

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi laut memegang peran penting dalam kehidupan bangsa Indonesia sebagai negara kepulauan, karena menjadi tulang punggung konektivitas antar pulau dan penguatan persatuan nasional. (Kim & Kim, 2020) Galangan kapal di Indonesia memiliki pengalaman luas dalam membangun berbagai jenis kapal, mulai dari kapal penumpang, kargo, hingga kapal khusus, serta dilengkapi fasilitas graving dock besar yang mendukung operasional kapal nasional (Novikova et al., 2022).

*Winch* merupakan perangkat vital di galangan kapal, terutama dalam proses penarikan dan peluncuran kapal melalui slipway. Daya tarik *winch* sangat dipengaruhi oleh berat kapal, kemiringan landasan, dan gesekan antara lambung kapal dengan landasan. Fasilitas galangan kapal, termasuk kapasitas *winch* dan slipway, harus disesuaikan dengan kebutuhan lapangan agar proses perbaikan dan pemeliharaan kapal berjalan lancar (Safirahaidi et al., 2021).

Sejalan dengan pentingnya kesesuaian fasilitas galangan terhadap kebutuhan operasi tersebut, evaluasi kapasitas *winch* menjadi aspek yang tidak dapat diabaikan dalam memastikan kelancaran serta keselamatan proses *docking*. Proses *docking* kapal pada galangan bertujuan untuk mengangkat kapal dari perairan ke atas *slipway* guna melakukan pemeriksaan, pemeliharaan, dan perbaikan struktur lambung. Keberhasilan tahapan ini sangat dipengaruhi oleh kemampuan sistem penarikan, khususnya *winch* sebagai penghasil gaya tarik utama. Di lingkungan operasional, kesesuaian kapasitas *winch* terhadap ukuran dan berat kapal yang didocking menjadi faktor kritis karena ketidaktepatan kapasitas dapat menimbulkan risiko kegagalan operasional, kerusakan infrastruktur dock, bahkan kecelakaan kerja.

Pada galangan PT. Layar Perkasa Nusantara (LPN), proses *docking* dilakukan menggunakan *winch* tunggal dengan kapasitas 70 ton pada *slipway* sepanjang 120 meter dengan kemiringan landasan  $2,3^\circ$ . *Winch* tersebut menangani kapal tongkang dengan rata-rata ukuran 300 *feet*. Meskipun sistem *docking* terus beroperasi setiap tahun, monitoring teknis terhadap kesesuaian kapasitas *winch* belum pernah dilakukan secara *komprehensif*. Kondisi tersebut menjadi perhatian penting karena kapal-kapal yang secara rutin ditangani oleh galangan memiliki rentang *tonase* yang sangat beragam, yaitu GT antara 3,091 ton hingga 8,051 ton.. Perbedaan karakteristik kapal seperti bentuk lambung, kedalaman air pada area *docking*, serta besarnya *draft* kapal terbukti berpengaruh signifikan terhadap besaran gaya tarik yang diperlukan selama proses *docking*.

Pada praktiknya, kondisi tersebut menyebabkan beberapa kapal tidak dapat diakomodasi untuk proses naik dock karena ketidaksesuaian dengan kapasitas fasilitas yang tersedia. Salah satu kasus yang pernah terjadi adalah kapal dengan area *bottom* yang memiliki geometri terlalu lancip, sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan signifikan pada airbag selama proses penarikan. Potensi risiko tersebut

menjadi alasan pihak galangan belum dapat memproses kapal dengan karakteristik demikian demi menjaga keselamatan operasional dan mencegah kerugian material. Selain itu, kapal barge dengan ukuran lebih dari 390 feet juga belum dapat dilayani karena panjang landasan yang tersedia tidak lagi mencukupi untuk pelaksanaan *docking* yang aman sesuai batas teknis fasilitas. Dengan demikian, diperlukan analisis kuantitatif terhadap kapasitas *winch* yang tersedia untuk mengetahui batas kemampuan maksimal dalam melakukan penarikan kapal pada kondisi operasi di LPN. Hasil analisis ini diharapkan dapat menjadi landasan teknis dalam memastikan keamanan operasional, menentukan batas kapal yang dapat diterima galangan, serta membantu perencanaan pengembangan fasilitas *docking* di masa mendatang, dengan memperhatikan pula batas maksimal panjang kapal yang dapat ditangani yaitu hingga 390 feet..

Secara ringkas, transportasi laut dan galangan kapal menjadi pilar utama konektivitas dan perekonomian Indonesia, dengan *winch* dan slipway sebagai fasilitas krusial dalam operasional galangan kapal, terutama dalam proses docking dan pemeliharaan kapal. Dalam penelitian ini, untuk menganalisis bagaimana cara menentukan daya *winch* tarik pada suatu galangan kapal, peneliti memilih judul “Analisis kapasitas *winch* pada Galangan PT. Layar Perkasa Nusantara” sebagai penelitian.

## **1.2 Teori**

### **1.2.1 Galangan**

Galangan kapal adalah sebuah perusahaan yang menyediakan layanan pembangunan dan perbaikan kapal. Setiap galangan kapal dilengkapi dengan dok, yaitu area yang digunakan untuk mengangkat kapal yang sedang dalam proses konstruksi atau perbaikan. Terdapat beberapa jenis dok yang umum digunakan, seperti dok kolam, dok apung, dok tarik dengan rel, dan dok tarik menggunakan *airbags* (Rachmawan dan Prayogi, 2023).

Selain berfungsi untuk memperbaiki kapal, galangan kapal juga berperan sebagai tempat pembuatan kapal baru. Kualitas pembangunan dan perbaikan kapal sangat bergantung pada teknologi yang dimiliki galangan tersebut. Di Indonesia, sebagian besar galangan kapal masih termasuk dalam kategori tradisional, yang menerapkan metode pembuatan kapal secara turun-temurun tanpa didahului oleh perencanaan dari ahli perancangan kapal (Purwanto dan Pakaya, 2021).

Letak geografis sangat mempengaruhi operasional galangan kapal di Indonesia sehingga galangan kapal dibagi menjadi dua jenis berdasarkan lokasi pembangunannya. Galangan kapal daerah terbuka dibangun menghadap perairan terbuka, memungkinkan penggunaan sistem landasan peluncuran baik memanjang maupun melintang pada pembangunan atau perbaikan kapal. Sedangkan galangan kapal daerah tertutup yang berada di tepi kanal atau sungai dengan ruang pengapungan terbatas hanya dapat menggunakan landasan bangun sistem melintang (Harahap et al., 2024).

### 1.2.2 Operasi Teknis *Winch*

Untuk memastikan proses penarikan kapal berjalan secara aman, efisien, dan sesuai prosedur kerja yang berlaku di galangan, diperlukan tahapan operasi teknis yang sistematis pada sistem *winch* dan seluruh komponen pendukungnya. Tahapan ini berfungsi untuk menjaga kestabilan gerakan kapal, mengontrol distribusi beban selama penarikan, serta mencegah terjadinya kegagalan struktur maupun kegagalan peralatan.

Pada proses penarikan kapal, *winch* berkapasitas 70 ton digunakan sebagai sumber gaya utama untuk menarik kapal menuju puncak *slipway*. Penarikan dilakukan melalui media *airbag* sebagai sistem penggelinding untuk meminimalkan hambatan gesekan antara lambung kapal dan permukaan landasan. Gaya tarik *winch* disalurkan ke kapal melalui konfigurasi sistem *pulley* 6:1, sehingga *winch* hanya menerima seperenam dari gaya tarik total yang dibutuhkan. Selama penarikan, kecepatan putaran *drum winch* dikontrol secara bertahap untuk menjaga stabilitas pergerakan kapal, mempertahankan keselarasan jalur penarikan, serta memastikan beban terdistribusi merata pada unit *airbag*.

Secara teknis, sistem penarikan terdiri dari *winch*, *wire rope*, *drum winch*, *fairlead*, *sheave/pulley block* tetap dan bergerak, sling baja, *shackle*, *hook*, *eye plate* titik jangkar, dan penumpu *airbag*. *Drum winch* menghasilkan gaya tarik yang diteruskan melalui *wire rope* menuju rangkaian *pulley block* yang dipasang secara seri untuk memperoleh keuntungan mekanis. *Fairlead* berfungsi mengarahkan *wire rope* agar tetap stabil dan tidak bergesekan dengan struktur *slipway*. Sling baja, *shackle*, dan *hook* digunakan untuk menghubungkan sistem *pulley* dengan struktur kapal, sedangkan *eye plate* bertindak sebagai titik jangkar utama pada landasan.

Langkah operasi teknis *winch* dalam proses penarikan kapal adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan awal sistem meliputi kondisi *wire rope*, pelumasan komponen, penguncian *shackle*, dan posisi *airbag*.
2. Pemasangan rangkaian *pulley* 6:1 antara titik jangkar *slipway* dan titik penarikan pada struktur haluan kapal.
3. Penegangan awal (*pre-tensioning*) dilakukan untuk memastikan seluruh komponen pengikat bekerja serempak dan tidak terjadi kelonggaran pada *wire rope*.
4. Penarikan dilakukan secara bertahap (*progressive hauling*) dengan pengaturan jeda penarikan pada setiap siklus putaran drum
5. Pemantauan gaya tarik dilakukan melalui indikator beban (*load indicator*) guna memastikan gaya yang diterima *winch* berada dalam batas aman.
6. Reposisi *airbag* secara berkala mengikuti pergerakan kapal untuk mempertahankan distribusi tumpuan yang optimal.
7. Penghentian penarikan dan penguncian posisi kapal setelah kapal mencapai titik maksimum *slipway*, dilanjutkan dengan pemasangan blok penahan dan cradle sebagai struktur penumpu permanen.

Dengan kombinasi sistem komponen dan prosedur operasi tersebut, proses penarikan kapal dapat berlangsung secara terkendali, aman, serta berada dalam batas kerja aman *winch* dan perlengkapan pendukungnya.

### 1.2.3 Sarana Reparasi Kapal

Menurut Octoberty et al. (2020), fasilitas reparasi kapal meliputi beberapa jenis sarana, di antaranya *slipway* yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan kapal secara sederhana. *Slipway* terdiri dari rel yang dipasang pada landasan beton seperti pada *building berth*, dengan tambahan crane (*crendei*) di atasnya. Crane ini bisa bergerak naik turun di sepanjang rel dengan bantuan kabel baja yang digerakkan oleh mesin derek (*Winch*).

Metode *slipway* menggunakan *airbags* adalah teknik yang digunakan untuk meluncurkan kapal serta melakukan docking dan undocking saat kapal diperbaiki. Caranya menggunakan balon yang terbuat dari karet dan diisi udara. Sistem *airbags* ini dapat berfungsi sebagai alat pengangkat (*lifting*), pemasangan blok berukuran besar (*block erection*), pengapungan benda di bawah air, dan keperluan lainnya. Contoh penggunaan *slipway* dengan *airbags* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi gambar docking kapal menggunakan winch (Asmara, 2020)

## 1.3 Winch

### 1.3.1 Definisi

Sebelum membahas lebih jauh mengenai fungsi dan karakteristik *winch* dalam proses *docking*, penting untuk memahami perbedaan mendasar antara *winch* galangan dan *winch* kapal karena keduanya memiliki desain, fungsi operasional, serta lingkungan kerja yang berbeda.

- *Winch* galangan kapal merupakan alat mekanis yang ditempatkan pada area galangan atau *slipway* dan berfungsi menghasilkan gaya tarik maupun ulur melalui media kabel baja atau tali untuk memindahkan, menarik, atau menempatkan kapal pada posisi tertentu di atas landasan atau *dock*. Perangkat

ini umumnya tersusun atas drum, motor penggerak (baik elektrik maupun hidrolik), sistem roda gigi, sistem pengereman, serta komponen pendukung seperti *fairlead* dan *shackle*. Pengoperasiannya dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi landasan, nilai koefisien gesek antara lambung kapal dan permukaan *slipway*, serta penerapan sistem keuntungan mekanis (*pulley*) agar kapasitas winch sesuai dengan kebutuhan operasional penarikan. (Asmara et al., 2020)

- *Winch* kapal adalah alat yang dipasang di geladak kapal dan berfungsi untuk menarik dan mengulur alat berat. Perangkat ini sering disebut juga sebagai derek. Penggunaannya tidak terbatas pada kapal besar saja, tetapi juga umum dipasang pada kapal kecil, biasanya terdapat satu atau dua *winch* di geladak kapal (Mulaksono, 2013).

### 1.3.2 Fungsi

Meskipun sama-sama berfungsi sebagai alat penarik, fungsi *winch* galangan dan *winch* kapal pada dasarnya berbeda karena masing-masing dirancang untuk memenuhi kebutuhan operasional yang berbeda pula.

Fungsi *winch* galangan menghasilkan gaya tarik ataupun ulur untuk memindahkan kapal dari atau ke dalam air melalui landasan/*slipway*, sehingga kapal bisa ditempatkan pada posisi yang diinginkan di galangan. (Iglesias-Baniela et al., 2020)

### 1.3.3 Jenis

Hydraulic winch adalah sebuah alat penggulung kabel atau tali yang menggunakan sistem hidrolik sebagai penggeraknya — yakni pompa fluida bertekanan, motor hidrolik dan katup pengendali — untuk menghasilkan gaya tarik atau ulur yang besar dan dapat dikendalikan secara presisi. Sistem ini umumnya digunakan dalam aplikasi beban berat atau di lingkungan yang menuntut torsi tinggi dan kecepatan variabel. Dalam konteks galangan kapal, hydraulic winch dapat digunakan untuk menarik kapal ke atas *slipway* atau menahan kapal pada posisi tertentu dengan stabilitas yang lebih besar dibandingkan sistem yang hanya menggunakan motor listrik langsung. (Rundo et al., 2019)

### 1.3.4 Perbedaan Winch dari segi Komponen

Untuk memahami karakteristik teknis dari sistem penarikan kapal, penting untuk mengidentifikasi perbedaan komponen penyusun antara winch galangan dan winch kapal. Perbandingan komponen tersebut dapat memberikan gambaran mengenai perbedaan fungsi, kapasitas, serta prinsip kerja masing-masing jenis winch.

Sesuai dengan kajian yang dipaparkan oleh (Villa et al., 2015) terkait variasi komponen dan konfigurasi sistem winch, dilakukan penyusunan tabel perbandingan untuk menunjukkan perbedaan komponen winch galangan dan winch kapal sebagaimana ditampilkan berikut.

Tabel 1. Perbedaan Komponen Antara *Winch* Galangan dan *Winch* Kapal

Aspek	Winch Galangan	Winch Kapal
Media tarik	Wire rope	Rantai
Drum	Drum besar banyak lapisan	Gypsy wheel + drum kecil (opsional)
Rem	Load-holding brake sebagai komponen wajib	Band brake untuk mengunci posisi
Sistem puli	Ada (sering digunakan)	Tidak digunakan
Kontrol kecepatan	Umumnya <i>fixed speed</i>	Variable speed control
Struktur	Dudukan permanen, pondasi besar	Instalasi di geladak, terintegrasi deck fitting
Tujuan	Menarik kapal ribuan ton ke landasan	Mengangkat/menurunkan jangkar

### 1.3.5 Bagian-Bagian *Winch*

Menurut Dikaprio (2021) *Winch* memiliki beberapa bagian yaitu:

#### a. *Drum Wire*

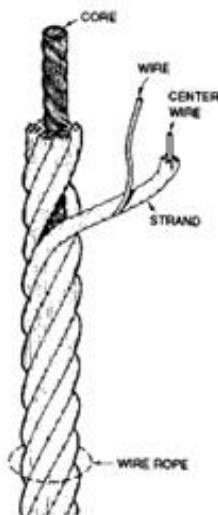
*Drum wire* berperan sebagai tempat menggulung kawat tali baja (*wire rope*) yang tersusun rapi dalam bentuk lingkaran. Bentuk melingkar drum memudahkan kawat tali untuk keluar dan masuk saat *winch* beroperasi.



Gambar 2. *Drum Wire* (Y, Fan et al. 2025)

### b. *Wire Rope*

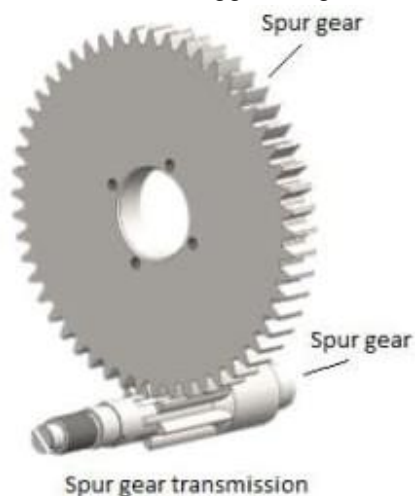
*Wire rope* memiliki panjang rope yang bervariasi antara tiga puluh meter hingga dua ratus meter dan digunakan untuk menghubungkan ring drum dengan beban. *Wire rope* memiliki berbagai ukuran, seperti 8 mm, 10 mm, 11.2 mm, 12 mm, 12.7 mm, 14 mm, 16 mm, dan 18 mm.



Gambar 3. *Wire Rope* (Kholis, 2014)

### c. *Gear Train*

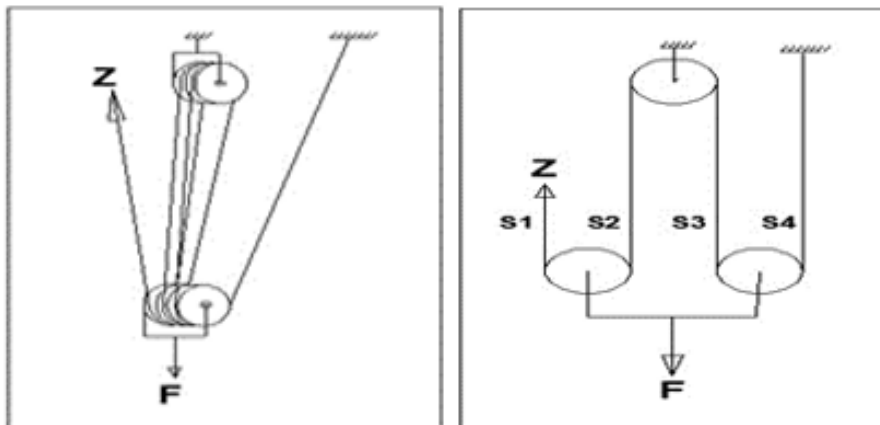
Setelah menerima kekuatan dari sistem hidrolis, komponen ini mengubahnya menjadi kekuatan yang diperlukan untuk menarik beban. *Gear train* disambungkan ke *gearbox* di bawah *Drum Wire*, sehingga menghasilkan sirkulasi.



Gambar 4. Gear (Gebuwin. 2025)

#### d. Pulley

*Pulley* berfungsi sebagai komponen atau penghubung putaran yang diterima dari mesin induk kemudian diteruskan dengan menggunakan *sling* dan menghubungkan ke *pulley* yang lain.



Gambar 5. *Pulley* (Balubun et al. 2023)

#### e. Hook

*Hook* digunakan untuk mengaitkan beban, dan dipasang di ujung *rope*. Berbagai jenis *hook* tersedia, seperti: *Sling hook*, pegangan tanaman, pegangan penggilingan, pegangan sortir, pegangan barbel, pegangan putar, pegangan garis dan pegangan berputar.



Gambar 6. Hook (Dipu et al, 2024)

#### f. **Shackle**

*Shackle* berfungsi utama sebagai penyambung untuk mengaitkan *sling* dengan objek yang akan diangkat. *Shackle* digunakan untuk mengangkat barang, basket, beam, mesin, dan objek berat lainnya yang memerlukan *sling* dan *shackle* sebagai alat bantu angkat.



Gambar 7. *Shackle* (Samardžić et al, 2022).

#### g. **Remote Control Wire**

Remote ini dilengkapi dengan stop darurat untuk situasi darurat, memungkinkan kontrol *winch* dengan menarik beban atau sebaliknya. Sistem dapat dioperasikan secara manual dengan menarik *hand chain* untuk memompa *lever block*, atau dengan listrik, menggunakan tombol remote pada *hoist*.

#### h. **Brake System**

*Brake system* dilengkapi dengan sistem rem yang memungkinkan untuk mengerem atau mengunci pergerakan *winch*. Agar *winch* berfungsi dengan aman, jenis kampas rem harus diganti secara berkala.

#### i. **Box Panel**

*Box Panel* adalah bagian yang terdiri dari *rectifier*, *contractor*, dan elemen-elemen lain yang bekerja secara sinergis untuk mengoptimalkan fungsi kerja *winch* secara keseluruhan.

### 1.3.6 **Rasio Pulley Winch**

Rasio pulley winch merupakan parameter teknis yang menentukan seberapa besar gaya beban dibagi oleh sistem katrol sebelum diteruskan ke winch. Peningkatan rasio pulley meningkatkan keuntungan mekanis sehingga mengurangi gaya tarik aktual yang diterima winch, menjadikan operasi penarikan kapal lebih aman dan efisien. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian (Dwivedi & Agarwal, 2020),

(Chen et al., 2019), serta (Satyam & Prasad .2021). Secara praktis, karakteristik pembagian gaya pada rasio pulley tersebut berkontribusi langsung terhadap fungsi sistem winch dalam mengoptimalkan proses penarikan kapal.

Dalam konteks operasi penarikan kapal di galangan, rasio pulley berperan strategis dan memberikan beberapa fungsi teknis yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Mengurangi gaya tarik aktual yang diterima winch, sehingga winch mampu menarik beban kapal yang jauh lebih besar dari kapasitas nominalnya.
2. Menambah faktor keamanan operasi docking, terutama pada kapal berdisplacement besar.
3. Mengoptimalkan kerja wire rope, sehingga tidak menerima tegangan berlebihan.
4. Mengurangi risiko slip atau kegagalan struktural pada landasan dan sambungan pengikat.

Secara teknis, peningkatan rasio pulley pada sistem winch berbanding lurus dengan jumlah pembagian gaya yang terjadi pada rangkaian katrol, sehingga semakin besar rasio pulley yang digunakan maka semakin kecil beban aktual yang diterima oleh winch. Dengan demikian, pada rasio 6:1, gaya total yang dibutuhkan untuk menarik kapal dibagi menjadi enam bagian, sehingga winch hanya menerima sekitar satu per enam dari total gaya beban. Kondisi ini menjadikan rasio pulley sebagai komponen krusial dalam memastikan winch bekerja dalam batas aman dan mampu menarik kapal dengan displacement yang lebih besar tanpa mengalami kelebihan beban struktural.

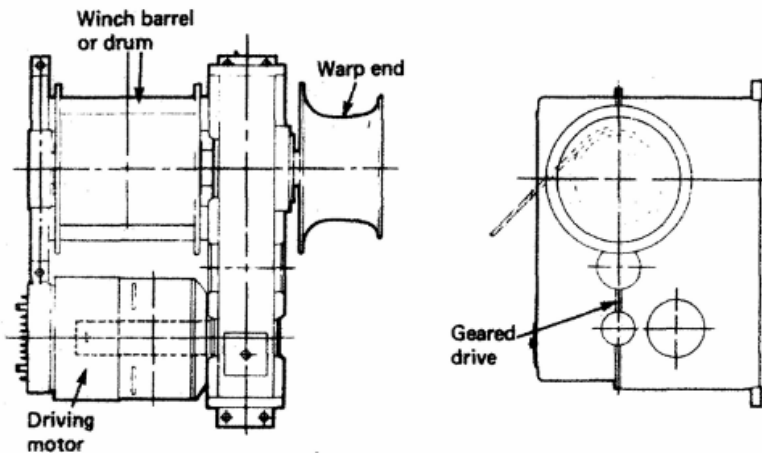
### 1.3.7 Konstruksi dan Prinsip Kerja *Mooring Winch*

*Winch* dengan berbagai konfigurasi drum adalah peralatan *mooring* (penambatan) yang umum digunakan di kapal. Contohnya ditunjukkan pada Gambar 8, yang memperlihatkan berbagai bagian *mooring winch*. Drum atau barel berfungsi untuk menarik masuk (*hauling in*) atau mengulur (*letting out*) kawat baja atau tali yang digunakan untuk mengikat kapal ke dermaga. Bagian warp end dipakai saat kapal digerakkan dengan tali atau kawat yang diikat pada bollard di darat dan dililitkan pada warp end *winch* (Pujikuncoro, 2020).

Konstruksi *mooring winch* dijelaskan dengan merujuk pada Gambar 8, di mana motor penggerak tenaga disalurkan melalui transmisi roda gigi lurus (*spur gear*), kopling (*clutch*), kemudian ke drum dan warp end. Semua komponen ini disangga oleh rangka kokoh. Rem pita (*band brake*) dipasang untuk menahan drum bila dibutuhkan. Pengaturan kontrol motor memungkinkan putaran maju atau mundur serta pemilihan kecepatan sesuai operasi (Wibowo, 2015).

*Mooring winch* modern dirancang sebagai unit otomatis dengan sistem penegangan mandiri (*automatic self-tensioning*). Arus pasang surut dan perubahan sarat air akibat aktivitas muat bongkar dapat menyebabkan kawat penambat

mengencang atau mengendur. Sistem *automatic self-tensioning* memungkinkan *winch* secara otomatis mengulur (*paying out*) atau menarik kembali (*recovering*) kawat saat tegangan yang telah ditetapkan tidak tercapai, sehingga mengurangi kebutuhan pengawasan manual (Aji, 2016).



Gambar 8. *Drum winch* (Agoes santoso, 2019).

#### 1.4 *Airbag System*

*Airbag* adalah bantalan udara yang terbuat dari beberapa lapisan karet, tepatnya lapisan rubber yang diperkuat dengan synthetic cord. *Airbag* ini berbentuk silinder dengan ujung luar yang menyerupai setengah bola (hemispherical). Semua lapisan ini divulkanisir secara bersamaan, lalu diisi udara bertekanan agar kantung udara tersebut bisa berputar atau menggelinding. Peralatan pendukung untuk proses dok atau docking menggunakan sistem *Airbag* hampir sama dengan alat yang digunakan dalam proses dock tarik atau slipway docking yang memakai rel, seperti crane dan tali baja. Metode peluncuran kapal ini memiliki keunggulan karena membutuhkan infrastruktur, risiko, dan biaya yang relatif tidak permanen. Untuk proses dock tarik juga diperlukan alat bantu seperti crane, forklift, dan *winch* guna menjaga keseimbangan kapal sebelum penarikan atau peluncuran dilakukan (Irawanto, 2019)

#### 1.5 Landasan

Landasan peluncuran terdiri dari permukaan tanah, batu, split, dan pasir yang dipadatkan menggunakan mesin giling (stum) hingga mencapai kepadatan minimal dua kali lipat dari tekanan kerja *airbag* sesuai spesifikasi dan tabel performa. Landasan dianggap layak jika saat diuji dengan penempatan ballast seberat 26 ton pada luas 1 meter persegi permukaan tanah tidak mengalami penurunan. Alternatif lain adalah menggunakan beton sebagai landasan (Subkhan et al., 2024)

#### 1.6 Jenis Peluncuran

Peluncuran kapal secara umum dibagi menjadi dua jenis, yaitu peluncuran memanjang (end launching) dan peluncuran melintang (side launching). Untuk

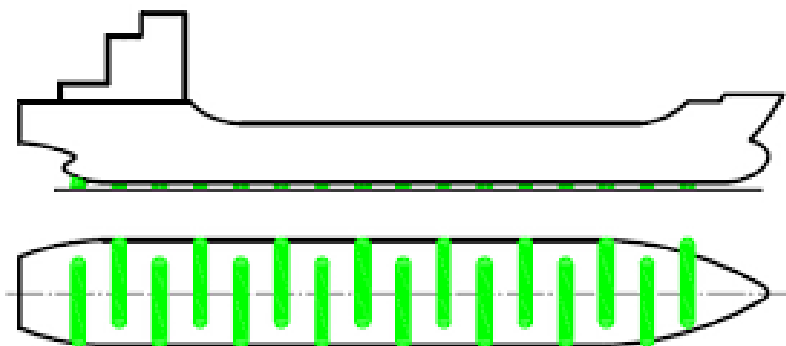
peluncuran kapal dengan metode *airbag* biasanya digunakan peluncuran memanjang (Timothy, 2023).

### 1.7 Jenis *end Launching*

Ada tiga cara pengaturan *airbag* pada peluncuran memanjang, yaitu dengan susunan linier, susunan *zig-zag*, dan susunan dua baris. Pilihan susunan ini disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan karakteristik kapal yang akan diluncurkan (Subkhan, 2024).

#### 1.7.1 Pengaturan *berzig-zag*

Ketika lebar kapal lebih besar dari panjang efektif kantong udara dan kurang dari panjang efektif dua kantong udara, pengaturan terhuyung-huyung dapat dipilih.



Gambar 9. Pengaturan *berzig-zag* Airbags

### 1.8 Perhitungan Gaya Tarik *Roll Block* Dan *System Pulley*

Roll block adalah gabungan beberapa katrol atau pulley yang membentuk suatu sistem pulley yang terhubung ke *winch* dengan tujuan memperoleh gaya tarik yang lebih besar dibandingkan gaya tarik asli *winch*. Pada dasarnya, roll block bekerja dengan prinsip sistem pulley di mana tali penarik bergerak mengikuti arah pulley yang bergerak (E.R. de Fretes).

Dalam sistem ini, roll block berfungsi mengatur arah gaya tarik sekaligus memperbanyak pembagian gaya melalui penggunaan beberapa *pulley* yang diikat dengan tali penarik. Semakin banyak *pulley* yang digunakan, semakin besar gaya keluaran yang dapat dihasilkan dibandingkan gaya tarik *winch* asli. Hubungan antara gaya keluaran sistem *sling* dengan gaya tarik *winch* dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$F = Z \frac{e^{z+1}-1}{e^z (e-1)} \quad (1)$$

Keterangan:

F = Gaya Tarik *sling* (ton)

Z = Gaya tarik *winch* (ton)

e = Nilai hambatan *pulley* 1,02–1,05

z = Jumlah *pulley*

Persamaan ini menunjukkan bahwa efisiensi sistem *sling* dipengaruhi oleh jumlah *pulley* dan hambatan gesek yang terjadi di setiap *pulley*. Oleh karena itu, penggunaan sistem *pulley* memungkinkan peningkatan gaya tarik secara signifikan tanpa perlu meningkatkan kapasitas *winch* secara langsung.

Kemampuan maksimal kapal yang dapat dilayani oleh dok menggunakan sistem *airbags* ditentukan oleh keseimbangan antara gaya tarik total sistem *sling* (F) dan gaya hambat akibat gesekan serta berat kapal (W) pada bidang rampway yang miring. Berdasarkan persamaan tersebut, bobot maksimum kapal yang dapat dilayani oleh dok sistem *airbags* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) (Balubun et al, 2023).

$$W < \frac{F}{\mu \cos a + \sin a} \quad (2)$$

Keterangan:

W = berat kapal (ton)

$\mu$  = Koefisien gesek rolling antara *airbags* dengan landasan = 0.035 (landasan beton) dan 0.065 (landasan pasir)

a = sudut kemiringan landasan *rampway*

Persamaan ini mengilustrasikan bahwa jika nilai koefisien gesek dan sudut kemiringan landasan semakin kecil, maka berat kapal yang dapat ditarik oleh sistem *airbags* akan semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi operasi dok *airbags* tergantung pada karakteristik permukaan landasan dan kemiringannya, selain kemampuan gaya tarik dari sistem *winch* dan *sling* yang digunakan.

Dalam proses penarikan kapal menggunakan sistem *airbags*, penentuan besarnya gaya tarik *winch* (P) perlu memperhitungkan seluruh gaya yang bekerja pada kapal selama penarikan di atas landasan miring. Dalam menentukan besarnya gaya tarik *winch*, maka sebelumnya perlu diuraikan gaya-gaya yang bekerja pada kapal saat proses perlimbungan. Besarnya gaya tarik *winch* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3)

$$F = W \sin a + f_s \quad (3)$$

$f_s$  = gaya gesek antara kapal (melalui *airbags*) dan permukaan landasan.

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa gaya tarik *winch* merupakan hasil penjumlahan antara komponen berat kapal pada bidang miring ( $W \sin a$ ) dan gaya gesek ( $f_s$ ). Dengan demikian, semakin besar berat kapal atau semakin curam kemiringan *slipway*, maka kebutuhan gaya tarik *winch* akan meningkat, begitu pula dengan pengaruh gaya gesek yang bergantung pada kondisi permukaan landasan dan material *airbags* yang digunakan.

## 1.9 Dasar Teori Perhitungan Gaya Tarik *Winch*

Dalam proses penarikan kapal ke atas dock (*slipway*), sistem *winch* berperan penting untuk menghasilkan gaya tarik yang mampu mengatasi berat kapal dan gaya gesekan antara lunas kapal dengan landasan *slipway*. Besarnya gaya tarik yang diperlukan sangat bergantung pada berat kapal, kemiringan landasan, kondisi permukaan *slipway*, serta konfigurasi sistem *pulley* yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan penurunan persamaan dasar yang dapat digunakan untuk menghitung gaya tarik *winch*, sebagai berikut.

### 1.9.1 Gaya Tarik pada Bidang Miring

Kapal tidak ditarik dari berat total (2356 ton) secara langsung, karena yang dilawan oleh *winch* bukan berat kapal, melainkan gaya tahan (*resistance*) akibat gesekan lunas kapal dengan landasan *slipway* dan kemiringan bidang. Ketika kapal ditarik ke atas landasan miring, gaya utama yang harus dilawan adalah komponen berat kapal yang bekerja sepanjang bidang miring dan gaya gesekan antara lunas kapal dengan permukaan landasan. Untuk menarik kapal menanjak pada landasan (*hauling up a slipway*) gaya tarik pada tali (*rope tension*)  $F$  pada kondisi statik dengan gesekan, dihitung menggunakan persamaan (4).

$$F_t = W \times \sin(\theta) + \mu \times W \times \cos(\theta) \quad (4)$$

Keterangan :

$F$  = gaya Tarik total yang dibutuhkan (ton)

$W$  = berat kapal (ton)

$\theta$  = sudut kemiringan *slipway* (derajat)

$\mu$  = koefisien gesek antara lunas dan landasan (biasanya 0,1 – 0,2 untuk kayu/rel baja yang dilumasi)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Persamaan (4) diturunkan dari keseimbangan gaya pada bidang miring, dengan mempertimbangkan komponen gaya berat yang sejajar dengan bidang miring ( $W \sin \theta$ ) dan gaya gesekan ( $\mu W \cos \theta$ ). Rumus ini adalah persamaan keseimbangan gaya pada bidang miring dengan gesekan (mekanika dasar / *inclined plane*) dan sering dipakai pada analisis *hauling/launching slipway* dalam literatur teknik kapal dan *slipway*. (P.E. Smith. 2016).

### 1.9.2 Keuntungan Mekanis Sistem *Pulley*

Untuk mengurangi beban yang harus ditarik oleh *winch*, digunakan sistem katrol (*pulley*) yang memberikan keuntungan mekanis. Hubungan antara gaya yang diperlukan pada tali (*rope tension*) dengan gaya yang harus dihasilkan *winch* secara ideal dapat dinyatakan sebagai:

$$F_{\text{Winch,ideal}} = F / n \quad (5)$$

Keterangan:

$F_{\text{Winch,ideal}}$  = gaya yang harus disediakan oleh *winch* dalam kondisi ideal (ton)

$n$  = rasio atau perbandingan sistem *pulley* (misalnya 2:1, 4:1, 6:1)

Semakin besar nilai  $n$ , semakin kecil gaya yang dibutuhkan dari *winch*. Namun, dalam kondisi nyata terdapat rugi energi akibat gesekan pada *pulley* dan tali.

### 1.9.3 Efisiensi Sistem *Pulley*

Gesekan pada *pulley* dan tali menyebabkan efisiensi sistem tidak mencapai 100%. Untuk memperhitungkan hal ini (Westin,2021), persamaan (5) disesuaikan dengan memasukkan faktor efisiensi sistem ( $\eta$ ) sebagai berikut:

$$F_{\text{winch,real}} = \frac{F}{n\eta} \quad (6)$$

Keterangan:

$\eta$  = efisiensi sistem *pulley* (biasanya 0,85 – 0,95)

Semakin kecil nilai efisiensi ( $\eta$ ), semakin besar gaya aktual yang harus dikeluarkan oleh *winch*

### 1.9.4 Gaya Rencana (*Design Load*) dengan Faktor Dinamis dan Keamanan

Dalam kondisi nyata, penarikan kapal tidak selalu berlangsung stabil. Adanya hentakan (*shock load*), gelombang, atau perubahan kecepatan akan menambah beban dinamis pada sistem penarik. Oleh karena itu, dalam perancangan *winch* perlu digunakan faktor dinamis dan faktor keamanan, sehingga gaya rencana (*design load*) dapat dihitung dengan persamaan:

$$F_{\text{design}} = \frac{F}{n\eta} \times K_{\text{dynamic}} \times FS \quad (7)$$

Keterangan:

$F_{\text{design}}$  = gaya rencana yang digunakan untuk menentukan kapasitas *winch* (ton atau kN)

$K_{\text{dynamic}}$  = faktor dinamis (umumnya antara 1,1 – 1,3)

$FS$  = faktor keamanan (umumnya antara 1,25 – 2,0)

Nilai  $F_{\text{design}}$  merupakan dasar untuk menentukan apakah kapasitas *winch* yang digunakan mencukupi atau tidak.

### 1.9.5 Penentuan Kecepatan Tarik

Penentuan kecepatan tarik merupakan tahapan penting dalam analisis kinerja sistem penarikan kapal, karena kecepatan tersebut mencerminkan efisiensi kerja *winch* dan

kestabilan proses docking di atas landasan. Besarnya kecepatan tarik dipengaruhi oleh panjang lintasan penarikan, waktu operasi, serta konfigurasi sistem *pulley* yang digunakan. Dengan mengetahui kecepatan tarik, maka dapat ditentukan kemampuan aktual sistem dalam memindahkan kapal secara aman, efektif, dan sesuai dengan kapasitas daya motor *winch* yang terpasang.

Penentuan daya motor dengan menentukan kecepatan Tarik kapal:

$$vk = \frac{\text{panjang landasan}}{\text{waktu penarikan}} \quad (8)$$

Perhitungan kecepatan Tarik tali

$$Vt = Vk \times z \quad (9)$$

Keterangan:

Vk = kecepatan Tarik kapal

Vt = kecepatan Tarik tali

### 1.9.6 Perhitungan Daya *Winch*

Apabila kecepatan penarikan tali diketahui, daya yang diperlukan oleh motor penggerak *winch* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P = F_{\text{winch,real}} \times v \quad (10)$$

Keterangan:

P = daya motor yang dibutuhkan (kW)

$F_{\text{winch,real}}$  = gaya aktual *winch* (N atau kN)

v = kecepatan penarikan tali (m/s)

### 1.10 Pengaruh Variasi Sistem *Pulley* terhadap Gaya Tarik *Winch*

Sistem *pulley* atau katrol majemuk digunakan untuk memberikan keuntungan mekanis dengan cara membagi gaya tarik total menjadi beberapa bagian tali yang bekerja secara paralel. Besarnya keuntungan mekanis ditentukan oleh jumlah tali penopang beban atau rasio sistem *pulley* (n).

Secara umum, hubungan antara gaya yang diperlukan pada *winch* ( $F_{\text{winch}}$ ) dan gaya total yang harus ditarik ( $F$ ) dapat dituliskan sebagai:

$$F_{\text{winch}} = \frac{F}{n \eta} \quad (11)$$

Keterangan:

$F_{\text{winch}}$  = gaya aktual yang harus dihasilkan *winch* (ton)

Dari persamaan (9), dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai  $n$ , maka semakin kecil gaya yang dibutuhkan *winch*, namun panjang tali yang harus ditarik menjadi lebih besar. Hal ini menunjukkan adanya kompromi antara gaya dan jarak gerak pada sistem *pulley*, yang dikenal sebagai prinsip konservasi energi mekanik.

Secara konseptual, hubungan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$F_{\text{winch}} \times s_{\text{winch}} = F \times s_{\text{beban}} \quad (12)$$

Keterangan:

$s_{\text{winch}}$  = jarak tali yang ditarik oleh *winch*

$s_{\text{beban}}$  = jarak perpindahan beban (kapal)

Karena  $s_{\text{winch}} = n \times s_{\text{beban}}$ , maka diperoleh bahwa  $F_{\text{winch}} = F/n$ , yang sesuai dengan prinsip dasar pada Persamaan (6).

Dengan demikian, seluruh persamaan dan prinsip kerja yang telah dijelaskan menjadi landasan teoritis dalam menganalisis kebutuhan gaya tarik *winch* serta sistem pendukungnya. Selanjutnya, pembahasan akan difokuskan pada tujuan dan manfaat penelitian yang bertujuan untuk mengaplikasikan teori tersebut dalam konteks penentuan kapasitas *winch* dan perlengkapannya.

### 1.11 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan pada latar belakang diatas adapun tujuan penelitian yaitu

- a. Untuk menganalisis kapasitas *winch* pada galangan kapal PT. LPN
- b. Untuk mengetahui perbedaan variasi penggunaan jumlah *pulley* (2, 4 dan 6) terhadap kecepatan docking kapal.

### 1.12 Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dirumuskan, manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik secara teoritis maupun praktis terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapannya di bidang teknik perkapalan. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk memperoleh hasil analisis yang relevan dengan objek kajian, tetapi juga untuk memberikan informasi yang bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan dalam kegiatan operasional dan perencanaan di galangan kapal. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

### 1.13 Ruang Lingkup

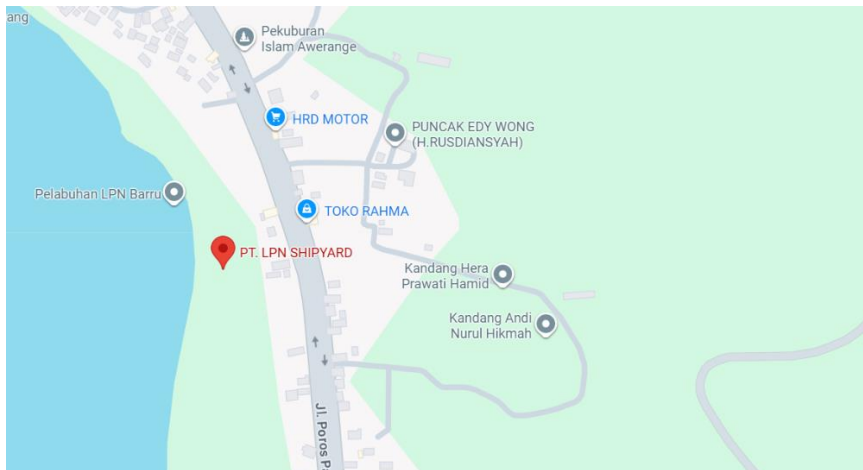
Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini ialah:

- Tidak menghitung daya spesifik *winch* tapi menggunakan data brosur
- Penelitian menggunakan metode kuantitatif menggunakan angka dalam menganalisis data
- Menghitung kemampuan daya *winch* yang digunakan hanya perbandingan pulley 2:1, 4:1, dan 6:1
- Penelitian menggunakan data asli dari galangan.
- Tidak menganalisa biaya
- Tidak menganalisa *layout* galangan

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Waktu dan Tempat

Lokasi penelitian dilakukan di galangan kapal PT. Layar Perkasa Nusantara, yang terletak di Jl. Poros Makassar – Pare-pare KM. 128-129, Desa Batupute Kab. Barru. Adapun waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Januari – Februari 2025



Gambar 10. Lokasi Penelitian pada Galangan kapal PT. Layar Perkasa Nusantara Jl. Poros Makassar – Pare-pare KM. 128-129, Desa Batupute Kab. Barru

### 2.2 Jenis dan Pendekatan

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis besarnya gaya tarik *winch* dan efektivitas sistem *pulley* berdasarkan perhitungan teoritis serta data lapangan. Pendekatan kuantitatif digunakan karena seluruh variabel yang dianalisis, seperti berat kapal, kemiringan landasan, dan gaya tarik, dapat dinyatakan dalam bentuk numerik dan dihitung menggunakan persamaan fisika teknik.

### 2.3 Variabel

Variabel utama yang diamati dalam penelitian ini meliputi:

- Berat kapal ( $W$ )
- Kemiringan landasan ( $\alpha$ )
- Koefisien gesek ( $\mu$ )
- Jumlah *pulley* ( $n$ )
- Efisiensi sistem ( $\eta$ )

- Gaya tarik *winch* ( $F_{cw}$ )  
Variabel-variabel tersebut dianalisis untuk mengetahui hubungan antara sistem mekanis *pulley* dan gaya tarik yang dihasilkan.

## 2.4 Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi langsung, wawancara, dan dokumentasi. Observasi langsung dilakukan untuk mengamati secara nyata proses penarikan kapal di galangan, termasuk kondisi *winch*, konfigurasi sistem *pulley*, serta karakteristik landasan *slipway* yang digunakan. Wawancara dilakukan dengan operator *winch* dan teknisi galangan guna memperoleh informasi teknis mengenai prosedur penarikan, hambatan yang sering terjadi, serta efisiensi sistem dalam praktiknya. Sementara itu, dokumentasi dilakukan untuk mengumpulkan data pendukung berupa spesifikasi teknis *winch*, data dimensi *slipway*, kondisi permukaan landasan, serta data operasi penarikan kapal yang relevan. Ketiga metode ini saling melengkapi agar data yang diperoleh bersifat valid, representatif, dan dapat digunakan sebagai dasar analisis dalam perhitungan kapasitas *winch* serta efektivitas sistem *pulley* pada proses perlimbungan kapal.

### 2.4.1 Data *Winch*

Berikut merupakan data yang didapatkan:

Nama	: NYLFAD PTE. LTD
Type	: <i>Marine Winch</i>
Kapasitas	: 70 ton
<i>Wire rope</i>	: 49 mm
Panjang <i>Wire rope</i>	: 1200 m
Sistem <i>pulley</i>	: 6/1
Kemiringan landasan	: 2.3°
Panjang Landasan	: 120 m

### 2.4.2 Parameter Pendukung Perhitungan

Berikut merupakan parameter pendukung yang digunakan dalam analisis penentuan kapasitas *winch* dan sistem *pulley*:

LWT : 2635 ton (estimasi LWT max)

Sistem *pulley* tambahan: 2/1 dan 4/1

Dalam penelitian ini, data tambahan yang digunakan berupa estimasi *lightweight tonnage* (LWT) kapal. Estimasi nilai LWT dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai berat aktual kapal tanpa muatan, yang berpengaruh langsung terhadap besarnya gaya tarik yang dibutuhkan selama proses pemindahan atau penarikan menggunakan sistem *winch*. Nilai LWT ini selanjutnya digunakan untuk menentukan efisiensi penggunaan daya serta mengevaluasi kemampuan tarik *winch* berdasarkan kapasitas nominal dan konfigurasi sistem *pulley* yang diterapkan. Dengan

memasukkan LWT sebagai parameter tambahan, analisis yang dilakukan menjadi lebih representatif terhadap kondisi operasional sebenarnya dan dapat menggambarkan kinerja *winch* secara lebih akurat dalam menarik kapal pada lintasan yang telah ditentukan

## 2.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara:

1. Menghitung gaya tarik teoritis menggunakan persamaan bidang miring (Persamaan 4).
2. Menghitung gaya *winch* aktual dengan mempertimbangkan rasio *pulley* dan efisiensi sistem (Persamaan 5–9).
3. Menentukan gaya rencana dengan faktor dinamis dan keamanan (Persamaan 7).
4. Membandingkan hasil perhitungan pada variasi sistem *pulley* (2:1, 4:1, 6:1) untuk menentukan konfigurasi paling efisien.
5. Mengevaluasi kesesuaian kapasitas *winch* terhadap kebutuhan gaya tarik hasil perhitungan.

## 2.6 Diagram Alir

Prosedur penelitian lebih jelas pada diagram alir (*flow chart*) di bawah ini:

