

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis comprehensive terhadap 166 kasus kecelakaan kapal Tug & Barge di PT. LSG periode 2015-2024, penelitian ini menghasilkan temuan yang menjawab seluruh rumusan masalah:

##### **5.1.1 Jenis Kecelakaan yang Paling Sering Terjadi**

**Tubrukan merupakan jenis kecelakaan paling dominan** dengan 48 kasus (29% dari total), diikuti oleh:

- **Pencurian muatan/peralatan:** 23 kasus (14%)
- **Jangkar hilang/putus:** 17 kasus (10%)
- **Masalah konstruksi:** 17 kasus (10%)
- **Kandas:** 9 kasus (5%)

**Tren temporal menunjukkan:**

- Peningkatan dramatis pada 2024 (34 kasus total, 20% dari keseluruhan)
- Periode kritis: 2018 (28 kasus) dan 2024 (34 kasus)
- Pola siklis dengan puncak setiap 6-7 tahun

**Pola geografis dan operasional:**

- 60% terjadi di perairan dangkal dan alur sempit
- 35% di area pelabuhan dan sandar
- Konsentrasi tinggi di Sungai Barito dan Selat Bangka

##### **5.1.2 Faktor Penyebab Utama Kecelakaan**

**Human error dalam berbagai manifestasinya mendominasi dengan 80% kontribusi**, dengan breakdown berdasarkan SHELL Model:

1. **Faktor Liveware-Liveware (35%):**
  - Miskomunikasi antar awak: 15 kasus
  - Koordinasi yang buruk: 10 kasus
  - Konflik interpersonal: 3 kasus
2. **Faktor Liveware-Software (25%):**
  - Pelanggaran SOP: 18 kasus
  - Ketidapahaman prosedur darurat: 8 kasus

- Dokumentasi tidak lengkap: 5 kasus
- 3. **Faktor Liveware-Hardware (20%):**
  - Kesalahan operasi peralatan: 12 kasus
  - Kegagalan deteksi kerusakan: 8 kasus
- 4. **Faktor Liveware-Environment (20%):**
  - Kesalahan penilaian cuaca: 10 kasus
  - Adaptasi buruk kondisi operasional: 8 kasus

**Hasil validasi AHP menunjukkan prioritas:**

- **Faktor Manusia:** 55.79% (prioritas tertinggi)
- **Faktor Teknis:** 26.33%
- **Faktor Lingkungan:** 12.19%
- **Faktor Prosedural:** 5.69%

**5.1.3 Dampak Kecelakaan terhadap Operasional Perusahaan**

**Dampak total sangat signifikan dengan estimasi kerugian Rp 4.2 miliar (2020-2024), terdiri dari:**

**Dampak Finansial:**

- **Kerugian material langsung:** Rp 1.2 miliar (klaim asuransi)
- **Opportunity cost:** Rp 2.8 miliar (kehilangan pendapatan)
- **Biaya tidak langsung:** Rp 200 juta (legal, investigasi, cleanup)

**Dampak Operasional:**

- **Penurunan efisiensi operasional:** 12% dari target
- **Utilisasi armada menurun:** dari 87% menjadi 82%
- **Total downtime:** 884 hari (rata-rata 5.2 hari per insiden)
- **Peningkatan maintenance cost:** 28% akibat reactive maintenance

**Dampak Reputasi dan Regulatori:**

- **Peningkatan komplain**
- **Audit frequency meningkat**
- **Penalty kontrak**

**Dampak Lingkungan dan Sosial:**

- **Cedera kru:** 8 kasus

**5.1.4 Validasi Teoritis dan Kontribusi Ilmiah**

1. **Konfirmasi Teori Human Error:** Hasil 55.79% kontribusi faktor manusia mengkonfirmasi teori Reason (1990) bahwa 70-80% kecelakaan maritim disebabkan human error.
2. **Validasi SHELL Model:** Interaksi Liveware-Liveware terbukti paling problematik (35%), mendukung teori Edwards (1972) tentang pentingnya human-centered design.
3. **Aplikasi AHP yang Efektif:** Metode AHP terbukti valid ( $CR = 0.043$ ) untuk prioritas faktor risiko dalam konteks maritim Indonesia.

## 5.2 Saran

Berdasarkan temuan penelitian, berikut rekomendasi untuk PT. LSG dan pemangku kepentingan maritim:

### 5.2.1 Rekomendasi Strategis Berbasis Prioritas AHP

#### Prioritas 1: Mitigasi Faktor Manusia (55.79%)

##### A. Program Pengembangan SDM Komprehensif

1. **Crew Resource Management (CRM) Training:**
  - o Implementasi mandatory CRM training setiap 6 bulan
  - o Materi fokus: communication skills, decision making, situational awareness, P2TL
  - o Target: 100% kru operasional bersertifikat CRM
2. **Integrated Training Program:**
  - o Refreshment materi P2TL dengan melibatkan ex-nahkoda/karyawan senior sebagai mentor.
  - o Scenario-based training untuk emergency response
  - o Sharing session dengan kru berpengalaman untuk studi kasus insiden nyata (lessons learn)
3. **Fatigue Management System:**
  - o Digital work-rest hours monitoring system
  - o Implementasi WHO fatigue management guidelines
  - o Regular health screening untuk kru

##### B. Sistem Manajemen SDM Berbasis Kompetensi

1. **Enhanced Recruitment Process:**

- Psychometric testing untuk posisi kritis
- Competency-based interview dengan simulator test
- Background verification yang komprehensif

**2. Performance Management System:**

- KPI keselamatan individual dan team
- Safety behavior observation program
- Reward system untuk zero-incident performance

**Prioritas 2: Mitigasi Faktor Teknis (26.33%)**

**A. Preventive Maintenance Revolution**

**1. Condition-Based Maintenance (CBM):**

- IoT sensors installation untuk critical equipment
- Predictive analytics platform: Rp 800 juta investment
- Partnership dengan technology provider untuk maintenance optimization

**2. Equipment Modernization Program:**

- Replacement schedule untuk equipment >15 tahun
- Quality assurance program untuk spare parts
- Redundancy system untuk critical components

**B. Technology Enhancement**

**1. Integrated Navigation System:**

- ECDIS implementation untuk seluruh armada
- AIS Class A upgrade dan GPS backup system
- Collision avoidance system dengan AI capability

**2. Communication Infrastructure:**

- Satellite communication untuk real-time fleet monitoring
- Emergency response system dengan automatic alert
- VHF radio system upgrade
- Pemasangan CCTV yang menyorot area area kritis (Anjungan, Samping kanan dan kiri, Buritan)

**Prioritas 3: Mitigasi Faktor Lingkungan (12.19%)**

**A. Weather Intelligence System**

**1. Real-Time Weather Monitoring:**

- Partnership agreement dengan BMKG
- Weather routing software implementation
- Marine weather station di lokasi strategis

**2. Route Optimization Platform:**

- Traffic density analysis dan prediction
- Alternative route planning dengan risk assessment

**Prioritas 4: Mitigasi Faktor Prosedural (5.69%)**

**A. Sistem Manajemen Keselamatan Terintegrasi**

**1. ISM Code Enhancement:**

- Digital documentation platform dengan real-time update
- Automated compliance monitoring system
- Annual third-party audit program

**2. Knowledge Management System:**

- Incident database dengan lesson learned repository
- Best practice sharing platform
- Standard Operating Procedure (SOP) digital library

**5.2.2 Implementasi Timeline**

**Phase 1 (Tahun 1): Foundation Building**

- CRM Training program launch
- Basic IoT sensors installation
- Digital documentation system
- Emergency response protocol enhancement

**Phase 2 (Tahun 2): Technology Integration**

- Simulator training center establishment
- Navigation system upgrade
- Predictive maintenance system
- Weather intelligence platform

**Phase 3 (Tahun 3): Optimization & Expansion**

- Performance management system refinement
- Advanced analytics implementation
- Knowledge management platform
- Continuous improvement culture development

### 5.2.3 Rekomendasi Kebijakan Perusahaan

#### A. Organizational Structure Enhancement

1. **Safety Department Upgrade:**
  - Dedicated Safety Manager dengan reporting langsung ke CEO
  - Marine Safety Officer untuk setiap operational cluster
  - Safety committee dengan cross-functional representation
2. **Safety Culture Transformation:**
  - Just culture implementation dengan non-punitive reporting
  - Safety leadership development program
  - Employee safety engagement survey regular

#### B. Partnership Strategy

1. **Industry Collaboration:**
  - Benchmarking dengan best-in-class shipping companies
  - Industry safety forum participation
  - Shared learning dengan competitors untuk common challenges
2. **Regulatory Cooperation:**
  - Proactive engagement dengan Dirjen Hubla
  - Pilot project untuk innovative safety measures
  - Contribution ke industry safety standards development

### 5.2.4 Monitoring dan Evaluasi System

#### Key Performance Indicators (KPIs)

1. **Leading Indicators:**
  - Safety training completion rate: >95%
  - Near-miss reporting frequency: target increase 50%
  - Safety audit score: >90%
  - Equipment reliability index: >98%
2. **Lagging Indicators:**
  - Total Recordable Incident Rate (TRIR): target <2.0
  - Lost Time Injury Frequency (LTIF): target <1.0
  - Environmental incident: target zero
  - Customer satisfaction score: >95%

## **Review and Improvement Cycle**

- 5.1 **Monthly Safety Performance Review**
- 5.2 **Quarterly Management Review dengan corrective action**
- 5.3 **Annual Safety Management System audit**
- 5.4 **Triennial comprehensive risk assessment update**

## **5.3 Kontribusi Penelitian**

### **5.3.1 Kontribusi Teoritis**

1. **Validasi Model SHELL dalam Konteks Maritim Indonesia:**
  - Konfirmasi empiris bahwa interaksi Liveware-Liveware paling problematik
  - Adaptasi model untuk operasi Tug & Barge spesifik
  - Quantifikasi kontribusi setiap elemen SHELL
2. **Pengembangan Framework AHP untuk Maritime Risk Assessment:**
  - Metodologi sistematis untuk prioritasasi faktor risiko maritim
  - Integration of expert judgment dengan historical data
  - Replicable framework untuk perusahaan pelayaran lain
3. **Human Error Classification dalam Konteks Pelayaran Indonesia:**
  - Taxonomy spesifik untuk human error di operasi Tug & Barge
  - Cultural factors dalam maritime safety behavior
  - Local operating environment influence pada error patterns

### **5.3.2 Kontribusi Praktis**

1. **Decision Support System untuk Management:**
  - Evidence-based prioritization untuk safety investment
  - ROI estimation untuk berbagai safety interventions
  - Risk-based maintenance scheduling guidance
2. **Industry Best Practice Development:**
  - Comprehensive safety management framework
  - Benchmarking standard untuk Tug & Barge operations
  - Training curriculum development guideline
3. **Regulatory Policy Input:**
  - Data-driven recommendation untuk safety regulation
  - Industry-specific safety standard development

- Enforcement priority guidance untuk maritime authority

### 5.3.3 Kontribusi Metodologis

#### 1. **Mixed-Method Approach Integration:**

- Combination of quantitative (AHP) dan qualitative (SHELL) analysis
- Historical data analysis dengan expert judgment synthesis
- Triangulation technique untuk result validation

#### 2. **Stakeholder Engagement Framework:**

- Multi-level respondent selection strategy
- Consensus building technique dalam AHP implementation
- Cross-functional perspective integration

## 5.4 Keterbatasan Penelitian dan Penelitian Lanjutan

### 5.4.1 Keterbatasan Penelitian

#### 1. **Scope Limitations:**

- Single company focus (PT. LSG) - limited generalizability
- Geographic concentration di Indonesian waters
- Tug & Barge specific - not applicable ke ship types lain

#### 2. **Data Constraints:**

- Dependency pada internal company reporting
- Possible underreporting untuk minor incidents
- Limited access ke third-party validation data

#### 3. **Methodological Limitations:**

- AHP subjectivity dalam expert judgment
- Sample size constraint untuk responden expert
- Cross-sectional nature tidak capture temporal dynamics

#### 4. **External Validity:**

- Regulatory environment specific ke Indonesia
- Cultural factors dalam safety behavior
- Economic conditions influence pada safety investment

### 5.4.2 Agenda Penelitian Lanjutan

#### A. **Penelitian Jangka Pendek (1-2 tahun)**

##### 1. **Validation Study:**

- Implementation impact assessment dari rekomendasi
- Before-after comparison dengan control group
- Cost-benefit analysis dari safety interventions

**2. Comparative Analysis:**

- Multi-company study untuk generalizability
- International benchmarking dengan global operators
- Regional comparison (ASEAN maritime operators)

**B. Penelitian Jangka Menengah (3-5 tahun)**

**1. Longitudinal Study:**

- Safety culture evolution tracking
- Technology adoption impact assessment
- Regulatory compliance effectiveness evaluation

**2. Advanced Analytics Application:**

- Machine learning untuk incident prediction
- Big data analytics untuk pattern recognition
- Artificial intelligence untuk risk assessment automation

**C. Penelitian Jangka Panjang (5+ tahun)**

**1. Industry Transformation Study:**

- Digital transformation impact pada maritime safety
- Autonomous vessel integration challenges
- Climate change adaptation dalam safety management

**2. Policy Development Research:**

- Regulatory framework optimization
- International harmonization opportunities
- Economic incentive structure untuk safety compliance

**5.4.3 Rekomendasi untuk Peneliti Lanjutan**

**1. Methodological Enhancement:**

- Integration of fuzzy logic dengan AHP untuk uncertainty handling
- Bayesian network application untuk dynamic risk assessment
- System dynamics modeling untuk complex interaction analysis

**2. Scope Expansion:**

- Multi-modal transportation safety comparison

- Supply chain resilience dalam maritime context
- Stakeholder network analysis dalam safety ecosystem

### 3. **Technology Integration:**

- IoT dan sensor data utilization
- Digital twin application untuk safety simulation
- Blockchain untuk safety data integrity dan sharing

## 5.5 **Penutup**

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan menganalisis secara komprehensif penyebab dan dampak kecelakaan kapal Tug & Barge di PT. LSG periode 2015-2024. Dengan menggunakan pendekatan mixed-method yang menggabungkan SHELL Model dan AHP, penelitian ini menghasilkan evidence-based recommendations yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan safety performance.

**Temuan utama bahwa human error berkontribusi 55.79% terhadap kecelakaan** mengkonfirmasi teori yang ada sambil memberikan quantifikasi spesifik untuk konteks operasi Tug & Barge di Indonesia. **Total dampak finansial Rp 4.2 miliar** menunjukkan magnitude yang signifikan dan justifies investment dalam safety improvement programs.

**Rekomendasi yang diprioritaskan berdasarkan AHP** memberikan roadmap yang clear untuk management dalam mengalokasikan resources secara optimal. Implementation dari rekomendasi ini diharapkan dapat mengurangi incident rate sebesar 40-50% dalam 3 tahun ke depan, sekaligus meningkatkan operational efficiency dan customer satisfaction.

Penelitian ini juga memberikan kontribusi teoretis dan metodologis yang valuable untuk academic community, serta practical insights untuk industry practitioners dan policy makers. Framework yang dikembangkan dapat diadaptasi oleh perusahaan pelayaran lain untuk meningkatkan safety management system mereka.

Akhirnya, penelitian ini menekankan pentingnya **continuous improvement mindset** dalam safety management. Maritime industry yang inherently high-risk

memerlukan proactive approach, systematic analysis, dan evidence-based decision making untuk mencapai zero-incident operation yang sustainable.

**Keselamatan bukan hanya responsibility, tetapi juga competitive advantage** yang dapat memberikan value bagi semua stakeholders - perusahaan, kru, pelanggan, dan lingkungan laut yang kita jaga bersama.

---

*"Safety is not about compliance, it's about commitment to excellence in every aspect of maritime operations."*

