

# PENJADWALAN PENUGASAN KRI DI KOLINLAMIL DENGAN PENDEKATAN *BINARY INTEGER PROGRAMMING*

Mohamad Solekhan<sup>1</sup>, Udisubakti Ciptomulyono<sup>2</sup>, Ahmadi<sup>3</sup>

Mahasiswa Prodi S-2 ASRO STTAL<sup>1</sup>

Dosen FTI – ITS Surabaya<sup>2</sup>

Dosen Prodi S-2 ASRO STTAL<sup>3</sup>

## Abstrak

Penjadwalan adalah suatu aktivitas penugasan yang berhubungan dengan sejumlah kendala, sejumlah kejadian yang dapat terjadi pada suatu periode waktu dan tempat atau lokasi sehingga fungsi objektif sedekat mungkin dapat terpenuhi. Dalam hierarki pengambilan keputusan, penjadwalan merupakan langkah terakhir sebelum dimulainya suatu operasi. Penjadwalan penugasan KRI di Kolinlamil menjadi topik yang menarik untuk dibahas dan dicari penyelesaiannya dengan metode matematis. Proses penjadwalan penugasan KRI di Kolinlamil dilakukan untuk menghasilkan jop/jog tahunan. Proses ini tidak hanya memerlukan tindak lanjut yang cepat, akan tetapi juga memerlukan langkah-langkah yang sistematis. Penjadwalan penugasan yang diterapkan Kolinlamil saat ini dilakukan oleh personel dengan tidak menggunakan perhitungan matematis. Proses penjadwalan penugasan kapal dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode *Binary Integer Programming* (BIP) dengan tujuan untuk meminimalkan penalty apabila melanggar *soft constrain*. Penjadwalan yang diamati adalah 14 kapal melaksanakan 26 operasi selama 52 minggu (1 tahun). Penelitian ini dimulai dengan penentuan variabel keputusan penjadwalan serta batasan yang dihadapi. Batasan itu yaitu *hard constrain*: kapal mulai operasi untuk tiap jenis operasi, kelas kapal yang dibolehkan melaksanakan operasi, durasi tiap operasi, jumlah kapal tiap operasi, jam putar maksimum yang di iijinkan, serta *soft constrain*: lama kapal operasi secara berturut-turut.

Formulasi matematis dari model BIP yang dibuat terdiri dari tiga parameter ukur, empat variabel keputusan, satu fungsi tujuan dan tujuh fungsi kendala. Kemudian dilakukan pengembangan model BIP yang selanjutnya diselesaikan komputasi menggunakan LINGO 11.0. Hasil yang didapatkan bahwa model BIP yang diterapkan pada penjadwalan penugasan KRI Kolinlamil bisa mendapatkan hasil yang optimal. BIP adalah suatu metode yang tepat untuk digunakan sebagai metode dalam penjadwalan penugasan KRI di Kolinlamil.

**Kata Kunci** : Penjadwalan penugasan kapal, BIP, *hard constrain*, *soft constrain*.

## 1. Pendahuluan

Kolinlamil sebagai kotama operasional untuk melaksanakan tugasnya dalam bidang operasi, harus melakukan sistem perencanaan operasional, dimana salah satunya adalah penjadwalan penugasan KRI di Kolinlamil. Penjadwalan adalah satu hal yang penting dalam suatu satuan kerja, khususnya satuan kerja yang berbasis pada penyediaan kapal yang akan digunakan untuk melaksanakan operasi.

Kolinlamil adalah Komando Utama Pembinaan dan Operasional. Dalam bidang pembinaan kolinlamil berkedudukan langsung di bawah Kasal, sedangkan dalam bidang operasional kolinlamil berkedudukan langsung

langsung di bawah Panglima TNI. Berbeda dengan Komando Utama yang lain, seperti Koarmabar yang hanya bertugas diwilayah barat perairan Indonesia dan Koarmatim yang hanya bertugas diwilayah timur perairan Indonesia. Kolinlamil mempunyai tugas pokok membina kemampuan sistem angkutan laut militer, membina potensi angkutan laut nasional untuk kepentingan pertahanan negara, melaksanakan angkutan laut TNI dan Polri yang meliputi personel, peralatan dan perbekalan, baik yang bersifat administratif maupun taktis strategis serta melaksanakan bantuan angkutan laut dalam rangka menunjang pembangunan nasional. Sesuai dengan fungsi dan tugasnya kolinlamil

melaksanakan pergeseran kekuatan militer baik pasukan maupun logistik melalui laut diseluruh perairan Indonesia. Kegiatan lintas laut oleh unsur-unsur kolinlamil dapat dilakukan secara individu maupun dalam formasi baik masa damai maupun masa perang maupun logistik dapat dilakukan dari satu pangkalan angkatan laut (lanal), pelabuhan umum, pantai ke lanal atau kepelabuhan umum dan pantai lainnya, sehingga wilayah operasional kolinlamil adalah seluruh wilayah perairan Indonesia.

Sedangkan rencana operasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pamrahan Papua Barat.
2. Latihan Raider I (antar).
3. Pergeseran material Alutsista TNI AD.
4. Latihan Raider II (antar) .
5. Latihan harpuan kopaska-kopasus.
6. Serpas pam Ambalat XIX.
7. Serpas pamputer.
8. Manlab Embarkasi-Debarkasi
9. Serpas pamtas RI-Malaysia (Kalbar).
10. Latihan Raider III (antar).
11. Lat AJ
12. Latihan Raider I (jemput).
13. Serpas rahwan Maluku.
14. ENJ
15. Anglanas.
16. Manlab Sea Survival.
17. Angla Lebaran
18. Latihan Raider II (jemput).
19. Bakesra.
20. Serpas Pamtas RI-PNG
21. HUT TNI
22. Serpas pamtas RI-RDTL.
23. Latihan Raider III (jemput).
24. Ops Rakata Jaya.
25. Hari Juang Kartika.

Setelah mendapatkan rencana operasi dari mabas TNI dan mabesal, kolinlamil dalam hal ini staf operasi (sops) kolinlamil menghitung kebutuhan kapal yang akan dioperasikan pada tahun depan tentang jumlah dan kelas kapal, selanjutnya sops koordinasi dengan dinas pemeliharaan kapal (disharkap) agar menyiapkan kapal yang dibutuhkan untuk melaksanakan kegiatan operasi tersebut. Kolinlamil dalam pelaksanaan operasi tersebut diatas memiliki 14 kapal yang dapat dioperasikan. Kapal-kapal itu terdiri dari beberapa kelas yang berbeda-beda, sehingga pada saat pengoperasiannya juga

dipertimbangkan kelas kapal yang melaksanakan operasi agar sesuai dengan kebutuhan dalam pelaksanaan operasi. Setiap pelaksanaan operasi selalu membutuhkan jumlah kapal dan lama operasi yang berbeda-beda, karena setiap operasi yang direncanakan akan membawa personel dan logistik/materiil dan lokasi operasi yang berbeda. Sedangkan untuk merencanakan pemeliharaan suatu kapal maka Disharkap berpedoman pada jam putar mesin/pesawat karena mesin harus dilaksanakan pemeliharaan bila jam putar sudah mencapai 1000 jam/59 minggu. Adapun jenis kapal dan unsur kapal yang saat ini dioperasikan oleh Kolinlamil, antara lain :

- a. Angkut Tank (AT), antara lain :
  - 1) KRI Teluk Amboina – 503
  - 2) KRI Teluk Ratai – 509
  - 3) KRI Teluk Bone – 511
  - 4) KRI Teluk Bintuni – 520
  - 5) KRI Teluk Manado – 537
  - 6) KRI Teluk Hading – 538
  - 7) KRI Teluk Parigi – 539
  - 8) KRI Teluk Lampung - 540
- b. *Landing Platform Dock (LPD)* antara lain :
  - 1) KRI Banjarmasin - 592
  - 2) KRI Banda Aceh - 593
- c. Bantu Umum (BU) antara lain :
  - 1) KRI Mentawai – 959
  - 2) KRI Karimata – 960
- d. Bantu Angkut Personel (BAP) antara lain :
  - 1) KRI Tanjung Kambani – 971
  - 2) KRI Tanjung Nusanive – 973

Berdasarkan rencana operasi dan jam putar maka sops dan disharkap Kolinlamil membuat jadwal operasi dan jadwal pemeliharaan untuk setiap kapal di jajaran Kolinlamil. Dari jadwal operasi dan pemeliharaan yang telah dibuat tersebut selanjutnya sops membuat daftar Jadwal Olah Pemeliharaan dan Jadwal Olah Gerak (JOP/JOG) dalam 1 (satu) tahun.

Penjadwalan penugasan kapal seharusnya dilakukan agar operasi dapat dilaksanakan secara maksimal dan kapal selalu dalam kondisi yang prima serta tidak melanggar segala kendala atau aturan-aturan dalam pelaksanaan operasi yaitu kapal yang melaksanakan operasi tertentu sesuai dengan kelas kapal yang dibutuhkan, lama maksimum kapal melaksanakan secara berturut-turut adalah 3 bulan atau 12 minggu, kapal tidak

boleh melaksanakan operasi lebih dari satu operasi dalam satu waktu bersamaan, maupun aturan tentang pemeliharaan kapal yaitu kapal harus melaksanakan pemeliharaan apabila jam putar kapal mencapai 10000 jam putar atau 59 minggu. Oleh karena itu jop/jog yang sudah dibuat bisa mengakomodasi segala aturan atau kendala agar kapal dapat melaksanakan tugas dan kapal dapat dipelihara sesuai dengan aturan dari pabrikan pembuat mesin kapal, sehingga operasi berjalan sebagaimana mestinya dan kapal menjadi selalu terjaga kondisi teknisnya serta siap dioperasikan kapan saja.

Penjadwalan penugasan kapal yang dilakukan pada saat ini seringkali terjadi rencana operasi yang telah dibuat tidak bisa dilaksanakan sesuai rencana dan kapal yang seharusnya melaksanakan pemeliharaan masih dioperasikan walaupun jam putar sudah melebihi maksimal yang diijinkan atau terjadi keterlambatan pemeliharaan. Selain keterlambatan pemeliharaan kapal, kapal yang masih melaksanakan operasi dan dalam perjalanan pulang ke pangkalan kapal sudah mendapatkan perintah pendahuluan untuk melaksanakan operasi lanjutan, sehingga kapal harus melaksanakan operasi lagi walaupun sudah lama melaksanakan operasi. Sehingga bisa dikatakan bahwa jop/jog yang ada saat ini pelaksanaan penugasan kapal sering melanggar aturan yang ada.

Beberapa penelitian tentang penjadwalan telah banyak dilakukan baik dengan perhitungan matematis eksak maupun metaheuristik algoritma genetika antara lain Deris (1999) mengembangkan model algoritma genetika yang digunakan untuk menjadwalkan pemeliharaan kapal pada *Royal Malaysian Navy*, pada penelitian ini pertimbangan pemeliharaan dilakukan untuk memenuhi persyaratan ketersediaan kapal yang siap untuk melakukan operasi, tanpa mempertimbangkan kapal apa saja yang akan melaksanakan operasi pada saat ini dan yang akan datang. Tao Chen et al. (2012) mengembangkan model algoritma genetika untuk penjadwalan *Preventive Maintenance* (PM) pada interval tetap dengan tidak mempertimbangkan *Corrective Maintenance* (CM), Salmeron dan Dufek, (2014) tentang mengembangkan model optimasi dengan *Mixed Integer Programming*

untuk pekerjaan penjadwalan pemeliharaan kapal selam yang dilakukan oleh kapal selam *tender*, pada penelitian ini penjadwalan dilakukan hanya untuk kapal selam yang sedang melaksanakan operasi dalam rangka patroli dan pelaksanaan pemeliharaannya dilakukan oleh tim pemeliharaan di kapal selam *tender*, sehingga kapal selam tidak harus kembali ke pangkalan untuk melaksanakan pemeliharaan. *Integer programming*, selain digunakan untuk penjadwalan diatas dapat digunakan untuk penjadwalan banyak permasalahan antara lain: pemeliharaan kapal kontainer selama berlayar (Hun Go, 2013), penjadwalan di pabrik generator yang menghasilkan tenaga listrik dan menghasilkan air tawar dengan *desalting* air laut pada waktu yang sama (Alardhi dan Labib, 2008), penjadwalan proyek pengembangan sistem informasi (Ziaee dan Sadjadi, 2007), penjadwalan operasi sebuah rumah sakit (Wang et al, 2014), masalah penjadwalan produksi di pengecoran berbasis pasar (Teixiera et al, 2009), penjadwalan *job-shop* (Pan et al, 2005), penjadwalan pemeliharaan sistem generator (Fetanat et al, 2011).

Penelitian yang dilakukan adalah kebanyakan pada perusahaan dimana kita ketahui bersama bahwa perusahaan dalam penjadwalan hanya berorientasi pada biaya paling minimal. Kecuali penelitian yang dilakukan pada *Royal Malaysian Navy*, yang penelitiannya di fokuskan pada ketersediaan kapal setiap saat. Namun pada penelitian tersebut menggunakan metode metaheuristik dimana dengan menggunakan metode metaheuristik tidak menjamin bahwa nilai global optimum bisa didapatkan. Sehingga pada penelitian yang dilakukan saat ini peneliti menggunakan metode matematis *exact* agar bisa didapatkan nilai yang optimum.

Penjadwalan penugasan KRI di Kolinlamil dengan menggunakan program BIP adalah suatu metode matematis untuk penjadwalan penugasan KRI secara praktis, mudah dan tetap memenuhi semua kendala yang ada dalam waktu yang relatif cepat, sehingga penjadwalan penugasan KRI di Kolinlamil dengan metode ini sangat membantu dalam penjadwalan penugasan KRI karena menghasilkan jadwal yang memenuhi semua kendala dalam waktu *relative* cepat. Program

BIP digunakan untuk mendapatkan solusi yang sederhana dan berupa bilangan bulat nol atau satu (bentuk biner) sehingga mempermudah dalam menjadwalkan komponen-komponen yang akan dijadwalkan, selanjutnya diselesaikan dengan menggunakan *software* lingo untuk mendapatkan solusi yang optimal. Oleh karena itu penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian penjadwalan penugasan KRI di Kolinlamil dengan menggunakan metode BIP, dimana penggunaan BIP adalah suatu metode yang tepat untuk membuat jadwal penugasan KRI selain hasil yang didapatkan adalah global optimum dan juga komputasi yang dilakukan *relative* cepat untuk mendapatkan nilai yang optimal.

## 2. Tinjauan Pustaka.

### 2.1 Pengertian Riset Operasi

Menurut Taha (1997) Riset operasi adalah disiplin ilmu yang digunakan dalam pendekatan untuk pengambilan keputusan, yang ditandai dengan penggunaan pengetahuan ilmiah, yang bertujuan menentukan penggunaan terbaik dari sumber daya yang terbatas. Topik Riset Operasi dikelompokkan sesuai dengan model-model matematis yang sudah dikenal luas yaitu : *Integer Linear Programming, Goal Programming, Inventory, Network Planning, Dynamic Programming* dan lain-lain.

Riset Operasi juga didefinisikan sebagai ilmu yang berkenaan dengan pengambilan keputusan yang optimal dalam penyusunan model dari sistem-sistem baik *deterministic* maupun *probabilistic* yang berasal dari kehidupan nyata yang ditandai dengan kebutuhan untuk mengalokasikan sumber daya yang terbatas. Riset Operasi juga dipandang sebagai ilmu dan seni, karena keberhasilan dalam semua tahap sebelum dan sesudah solusi sepenuhnya tergantung pada kreatifitas dan kemampuan personal pengambil keputusan.

### 2.2 Penjadwalan.

Secara umum, penjadwalan adalah proses mengoordinasi, memilih, serta menentukan waktu penggunaan fasilitas dan sumber daya untuk menangani segala aktivitas yang dibutuhkan dalam memproduksi produk yang diinginkan, sesuai waktu yang dijadwalkan serta dengan segala batasan yang ada yang berhubungan dengan banyaknya aktivitas,

sumber daya dan fasilitas (Morton dan Penco, 1993). Penjadwalan produksi adalah metode yang dibuat untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan pertanyaan-pertanyaan, seperti apa produk yang akan diproduksi, berapa banyak produk tersebut diproduksi, serta bagaimana alokasi sumber daya yang dimiliki untuk melakukan tugas-tugas yang dibutuhkan dalam proses produksi (Baker, 1974).

Tujuan dilakukannya penjadwalan seperti dikutip dari Bedworth dan Bailey (1987), dimana di dalamnya ada identifikasi beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan adalah sebagai berikut:

- a. Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitasnya dapat meningkat.
- b. Mengurangi persediaan barang dalam proses (*walk in process product*) atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain.
- c. Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi *penalty cost* (biaya kelambatan).
- d. Membantu pengambilan keputusan mengenai kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

Di sisi lain, kompleksitas penjadwalan penugasan kapal tergantung pada kriteria performansi penjadwalan yang ditentukan. Menurut T'kindt dan Billaut (2002) problem penjadwalan memiliki dua jenis kriteria, yaitu *minimax* (minimasi nilai maksimum suatu fungsi) dan *minisum* (minimasi suatu fungsi penjumlahan). Untuk kriteria *minimax* sendiri dapat dibagi menjadi beberapa kriteria performansi, misalnya *makespan, maximum flow time, maximum idle time, maximum lateness, maximum tardiness, dan/atau maximum earliness* yang diijinkan.

Terdapat beberapa hal yang digunakan sebagai variabel dasar dari permasalahan

penjadwalan adalah sebagai berikut (Baker, 1974):

- a. Catatan tugas yang harus dikerjakan untuk melaksanakan operasi.
- b. Lamanya waktu operasi yang dibutuhkan tiap operasi yang dilakukan
- c. Catatan adanya kegiatan pendahulu yang menjadi batasan untuk melakukan kegiatan selanjutnya.
- d. Jika ada kapal yang dijadwalkan pada waktu yang sama, perencana harus mengetahui semua kapal yang diperlukan untuk tiap operasi.

Sedangkan untuk memastikan bahwa suatu operasi dan pemeliharaan dapat berjalan lancar, maka sistem pembuat jadwal membuat aturan sebagai berikut.

- a. Kelas Kapal.
- b. Bentrok operasi
- c. Awal mulai Operasi
- d. Durasi operasi
- e. Jumlah kapal melaksanakan operasi
- f. Lama operasi berturut-turut
- g. Jam putar mesin.

### 2.3 Program Integer.

#### 2.3.1 Definisi Program Integer.

Program Integer adalah program linier (*Linear Programming*) di mana variabel-variabelnya bertipe *integer* (bulat). Program Integer digunakan untuk memodelkan permasalahan yang variabel-variabelnya tidak mungkin berupa bilangan yang tidak bulat (bilangan riil), Program Integer yang membatasi variabel keputusan pada sebagian saja yang dibatasi pada nilai *integer* disebut Program Integer Campuran (Susi, 1999). Pokok pikiran utama dalam Program Integer adalah merumuskan masalah dengan jelas dengan menggunakan sejumlah informasi yang tersedia. Pada masalah Program Integer untuk pola memaksimalkan, nilai tujuan dari Program Integer tidak akan pernah melebihi nilai tujuan dari program linier (Wahyujati, 2009).

#### 2.3.2 Jenis-Jenis Program Integer.

Terdapat tiga jenis Program Integer, yaitu sebagai berikut:

- a. Program Integer Murni Bentuk umumnya adalah (Susanta, 1994):

Menentukan  $X_j, j=1, 2, \dots, n$

Maksimumkan atau Minimumkan:

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2.1)$$

Kendala:

$$\sum_{j=1}^n a_j X_j \geq / = / \leq b \quad (2.2)$$

$X_j \geq 0$  dan  $X_j \in b$  bilangan bulat untuk  $j = 1, 2, \dots, n$

di mana:

$Z$  = fungsi sasaran atau fungsi tujuan

$X_j$  = variabel keputusan

$C_j$  = koefisien fungsi tujuan

$a_j$  = koefisien kendala

$b$  = nilai ruas kanan

b. Program Integer Campuran yaitu program linier yang menghendaki beberapa, tetapi tidak semua variabel keputusan harus merupakan bilangan bulat non-negatif.

Menentukan  $X_j, j=1, 2, \dots, n$

Maksimumkan atau Minimumkan:

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2.3)$$

Kendala:

$$\sum_{j=1}^n a_j X_j \geq / = / \leq b \quad (2.4)$$

$X_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$

$X_j$  integer untuk  $j = 1, 2, 3, \dots, p$  ( $p \leq n$ )

c. Program Integer Biner yaitu program linier yang menghendaki semua variabel keputusan harus bernilai 0 dan 1.

Menentukan  $X_j, j=1, 2, \dots, n$

Maksimumkan atau Minimumkan:

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2.5)$$

Kendala:

$$\sum_{j=1}^n a_j X_j \geq / = / \leq b \quad (2.6)$$

$j = 1, 2, \dots, n$

$$X_j \geq 0 \text{ dan } X_j \in \{0,1\}$$

### 2.3.3 Sifat Umum Program Integer

Semua persoalan Program Integer mempunyai empat sifat umum yaitu, sebagai berikut: (Susanta, 1994):

- Fungsi Tujuan (*objective function*)
- Adanya kendala atau batasan (*constraints*) yang membatasi tingkat sampai di mana sasaran dapat dicapai.
- Variabel Keputusan (*Decision Variabel*)
- Tujuan dan batasan dalam permasalahan.

### 2.3.4 Metode-Metode dalam Program Integer

Algoritma atau Metode yang cukup baik untuk memberikan solusi dalam Program Integer yaitu:

- Pencabangan dan Pembatasan (*Branch and Bound*).
- Pemotongan Bidang Datar (*Cutting Plane*).
- Metode Balas.

## 2.4 Penelitian Terdahulu.

Penelitian sebelumnya yang memiliki kemiripan secara obyek ataupun metode, akan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Henrik Andersson, Jon M. Duesund, Kjetil Fagerholt (2011) melaksanakan penelitian tentang "*Ship routing and scheduling with cargo coupling and synchronization constraints*". Memperkenalkan dan memecahkan permasalahan yang dihadapi perusahaan pelayaran yang beroperasi di bidang pengiriman *tramp shipping*. Mengusulkan formulasi matematika dengan tiga metode solusi alternatif berdasarkan formulasi aliran jalan dan sebuah prioritas generasi. Salah satu solusi metode ini dikombinasikan dengan skema untuk mengatasi kendala secara dinamis. Hasil komputasi adalah dapat menemukan solusi optimal untuk permasalahan tersebut berdasarkan data yang didapat dari perusahaan.

Marielle Christiansen, Kjetil Fagerholt, Bjørn Nygreen, David Ronen, (2013) melaksanakan penelitian tentang "*Ship routing and scheduling in the new millennium*", menggabungkan tentang rute kapal dan penjadwalan kapal dengan isu-isu manajemen pelabuhan misalnya untuk alokasi dermaga

yang dapat ditampung atau dilayani dan juga krane untuk kontainer yang dapat digunakan.

Ziaee, M. dan Sadjadi SJ, (2007) melaksanakan penelitian tentang "*Mixed binary integer programming formulations for the flow shop scheduling problems. A case study: ISD projects scheduling*". mengembangkan model dengan menggunakan metode *mixed binary integer programming* untuk penjadwalan proyek pengembangan system informasi dalam membantu perusahaan untuk membuat jadwal proyek. Melakukan experiment numerik untuk membuktikan bahwa model yang dikembangkan lebih efisien, mudah dan fleksibel bila di aplikasikan pada dunia nyata.

Javier Salmeron dan Michael Dufek, (2014) melaksanakan penelitian tentang "*Optimization Of Continuous Maintenance Availability Scheduling*". Melaksanakan penelitian di Angkatan Laut Amerika Serikat untuk menjadwalkan kapal pemeliharaan selam. Model yang dikembangkan adalah model optimasi penjadwalan untuk pekerjaan pemeliharaan kapal selam yang dilakukan oleh kapal selam *tender* menggunakan *Mixed Integer Programming* untuk menghasilkan nilai yang mendekati optimal pada semua pekerjaan bila dibandingkan dengan perhitungan manual. Tujuannya adalah agar pemeliharaan dapat dilakukan dengan cepat sehingga pemeliharaan bisa efektif dan efisien.

## 3. Metode Penelitian

Garis besar mengenai seluruh kegiatan yang dilaksanakan selama penelitian berlangsung digambarkan dalam diagram alir (*flow chart*) sebagaimana dijelaskan pada Gambar 3.1.

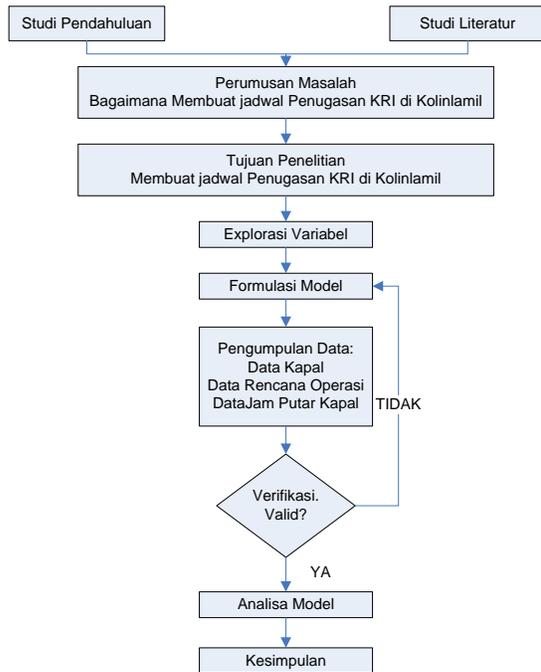
### 3.1 Explorasi variabel.

Melaksanakan identifikasi terhadap variabel-variabel yang berpengaruh dengan melakukan observasi pada permasalahan yang berhubungan dengan model.

Variabel model penugasan kapal sebagai berikut:

- Indikator:
  - $i$  = Jumlah kapal (1.....14).
  - $j$  = Jenis operasi (1.....26).
  - $k$  = Periode waktu (1....52)
- Variabel Keputusan.

$X_{ijk} = 1$ , Jika kapal  $i$  dijadwalkan untuk melaksanakan operasi ke  $j$  pada minggu ke  $k$ .  
 $= 0$ , Jika tidak.



Gambar 3.1. Bagan alir Penelitian.

$Start_{ijk} = 1$ , jika kapal  $i$  mulai melaksanakan operasi  $j$  pada minggu ke  $k$ .  $= 0$ , jika tidak.

$JP_{ik}$  = Jam putar kapal  $i$  pada minggu ke  $k$ .

$JP_{i0}$  = Jam putar kapal  $i$  pada minggu ke  $0$ .

c. Parameter.

$C_{ij} = 1$ , jika kapal  $i$  boleh/bisa melakukan operasi ke  $j$ .  $= 0$ , jika tidak.

$JK_j$  = Jumlah kapal pada operasi  $j$ .

$Dur_{ij}$  = Durasi/lama kapal  $i$  pada operasi  $j$ .

$MaxJP_{ik}$  = Maksimum jam putar kapal  $i$  pada minggu ke  $k$

$JM_j$  = Himpunan bagian dari periode waktu  $k$  yang merupakan jadwal mulai operasi  $j$ .

### 3.2 Formulasi Model.

Model dari permasalahan penjadwalan penugasan kapal ini terdiri dari fungsi obyektif dan fungsi kendala (*constrain*).

#### 3.2.1 Formulasi fungsi Obyektif.

Fungsi tujuan pada model ini adalah meminimalkan jumlah penalti

$$MinZ = \sum_{i=1}^{14} \sum_{k=1}^{52} P_{ik} \quad (3.1)$$

Dimana:

$P_{ik}$  = Penalti kapal  $i$  pada minggu  $k$  apabila melanggar kendala lembut.

#### 3.2.2 Formulasi fungsi Kendala.

Dalam merencanakan operasi dan rencana pemeliharaan ada beberapa kendala yang harus dihadapi, baik *hard constrain* maupun *soft constrain*. Kendala-kendala itu antara lain:

a. Kelas kapal yang melaksanakan operasi.

$$\sum_{k=1}^{52} Start_{ijk} \leq C_{ij} \quad (3.2)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall j = 1 \dots 25$

b. Kendala jadwal mulai operasi.

$$\sum_{i=1}^{14} Start_{ijk} = JK_j \quad (3.3)$$

Untuk:  $\forall j = 1 \dots 25 \quad \forall k \in JM_j$

c. Kendala durasi/lama kapal melaksanakan operasi.

$$\sum_{k=1}^{52} X_{ijk} = Dur_{ij} * \left( \sum_{k=1}^{52} Start_{ijk} \right) \quad (3.4)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall j = 1 \dots 26$

$$Start_{ij1} = X_{ij1} \quad (3.5)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall j = 1 \dots 26$

$$Start_{ijk} \geq X_{ijk} - X_{ij(k-1)} \quad (3.6)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall j = 1 \dots 26 \quad \forall k = 1 \dots 52$

$$\sum_{k=1}^{52} Start_{ijk} \leq 1 \quad (3.7)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall j = 1 \dots 26$

d. Kendala bentrok jadwal Operasi.

$$\sum_{j=1}^{26} X_{ijk} \leq 1 \quad (3.8)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall k = 1 \dots 52$

e. Kendala jumlah kapal.

$$\sum_{k=1}^{52} \sum_{i=1}^{14} Start_{ijk} = JK_j \quad (3.9)$$

Untuk:  $\forall j = 1 \dots 25$

f. Kendala maksimum jam putar.

$$JP_{ik} \leq MaxJP_{ik} \quad (3.10)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall k = 1 \dots 52$

$$JP_{ik} \geq JP_{i(k-1)} + \sum_{j=1}^{25} X_{ijk} - M * (X_{i26k}) \quad (3.11)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall k = 1 \dots 52$

$$JP_{ik} \leq JP_{i(k-1)} + \sum_{i=1}^{25} X_{ijk} \quad (3.12)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall k = 1 \dots 52$

$$JP_{ik} \leq M * (1 - X_{i26k}) \quad (3.13)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall k = 1 \dots 52$

g. Kendala lama operasi berturut-turut.

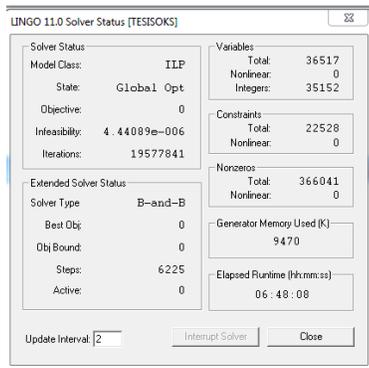
$$\sum_{j=1}^{25} \sum_{l=k}^{k+12} X_{ijl} - P_{ik} \leq 12 \quad (3.14)$$

Untuk:  $\forall i = 1 \dots 14 \quad \forall k = 1 \dots 40$

#### 4. Pembahasan

##### 4.1 Analisa data hasil *running* program.

*Running* model didapatkan hasil pemecahan terlihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Hasil *running* program Lingo  
 Analisa hasil *running* model menghasilkan suatu jadwal penugasan kapal dengan bilangan zero-one (0-1). Penjadwalan kapal yang didapatkan adalah jadwal penugasan kapal  $X_{ijk}$  terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Penugasan Kapal.

No	KPL	OPERASI	MINGGU KE
1	ABN	Manlap Emb/Deb	12,13,14,15,16,17
		Manlab Latsar	23,24,25
		Duk HUT TNI	35,36,37
2	TRT	Pamtas RI-Mal	12,13,14
		Duklat Raider III (A)	15,16,17,18,19,20,21
		Duk Bakesra	32,33,34,35,36,37
3	TBO	Pemeliharaan	5,6,7
		Duk Pam Puter	11,12,13,14,15,16,17
		Anglanas	20,21,22,23,24,25,26,27
		Harjuang Kartika	46,47,48
4	TBN	Lat Raider I (A)	1,2,3,4,5,6,7
		Pamtas Ambalat XIX	11,12,13,14,15
		Lat Raider I (jempu)	17,18,19,20,21,22,23,24
		Angla Lebaran	26,27,28
		Pamtas RI-PNG	34,35,36,37,38,39,40,41,42
5	TMO	Pamrahwan Papua	1,2,3,4
		Manlap Emb/Deb	12,13,14,15,16
		Pemeliharaan	19,20,21
		Lat Raider III (J)	40,41,42,43,44,45
6	THG	Lat Raider I (A)	1,2,3,4,5,6,7,8
		Pamtas RI-Malaysia	12,13,14
		Lat Raider I (J)	17,18,19,20,21,22,23,24,25
		HUT TNI	35,36,37
		Harjuang Kartika	46,47,48
		Pemeliharaan	49,50,51
7	TGI	Pemeliharaan	1,2,3
		Pamtas Ambalat XIX	11,12,13,14,15
		Lat AJ	16,17,18
8	TLP	Pemeliharaan	1,2,3
		Lat Raider II (A)	9,10,11
		Manlap Emb/Deb	12,13,14,15,16
		Manlab Latsar	23,24
		Duk Bakesra	32,33,34,35,36
		Pamtas RI-RDTL	39,40,41,42
		Operasi Rakata	43,44,45,46,47,48
		Pemeliharaan	49,50,51
9	BJM	Pemeliharaan	3,4,5
		Lat Raider III (A)	15,16,17,18,19,20
		Angla Lebaran	26,27,28
		Lat Raider II (J)	30,31,32,33,34,35,36
		Lat Raider III (J)	40,41,42,43,44,45
10	BAC	Pamrahwan Papua	1,2,3,4
		Manlap Emb/Deb	12,13,14,15,16
		Duk ENJ	20,21,22,23,24,25,26
		HUT TNI	35,36,37
		Pemeliharaan	43,44,45
11	MT W	Pemeliharaan	1,2,3
		Lat AJ	16,17,18,19
		Manlab Latsar	23,24,25
12	KMT	Duk Latharpuan	9,10,11,12,13,14,15
		Lat AJ	16,17,18,19
13	KBI	Sermat Alut TNI AD	1,2,3,4,5,6
		Lat Raider II (A)	9,10,11
		Pamrahwan Maluku	19,20,21,22,23
		Lat Raider II (J)	30,31,32,33,34,35,36
14	NSV	Pam Puter	11,12,13,14,15
		Lat AJ	16,17,18
		Manlab Latsar	23,24
		Angla Lebaran	26,27
		Pamtas RI-PNG	34,35,36,37,38,39,40,41,42
		Pemeliharaan	44,45,46

Dari hasil diatas dapat dibuat jadwal penugasan kapal atau jadwal olah gerak dan jadwal olah pemeliharaan terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Jadwal olah gerak dan jadwal olah pemeliharaan kapal

MINGGU	ABN-503	TRT-509	TBO-511	TBN-520	TMO-537	THG-538	TGI-539	TLP-540	BJM-592	BAC-593	MTW-959	KMT-960	KBI-971	NSV-973
1														
2														
3														
4				ops 2	ops 1		ops 26			ops 1				
5			ops 26			ops 2			ops 26		ops 26			
6														
7														
8														
9														
10														
11								ops 4						
12				ops 6			ops 6					ops 5	ops 4	
13	ops 8	ops 9	ops 7		ops 8	ops 9				ops 8				
14								ops 8						
15														
16														
17	ops 8						ops 11		ops 10					
18		ops 10									ops 11	ops 11		ops 11
19														
20				ops 12	ops 26	ops 12								
21													ops 13	
22										ops 14				
23	ops 16		ops 15											
24								16			ops 16			16
25														
26														
27				ops 17					ops 17					ops 17
28														
29														
30														
31														
32														
33					ops 18				ops 18				ops 18	
34														
35	ops 21			ops 20		ops 21		ops 19		ops 21				ops 20
36		ops 19												
37														
38														
39														
40				ops 20			ops 22	ops 22						ops 20
41														
42			ops 22		ops 23			ops 23					ops 23	ops 20
43														
44										ops 26				
45														
46			ops 25	ops 25		ops 25		ops 24						ops 26
47														
48														
49														
50						ops 26								
51														
52														

Penjadwalan penugasan KRI menggunakan BIP dari hasil *running* menunjukkan bahwa kapal dapat dijadwalkan dengan baik tanpa ada pelanggaran terhadap kendala-kendala yang ada, baik *soft constrain* maupun *hard constrain*. Sehingga penjadwalan penugasan KRI menggunakan BIP dapat di gunakan pada masa yang akan datang.

### 5.1. Validasi Model.

Validasi dilakukan antara model konseptual yang dibuat oleh peneliti terhadap penjadwalan penugasan kapal yang ada saat ini, Penjadwalan penugasan kapal saat ini bahwa jadwal penugasan masih melanggar kendala yang ada yaitu pertama pada *hard constrain* (maksimum jam putar), Penjadwalan penugasan kapal saat ini juga masih melanggar *soft constrain* yaitu maksimum lama kapal melaksanakan operasi secara berturut-turut. Penjadwalan penugasan kapal dari hasil *running* yang dibuat oleh peneliti pada saat ini dapat dipergunakan sebagai alternatif untuk diaktualisasikan pada saat karena penjadwalan yang dibuat mempunyai kelebihan dibanding dengan penjadwalan eksisting yaitu penjadwalan penugasan kapal tidak melanggar semua kendala yang ada baik *hard constrain* maupun *soft constrain*.

### 5.2. Analisa Sensitivitas.

#### 5.2.1. Analisa kapal yang melaksanakan operasi.

Penjadwalan penugasan kapal di kolinlamil menggunakan 14 buah kapal, untuk melaksanakan 25 operasi dan satu pemeliharaan selama 52 minggu. Pola berbeda terjadi jika kapal yang melaksanakan operasi dikurangi. Hasil setelah dilakukan perubahan di buat jop/jog dan dibandingkan dengan jop/jog dengan jumlah keseluruhan kapal. Selain itu dilakukan analisa sampai dengan jumlah berapa perubahan dapat dibuat sehingga hasil yang didapatkan masih sama dengan kapal yang di gunakan 14 buah yaitu tidak melanggar *hard constrain* dan *soft constrain* serta dengan nilai masih global optimum.

Skenario 1: kapal dikurangi 1 buah dari kelas BAP yaitu kapal yang melaksanakan operasi adalah 13 buah kapal, hasil yang

didapatkan kapal masih bisa melaksanakan operasi dengan maksimal.

Skenario 2: kapal dikurangi 2 buah dari kelas BU yaitu kapal yang melaksanakan operasi 12 buah kapal. Hasil yang didapatkan kapal masih bisa melaksanakan operasi dengan maksimal.

Skenario 3: kapal dikurangi 2 buah dari kelas BAP yaitu kapal yang melaksanakan operasi 12 buah kapal. Hasil yang didapatkan kapal masih bisa melaksanakan operasi dengan maksimal.

Penjadwalan penugasan KRI dengan menggunakan model yang dibuat peneliti dapat dilakukan dengan hasil maksimal atau dengan kata lain tidak ada kendala yang dilanggar pada saat jumlah kapal minimal adalah 12 buah kapal dengan sarat bahwa yang tidak melaksanakan operasi adalah dari kapal kelas BU tetapi apabila yang tidak melaksanakan operasi adalah dari kelas selain BAP maka akan ada kendala yang dilanggar.

## 5. Kesimpulan

### 5.1 Kesimpulan

Dari serangkaian pengolahan data dan analisa yang dilakukan pada penelitian / tesis ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Pembuatan jadwal olah gerak dan jadwal olah perbaikan di Kolinlamil dengan memenuhi segala kendala dapat diterapkan menggunakan BIP .
- Penjadwalan penugasan KRI dengan menggunakan program BIP lebih baik dalam memenuhi semua kendala yang berlaku, karena menghasilkan jadwal yang kompromis dengan semua kendala yang berkaitan dan memenuhi peraturan yang berlaku.
- Waktu penyusunan jadwal penugasan kapal dan waktu pembuatan beberapa skenario jadwal penugasan kapal yang tetap memenuhi peraturan yang berlaku, lebih efisien dibandingkan penjadwalan penugasan kapal yang dilakukan saat ini.
- Model penjadwalan penugasan kapal ini dapat digunakan sebagai alternatif dalam membuat jadwal olah gerak dan jadwal olah pemeliharaan di Kolinlamil.

## 5.2 Saran.

*Binary Integer Programming* merupakan suatu metode yang digunakan untuk memodelkan permasalahan yang variabel-variabelnya tidak mungkin berupa bilangan tidak bulat (bilangan riil), sedangkan keputusan dari BIP berupa bilangan bernilai 0-1. Kemungkinan untuk pengembangan lebih lanjut penerapan BIP ini adalah sebagai berikut:

- a. Penulis hanya membuat jadwal penugasan kapal dan belum memasukkan faktor biaya operasi, baik biaya logistik untuk kapal maupun biaya logistik untuk personel yang mengawaki dan personel yang diangkut, sehingga hal ini bisa dilanjutkan untuk studi penelitian berikutnya untuk memasukkan biaya-biaya tersebut karena dengan mengetahui biaya yang dipergunakan maka bisa dicari biaya yang paling efisien dalam suatu operasi.
- b. Dalam tesis ini penulis juga tidak mengulas tentang proses bongkar muat personel maupun materiil yang diangkut. Sehingga selanjutnya bisa mengulas hal tersebut karena bongkar muat untuk kendaraan tempur yang memerlukan dermaga khusus yaitu dermaga yang mana kapal bisa melakukan *beaching* agar kendaraan tempur bisa keluar atau masuk ke kapal.

## 6. Daftar Pustaka

- [1]. Alardhi, M dan Labib, AW. (2000), *Preventive maintenance scheduling of multi-cogeneration plants using integer programming*, Journal of The Operational Research Society 59, pp 503-509.
- [2]. Arista, DV. (2009). *Penjadwalan pengiriman produk jadi dengan menggunakan model binary integer programming di PT XYZ*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.
- [3]. Baker, KR. (1974), *Scheduling a full time workforce to meet cyclic staffing requirements*, Management science 20, 1561-1568.
- [4]. Baker, KR. dan Trietsch, D. (2009), *Principles of Scheduling and Scheduling*, A John Wiley & Sons, Inc. Publication.
- [5]. Bedworth, MD. (1987), *Integrated production control systems: management, analysis, design*, A John Wiley & Sons, Inc. Publication.
- [6]. Benjamin, L dan Weiss, HJ. (1982). *Introduction To Mathematical Programming*.

Temple University school of Business.

- [7]. Chen, T., Li. J., Jin. P., dan Cai, GB. (2012), *Reusable rocket engine preventive maintenance scheduling using genetic algorithm*, Science Direct, Reliability Engineering & System Safety.
- [8]. Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B., Ronen, D., (2013). "*Ship routing and scheduling in the new millennium*", Science Direct European Journal of Operational Research 228, 467-483.
- [9]. Daellenbach, HG. dan McNickle, D. (2005). *Decision Making Through System Thinking*, Management Science, Palgrave McMillan, USA.
- [10]. Dahal, KP. dan Chakpitak, N. (2006), *Generator maintenance scheduling in power systems using metaheuristic-based hybrid approaches*, School of Informatics, Science Direct, Electric Power System Research 77, pp 771-779.
- [11]. Deris, S., Omatu, S., Ohta, H, Samat, PA. dan Kutar, S. (1999), *Ship maintenance scheduling by genetic algorithm and constraint-based reasoning*, Science Direct, European Journal of Operational Research 112, pp 489-502.
- [12]. El-Sharkh, MY., dan El-Keib, AA. (2003), *Maintenance scheduling of generation and transmission systems using fuzzy evolutionary programming*, IEEE transactions on power systems 18, no. 2.
- [13]. Fetanat, A. dan Shafipour, G. (2011) *Generation maintenance scheduling in power system using ant colony optimization for continuous domain based 0-1 integer programming*, Expert system with applications, volume 38, pp 9729-9735.
- [14]. Go, H., Kim, JS., dan Lee, DH. (2013), *Operation and preventive maintenance scheduling for containerships: Mathematical model and solution algorithm*, Science Direct, European Journal of Operational Research 229, pp 626-636.
- [15]. Haupt, R., dan Chung, Y. (2002). *Genetics Algorithm optimization of a corrugated conical horn antenna*, IEEE Antennas and propagation society International symposium vol. 1, pp, 342-345.
- [16]. Henrik Andersson a, Jon M. Duesund a, Kjetil Fagerholt (2011), *Ship routing and scheduling with cargo coupling and*

- synchronization constraints*, Science Direct, Computers & Industrial Engineering 61, 1107–1116
- [17]. Herjanto, E. (2001). *Manajemen produksi dan operasi, edisi kedua*, PT Gramedia, Jakarta.
- [18]. Kolinlamil. (2015), *Laporan Bulanan Material Dinas Pemeliharaan Kapal Kolinlamil*, Jakarta.
- [19]. Kolinlamil. (2015), *Laporan pelaksanaan kegiatan operasi unsur Kolinlamil*, Jakarta.
- [20]. Kolinlamil. (2015), *Rencana Kegiatan Operasi Kolinlamil tahun 2016*, Jakarta.
- [21]. Manzini, M., Accorsi, R., Cennerazzo, T., Ferrari, E. dan Maranesi, F. (2014). *The scheduling of maintenance. A resource-constraints mixed integer linear programming model*. Computer and industrial engineering, ISSN 0360-8352.
- [22]. Martello Silvano, Psinger, David dan Toth, Paolo. (2000). *Dynamic Programming and strong bounds for 0-1 knapsack problem*. DEIS: University of Bologna.
- [23]. Mays, W. Larry dan Tung, YK, (1992). *Hydrosystems Engineering and Management*. McGraw-Hill, Inc. New York.
- [24]. Morton, TE., dan Pentico, DW. (1993), *Heuristic scheduling system*, John Wiley and Sons, Chichester.
- [25]. Narasimhan, C. (1985), *Dealing temporary price cuts by seller as a buyer discrimination mechanism*, Journal of business 58, pp 295-308.
- [26]. Pan, JCH. Dan Chen, JS. (2005). *Mixed binary integer programming formulation for the reentrant job shop scheduling problem*. Computer and operation research, volume 32, pp 1197-1212.
- [27]. Salmeron, J., dan Dufek, M. (2014), *Optimization Of Continuous Maintenance Availability Scheduling*, NPS, USA.
- [28]. Susanti, E. (2006). *Optimisasi penjadwalan pengiriman produk jadi menggunakan pendekatan binary integer programming (studi kasus di PT Tiga pilar sejahtera Surakarta)*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa tengah, Indonesia.
- [29]. Susanta, B. (1994). *Program Linear*: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Dirjen Dikti, Jakarta.
- [30]. Susi, AH. (1999). *Penyelesaian optimum pemrograman linier biner (0-1) dengan algoritma balas*. Universitas Andalas.
- [31]. Taha, AH. (1997). *Riset operasi*, Edisi kelima Jilid 2. Jakarta: Binarupa Aksara.
- [32]. Teixeira Jr, RF., Fernandes, FCF. dan Pereira. (2009). *Binary integer programming formulation for scheduling in market-driven foundries*. Computer and industrial engineering, volume 59, pp 425-435.
- [33]. T'kindt, V dan Billaut, JC. (2002), *Multicriteria Scheduling: Theory, Models, and Algorithms*, Springer, New York.
- [34]. Vollman, TE., Whybark, DC., dan Berry, WL. (1998). *Manufacturing Planning & Control System*, European Journal of Operational Research 110, pp 411–440.
- [35]. Wahyujati, A. (2009). *Operation research 2*. Jakarta.
- [36]. Wang, H. (2002), *A survey of maintenance policies of deteriorating systems*, European journal of operation research, volume 139, pp 469-489.
- [37]. Wang, T., Meskens, N. dan Duvivier, D. (2014). *Scheduling operating theatres: Mixed integer programming Vs constraint programming*. European journal of operation research, volume 239, pp 0377-2217.
- [38]. Wardy, Ibnu Sina. (2007). *Penggunaan graf dalam algoritma semut untuk melakukan optimisasi*. Jurnal Program Studi Teknik Informatika ITB, hal. 1-10.
- [39]. Ziaee, M. dan Sadjadi, SJ. (2007). *Mixed binary integer programming formulations for the flow shop scheduling problem. A case study: ISD projects scheduling*, Applied mathematics and computation, volume 185, pp 218-228.