

PERENCANAAN PENJADWALAN REPARASI KAPAL *FERRY* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FLASH*

Ferry Ship Reparation Schedule Planning using Flash Method

Wisnu Firstdhitama¹, Buana Ma'aruf², I Ketut Suastika¹

¹Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

²Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim BPPT, Surabaya

Email: wisnu553420@yahoo.com

Diterima: 16 Februari 2018; Direvisi: 4 Mei 2018; Disetujui: 4 Juli 2018

Abstrak

Sebagai negara kepulauan di Indonesia, kapal *ferry* mempunyai peran sangat vital untuk melayani angkutan penumpang dan barang dengan jarak pendek. Pada operasinya armada kapal *ferry* ini memiliki frekuensi waktu kedatangan dan keberangkatan yang ketat, sehingga dalam setiap waktu *docking*-nya harus singkat dan terjadwal dengan baik. Namun di suatu kondisi tertentu di lapangan, periode *special docking* ini didapati waktu penyelesaiannya masih relatif lama yakni sekitar 37 hari di penyelesaian *docking days* nya. Pada makalah ini mengambil studi kasus reparasi kapal penumpang jenis *ferry* di salah satu galangan kapal. Permasalahan yang biasa terjadi dilapangan adalah penyelesaian pekerjaan reparasi kritis atau *critical path*, dimana jika terjadi keterlambatan dalam penyelesaian, maka pekerjaan lainnya juga akan terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya. Dengan demikian dari permasalahan tersebut perlu dilakukan realisasi ulang pada masing-masing item pekerjaan reparasi melalui metode *FLASH (Fuzzy Logic Application for Scheduling)*, dimana metode ini lebih sistematis, sederhana dan akurat dalam merencanakan penjadwalan pekerjaan reparasi. Penjadwalan ulang dengan metode *FLASH* ini dilakukan melalui analisis data *historical repair* yang sudah ada untuk menentukan waktu yang efisien dalam realisasi pekerjaan. Selanjutnya dengan bantuan kuisioner didapatkan nilai tingkat kepercayaan pada beberapa faktor yang mempengaruhi keterlambatan dalam penjadwalan dengan kesesuaian *class matter*. Dengan data-data tersebut, selanjutnya dilakukan olah data dengan bantuan *software data base, operation management* dan *mathematical computation*. Dari hasil olah *mathematical computation* didapatkan efisiensi waktu pada pekerjaan reparasi dengan realisasi masing-masing item pekerjaan serta pengaturan penjadwalan didapatkan penyelesaian 25 hari, sedangkan tingkat kepercayaan sebesar 90 persen dan tingkat kesesuaian dari faktor yang mempengaruhi dalam realisasi penjadwalan sebesar 39 persen.

Kata kunci: periode *docking*, tingkat penyelesaian, metode *fuzzy*, realisasi pekerjaan

Abstract

As an archipelagic country in Indonesia, ferry ship have a vital role to serve passengers and goods with short distances. In its operation the ferry fleet has a strict frequency of arrival and departure times, so that every time the docking has to be short and well scheduled. However, in certain conditions on the

field, this special docking period is found to have a relatively long completion time of around 37 days when the docking days are completed. In this paper take a case study of passenger ship type ferry repair in the shipyards. The problem that usually occurs in the field is the completion of critical path repair work, where if there is a delay in the settlement, then other work will also occur delays in the settlement. With from these problems, it is necessary to re-realize each item of repair work through FLASH (Fuzzy Logic Application for Scheduling) method, where this method is more systematic, simple and accurate in planning the scheduling of repair work. Rescheduling with FLASH method is done through data analysis of existing historical repair to determine the efficient time in the realization of the work. Furthermore, with the help of questionnaires, it was found that the level of trust in several factors influences the delay in scheduling with suitability of class matter. With these data, then data processing is carried out with the help of data base software, operation management and mathematical computation. From the results of mathematical computation, it is found that the time efficiency in reparation working with the realization of each work item and scheduling arrangements obtained 25 days completion, while the confidence level is 90 percent and the level of suitability of the factors that influence the realization of scheduling is 39 percent.

Keywords: completion rate, docking period, fuzzy method, workrealization

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan di Indonesia peranan armada kapal *ferry* mempunyai peran yang sangat vital bagi angkutan penumpang dan barang dengan jarak pelayaran pendek. Dalam operasinya frekuensi kedatangan dan keberangkatan kapal *ferry* sangat padat sehingga berpengaruh pada potensi kerusakan yang ditimbulkan akibat operasi kapal yang padat. Untuk mencegah serta mengurangi dampak dari kerusakan tersebut diperlukan aktifitas *preventive maintenance* yakni perawatan berkala menyesuaikan operasi kapal. Fungsi dari aktifitas *maintenance* adalah agar komponen atau sistem yang rusak akan dikembalikan, atau diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode waktu tertentu (Blischke, dkk., 2003). Dalam situasi dan kondisi operasi kapal yang padat, aktifitas perawatan berkala (*preventive*) tersebut kurang maksimal atau bahkan tidak memungkinkan dilakukan. Satu-satunya aktifitas perawatan dan perbaikan kapal secara maksimal adalah diperiode *docking* kapal. Namun karena dibatasi *schedule* waktu operasi yang padat mengakibatkan waktu *docking* kapal harus singkat dan terjadwal terlebih bagi kapal yang memasuki periode *docking special survey* dengan beberapa penundaan *docking* karena pengaruh operasi yang padat. Pada kasusnya pengerjaan *docking repair* diperiode *special* masih relatif cukup lama yakni hingga 37 hari penyelesaian. Hal ini banyak disebabkan oleh beberapa faktor dalam proses penyelesaiannya atau sistem penjadwalan pekerjaan reparasi digalangan kapal yang kurang akurat,

sedangkan secara umum dari sudut pandang galangan kapal. Diantara 240 galangan kapal nasional, hanya 61 perusahaan yang memiliki kapasitas dalam 1.000 hingga 30.000 DWT (Ma'ruf, 2002).

Dengan demikian permasalahan tidak hanya pada *docking days* namun juga kapasitas dan kemampuan galangan kapal. Berkaitan dengan permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian mengenai *docking days* khususnya berkaitan dengan perencanaan penjadwalan reparasi kapal dan sebagai bahan untuk penulisan dilakukan *study* kasus di galangan kapal PT. Ben Dockyard cabang Madura, dengan obyek penelitian pada Kapal *Ferry* 1483 GT pada periode *docking special survey* atau pembaharuan kelas. Dengan kapasitas galangan yang memadai, fasilitas serta peralatan pendukungnya maka dengan perencanaan penjadwalan yang sistematis akan didapatkan efisiensi waktudari pekerjaan reparasi kapal, terutama pada reparasi kapal jenis *ferry* ro-ro.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tingkat operasi yang tinggi serta frekuensi sandar dan olah gerak kapal yang dinamis disamping beban muat yang relatif tinggi, secara tidak langsung tingkat keausan kapal pasti akan terjadi. Untuk mengurangi dampak dari operasi kapal yang tinggi diperlukan kegiatan pemeliharaan berkala, atau biasa yang disebut pemeliharaan yang bersifat *corrective* maupun *preventive maintenance*. Adapun lingkup kegiatan tersebut antara lain (Blischke, dkk., 2003):

Perencanaan Penjadwalan Reparasi Kapal Ferry dengan Menggunakan Metode Flash

(Wisnu Firstdhitama, Buana Ma'aruf, I Ketut Suastika) berwujud, seperti budaya perusahaan, jaringan bisnis, dan ketepatan waktu (Ma'aruf, 2010). Selanjutnya untuk merencanakan suatu kondisi dimana kegiatan *docking* kapal dapat berjalan dan terintegrasi dalam fungsi dan tujuan operasional perusahaan, maka diperlukan data *base* dalam perencanaan reparasi antara lain (Dhillon, 2002):

1. *Corrective maintenance*

Perawatan atau pemeliharaan yang dilakukan terhadap suatu struktur yang sudah mengalami kerusakan, atau lebih sering disebut reparasi

2. *Preventive maintenance*

Merupakan suatu kegiatan perawatan yang dilakukan pada selang waktu yang telah ditentukan sebelumnya untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga. Sebagaimana disyaratkan dalam peraturan pelayaran niaga, kapal harus melakukan *docking* untuk pelaksanaan *survey* tahunan (*annual docking*) dan *survey* khusus, serta untuk perbaikan. Sebagai perbandingan dalam rata-rata *docking days* di galangan kapal Singapura membutuhkan waktu 7 hingga 10 hari, sedangkan untuk galangan kapal asing di Batam 7 hingga 14 hari, dan khususnya galangan kapal nasional sekitar 12 hingga 20 hari (Ma'aruf, 2002).

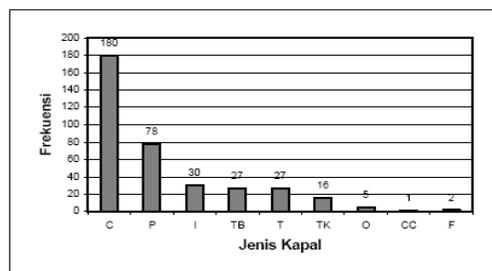
Mengingat rata-rata *docking days* galangan kapal nasional masih diatas 14 hari maka akan sulit mengakomodasi *progress* kerja dalam jumlah item *list* reparasi kapal saat *docking*, sedangkan *schedule* operasi kapal telah ditetapkan oleh perusahaan pelayaran mengikuti *schedule* pemuatan, yang terjadi adalah hal yang paling sering dilakukan untuk menyingkat waktu *docking* adalah penundaan perbaikan sampai dengan *docking* akan datang atau perbaikan dilakukan oleh *crew* kapal saat kapal di area *floating* atau dengan perbaikan berjalan (*running repair*).

Dalam aspek manajemen galangan kapal terutama pekerjaan reparasi kapal masih memiliki pangsa pasar yang tinggi, namun dalam *docking days* pada reparasi kapal, faktor eksternal galangan kapal berpengaruh pada kualitas dan kuantitas order kapal *docking* yang diterima galangan kapal. Hal ini tentunya daya saing yang rendah dalam bidang reparasi kapal, secara khusus tidak hanya masalah strategi bisnis dan tingkatan perusahaan galangan kapal (Ma'aruf, dkk., 2005).

Dengan demikian untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas order *docking* khususnya galangan kapal nasional, maka galangan kapal maupun pemilik kapal memiliki data *base* mengenai perawatan kapal sesuai tipe, dan ukuran utama kapal untuk mengantisipasi *schedule* operasi kapal yang ketat khususnya pada kapal *ferry* dengan *schedule* operasi tetap. Cara paling efektif untuk menciptakan keunggulan kompetitif yang menguntungkan adalah fokus pada peningkatan kinerja sumber daya tak

- Merencanakan dan memperbaiki peralatan atau fasilitas sesuai standar awal.
- Melakukan perawatan *preventive* secara sistematis dengan mengembangkan dan menerapkan program kerja yang dijadwalkan secara rutin untuk tujuan mempertahankan peralatan operasional serta mencegah terjadinya degradasi sebuah peralatan.
- Merencanakan secara rinci jumlah material sesuai kebutuhan.
- Mengelola persediaan untuk memastikan bahwa bagian-bagian/bahan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan pemeliharaan tersedia.
- *Inventory/report* pada penggunaan peralatan *maintenance* serta rincian pemeliharaan.
- Mengembangkan pendekatan yang efektif untuk memantau kegiatan pemeliharaan.
- Mengembangkan teknik yang efektif untuk menjaga personil operasi, tingkat atas manajemen, dan kelompok terkait lainnya menyadari kegiatan pemeliharaan.
- Merencanakan item spesifikasi dalam kontrak pemeliharaan maupun perbaikan dan memeriksa pekerjaan yang dilakukan oleh kontraktor untuk memastikan kepatuhan dengan persyaratan kontrak dalam hal pemeliharaan.

Berdasarkan rencana perbaikan berkala, maka dalam prosedur dan proses kegiatan *docking* dilakukan dua pihak yakni pemilik kapal dan pihak galangan kapal sebagai pelaksana order reparasi kapal, maka dalam prosesnya perencanaan pada setiap aktivitas kegiatan reparasi saat *docking* kapal harus dilakukan, tetapi pada rencana penjadwalan yang singkat.



Gambar 1. Grafik jumlah order reparasi beberapa

tipe kapal (Ma'ruf, 2006)

Secara *riil* pada penelitian sebelumnya disebutkan. Pada industri galangan kapal faktor eksternal dalam strategi bisnis galangan kapal adalah 63% bidang reparasi dan 54% bidang bangunan baru (Ma'ruf, dkk., 2006). Maka dalam analisis galangan kapal bidang reparasi kapal strategi bisnisnya cukup menguntungkan, dimana dalam kurun waktu penyelesaian order relatif singkat. Namun ada beberapa kemungkinan jika order reparasi ditentukan dari beberapa tipe kapal yang direparasi, sebagaimana pada kapal tipe *general cargo*. Maka demikian kapal tipe *general cargo* secara signifikan memiliki waktu penyelesaian *docking days* yang relatif singkat.

Adapun beberapa tipe kapal yang paling banyak direparasi, berdasarkan grafik pada Gambar 1 terdapat kesamaan korelasi pada galangan-galangan kapal mengenai *docking days* dengan tipe kapal, antara lain (Ma'ruf, 2006):

P : tipe kapal *passenger*

O : tipe kapal *other* (Disnav, KK, dll.)

I : tipe kapal ikan

TB : tipe kapal *tug boat*

CC : tipe kapal *carrier cargo*

T : tipe kapal tanker

F : tipe kapal *ferry*

TK : tipe kapal tongkang

C : tipe kapal *cargo*

Beberapa kemungkinan yang terjadi di lapangan mengenai *docking days* beberapa tipe kapal tidak sama adalah sistem pengaturan kerja di galangan kapal yang kurang tepat, terutama pada aktifitas pekerjaan kritis (*critical path*), serta hasil *survey* terhadap temuan kondisi yang terlambat disampaikan. Dengan demikian dari beberapa hal tersebut kurang diantisipasi pihak galangan kapal terutama mengenai rata-rata lama kapal diatas *dock* (*docking days*), hal tersebut dapat dilihat dari sisi penerimaan order *docking* pada beberapa galangan kapal.

Berdasarkan penelitian sebelumnya disimpulkan bahwa penyelesaian dalam efisiensi waktu *docking* kapal dapat merujuk pada analisis terhadap *historical* data kapal pada periode *docking* kapal sebelumnya menurut tipe kapal dan ukuran kapal yang di reparasi.

Periode Docking

Peran klasifikasi kapal dalam menetapkan suatu aturan (*rule*) dan standar yang ditetapkan klasifikasi kapal adalah dalam periode *survey* yang harus

dilakukan untuk mempertahankan kelas. Dimana diantaranya *survey* periodik secara umum bagi kapal niaga dengan konstruksi baja antara lain (BKI, 2005):

1. *Annual Survey* (AS) atau *survey* tahunan
Survey tahunan adalah *survey* periodik yang dilaksanakan tiap tahun sesuai tanggal jatuh temponya dengan rentang waktu (*time window*) 3 (tiga) bulan sebelum dan sesudah jatuh tempo.
2. *Intermediate Survey* (IS) atau *survey* pertengahan
Survey antara dapat dilaksanakan bersamaan dengan *survey* tahunan kedua dan paling lambat pada *survey* tahunan ketiga.
3. *Special Survey* (SS)/*renewal survey* atau *survey* khusus/pembaruan kelas
Survey pembaruan kelas dikenal dengan SS adalah *survey* yang dilaksanakan setiap lima tahun sekali (setiap berakhirnya masa berlaku sertifikat klasifikasi) dan dilaksanakan di atas dok.

Berdasarkan beberapa ketentuan dari penjelasan mengenai periode *survey docking* pada kapal dengan klasifikasi (BKI), maka beberapa lingkup *survey docking* khususnya pada kapal penumpang jenis *ferry* ro-ro dengan kelas (BKI) yang diikuti adalah sebagai berikut (BKI, 2012):

1. *Survey* lambung
2. *Survey* pintu *rampdoor*
3. *Survey* jangkar
4. *Survey* sistem kemudi
5. *Survey* sistem propulsi
6. *Survey* permesinan
7. *Survey* peralatan pemadam kebakaran dan alarm peringatan kebakaran

Dari beberapa hal mengenai ketentuan yang disyaratkan oleh *class matter* dalam *survey docking* pada kapal *ferry* ro-ro, bahwa prosedur dalam pembaharuan kelas kapal (*special survey*), termasuk reparasi pada beberapa bagian kapal lainnya mensyaratkan pekerjaan dilakukan digalangan kapal dan sesuai prosedur *survey*.

Kondisi Existing Galangan Kapal

Dalam aspek bisnis galangan kapal, adalah aset yang dapat diurai dan sumber utama penciptaan nilai berkelanjutan (Kaplan and Norton, 2004) dan di kutip oleh (Hall, 1992). Maka secara *riil* kondisi digalangan kapal PT. Ben Dockyard cabang Madura dan berdasarkan data reparasi kapal yang didapatkan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2017, didapatkan order sebanyak 67 kapal dari berbagai jenis yang telah

Perencanaan Penjadwalan Reparasi Kapal Ferry dengan Menggunakan Metode Flash (Wisnu Firstdhitama, Buana Ma'aruf, I Ketut Suastika)

direparasi. Sedangkan pada kondisi *existing* galangan kapal berupa galangan kapal pesisir pantai dengan metode penaikan kapal dengan bantuan *airbag*, diantara fasilitas yang mendukung pekerjaan *docking repair* sebagai berikut:

1. *Building berth* area
Dry docking airbag dengan area lahan kering sepanjang 300 meter dan lebar 40 meter.
2. *Workshop* area
 - Gudang material
 - Bengkel pipa
 - Bengkel *valve*
 - Bengkel *propeller*
 - Bengkel permesinan dan kelistrikan
3. Peralatan pendukung (*ship repairing unit*)
 - Mobile *crane* kap. 2 ton
 - *Overhead crane* kap. 5 ton
 - *Compressor* dan *airbag* unit
 - *Manlift* dan *forklift* dengan kap. 1 ton
 - Mesin bending dan mesin *roll* pelat

Berdasarkan pengamatan dilapangan secara *existing* kondisi sarana dan prasarana galangan kapal dalam melaksanakan pekerjaan reparasi kapal cukup memadai, namun diantara kendala dalam percepatanreparasi kapal,yakni pekerjaan reparasi dimulai jika terdapat rekomendasi dari hasil *survey* sedangkan estimasi penyelesaian (*docking days*) telah ditetapkan dalam kontrak *docking* antara pihak pemilik kapal dan galangan kapal tanpa pertimbangan analisis faktor kondisi kapal serta hasil *survey* tambahan.

Sehingga dalam estimasi waktu penyelesaiannya pada beberapa item pekerjaan reparasi terjadi lintasan kritis (*critical path*). Hal ini terjadi jika salah satu pekerjaan dilaksanakan dalam waktu bersamaan terdapat hambatan, maka penyelesaian pekerjaan yang lainnya juga akan terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya dan jadwal kapal turun *dock* juga mengalami keterlambatan.

Tingkat Penyelesaian Kapal

Dari data yang diperoleh digalangan kapal PT. Ben Dockyard cabang Madura antara tahun 2015 sampai dengan tahun 2017, jumlah order dan rata-rata dari *docking days* diatas 20 hari. Data dalam grafik ditampilkan pada Gambar 2.

Dalam Gambar 2 disebutkan jumlah perolehan order reparasi kapal selama periode *annual* maupun *special survey*, didapatkan order sebanyak 67 kapal, dengan rincian:

- Perolehan sebanyak 23 kapal ditahun 2015 dengan

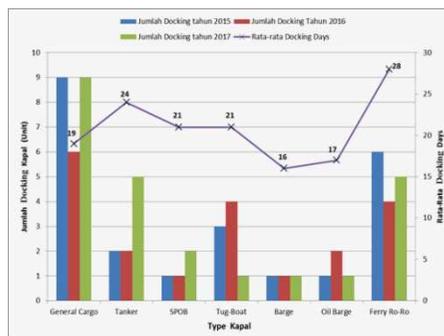
waktu rata-rata *docking days* 22 hari.

- Perolehan ditahun 2016 sebanyak 20 unit dengan rata-rata *docking days* 25 hari.
- Perolehan ditahun 2017 sebanyak 24 unit dengan rata-rata *docking days* 22 hari.



Gambar 2. Jumlah perolehan order *docking* tahun 2015-2017

Adapun beberapa *type* kapal dalam perolehan order *docking* tahun 2015-2017 ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut, perolehan order *docking repair* dari beberapa jenis kapal masih masih fluktuatif tergantung permintaan order *docking*, namun rata-rata *docking days* dalam penyelesaian bervariasi.

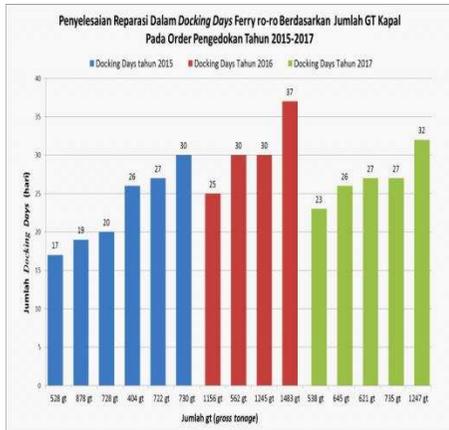


Gambar 3. Jumlah perolehan order *docking* berdasarkan jenis kapal dan rata-rata waktu *docking*

Hal ini tentunya dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya periode *survey docking* kapal, jumlah reparasi yang diselesaikan, ketepatan suplai bahan material, peralatan kerja dan pengalaman metode pengerjaan. Namun dari beberapa faktor diantaranya hal yang lebih medaasar adalah penjadwalan dalam reliasasi pengerjaan *docking repair* yang dilakukan oleh galangan kapal setelah order *docking* diterima.

Dari data pada Gambar 4, *docking days* kapal tipe *ferry ro-ro* realisasinya rata-rata masih diatas 28 hari dari perolehan order *docking* selama tahun 2015-2017. Jumlah perolehan order kapal ditahun 2015 sebanyak 6 (enam) unit kapal dengan tonase 400 hingga 730 GT,

sedangkan realisasi penyelesaian dalam *docking days* masih diatas 14 hari sampai 30 hari. Selanjutnya pada realisasi dalam *docking days* tahun 2016 perolehan order *docking* terjadi penurunan dengan perolehan 4 (empat) unit kapal, namun realisasi dalam *docking days* masih rata-rata diatas 20 hari dan pada realisasi ditahun 2017 terjadi peningkatan jumlah order *docking* yakni 5 (lima) unit kapal, namun dalam realisasinya masih diatas 20 hari hingga diatas 30 hari dalam penyelesaiannya.



Gambar 4. Realisasi dalam *docking days* tahun 2015 yang menurut GT kapal

Berdasarkan pengamatan dan kondisi realisasi dalam *docking days* tersebut, dilakukan evaluasi melalui perencanaan penjadwalan yang akurat yaitu dengan pendekatan metode *Fuzzy Logic Application for Scheduling (FLASH)*, secara teori aturan dasar logika *fuzzy* adalah dalam bentuk implikasi input variabel yang diasumsikan:

$$\text{Jika } X = A \text{ dan } Y = B \text{ maka } Z = C \quad (1)$$

Sedangkan pada aturan linguistik di analogikan sebagai berikut:

- *If* pekerjaan *is* hasil *or* cepat *is* berpengalaman *then* alat kerja lengkap.
- *If* pekerjaan *is* bagus *then* pengalaman *is* sedang.
- *If* pekerjaan kurang bagus *or* proses lama *is* kurang berpengalaman *then* peralatan kerja *is* kurang.

Dasar pemilihan metode *fuzzy* yakni menjabarkan permasalahan samar-samar, ambigu dan ketidaktepatan, maka sejalan dengan permasalahan di lapangan metode matematis *fuzzy* sangat fleksibel dan memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.

Sehingga pada penerapan penjadwalan dengan metode *fuzzy* didasarkan pada *sampling* acak dimana

terjadinya suatu sampel mempunyai peranan penting, dilain pihak probabilitas tidak mendasarkan analisisnya pada data statistik tetapi berdasarkan pengamatan-pengamatan yang mungkin tidak akurat, tidak tepat, subyektif, dan intuitif tetapi masih dalam pertimbangan logis (Wibowo, 2001).

Dalam menentukan penjadwalan dengan pendekatan *fuzzy*, fungsi keanggotaan (*membership function*) dipergunakan untuk menilai derajat keanggotaan (*grade of membership*) dan setiap obyek dalam setiap *fuzzy set* yang bernilai antara 0 hingga 1. Dengan persamaan (Zadeh, 1965) sebagai berikut:

$(x-a), (b-a), (c-x), (c-b)$ = parameter tingkat *possibility* dalam range $0 < x \leq 1(1)$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b), & b \leq x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (2)$$

dimana :

- a = realisasi pekerjaan dengan penyelesaian paling cepat
- b = realisasi pekerjaan dengan waktu penyelesaian normal/sedang
- c = realisasi pekerjaan dengan waktu penyelesaian paling lama
- x = waktu penyelesaian paling mungkin dalam realisasi dengan tingkat *possibility* (α)

Selanjutnya ditentukan α (*cuts*) untuk mendapatkan level durasi yang paling sesuai untuk durasi dengan batas nilai bawah (terendah), dan nilai atas (tertinggi) serta dari setiap α -cuts menunjukkan hasil *optimistic* dan *pesimistic* yang didapatkan dari responden dilapangan dalam pelaksanaannya. Dari hasil tersebut ditentukan perhitungan *Early Start* ($\bar{E}S$) dan *Early Finish* ($\bar{E}F$). yaitu :

$$\begin{aligned} \bar{E}S_{Start} &= 0 \\ \bar{E}S_{Start} &= \max(\bar{E}Fp) \\ p \in \bar{P}\bar{E}S &= \bar{E}S (-) d \\ \bar{E}F &= \bar{E}s (+) d \end{aligned} \quad (3)$$

dimana:

- P = set of preceding/himpunan *predecessor* (tingkat kepercayaan dalam penyelesaian tepat waktu)
- 0 = pekerjaan mulai di awal
- \max = estimasi penambahan waktu penyelesaian

Perencanaan Penjadwalan Reparasi Kapal Ferry dengan Menggunakan Metode Flash (Wisnu Firstdhitama, Buana Ma'aruf, I Ketut Suastika)

- $\bar{E}S$ = fuzzy early starts(pekerjaan mulai di awal, selesai diawal)
- $\bar{E}F$ = fuzzy early finish (pekerjaan mulai di akhir, selesai diakhir)
- d = fuzzy durasi aktivitas tiap grup kerja

Sebelum menentukan ($\bar{E}S$) dan ($\bar{E}F$), ditentukan terlebih dahulu rencana realisasi awal pada masing-masing grup kerja reparasi, dimana dalam pekerjaan reparasi perhitungan jam orang (JO) ditentukan sebagai berikut :

$$JO = \frac{\text{Vol. pekerjaan} \times \text{Std. waktu} \times \text{Std. tenaga kerja}}{60}$$

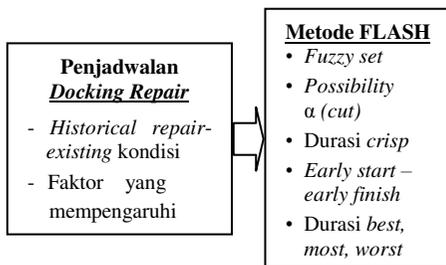
Dari estimasi JO pada masing-masing grup kerja reparasi, didapatkan rencana waktu penyelesaian dengan 3 (tiga) kondisi waktu yang dinyatakan dalam *crisp schedule* a, b, c dimana:

- a. Durasi tercepat dalam rencana jadwal pekerjaan (*best case scenario*).
- b. Durasi penyelesaian aktifitas waktu normal (*most case scenario*).
- c. Durasi penyelesaian terlama (*worst case scenario*).

Besaran *crisp* a, b dan c ditentukan dari pengamatan aktifitas dan dari perhitungan JO tersebut, selanjutnya dilakukan rencana penjadwalan dan keakuratan hasil pada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam aspek penjadwalan.

METODE PENELITIAN

Permodelan dalam penelitian ini (Gambar 5) dilakukan melalui pengumpulan data di lapangan dengan wawancara berbagai pihak digalangan kapal dan pengisian kuisioner yang ditujukan pada kepala bagian dan departemen, baik pihak galangan kapal dan pihak pemilik kapal. Selanjutnya dilakukan perhitungan pemodelan fuzzy FLASH. Dalam kajian pustaka mencakup penerapan fuzzy schedule yang memiliki implikasi permasalahan di lapangan terkait penyelesaian pekerjaan *docking repair*.



Gambar 5. Model penelitian

Dari data-data yang terkait dalam penjadwalan ditentukan himpunan fuzzy set, dan dari data yang didapat melalui kuisioner ditentukan nilai tingkat kepercayaan (*possibility*) serta durasi *crisp* untuk menentukan *early start* dan *early finish*. Dari perhitungan durasi, didapatkan waktu paling mungkin dari *best* (tercepat), *most* (normal), *worst* (terlama) dari pekerjaan reparasi.

Dalam penjelasan di Tabel 1. Kriteria dalam skala penilaian dari faktor yang mempengaruhi dalam penjadwalan, ditentukan nilai α (*cuts*), nilai pada salah satu skala yang paling menentukan dengan nilai 1 atau 100% tetapi, jika tidak terlalu menentukan penilaian kurang dari 1 atau 100%. Hasil nilai tersebut sebagai penentuan tingkat kepercayaan atau (*possibility*) yang diinputkan sebagai estimasi durasi penyelesaian.

Selain dari faktor yang mempengaruhi dalam *docking days* faktor *external* lainnya adalah menciptakan pelanggan (pemilik kapal) untuk selalu mengulang pesanan dalam order pengedokan yang akan datang di galangan kapal. Strategi pemasaran melalui penetrasi yang konsisten kepada pelanggan yang ada melalui peningkatan produktivitas tinggi yang mengarah pada kualitas produk dan waktu penyerahan yang lebih tepat (Ma'aruf, 2010).

Meskipun tidak berpengaruh secara langsung penerapan pelanggan yang sama dalam setiap periode *docking* di galangan kapal khususnya pada galangan reparasi kapal kelas menengah adalah strategi dalam peningkatan order *docking* per-tahun, namun strategi tersebut tidak dapat dilakukan secara mutlak mengingat faktor utama dalam industri galangan kapal selain pendapatan order adalah meningkatkan daya saing dengan memaksimalkan pada potensi sumber daya galangan kapal dalam ketepatan waktu penyelesaian dengan didukung faktor eksternal di area galangan kapal tersebut.

Tabel 1. Kriteria faktor (F) yang mempengaruhi

No.	Faktor Yang Mempengaruhi	Skala				
		1	2	3	4	5
1.	Ketersediaan peralatan kerja (F1)				√	
2.	Pengalaman metode pengerjaan (F2)				√	
3.	Ketepatan suplai kebutuhan kapal (F3)					√
4.	Ketersediaan stok spare pada masing-masing departemen di kapal (F4)					√
5.	Faktor operasi (<i>Round trip</i> kapal) (F5)			√		
6.	Produktifitas kerja dalam berbagai kondisi lingkungan di kapal (F6)			√		
7.	Pengaruh usia kapal (F7)		√			

skala 1	skala 2	skala 3	skala 4	skala 5
Tidak mempengaruhi	Sedikit mempengaruhi	Mempengaruhi	Sangat mempengaruhi	Lebih sangat mempengaruhi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan bantuan kusioner aktifitas penyelesaian pekerjaan dapat diketahui dalam tingkat *possibility*/kepercayaan dalam *progress* kerja pada masing-masing grup kerja reparasi dalam parameter tingkat *possibility*.

$$(x-a), (b-a), (c-x), (c-b) \tag{4}$$

Tabel 2. Tingkat *possibility* dalam percepatan penyelesaian reparasi dalam penjadwalan

No	Aktifitas Pelaksanaan Pekerjaan	Tingkat (α) <i>possibility</i> dalam penjadwalan (%)	
1	Pekerjaan Preventive (ringan-sedang)		
	Area cardeck	57	
	Area main deck	72	
	Area whinch deck	100	
	Area permesinan	99	
2	Pekerjaan di Area Floating (sedang)		
	Area topdeck	77	
	Area tiang master	85	
	Area deck anjungan	92	
	Area ruang penumpang	98	
3	Pekerjaan special docking (Berat)		
	General service	100	
	Docking dan undocking	100	
	Perawatan lambung (BGA)	100	
	Top Deck	100	
	Deck navigation	100	
	Pekerjaan replating dan konstruksi	100	
	Tail shaft, propeller dan rudder	100	
	Pekerjaan perpipaan	100	
	Pekerjaan permesinan	100	
	Pekerjaan peralatan navigasi	100	
	Pekerjaan tangki-tangki	100	
		Total (α) %	90

Diketahui melalui perhitungan dari hasil data kusioner (jika dilakukan sebelum kontrak *docking*), bahwa tingkat *possibility* dalam percepatan penyelesaian pekerjaan reparasi berdasarkan kondisi *existing* galangan kapal realisasinya sebesar 90 persen,

Tabel 3. Fuzzy durasi dan nilai *possibility* (α)

hal ini berarti sisa pekerjaan 10 persen diselesaikan di akhir setelah kapal turun *dock*.

Selanjutnya perhitungan awal ditentukan durasi awal dari masing-masing item pekerjaan reparasi yang didapatkan dari data-data dilapangan, sesuai dengan kondisi *rill* kapal saat *docking*, didapatkan *fuzzy* durasi pada realisasi awal (20, 30, 37). Pada pendekatan awal *fuzzy set* yang didasarkan prakiraan awal penyelesaian, seperti pada berikut:

$$\mu_A(0,90) \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x < a \\ (x-14)/(10-14), & 14 \leq x \leq 19 \\ (25-x)/(25-19), & 19 \leq x \leq 25 \\ 13,0 & x > 24,0 \end{array} \right\} \tag{5}$$

dimana (rencana *docking days*):

- a. = 14 hari \approx realisasi *docking* hingga
- b. = 19 hari \approx realisasi waktu penyelesaian (*critical path*)
- c. = 25 hari \approx total relisasi waktu dalam penyelesaian lanjutan pekerjaan reparasi setelah kapal turun *dock*.

Dalam pendekatan *fuzzy set* diasumsikan pada seluruh pekerjaan reparasi kapal, rekomendasi klasifikasi, parameter kondisi kapal, serta ketersediaan komponen kapal. Diasumsikan *Fuzzy* durasi a, b, c adalah nilai durasi awal pada beberapa kemungkinan dengan beberapa faktor (α) *possibility*, selanjutnya menentukan durasi *Early Start* ($\bar{E}S$) dan *Early Finish* ($\bar{E}F$) (Persamaan 3). Dengan demikian halnya pada durasi *early finish* dengan *fuzzy crisp* E_{fa} , E_{fb} , dan E_{fc} . *Early start* yang dimulai diawal dapat diselesaikan dengan 3 kondisi waktu penyelesaian, begitu juga pada penyelesaian pekerjaan diakhir pada *early finish* yakni mulai dilakukan setelah pekerjaan pertama selesai dengan prediksi penyelesaian dengan tiga kondisi waktu. Selanjutnya ditentukan realisasi pekerjaan berdasarkan waktu kritis (*critical path*) dan waktu non kritis (*slack*). Hasil komputasi *software* ditunjukkan pada Tabel 4.

Perencanaan Penjadwalan Reparasi Kapal *Ferry* dengan Menggunakan *Metode Flash*
(Wisnu Firstdhitama, Buana Ma'aruf, I Ketut Suastika)

No	Aktifitas Pekerjaan Uraian Pekerjaan Docking Kapal Berdasarkan <i>Class matter (special survey)</i>	Fuzzy Durasi			α	Early Start			Early Finish			Realisasi Durasi Penjadwalan		
		a	b	c		Esa	Esb	Esc	Efa	Efb	Efc	Best	Most	Worst
1	Perawatan Lambung Kapal Bawah Garis Air (BGA) dan Atas Garis Air (AGA)	22,84	54,39	75	6	52,16	20,61	0	50,89	82,44	103,05	24,257	78,793	105,058
2	Replating dan Konstruksi	42,04	68,54	104	6	71,96	35,46	0	84,5	111	146,46	35,807	113,99	151,982
3	Tail Shaft, Propeller dan Kemudi	24	35,9	40,9	3	17,3	5,4	0,4	48	59,9	64,9	7,7	57,6	76,8
4	Perpipaan	133	145	147	2	14	2	0	167	179	181	5,333	175,7	234,22
5	Pemesinan	94	220,8	276	6	182	55,2	0	188	314,8	370	79,07	290,9	387,91
6	Tangki - tangki	3,04	3,76	9,8	5	3,83	3,84	-2,2	6,08	6,8	12,84	1,823	8,573	11,431
7	Pintu rampdoor	9	36	45	2	36	9	0	18	45	54	15	39	52
8	Jangkar, Rantai jangkar, dan Kotak rantai	12,52	20,52	32	2	19,48	11,48	0	25,04	33,04	44,52	10,32	34,2	45,6
9	Peralatan pemadam kebakaran	32	56	64	2	32	8	0	64	88	96	13,33	82,67	110,22
Total durasi pada seluruh aktifitas :											192,6			
Total durasi pada seluruh aktifitas :											881,4			
Total durasi pada seluruh aktifitas :											1175,2			

Hasil dari *output software operation management* (tabel 4), didapatkan pada aktifitas pekerjaan dengan waktu efektif dimana pada pelaksanaannya :

- Early start* : waktu paling cepat dalam realisasinya dan dapat dimulai tanpa menghambat selesainya pekerjaan.
- Early finish* : waktu paling awal dimulainya pekerjaan tanpa menghambat penyelesaian pekerjaan
- Late start* : waktu paling lambat dimulainya pekerjaan tanpa menghambat penyelesaian pekerjaan sebelumnya
- Late finish* : waktu paling lama penyelesaian pekerjaan tanpa menghambat penyelesaian pekerjaan sebelumnya.
- Slack* : jumlah total waktu yang dimiliki dalam penyelesaian yang dapat ditunda tanpa mempengaruhi durasi penyelesaian pekerjaan lainnya.

Tabel 4. Waktu *slack* pada aktifitas pekerjaan reparasi

Activity	Start node	End node	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project			385					
1	1	2	81	0	81	0	81	0
2	2	3	81	81	162	259	340	178
3	2	4	46	81	127	81	127	0
4	3	5	36	162	198	340	376	178
5	4	6	253	127	380	127	380	0
6	4	7	10	127	137	370	380	243
7	5	8	9	198	207	376	385	178
8	6	8	5	380	385	380	385	0
9	7	9	5	137	142	380	385	243

Dengan demikian bahwa pada nilai *slack* 0 pada tabel berarti *critical path*, dimana penyelesaian pekerjaan reparasi tidak ada waktu *slack* dalam penyelesaiannya, hal ini pekerjaan dengan resiko waktu kritis dimajukan lebih awal atau dimulai dengan waktu paling lama dalam penyelesaiannya.

Realisasi penyelesaian pekerjaan selanjutnya adalah pembagian grup kerja pada beberapa pekerjaan reparasi dengan berdasarkan efektifitas *man-hour* atau JO.

Dari Tabel 5 maka dapat direalisasikan dalam urutan penjadwalan pekerjaan reparasi secara keseluruhan (Gambar 6), dimana didapatkan waktu penyelesaian yang efisien menurut efektifitas JO.

Berdasarkan grafik *bar chart* (Gambar 6) dalam penjadwalan, maka dari perencanaan kerja pada pelaksanaan pekerjaan reparasi jika direalisasikan berdasarkan pada hasil perhitungan metode *FLASH*. Maka diestimasikan penyelesaian pekerjaan reparasi *special docking* dapat terealisasi selama 25 hari pada seluruh pekerjaan reparasi pada periode *special survey*. Estimasi *docking days* tersebut dapat direalisasikan dengan dilakukan perencanaan dan pengendalian masing-masing grup kerja pada beberapa pekerjaan reparasi yang memungkinkan terjadi *critical path* antara lain:

1. Merencanakan grup kerja sesuai dengan spesialisasi menjadi beberapa grup kelompok pada pekerjaan *over haul* mesin induk, pekerjaan sistem propulsi, dan pekerjaan replating konstruksi.
2. Melakukan optimalisasi waktu pada pekerjaan dengan durasi penyelesaian terpendek, sebagai antisipasi pekerjaan reparasi tambahan dari hasil *survey* yang terlambat dengan optimalisasi pembagian *shift* kerja dan kombinasi dari aktifitas kerja pada masing-masing grup kerja.
3. Merencanakan kebutuhan material dan bahan berdasarkan jenis kapal pada *historical repair* galangan kapal sebagai antisipasi penggantian atau pekerjaan reparasi khusus.

Tabel 5. Efektifitas *man hours* pada beberapa pekerjaan reparasi

No. Kode Tabel	Area Grup Kerja & Detai pekerjaan reparasi	Efektif Man Hours (Jam)	Durasi Efektif (Jam) per-hari
1a	Sandblasting (BGA) & AGA area	30	5
1b	Ultrasonic Test	16,5	8
1c	Pengecatan (BGA) area	10,3	5
1d	Pengecatan (AGA) area	10,3	5
1e	Marking Draft & plimsolmark	1,23	1,1
1f	Penggantian baru zinc anode	2,17	2
2a	Penggantian feender	72	8
2b	Replating pelat After peak	6,5	6,2
2c	Replating pelat bottom kanan	8,2	7,8
2d	Replating pelat bilga kiri	7	6,7
2e	Replating pelat wrang	10,2	9,7
2f	Replating sekat coferdam	9	8,6
3a	Cabut as-propeller (2 unit)	19,3	2,31
3b	Cabut propeller (2 unit)	25,9	5
3c	Lepas daum kemudi (2 unit)	23	5
4a	Penggantian pipa kamar mesin	24,7	6
4b	Penggantian pipa cuci jangkar	12,7	6
5a	Perawatan generator listrik	21,6	8
5b	Perawatan elektro motor (pompa)	40,8	8
5c	Service mesin induk (2 unit)	166	8
5d	Service mesin bantu (2 unit)	44,5	8
5e	Perawatan tabung udara tekan	15,3	5
5f	Perawatan sistem instalasi listrik	43,5	8
6a	Cleaning tangki bunker bbm	3,8	3
6b	Cleaning tangki bbm harian	1	1
6c	Cleaning tangki balast kn/kr hakuan	2,6	2,6
6d	Cleaning tangki balast kn/kr buritan	1,6	1,6
6e	Cleaning tangki bunker air tawar	2,6	2,6
7a	Perawatan/Perbaikan pintu rampdoor	30,8	5
7b	Ultrasonic Test konstruksi pintu rampdoor	6,72	2,3
8a	Perawatan jangkar dan rantai jangkar	30,8	5
8b	Perawatan/Perbaikan bak rantai jangkar	9,8	4
9a	Perawatan/Perbaikan instalasi pemadam api	9,8	3
9b	Perawatan/Perbaikan sistem alarm dan deteksi kebakaran	40,9	2,3

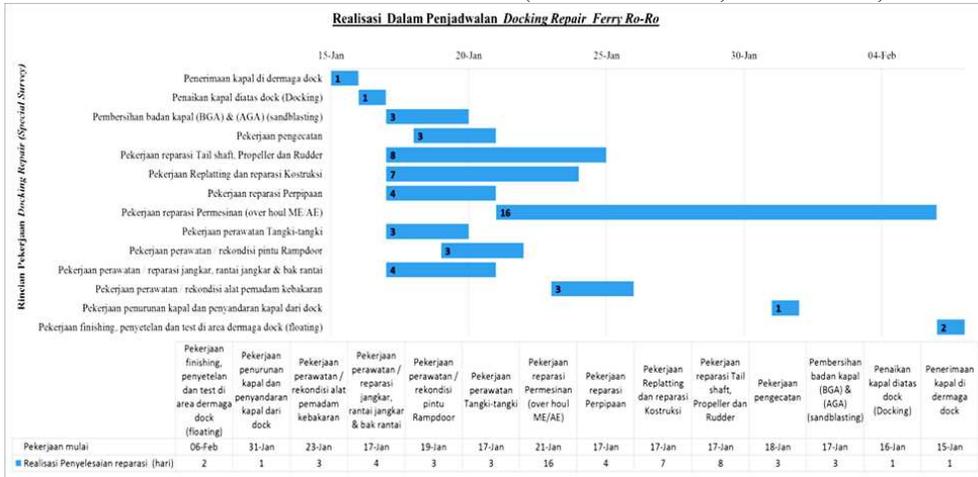
Selanjutnya adalah menentukan fungsi *membership function*, yakni sebagai bahan evaluasi dari faktor kondisi di galangan kapal. Diantara evaluasi tersebut terdiri dari tujuh variabel *function* yang memiliki keterkaitan/kesesuaian dari masing-masing variabel yakni himpunan *fuzzy set*, sehingga terdapat 16 *rule* input. dengan demikian diperoleh kriteria nilai dari hasil *mathematic computing* yang menampilkan *grade member ship function* pada masing-masing variabel *function* (Gambar 7).

Hasil perhitungan *mathematical computation* yang didapatkan, kesesuaian dari beberapa kriteria yang mempengaruhi dalam penjadwalan berdasarkan *existing* galangan kapal. Diantara kriteria yang ditentukan berdasarkan dari beberapa faktor yang saling mempengaruhi tetapi masih dalam satu himpunan *fuzzy set* yakni *grade membership* 0 hingga 1. Diantara hasil input dari kriteria yang mempengaruhi penyelesaian pekerjaan reparasi dalam penjadwalan adalah sebagai berikut:

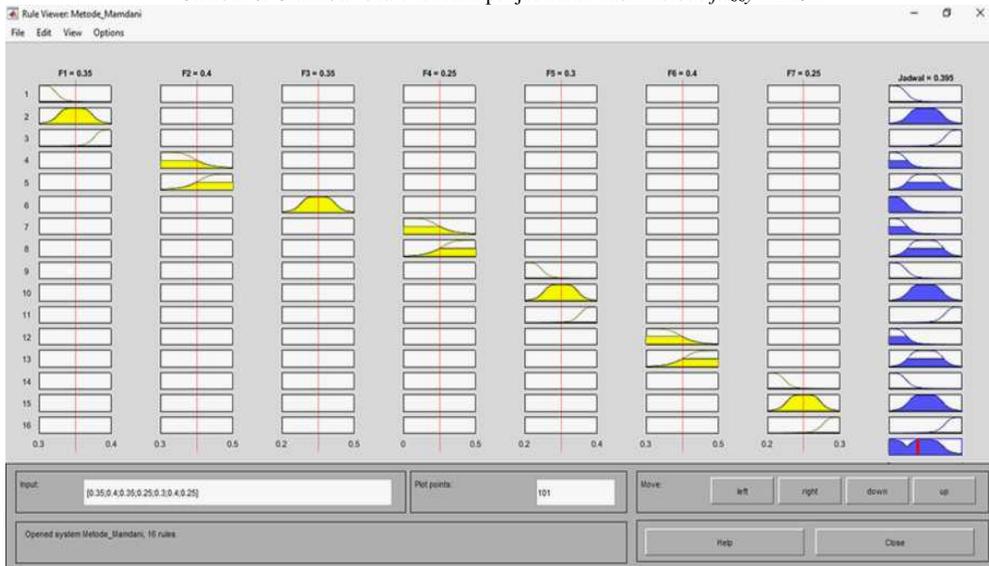
- (1) Faktor ketersediaan peralatan kerja (F1)
 - Kriteria dari faktor ketersediaan peralatan kerja (F1)
 $Grade\ membership = 0,35$
 $Grade\ scheduling = 0,40$
- (2) Faktor Pengalaman metode pengerjaan (F2)
 - Kriteria dari faktor pengalaman metode pengerjaan (F2)
 $Grade\ membership = 0,40$
 $Grade\ scheduling = 0,45$
- (3) Faktor ketepatan suplai kebutuhan kapal (F3)
 - Kriteria dari faktor ketepatan suplai kebutuhan kapal (F3)
 $Grade\ membership = 0,35$
 $Grade\ scheduling = 0,55$
- (4) Faktor ketersediaan *stok spare* pada masing-masing departemen di kapal (F4)
 - Kriteria dari faktor ketersediaan *stok spare* (F4)
 $Grade\ membership = 0,25$
 $Grade\ scheduling = 0,40$
- (5) Faktor operasi kapal (F5)
 - Kriteria dari faktor operasi kapal (F5)
 $Grade\ membership = 0,30$
 $Grade\ scheduling = 0,40$
- (6) Faktor produktivitas kerja dalam berbagai kondisi lingkungan di kapal (F6)
 - Kriteria dari faktor pengaruh produktivitas kerja (F6)
 $Grade\ membership = 0,40$
 $Grade\ scheduling = 0,42$
- (7) Faktor usia kapal (F7)
 - Kriteria dari faktor pengaruh usia kapal (F7)
 $Grade\ membership = 0,25$
 $Grade\ scheduling = 0,42$

Dari beberapa faktor yang mempengaruhi penjadwalan didapatkan kriteria tingkat *possibility* penyelesaian reparasi terhadap penjadwalan sebesar 0,90 atau 90 persen. Selanjutnya pada hasil input total dari masing-masing faktor (F) didapatkan kriteria kesesuaian dalam penjadwalan sebesar 0,39 atau 39 persen (Gambar 7), dimana faktor tersebut memiliki pengaruh sebesar 30–40 persen, sesuai pada himpunan *fuzzy set* 0 hingga 1, bahwa memenuhi syarat sesuai *existing* galangan kapal.

Perencanaan Penjadwalan Reparasi Kapal Ferry dengan Menggunakan Metode Flash
(Wisnu Firstdhitama, Buana Ma'aruf, I Ketut Suastika)



Gambar 6. Grafikbar chart rencana penjadwalan hasil metode fuzzy FLASH



Gambar 7. Kriteria kesesuaian dalam penjadwalan dengan metode fuzzy FLASH

Penjadwalan direalisasikan menurut durasi waktu penyelesaian yang memungkinkan dari total 3 (tiga) kondisi waktu, sehingga tidak terjadi *critical path* yang menyebabkan terjadinya hambatan. Hasil perhitungan penjadwalan jika direalisasikan dimulai dengan penerimaan kapal di area *dock* dihari-1, selanjutnya dihari ke-2 sesuai pasang air laut, kapal dinaikkan keatas *dock*, dan pada hari ke-3 dimulai pekerjaan reparasi hingga penyelesaiannya pada hari ke-16 dengan penurunan kapal dari atas *dock*. Selanjutnya pada penyelesaian lanjutan seperti pekerjaan permesinan dan uji *trial* statis dilakukan diarea *floating*. Sehingga penyelesaian dengan durasi maksimum terealisasi selama 25 hari.

Dalam implikasinya sesuai faktor kondisi dalam penerapan dan evaluasi digalangan kapal, pengalaman galangan kapal dalam metode pengerjaan reparasi kapal adalah improvisasi yang cukup menentukan dalam *docking days*, mengingat rata-rata kondisi *existing* galangan kapal nasional dalam *docking days*nyamasih ditentukan tipe kapal dan jenis periode *survey*nya, maka demikian perlunya pengembangan industri galangan kapal yang sebagian besar menangani bidang reparasi kapal. Dalam hal ini adalah kebijakan dalam satu kondisi pengembangan galangan kapal nasional. Ada tiga pokok kebijakan yang diperlukan untuk pengembangan industri ini, yaitu (Ma'aruf, 2014):

- a. Standarisasi kapal untuk pelayaran domestik.

- b. Revitalisasi dan klasterisasi galangan kapal.
- c. Pengembangan industri komponen.

Dalam kebijakan standarisasi kapal nasional adalah menyangkut mengenai tipe dan ukuran kapal yang saling terintegrasi dari tiga pokok kebijakan, hal ini merupakan kebijakan jangka panjang mengingat peran galangan kapal sangat vital dalam mengakomodasi kapal nasional melalui penerapan standarisasi kapal nasional, maka daya saing galangan kapal nasional akan tumbuh pesat terutama bidang reparasi kapal, karena dalam standarisasi kapal nasional seluruh galangan kapal akan memiliki data base perawatan tiap jenis kapal, selain itu dukungan industri komponen kapal juga turut memiliki peran dalam percepatan dalam reparasi kapal.

KESIMPULAN

Dari data *historical repair* sebelumnya dari pendedokan sebelumnya di galangan kapal yang sama, maka perencanaan dalam penjadwalan pekerjaan reparasi dapat dilakukan dengan perhitungan metode *FLASH*. Dengan *input* dari data durasi *crisp* dan faktor (F) yang mempengaruhi dalam penjadwalan, didapatkan durasi jam orang (JO) untuk realisasi waktu dalam penyelesaian reparasi. Sehingga didapatkan dalam realisasinya waktu penyelesaian paling mungkin yang disesuaikan volume pekerjaan adalah durasi *best/tercepat* 192 jam, durasi *most/normal* 881 jam, dan durasi *worst/terlama* 1175 jam.

Dengan demikian hasil perhitungan dari ketiga durasi tersebut, ditentukan penjadwalan pekerjaan reparasi. Hasil penjadwalan dalam realisasinya didapatkan penyelesaian pada *docking* dan *undocking* selama 16 hari dan pada pekerjaan lanjutan di area *floating* selama 8 hari. Sehingga total waktu penyelesaian pada *special docking* selama 25 hari, lebih singkat 12 hari dari penjadwalan *docking* kapal sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Blischke, W. R. dan Murthy, D. N. P. (2003). *Case Studies in Reliability and Maintenance*. New Jersey: John Wiley & Sons.

- BKI (Biro Klasifikasi Indonesia). (2005). *Petunjuk dan Prosedur Survey: Pemilik Kapal, Operator, Galangan Kapal dan Pabrik Material/Komponen*. Jakarta: PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero).
- BKI. (2012). *Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Baja Samudera*. Peraturan Klasifikasi dan Survey. Jakarta: PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero).
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. Washington: CRC Press.
- Hall, R. (1992). The Strategic Analysis of Intangible Resources. *Strategic Management Journal*, Vol. 13: 135-144.
- Ma'ruf, B. (2002). *Korelasi Antara Pendapatan Reparasi Kapal dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya*. Laporan Teknis. PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, Surabaya.
- Ma'ruf, B., Widjaja, S., Suwignjo, P. (2005). Development of Strategy Formulation Model for Medium-Sized Shipyard. *First International Conference on Operation and Supply Chain Management*, Bali, 15-17 Desember.
- Ma'ruf, B. (2006). Analisis Bidang Usaha Reparasi Kapal untuk Mengoptimalkan Pendapatan Industri Galangan Kapal (Study Kasus: PT Dok dan Perkapalan Surabaya). *Jurnal Penelitian Enjiniring*, UNHAS.
- Ma'ruf, B., Okumoto, Y., Widjaja, S. (2006). Environment-Based Strategic Management Model for Indonesia's Medium-Sized Shipyard, *Journal of Ship Production*, Vol. 22 (4): 195-202.
- Ma'ruf, B. (2010). Ship Repair Business Analysis of The Indonesian Shipyards. *The 4th PPM National Conference on Management Research*, Jakarta, 25 November.
- Ma'ruf, B. (2014). *Strategi Pengembangan Industri Kapal Nasional Berbasis Teknologi Produksi dan Pasar Domestik*. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Teknik Maritim BPPT, Jakarta.
- Wibowo, Andreas (2001). Alternatif Metoda Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Teori Set Samar. *Dimensi Teknik Sipil*, Vol. 3 (1): 1-8.
- Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy Sets. Information Control*, Vol. 8(3): 338-353.