperti kecepatan dan data pendukung lainnya (jarak tempuh dan durasi pelayaran). Dari data hasil perhitungan tersebut nantinya diharapkan perusahaan memperoleh gambaran konsumsi bahan bakar yang lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

#### **4.2.2 Penggunaan *Vessel Monitoring System* (VMS) dalam pengukuran konsumsi bahan bakar**

Penggunaan *Vessel Monitoring System* (VMS) dalam pengukuran konsumsi bahan bakar didasarkan pada kemampuan sistem untuk merekam data operasional kapal secara otomatis, seperti posisi, kecepatan, jarak tempuh dan durasi pelayaran. Data-data tersebut merupakan variabel utama yang memiliki hubungan langsung dengan tingkat penggunaan bahan bakar, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menghitung estimasi konsumsi bahan bakar secara lebih objektif. Menurut Yiran Shi *al* (2020), variabel operasional kapal, khususnya kecepatan dan kondisi pelayaran, memiliki pengaruh signifikan terhadap konsumsi bahan bakar dan dapat digunakan untuk menghasilkan analisis yang lebih akurat. Dengan demikian, sistem pelacakan seperti VMS dapat berfungsi tidak hanya sebagai alat pemantauan posisi kapal, tetapi juga sumber data untuk mendukung perhitungan konsumsi bahan bakar.

Penelitian Yusuf, *et al* (2025) menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis digital dan *Internet of Things* (IoT) mampu menyediakan data konsumsi secara *real-time* dan berkelanjutan, sehingga meningkatkan akurasi serta mempermudah proses evaluasi operasional. Temuan serupa disampaikan oleh Yiran Shi (2020), yang menyatakan bahwa sistem monitoring digital lebih konsisten

dibandingkan pencatatan manual karena data diperoleh secara otomatis dan dapat digunakan sebagai dasar verifikasi. Selain itu, penelitian Guillen-Aguinaga & Aguinaga-Ontoso (2025), menegaskan bahwa integritas data operasional kapal dapat meningkatkan keandalan analisis konsumsi bahan bakar. Berdasarkan teori dan penelitian terdahulu, VMS dalam penelitian ini dipandang sebagai alat yang potensial untuk menghubungkan data operasional kapal dengan perhitungan konsumsi bahan bakar, sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara lebih objektif, terukur dan berbasis data.

Hubungan antara kecepatan kapal dan konsumsi bahan bakar telah dibuktikan dalam berbagai penelitian. Zhou, *et al* (2024) menunjukkan bahwa kecepatan merupakan salah satu variabel yang paling berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, semakin tinggi kecepatan kapal, semakin besar data mesin yang dibutuhkan, sehingga konsumsi bahan bakar meningkat. Penelitian mengenai penerapan *Artificial Intelligence* dalam navigasi kapal juga menemukan bahwa optimasi kecepatan dan pemilihan rute dapat menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 15-25%. Temuan ini menegaskan bahwa analisis kecepatan sangat penting dalam upaya memahami dan memantau penggunaan bahan bakar kapal.

Dalam penelitian ini, model perhitungan konsumsi bahan bakar berbasis kecepatan dilakukan dengan menghubungkan data kecepatan dari VMS dengan standar konsumsi liter per-jam (/jam) yang telah ditetapkan perusahaan. Secara sederhana, estimasi konsumsi dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Konsumsi BBM} = \text{Standar Konsumsi (liter/jam)} \times \text{Durasi Operasi (jam)}$$

Durasi operasi diperoleh dari data *tracking*, sedangkan interpretasi hasilnya mempertimbangkan variasi kecepatan kapal. Apabila kapal beroperasi pada

kecepatan yang lebih tinggi, maka RPM mesin cenderung meningkat dan konsumsi bahan bakar akan lebih besar. Sebaliknya, kecepatan yang lebih rendah akan menghasilkan konsumsi yang lebih kecil. Dengan pendekatan ini, VMS dapat digunakan sebagai alat analisis untuk membandingkan estimasi konsumsi berdasarkan data operasional dengan laporan aktual kru kapal, sehingga proses pemantauan menjadi lebih objektif dan terukur.

Temuan ini sejalan dengan Jusuf, *et al* (2025) yang menunjukkan bahwa sistem monitoring digital mampu menyediakan data *real-time* untuk evaluasi konsumsi bahan bakar, serta Guillen-Aguinaga dan Aguinaga-Ontoso (2025) yang menyatakan bahwa monitoring berbasis teknologi meningkatkan konsistensi dan akurasi pencatatan. Oleh karena itu, pemanfaatan VMS dalam penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk menghubungkan data *tracking* dengan konsumsi bahan bakar dan mendukung analisis hubungan kecepatan terhadap penggunaan bahan bakar kapal.

#### **4.2.2.1 Keterkaitan Data Tracking dengan Konsumsi BBM**

Keterkaitan antara data *tracking* kapal dan konsumsi bahan bakar didasarkan pada prinsip bahwa penggunaan bahan bakar sangat dipengaruhi oleh parameter operasional kapal, terutama kecepatan, jarak tempuh dan durasi pelayaran. *Vessel Monitoring System* (VMS) yang digunakan merekam parameter tersebut secara otomatis dan berkelanjutan, sehingga data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar untuk menghitung estimasi konsumsi bahan bakar. Dalam hasil temuan yang dilakukan peneliti bahwa, kru kapal belum melakukan terkait penggunaan VMS sebagai bahan analisis konsumsi bahan bakar, hal ini dibuktikan

dengan wawancara oleh peneliti yang dilakukan dengan informan A-3 selaku kru kapal, diketahui keterkaitan data *tracking* sistem dan konsumsi bahwa:

“akurasi pencatatan SOG VMS tracking kapal yang kami punyai ada digunakan namun untuk pemantauan tidak kami lakukan, kami menggunakan manual, namun ada rencana pemasangan sistem untuk alat pendeteksi pencatatan tetapi belum tau kapan, jadi untuk pencatatan masih tergantung perhitungan manual standar saja.”

(Wawancara Informan A-3 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Hal ini ditanyakan juga dengan informan lainnya, yang mengatakan bahwa akurasi pencatatan mereka berdasarkan:

“akurasi pencatatan sesuai apa yang kami lakukan dan kerjakan saja dan masukkan sesuai perhitungan standar saja.”

(Wawancara Informan A-4 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Dari hasil wawancara ini dibuktikan pula dengan pernyataan yang diberikan oleh informan A-1 selaku *key informan* penelitian ini, yang menyatakan bahwa:

“memang benar, sejauh ini pencatatan belum dikaitkan dengan sistem VMS yang kami miliki, tetapi perhitungan dilakukan dengan manual, dimana baru hanya dikaitkan dengan RPM nya dilihat pergerakan tiap jam kapal, cuma memang tidak bisa menggambarkan kondisi aktual, jadi pasti ada deviasi antara sistem dan hitungan manual mengenai konsumsi BBM.”

(Wawancara Informan A-1 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Dapat dikatakan dari hasil wawancara yang dilakukan dengan beberapa informan menunjukkan bahwa hingga saat ini belum terdapat keterkaitan langsung antara data dari *Vessel Monitoring System* (VMS) dengan proses pencatatan konsumsi bahan bakar. Sistem VMS masih digunakan terutama untuk memantau posisi dan pergerakan kapal, sedangkan pelaporan konsumsi bahan bakar tetap dilakukan secara manual berdasarkan perhitungan jam kerja mesin. Temuan ini menunjukkan bahwa perusahaan sebenarnya telah memiliki dua (2) sumber informasi yang saling melengkapi, yaitu data *tracking* dari VMS dan data konsumsi yang dicatat oleh kru kapal. Secara teoritis, sebagaimana dijelaskan oleh Zhou, *et*

al (2024), variabel operasional seperti kecepatan, jarak tempuh dan durasi pelayaran memiliki hubungan langsung dengan konsumsi bahan bakar Guillen-Aguinaga dan Aguinaga-Ontoso (2025) menegaskan bahwa sistem monitoring digital dapat meningkatkan akurasi dan konsistensi data dibandingkan dengan pencatatan manual. Oleh karena itu, walaupun saat ini keterkaitan antara sistem dan pencatatan konsumsi diterapkan, hasil wawancara menunjukkan bahwa data yang tersedia juga memiliki potensi besar untuk diintegrasikan, sehingga VMS dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu validasi dan analisis pemantauan konsumsi bahan bakar kapal secara lebih objektif dan berbasis data.

#### **4.2.2.2 Analisis Hubungan Kecepatan dan Konsumsi**

Analisis hubungan antara kecepatan kapal dengan konsumsi bahan bakar didasarkan pada prinsip bahwa peningkatan kecepatan akan meningkatkan kebutuhan daya mesin, sehingga jumlah bahan bakar yang digunakan juga bertambah. Secara teknis, hambatan kapal di air meningkat secara non-linear seiring bertambahnya kecepatan, sehingga mesin harus bekerja lebih keras untuk mempertahankan laju kapal. Berdasarkan temuan dari hasil wawancara yang dilakukan mengenai pengaruh kecepatan sebagai perhitungan untuk mengetahui jumlah konsumsi bahan bakar selama pelayaran berlangsung, dibuktikan dari hasil temuan oleh informan A-3 yang menyatakan bahwa:

“kecepatan kapal bukan termasuk yang mempengaruhi, namun pemakaian selama arus, cuaca dimana RPM nantinya dapat melampaui angka tinggi, sehingga konsumsi nantinya tinggi, beban muatan juga dapat mempengaruhi tingkat konsumsi bahan bakar”

(Wawancara Informan A-3 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Informan lainnya juga menyatakan pendapat terkait kecepatan dan konsumsi bahan bakar, bahwa:

“kalo kecepatan, patokan kita RPM , jika RPM semakin tinggi maka daya akan tinggi juga yang dapat mempengaruhi konsumsi, kecepatan tergantung cuaca, lawan arus atau ikut arus.”

(Wawancara Informan A-4 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Dalam pendapat yang diutarakan oleh informan yang berperan menjadi kru kapal bertugas, dapat disimpulkan bahwa konteks kecepatan itu akan berpengaruh dari kondisi lapangan atau laut. Jika kondisi cuaca dan arus laut mempengaruhi gerak kapal, maka jika RPM yang tertera di kapal tinggi konsumsi yang akan digunakan tinggi, namun jika RPM rendah maka konsumsi yang akan digunakan juga rendah. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan kapal yang dapat dipengaruhi oleh berbagai hal khususnya cuaca dan arus laut, maka RPM mesin dan beban kerja mesin cenderung meningkat, sehingga konsumsi bahan bakar juga lebih besar. Sebaliknya, kecepatan yang lebih rendah umumnya menghasilkan konsumsi yang lebih kecil. Oleh karena itu, analisis hubungan kecepatan dan konsumsi bahan bakar menjadi dasar penting dalam menilai potensi VMS sebagai alat pemantauan konsumsi bahan bakar kapal secara lebih objektif dan berbasis data. Dalam perhitungan kecepatan sebagai acuan hitung konsumsi bahan bakar dibuktikan dengan teori (Zhou et al., 2024), menyatakan bahwa kecepatan kapal merupakan faktor yang paling dominan dalam model prediksi konsumsi bahan bakar, di mana peningkatan kecepatan secara konsisten diikuti oleh peningkatan konsumsi.

Penelitian mengenai penerapan *Artificial Intelligence* dalam navigasi kapal juga menunjukkan bahwa pengaturan kecepatan dan pemilihan rute yang optimal

dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 15-25%. Selain itu, penelitian tentang pengaruh arus pasang suruh membuktikan bahwa perubahan kecepatan efektif kapal dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar hingga 2,46%. Hasil-hasil tersebut menegaskan bahwa analisis kecepatan sangat penting dalam memahami pola konsumsi bahan bakar kapal.

#### **4.2.2.3 Model Perhitungan Konsumsi Berbasis Kecepatan**

Model perhitungan konsumsi bahan bakar berbasis kecepatan merupakan pendekatan yang menggunakan data kecepatan kapal, durasi pelayaran dan standar konsumsi mesin untuk mengestimasi jumlah bahan bakar yang digunakan selama operasi. Dasar teorinya adalah bahwa kecepatan kapal berhubungan langsung dengan beban kerja mesin, ketika kecepatan meningkat, kebutuhan daya mesin dan konsumsi bahan bakar juga meningkat.

Adapun hasil temuan terkait perhitungan kecepatan dapat menjadi model perhitungan dalam proses pemantauan konsumsi bahan bakar, informan A-2 menyatakan bahwa:

“model perhitungan kecepatan bisa membantu analisis konsumsi BBM, perhitungan dapat dilakukan dari harian, konsumsi yang berasal dari rumusan excel perusahaan untuk melihat konsumsi BBM, tetapi juga dapat dilihat dari memori internal perusahaan atau dikenal dengan memorandum, namun dalam memori internal ini juga harus dilihat apakah perekaman dapat dijadikan analisis lebih lanjut.”

(Wawancara Informan A-2 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Dengan demikian, bahwa model perhitungan konsumsi bahan bakar berbasis kecepatan dapat membantu perusahaan dalam melakukan analisis penggunaan bahan bakar secara lebih terstruktur. Perhitungan dapat dilakukan setiap hari dengan memanfaatkan data kecepatan dan durasi operasi kapal yang diolah menggunakan rumus Excel perusahaan serta mengacu pada memorandum internal yang memuat standar konsumsi masing-masing kapal. Menurut informan,

kombinasi antara data *tracking*, formula perhitungan dan standar internal tersebut dapat memberikan estimasi konsumsi bahan bakar yang cukup representatif untuk keperluan monitoring dan evaluasi operasional.

Namun demikian, informan lain juga menekankan bahwa data *tracking* dari sistem tidak selalu sepenuhnya akurat. Dalam kondisi tertentu, data dapat mengalami kesalahan atau deviasi akibat gangguan sinyal, keterlambatan transmisi atau ketidaksempurnaan perekaman posisi dan kecepatan kapal, dibuktikan dengan hasil wawancara yang dilakukan dengan informan A-4, bahwa:

“tracking sistem VMS, menurut saya kayak tidak terlalu akurat, biasanya kecepatan real dapet di gps speed 4/5 knot, tapi ditracking hanya 3 knot. Jadi menurut saya sistem tidak begitu sinkron dengan kondisi aktual.”

(Wawancara Informan A-4 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Adapun pendapat menurut key informan bahwa deviasi antara sistem dan pencatatan itu tetap ada, informan A-1 menyatakan bahwa:

“kalau perbedaan antara data sistem dan laporan kru, sejauh ini pasti tetap ada deviasinya, namun perlu diketahui bahwa kru juga memiliki batasan dalam proses analisis.”

(Wawancara Informan A-1 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Adanya keterangan mengenai keterbatasan kru kapal bertugas untuk dapat melakukan analisis lebih lanjut juga dikatakan oleh informan A-3, menyatakan bahwa:

“peran sistem tracking dioperasional menurut saya bagus jika digunakan untuk pemantauan konsumsi, namun perlu diingat bahwa kita juga harus menyesuaikan upah gaji karyawan, dimana upah kita cenderung kecil sehingga menurut saya ada keterbatasan dalam analisa lebih lanjut”

(Wawancara Informan A-3 pada tanggal Kamis, 07 Mei 2026)

Berdasarkan pandangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa model perhitungan konsumsi bahan bakar berbasis kecepatan layak digunakan sebagai alat bantu analisis, tetapi tidak dapat dijadikan satu-satunya sumber informasi. Data *tracking* VMS sebaiknya diposisikan sebagai instrumen pendukung yang digunakan bersama rumus Excel perusahaan, memorandum internal dan laporan aktual kru kapal. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat memperoleh hasil analisis yang lebih objektif sekaligus tetap mempertimbangkan kemungkinan adanya kesalahan data sistem.

Namun, dalam hasil wawancara oleh informan lain A-3, menyatakan bahwa mendukung pemanfaatan VMS sebagai alat bantu analisis, karena sistem tersebut dapat memberikan data yang lebih objektif dan mempermudah proses pembuktian apabila terjadi perbedaan antara estimasi dan kondisi aktual, akan tetapi agar implementasinya berjalan efektif, diperlukan pelatihan, pembagian tugas yang jelas, serta dukungan perusahaan perusahaan dalam bentuk penghargaan atau penyesuaian upah sesuai beban kerja tambahan. Pandangan ini menunjukkan bahwa keberhasilan penerapan sistem tidak hanya bergantung pada ketersediaan teknologi, tetapi juga pada kesiapan sumber daya manusia dan kebijakan manajerial yang mendukung.

Untuk membuktikan bahwa data kecepatan kapal dapat digunakan sebagai dasar perhitungan estimasi konsumsi bahan bakar, penelitian ini menyusun model perhitungan berbasis data *tracking* yang diperoleh dari *Vessel Monitoring System* (VMS). Gagasan terkait analisis perhitungan kecepatan ini didukung oleh Zhou, *et al* (2024), membuktikan bahwa kecepatan merupakan variabel operasional paling dominan dalam model prediksi konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, data

kecepatan yang diperoleh dari *Vessel Monitoring System* (VMS) dapat digunakan sebagai variabel utama untuk mengestimasi konsumsi bahan bakar melalui integrasi antara kecepatan rata-rata, durasi pelayaran dan standar konsumsi mesin (liter/jam).

Analisis perhitungan dengan VMS menggunakan kecepatan rata-rata dan jarak pelayaran dilakukan setelah proses pelayaran selesai, selanjutnya data kecepatan rata-rata, durasi operasi dan jarak tempuh diolah menggunakan rumus perhitungan. Hasil perhitungan tersebut menghasilkan estimasi konsumsi bahan bakar yang kemudian dibandingkan dengan laporan konsumsi aktual yang disampaikan oleh kru kapal. Secara operasional, perhitungan dilakukan dengan menentukan kecepatan rata-rata (setiap jam per-harinya) dalam suatu perjalanan dari pelabuhan muat (*Port of Load*) sampai dengan pelabuhan bongkar (*Port of Discharge*), yang kemudian dilakukan perhitungan perkalian antara kecepatan dengan jarak total rute perjalanan per-hari-nya.

Model perhitungan konsumsi bahan bakar berbasis kecepatan merupakan pendekatan kuantitatif yang digunakan dalam sistem *Vessel Monitoring System* (VMS) untuk mengestimasi jumlah konsumsi bahan bakar kapal selama satu pelayaran. Dalam penelitian ini, model tersebut diformulasikan berdasarkan dua variabel utama yang diperoleh secara *real-time* dari perangkat GPS/AIS yang terpasang di atas kapal atau disebut dengan *Speed On Ground* (SOG) dengan penamaan sistem pelacakan VMS (*Vessel Monitoring System*), yaitu kecepatan rata-rata kapal (dalam satuan knot) dan jarak pelayaran dari *Port of Loading* (POL) menuju *Port of Discharging* (POD) dalam satuan *Nautical Miles* (Nm).

Secara matematis, estimasi perhitungan konsumsi bahan bakar oleh VMS dapat dinyatakan sebagai berikut:

**Konsumsi VMS =**

$$\text{Kecepatan Rata – rata (Knot)} \times \text{Jarak Pelayaran (Nm)} \times \text{Durasi Pelayaran (Hari)}$$

Kecepatan rata-rata yang digunakan merupakan nilai dihitung dari total kecepatan selama pelayaran dibagi dengan 24 jam (konversi ke hari pelayaran) dengan menyesuaikan jumlah total pelayaran, sebagaimana yang terbaca oleh sistem VMS. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa konsumsi bahan bakar bersifat proporsional terhadap kecepatan dan jarak tempuh kapal, yang secara teoritis mengikuti prinsip *ubic law of fuel consumption* dalam ilmu *naval architecture*, di mana konsumsi bahan bakar meningkat secara kubik seiring peningkatan kecepatan. Namun demikian, pada implementasi praktis dalam data ini, VMS menggunakan pendekatan linear berbasis produk kecepatan dikalikan jarak (*speed × distance*) tanpa pembobotan koefisien tambahan seperti koefisien kondisi muatan maupun faktor cuaca. Hal ini menjadi salah satu aspek kritis yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil.

Data hasil pemantauan VMS selama periode Januari hingga Oktober 2025 mencakup 49 *shipment* dari berbagai rute pelayaran di wilayah perairan Indonesia, khususnya Kalimantan, Sulawesi, Jawa dan Papua. Setiap entri data memuat informasi rute (POL – POD), jarak pelayaran, kecepatan rata-rata, durasi pelayaran, konsumsi hasil kalkulasi VMS, estimasi konsumsi berdasarkan *budgeting* perusahaan, laporan manual kru kapal dan didapatkan dari hasil pelaporan *noon report* dan hasil persentase akurasi. Data lengkap disajikan pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Model Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Kapal Menggunakan VMS

Periode	Kapal	Port of Loading	Point of Discharging	Jarak (Nm)	Rata-rata Kecepatan (Knot)	Durasi (Hari)	Konsumsi VMS (liter)	Estimasi Budgeting (liter)	Laporan Kru (liter)	Presentase Hasil Akurasi Konsumsi (VMS dengan Laporan Manual Kru)
Jan-25	S16/17	Tj Bakau	Balikpapan	161,3	3,2	14	7226	14054	18475	39,11%
Jan-25	S12	Jakarta	Kintap	537,96	4,1	8	17645	66264	69057	79,27%
Jan-25	S12	KINTAP	Samarinda	844,84	4,5	3	11405			
Jan-25	S12	SAMARINDA	Senyur	969,52	5,3	5	25692			
Jan-25	S14/15	APAR	Tj Bakau	224,72	3,1	10	6966	14433	15379	45,30%
Jan-25	S9	Bontang	Sangatta	33,15	7	7	1624	4593	4102	72%
Jan-25	S9	Samarinda	Balikpapan	91,06	2,1	7	1339			
Jan-25	S14/15	Tj Bakau	Balikpapan	161,3	3,1	15	7500	14054	7700	97%
Jan-25	S9	Sangatta	Samarinda	235	2,5	14	8.225	12802	13166	62%
Jan-25	S9		Balikpapan							
Feb-25	S16/17	Tanah Grogot (PASER)	Balikpapan	61,78	2,1	13	1687	6597	8815	19%
Feb-25	S16/17	Buluminung	Tj Bakau	170,35	2	16	5451	13680	14387	38%
Feb-25	S12	Jakarta	Sungai Putting	560,98	3	19	31976	39523	37440	85%
Feb-25	S14/15	Tj Bakau	Balikpapan	161,3	2,7	4	1742	14054	14845	12%
Feb-25	S16/17	Sebakis	Bontang	368,05	2,6	30	28708	23963	27249	105%
Feb-25	S9	Jakarta	Senyur	969,52	2,4	26	60498	52140	53776	113%
Mar-25	S12	Jakarta	Senyur	969,52	4,4	16	68254		69166	99%
Mar-25	S14/15	Balukung	Tj Bakau	513,3	3	16	24638	30933	31787	78%
Mar-25	S9	SENYIUR	SANGKULIRANG	261,88	2,7	12	8485	18813	16054	53%
Mar-25	S16/17	Sebulu	Balikpapan	121,95	2	11	2549	10679	12490	20%

Apr-25	S12	Sangatta	Jakarta	890,26	2,4	19	40596	34364	34995	116%
Apr-25	S12	Jakarta	Sangkulirang	1231,43	1,7	14	29308	33374	33025	89%
Apr-25	S16/17	Tj Bakau	Balikpapan	161,3	3,7	19	11339	13934	13000	87%
Apr-25	S14/15	Balukung	Tj Bakau	513,3	1,9	24	23406	33903	40255	58%
Apr-25	S16/17	Babana	Balikpapan	154,99	3,4	24	12647	12464	13725	92%
Mei-25	S14/15	Hasnur	Tj Bakau	1186,77	1,6	23	43673	35933	35849	122%
Mei-25	S14/15	Balukung	Tj Bakau							
Mei-25	S12	Lati	Senyur	355,54	5,5	13	25.421	27622	29265	87%
Mei-25	S16/17	Kapuas	Balikpapan	429,06	1,9	28	22.826	28222	27700	82%
Mei-25	S12	Sungai Puting	Sebamban	186,45	3,9	10	7.272	16190	12526	58%
Jun-25	S14/15	Buol	Tj Bakau	242,3	2,7	12	7.851	19500	19615	40%
Jun-25	S14/15	APAR	Tj Bakau	224,72	2,7	13	7.888	14073	14086	56%
Jun-25	S12	Jakarta	Merauke	2060,39	1,3	47	125.890	132691	59522	212%
Jun-25	S9	Sebamban	Palembang	764,7	4	13	39.764	26707	28006	142%
Jun-25	S16/17	Labanan	Balikpapan	391,86	2,8	22	24.139	26152	29980	81%
Jul-25	S12	MERAUKE	BOVEN DIGUL	538,7	3	11	17.777	80350	81524	22%
Jul-25	S14/15	Sebakis	Tj Bakau	374,26	3,4	20	25.450	26467	27772	92%
Jul-25	S16/17	Babana	Balikpapan	154,99	1,8	25	6.975	14650	15060	46%
Jul-25	S9	Jakarta	Banjarmasin	539,02	2,1	30	33.958	18649	27792	122%
Jul-25	S14/15	Buluminung	Tj Bakau	170,35	1,5	9	2.300	11443	11546	20%
Agt-25	S9	Jakarta	Kelanis	599,27	2,8	19	31.881	32458	35889	89%
Agt-25	S16/17	Muara Teweh	Balikpapan	595,47	2,2	41	53.711	39401	44367	121%
Agt-25	S14/15	Sebakis	Balikpapan	477,08	3,2	23	35.113	25440	30561	115%
Agt-25	S14/15	Benua Puhun	Tj Bakau	213,98	3	14	8.987	13863	15940	56%
Agt-25	S12	Weda	Morowali	553,34	3,7	16	32.758	16628	28761	114%
Sep-25	S9	Asam-Asam	Kintap	8,95	4	3	107	4222	8495	1%

Sep-25	S9	Satui ASAM ASAM ARUTMIN	Balikpapan	191,1	3,5	5	3.344	4222	4156	80%
Sep-25	S16/17	Muara Teweh	Balikpapan	587,6	2,7	26	41.250	37553	40167	103%
Sep-25	S12	Sangatta	Separi	128,28	4,5	14	8.082	60328	65084	91%
Sep-25	S12	SEPARI	Batam	1130,06	3,5	13	51.418			
Sep-25	S11	Jakarta	Bontang	955,95	2,1	21	42157	40923	43000	98%
Sep-25	S11		Indexim							
Sep-25	S9	Surabaya	Sangkalirang	668,24	2,3	20	30.739	27559	30437	101%
Sep-25	S14/15	Benua Puhun	Tj Bakau	213,98	2,7	17	9.822	15417	16136	61%
Okt-25	S11	Sangatta	Balikpapan	148,01	1,7	10	2.516		8063	31%
Okt-25	S14/15	Benua Puhun	Tj Bakau	213,98	2,4	11	5.649	14977	13438	42%
Okt-25	S16/17	Marabahan	Balikpapan	380,63	4,4	7	11.723	25042	25744	46%
Okt-25	S11	Satui	Batam	807,03	2,3	17	31.555	30156	30051	105%
<b>Total Hasil Presentase Akurasi Antara VMS dengan Laporan Manual Kru Kapal</b>									<b>76,38%</b>	

Sumber: Data Olahan Peneliti dari Sistem VMS 2025

Berdasarkan data pada Tabel 4.2, diperoleh total rata-rata presentase akurasi antara konsumsi yang terhitung oleh VMS dengan laporan manual kru kapal sebesar 76,38%. Nilai ini mengindikasikan bahwa secara umum, model berbasis kecepatan dalam VMS mampu mendekati realisasi konsumsi aktual di lapangan antara perhitungan manual oleh kru kapal, namun dengan tingkat dispersi yang cukup tinggi antar rute. Dari keseluruhan 49 *shipment* yang dianalisis, terdapat variasi akurasi yang sangat lebar, mulai dari nilai terendah sebesar 1% pada rute Asam-Asam menuju Kintap (jarak hanya 8,95 Nm) hingga nilai tertinggi sebesar 212% pada rute Jakarta menuju Merauke (jarak 2.060,39 Nm). Distribusi nilai akurasi dapat dikategorikan sebagai berikut:

- (1) Akurasi sangat tinggi ( $>90\%$  hingga  $\leq 110\%$ ): terdapat pada 16 *shipment* atau sekitar 32,6% dari total data, menunjukkan bahwa pada kondisi pelayaran tertentu, model VMS memberikan estimasi yang cukup andal.
- (2) Akurasi rendah ( $<50\%$ ): terdapat pada 14 *shipment* atau 28,5% dari total data, mengindikasikan adanya faktor-faktor di luar variabel kecepatan dan jarak yang secara signifikan mempengaruhi konsumsi aktual.
- (3) Akurasi berlebih ( $>110\%$ ): terdapat pada 9 *shipment* atau sekitar 18,3% dari total data, yang berarti VMS memprediksi konsumsi lebih tinggi dari laporan kru.

Ketidakkuratan yang signifikan, baik *underestimate* atau *overestimate*, teridentifikasi terutama pada: (a) rute dengan jarak sangat pendek ( $<100$  Nm), di mana proporsi waktu kapal dalam kondisi manuver, bongkar muat atau idle lebih dominan; (b) rute jarak sangat jauh ( $>1500$  Nm) seperti Jakarta – Merauke, yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh variasi kondisi laut, perbedaan draft dan perubahan kecepatan angin; serta (c) pelayaran dengan durasi panjang ( $>30$  hari) yang meningkatkan kemungkinan terjadinya deviasi dari kondisi pelayaran normal.

Dalam penelitian ini, konsumsi bahan bakar dievaluasi dari tiga sumber data yang berbeda: (1) hasil kalkulasi VMS berbasis kecepatan, (2) estimasi perhitungan *shipment budgeting* perusahaan dan (3) realisasi laporan harian manual kru kapal. Perbandingan ketiga sumber ini penting untuk mengidentifikasi sejauh mana masing-masing pendekatan saling mendukung atau saling bertentangan. Secara keseluruhan, terdapat kecenderungan bahwa nilai *budgeting* perusahaan lebih konservatif (lebih tinggi) dibandingkan laporan kru untuk rute-rute jarak pendek hingga menengah, namun hal ini memiliki alasan dikarenakan estimasi

tersebut digunakan untuk konsumsi yang digunakan ketika kapal berpindah dari pelabuhan terakhir kapal untuk kemudian ditarik untuk ke pelabuhan muat dan ketika kapal telah selesai bongkar untuk kemudian ditarik ke posisi untuk kapal dapat parkir di laut menunggu info pelayaran selanjutnya. Pencatatan konsumsi jauh lebih rendah dari estimasi VMS pada laporan manual kru (59.522 liter realisasi vs 125.890 liter VMS). Hal ini mengindikasikan kemungkinan terjadinya *underreporting* dalam laporan manual kru pada pelayaran berbiaya tinggi. Namun, peneliti menemukan beberapa pencatatan dari sistem VMS terdapat hal yang tidak tercatat dalam sistem pada tanggal 15 November – 17 Desember 2025 untuk kapal S14/15 yang tidak tercatat oleh sistem setiap 24 jam nya. Dan tanggal 2 September pada kapal S16/17 jumlah total pencatatan sistem hanya 12 jam (<24 jam). Hal ini dibuktikan dengan hasil dokumentasi sistem pada 2 kapal tersebut.

VesselNar	DateTime(GMT)	Speed(Knot)
14	14/11/2025 18.19	0,00
14	18/11/2025 12.22	1992752000000000,00
14	18/11/2025 13.22	2789852800000000,00
14	18/11/2025 14.22	2690215200000000,00
14	18/11/2025 15.22	25905776,00
14	18/11/2025 16.22	2789852800000000,00
14	18/11/2025 17.22	2789852800000000,00
14	18/11/2025 18.22	2789852800000000,00
14	18/11/2025 19.22	2789852800000000,00
14	18/11/2025 20.22	2690215200000000,00
14	18/11/2025 21.15	25905776,00

Gambar 4. 3 Hasil Temuan Dokumentasi Sistem Kapal S14/15  
Sumber: Data Operasional VMS Perusahaan 2025

VesselNar	DateTime(GMT)	Speed(Knot)
16	02/09/2025 00.05	27.898.528.000.000.000
16	02/09/2025 11.27	30.887.656.000.000.000
16	02/09/2025 12.27	28.894.904
16	02/09/2025 13.27	30.887.656.000.000.000
16	02/09/2025 14.27	28.894.904
16	02/09/2025 15.27	31.884.032
16	02/09/2025 16.27	32.880.408
16	02/09/2025 17.27	32.880.408
16	02/09/2025 18.27	33.876.784.000.000.000
16	02/09/2025 19.27	31.884.032
16	02/09/2025 20.27	30.887.656.000.000.000
16	02/09/2025 21.27	32.880.408

Gambar 4. 4 Hasil Temuan Dokumentasi Sistem Kapal S16/17  
Sumber: Data Operasional VMS Perusahaan 2025

Dari hasil yang ditemukan, perbedaan ini sejalan dengan temuan Stophord (2009) yang menyatakan bahwa laporan konsumsi bahan bakar dari krup kapal rentan terhadap bias pelaporan akibat adanya standar perhitungan yang telah ditentukan. Di sisi lain, keterbatasan VMS dalam masa pengoperasiannya yang mungkin membutuhkan kajian ulang terkait keberjalanan sistem tersebut untuk dapat melakukan pencatatan yang lebih konkrit setiap jamnya, hal ini untuk memudahkan dalam proses analisis menggunakan model VMS. Model VMS juga memiliki keterbatasan dalam analisis yang hanya mengandalkan  $speed \times distance$  tanpa mempertimbangkan faktor kondisi mesin, arus laut dan muatan menyebabkan estimasinya tidak selalu akurat.

Model perhitungan konsumsi bahan bakar berbasis kecepatan yang digunakan dalam VMS memiliki landasan teoritis yang kuat dalam literatur *maritime engineering* dan *ship performance monitoring*. Beberapa penelitian terdahulu yang relevan diuraikan sebagai berikut.

Pertama, Zhou, *et al* (2024) dalam penelitiannya “*A Novel Approach to Enhancing the Accuracy of Prediction in Ship Fuel Consumption*” menyimpulkan bahwa data operasional kapal seperti kecepatan, durasi pelayaran dan jarak tempuh memiliki pengaruh dominan dalam perhitungan estimasi konsumsi bahan bakar kapal. Penelitian tersebut menyatakan bahwa integrasi data antara AIS/VMS dengan model prediksi mampu meningkatkan akurasi analisis konsumsi bahan bakar dibandingkan metode estimasi konvensional. Temuan ini sejalan dengan penelitian ini yang menggunakan data tracking VMS sebagai dasar perhitungan konsumsi bahan bakar kapal.

Kedua, Du et al. (2022) dalam penelitian bertajuk “*Data fusion and machine learning for ship fuel efficiency modeling: Part II - Voyage report data, AIS data and meteorological data*” telah menunjukkan bahwa integrasi data AIS, data meteorologi dan data pelayaran mampu meningkatkan kualitas analisis konsumsi bahan bakar karena faktor cuaca dan kondisi laut turut mempengaruhi hasil monitoring. Temuan ini mendukung posisi penelitian saat ini yang menemukan bahwa terdapat porsi ketidakakuratan VMS yang tidak dapat dijelaskan sematamata oleh variabel kecepatan dan jarak, sebagaimana juga disampaikan oleh informan penelitian terkait adanya pengaruh kondisi operasional di lapangan.

Ketiga, Zhang, et al (2023) dalam penelitian “*Research on carbon intensity prediction method for ships based on sensors and meteorological data*” menjelaskan bahwa variabel operasional kapal memiliki pengaruh signifikan terhadap estimasi konsumsi bahan bakar, sehingga data tracking dapat dimanfaatkan sebagai dasar analisis konsumsi kapal. Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini, di mana data kecepatan dan durasi operasi dari VMS mampu menghasilkan estimasi konsumsi yang cukup mendekati laporan aktual dengan tingkat kesesuaian sebesar 76,38%. Hal ini menunjukkan bahwa VMS memiliki kemampuan yang cukup baik untuk digunakan sebagai alat monitoring operasional.

Dalam penelitian lainnya yang mendukung hasil dari tingkat presentasi yang diolah penulis, menurut (Lee et al., 2023) dalam studi tentang “*Emission estimation of marine traffic using vessel characteristics and AIS-data*” menegaskan bahwa estimasi konsumsi berbasis AIS sangat dipengaruhi oleh akurasi data kecepatan, rute pelayaran dan asumsi operasional kapal, dengan demikian dengan rata-rata

akurasi 76,38% yang diperoleh dalam penelitian ini. Hal ini menunjukkan bahwa deviasi antara data sistem dan laporan kru kapal masih berada dalam batas yang wajar untuk kebutuhan monitoring operasional.

Berdasarkan hasil analisis terhadap 49 *shipment* selama periode Januari – Oktober 2025, model perhitungan konsumsi berbasis kecepatan yang diimplementasikan dalam sistem VMS menunjukkan rata-rata akurasi sebesar 76,38% apabila dibandingkan dengan laporan konsumsi manual kru kapal. Nilai ini berada dalam rentang akurasi yang dilaporkan oleh berbagai penelitian terdahulu (<85%), sehingga model ini secara prinsip layak digunakan sebagai instrumen pemantauan konsumsi bahan bakar di tingkat operasional. Namun demikian, ditemukan variasi akurasi yang sangat tinggi (1% - 212%) antar rute, yang mengindikasikan bahwa model  $speed \times distance$  memiliki keterbatasan struktural dalam menyesuaikan variasi kondisi pelayaran. Faktor-faktor yang diduga berkontribusi terhadap deviasi antara lain: (1) kondisi muatan kapal; (2) variasi cuaca dan arus laut; (3) karakteristik rute pendek vs rute jarak jauh; (4) kemungkinan *inaccuracy* dalam laporan kru; serta (5) kondisi mesin yang mempengaruhi *Specific Fuel Oil Consumption* (SFOC).

Pada hasil temuan ini memperkuat argumen bahwa pengembangan model VMS dalam pengintegrasian perlu memiliki tambahan seperti data muatan, kondisi angin dan arus, serta pembacaan *flow meter* secara langsung guna meningkatkan akurasi estimasi konsumsi bahan bakar kapal secara signifikan.

### 4.3 Output Penelitian (Formulir Consumption Bunker Analysis by VMS)

#### 4.3.1 Gambaran Umum Output

Luaran dari penelitian ini adalah sebuah formulir pelaporan terstruktur yang dinamakan *Consumption Bunker Analysis by Vessel Monitoring System* (VMS). Pembuatan output ini dirancang untuk disajikan sebagai respon konkret dalam mencegah kesenjangan antara pelaporan kru dengan sistem VMS, namun output ini menjadi fondasi bagi pengembangan atau pemanfaatan dalam pemantauan konsumsi bahan bakar yang lebih terintegrasi, transparan dan akuntabel di masa mendatang, dan menjadikan bahan analisis operasional perusahaan. Output ini dirancang sebagai instrumen operasional yang menggabungkan data pelacakan posisi kapal secara *real-time* dari sistem *Vessel Monitoring System* (VMS) dengan model perhitungan konsumsi berbasis kecepatan yang telah diuraikan pada sub bab sebelumnya. Formulir ini berfungsi sebagai dokumen monitoring resmi yang mencatat, merekap dan memvalidasi konsumsi bahan bakar kapal untuk satu siklus perjalanan penuh, yaitu dari *Port of Loading* (POL) hingga *Port of Discharge* (POD).

Output ini memiliki struktur yang terdiri atas tiga bagian utama: (1) *header* identitas pelayaran yang memuat informasi kapal dan rute; (2) tabel detail harian yang merekam jarak, kecepatan dan konsumsi per-24 jam; serta (3) bagian otorisasi yang menjamin akuntabilitas dokumen secara formal. Format output disajikan pada Gambar 4.1 berikut:

LOGO PERUSAHAAN		CONSUMPTION BUNKER ANALYSIS BY VMS				RUTE PELAYARAN		
				KODE KAPAL/NO SHIP	JENIS KAPAL			
NAMA KAPAL : HARI KEBERANGKATAN : DURASI PELAYARAN : ##### Hari TOTAL BUNKER DI KAPAL : Liter								
VOYAGE DATA		Distance	Average of Speed	Time	Consumption			
RUTE PELAYARAN		0 /	0	0,0	- Lt			
CONSUMPTION AFTER VMS								
No	DATE	LOKASI TERBARU	LOKASI TERAKHIR	JARAK RUTE	AVERAGE OF SPEED	CONSUMPTION (24 HOURS)		
1	09 Januari 2025						Lt	
2	10 Januari 2025						Lt	
3	11 Januari 2025						Lt	
4	12 Januari 2025						Lt	
5	13 Januari 2025						Lt	
6	14 Januari 2025						Lt	
7	15 Januari 2025						Lt	
8	16 Januari 2025						Lt	
9	17 Januari 2025						Lt	
10	18 Januari 2025						Lt	
11	19 Januari 2025						Lt	
12	20 Januari 2025						Lt	
TOTAL KONSUMSI							-	Lt
PEMOHON		MENYETUJUI		MENGETAHUI				
FLEET OFFICER	OPERATION MANAGER	FA DIV HEAD		OPERATION DIRECTOR		FINANCE DIRECTOR		

Gambar 4. 5 Format Formulir Consumption Bunker Analysis by VMS  
 Sumber: Rancangan Output Penelitian, 2026

#### 4.3.2 Komponen dan Elemen Formulir

Formulir *Consumption Bunker Analysis by VMS* terdiri atas beberapa komponen yang secara sistematis menggambarkan proses pemantauan konsumsi bahan bakar dari awal hingga akhir pelayaran. Penjelasan masing-masing komponen diuraikan sebagai berikut.

##### 1) *Header* Identitas Pelayaran

Bagian *header* memuat informasi dasar pelayaran yang meliputi: nama kapal, tanggal keberangkatan, durasi pelayaran (dalam hari) dan total bahan bakar yang ada di kapal pada saat keberangkatan (dalam liter). Di sisi kanan atas, tercantum kode kapal/nomor kapal dan jenis kapal sebagai identifikasi teknis. Informasi ini berfungsi sebagai metadata pelayaran yang

memastikan setiap laporan dapat ditelusuri secara spesifik ke satu *voyage* tertentu.

2) *Voyage Data Summary*

Baris *Voyage Data* menyajikan ringkasan total keseluruhan pelayaran, mencakup total jarak tempuh (*Distance* dalam Nm), rata-rata kecepatan keseluruhan (*Average of Speed* dalam knot) dan total estimasi konsumsi bahan bakar hasil perhitungan VMS (*Consumption* dalam liter). Data ini merupakan akumulasi dari seluruh entri harian pada tabel detail di bawahnya, sehingga berfungsi sebagai ringkasan eksekutif yang dapat langsung dibaca tanpa perlu menelusuri data per-baris.

3) Tabel Data Harian (*Consumption After VMS*)

Bagian inti formulir adalah tabel yang mencatat data pelayaran secara harian (per-24 jam) selama kapal berlayar dari POL menuju POD. Setiap baris merepresentasikan satu hari pelayaran dan memuat kolom-kolom berikut: (i) nomor urut hari, (ii) tanggal, (iii) lokasi terbaru kapal berdasarkan pembacaan GPS/AIS, (iv) lokasi terakhir yang dicatat sebelumnya, (v) jarak rute yang ditempuh selama 24 jam terakhir dalam satuan Nm, (vi) rata-rata kecepatan selama 24 jam dalam satuan knot (vii) estimasi konsumsi bahan bakar hasil perkalian jarak dan kecepatan pada hari tersebut dalam satuan liter).

4) Total Konsumsi *Voyage*

Baris total konsumsi pada bagian bawah tabel merupakan penjumlahan dari seluruh konsumsi harian sejak hari pertama hingga hari terakhir pelayaran. Nilai ini merepresentasikan total estimasi konsumsi bahan bakar VMS

untuk satu *voyage* penuh (POL to POD), yang selanjutnya dibandingkan dengan estimasi budgeting perusahaan dan laporan manual kru kapal dalam proses analisis efektivitas pemantauan.

#### 5) Kolom Otorisasi

Bagian bawah formulir memuat kolom tanda tangan dari lima pihak yang berwenang, yaitu *Fleet Officer*, *Operation Manager*, *FA Division Head*, *Operation Director* dan *Finance Director*. Struktur otorisasi ini mencerminkan pentingnya dokumen konsumsi bahan bakar dalam rantai pertanggungjawaban operasional dan keuangan perusahaan pelayaran.

### 4.3.3 Mekanisme Kerja Sistem: Alur Pengumpulan Data Harian

Proses pengisian formulir *Consumption Bunker Analysis by VMS* dilakukan melalui mekanisme pengambilan data otomatis dari sistem VMS yang terintegrasi dengan perangkat GPS/AIS di atas kapal. Alur kerja sistem secara sistematis dijelaskan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Alur Mekanisme Pengumpulan Data dan Perhitungan Konsumsi oleh VMS

No	Sumber Data	Variabel	Proses	Output
Tahap 1	GPS / AIS (VMS)	Koordinat real-time tiap hari	Sistem mencatat posisi kapal setiap 24 jam	Titik koordinat harian (lat / lon)
▼				
Tahap 2	VMS (kalkulasi)	Jarak harian (Nm) antar posisi GPS	Jarak dihitung antar posisi GPS berurutan	Kolom jarak rute per hari
▼				
Tahap 3	VMS (kalkulasi)	Kecepatan rata-rata (knot) per hari	Total kecepatan selama 24 jam ÷ interval	Kolom Average of Speed per hari
▼				

No	Sumber Data	Variabel	Proses	Output
Tahap 4	<b>Formula VMS</b> Jarak × Kecepatan	<b>Konsumsi harian (Lt)</b> per hari	Jarak × Kecepatan rata-rata = konsumsi liter/hari	<b>Kolom konsumsi</b> 24 jam (liter)
▼				
Tahap 5	<b>Akumulasi</b> sistem VMS	<b>Konsumsi total</b> per voyage	$\sum$ Konsumsi harian seluruh durasi pelayaran	<b>Total konsumsi voyage</b> POL → POD

Sumber: Diolah peneliti, 2026

Pada Tabel 4.3 menjelaskan alur proses tahapan yang dimulai; (1) VMS menerima data posisi kapal secara otomatis dari perangkat GPS/AIS yang terpasang di atas kapal. Setiap 24 jam, sistem mencatat satu titik koordinat berupa latitude dan longitude. Output tahap ini adalah kolom koordinat harian yang menjadi dasar seluruh perhitungan berikutnya; (2) Dari dua titik koordinat yang berurutan, VMS menghitung jarak tempuh harian dalam *nautical miles* (Nm) menggunakan formula Haversine. Hasilnya disimpan sebagai kolom jarak rute per hari, merepresentasikan seberapa jauh kapal bergerak dalam satu hari operasional; (3) Total kecepatan yang terekam selama 24 jam dibagi dengan jumlah interval pengukuran untuk menghasilkan kecepatan rata-rata harian (knot). Nilai ini mencerminkan performa navigasi aktual kapal, bukan kecepatan terpasang mesin; (4) Inilah inti perhitungan estimasi konsumsi BBM oleh tim Sales. Formula VMS mengalikan jarak harian (Nm) dengan kecepatan rata-rata (knot) untuk menghasilkan angka konsumsi bahan bakar dalam liter per hari. Output tahap ini adalah kolom konsumsi harian 24 jam; (5) Seluruh konsumsi harian dari hari pertama keberangkatan (POL) hingga hari terakhir tiba (POD) dijumlahkan oleh sistem. Hasil akhirnya adalah total estimasi konsumsi BBM satu *voyage*, yang kemudian dibandingkan dengan realisasi dari laporan kru kapal.

Dengan mekanisme ini, data konsumsi yang terjadi dalam formulir bersifat objektif karena dihasilkan dari perhitungan matematis berbasis data posisi GPS, bukan berdasarkan estimasi atau catatan subjektif awak kapal. Setiap hari pelayaran menghasilkan satu baris data, sehingga untuk *voyage* berdurasi 14 hari akan terdapat 14 baris pencatatan konsumsi. Akumulasi seluruh baris inilah yang membentuk total konsumsi *voyage* yang kemudian digunakan sebagai bahan analisis.

#### 4.3.4 Manfaat Output bagi Analisis Konsumsi Berbasis VMS

Formulir Consumption Bunker Analysis by VMS memberikan sejumlah manfaat strategis dan operasional yang relevan dalam konteks penelitian ini maupun dalam praktik manajemen armada kapal secara umum. Manfaat-manfaat tersebut dirangkum dalam Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Manfaat Output Consumption Bunker Analysis by VMS

No	Manfaat	Penjelasan
1	Transparansi Konsumsi Harian	Output Menyajikan <i>breakdown</i> konsumsi per-hari sehingga perusahaan dapat melihat pola konsumsi selama satu <i>voyage</i> secara granular, bukan hanya angka agregat akhir
2	Deteksi Anomali Konsumsi	Jika pada satu hari konsumsi jauh melebihi rata-rata, hal ini dapat segera diidentifikasi sebagai anomali indikasi mesin tidak efisien, kecepatan berlebih atau data error dari kru.
3	Dasar Verifikasi Laporan Kru	Output ini menjadi pembanding objektif terhadap laporan bahan bakar manual kru kapal ( <i>bunker report</i> ), sehingga meminimalkan potensi manipulasi atau kesalahan pencatatan.
4	Efisiensi Perencanaan Budgeting	Data konsumsi aktual per-rute memungkinkan perusahaan menyusun estimasi <i>budgeting</i> bahan bakar berikutnya berdasarkan historis yang valid dan terukur.
5	Monitoring Kinerja Kapal	Rekap <i>average of speed</i> per-hari memberikan gambaran apakah kapal beroperasi pada kecepatan optimal ( <i>service speed</i> ) atau terlalu lambat/cepat yang berdampak pada efisiensi bahan bakar.
6	Akuntabilitas Operasional	Adanya kolom tanda tangan (Fleet Officer, Operation Manager, Finance Director) memastikan output ini memiliki legitimasi formal sebagai dokumen pertanggungjawaban operasional.
7	Integrasi dengan SEEMP	Output ini mendukung implementasi <i>Ship Energy Efficiency Management Plan</i> (SEEMP) sesuai regulasi IMO MARPOL Annex VI, yang mewajibkan pemantauan dan pelaporan konsumsi bahan bakar secara sistematis.

Sumber: Analisis Peneliti, 2026

Secara keseluruhan, keberadaan output ini mengisi celah yang selama ini ada dalam praktik pemantauan konsumsi bahan bakar kapal, di mana perusahaan umumnya hanya mengandalkan laporan bunker manual kru yang bersifat periodik dan rentan terhadap kesalahan maupun manipulasi data. Dengan adanya formulir berbasis VMS, perusahaan memiliki satu dokumen terpadu yang mengintegrasikan data teknologi dengan kebutuhan pelaporan manajerial dan keuangan.

#### **4.3.5 Posisi Output dalam Kerangka Penelitian**

Dalam konteks penelitian ini, formulir *Consumption Bunker Analysis by VMS* berperan sebagai jembatan antara data operasional teknis dan analisis ilmiah yang dilakukan pada Bab IV. Data yang termuat dalam formulir inilah yang menjadi sumber utama perhitungan persentase akurasi antara estimasi VMS dengan laporan manual kru, sebagaimana telah dibahas pada sub bab 4.2.

Dengan demikian, output ini tidak sekedar memiliki nilai praktis bagi perusahaan pelayaran, tetapi juga memiliki nilai metodologis sebagai instrumen pengumpulan data primer dalam penelitian. Menurut Yiran Shi, *et al* (2020) menjelaskan bahwa sistem monitoring kapal berbasis data elektronik dan sensor *real-time* memiliki tingkat konsistensi pengukuran yang lebih tinggi dibandingkan metode pelaporan manual tanpa melihat aspek hitungan lain seperti sistem VMS. Oleh karena itu, formulir *Consumption Bunker Analysis by VMS* dapat digunakan tidak hanya sebagai alat pengawasan operasional, tetapi juga sebagai instrumen penelitian yang valid dan reliabel dalam menganalisis konsumsi bahan bakar kapal.