

Optimasi Jadwal Inspeksi Terpendek Untuk Minimisasi Kegagalan Komponen-Komponen Pesawat Udara, *Optimation Of Short Phase Inspection To Minimize Of Aircraft Component Failure*

Handoko¹, Fachri Muhammad², Sapta Jengkar¹

Pembina Tingkat I Dinas Litbang Angkatan Udara
ritazuana_q@yahoo.co.id

Abstrak — TNI Angkatan Udara sebagai *user* dari setiap pesawat udara, memerlukan pemahaman yang sama terhadap konsep batas kegagalan sistem/sub sistem yang berpengaruh langsung terhadap kesiapan operasi dari setiap pesawat udara. Perbedaan cara penilaian terhadap kriteria kegagalan oleh beberapa pengamat, baik oleh awak pesawat, mekanik skadron/skatek, mekanik bengkel/depo harus dihindarkan dengan menemukan kapan dan berapa lama jadwal inspeksi terpendek preventif komponen-komponen pesawat udara harus dilakukan. Selama ini yang optimal terhadap komponen-komponen pesawat udara berpatokan pada jadwal inspeksi terpendek yang disarankan oleh pabrik pembuatnya. Padahal preventif dapat dibentuk dengan baik dari prediksi **service life** yang akurat dari masing-masing komponen kritis pesawat udara. Hal ini berarti bahwa pertambahan laju kegagalan yang significant itulah yang akan menjadi patokan penentuan jadwal inspeksi terpendek optimum, sehingga program komponen-komponen pesawat udara menjadi lebih efektif dan efisien. Guna peningkatan kesiapan operasi, maka perlu ditemukan suatu metode praktis yang dapat memprediksi jadwal inspeksi terpendek preventif yang efektif dan efisien, dapat meminimisasi biaya dan ketepatan waktu pelaksanaan sehingga mendukung kelancaran operasi. Metode yang diperoleh harus mudah dipahami personel pemeliharaan, personel pengguna dan dapat dipertanggungjawabkan dampaknya terhadap keamanan maupun terhadap faktor ekonomis .

Kata Kunci: analitis, grafis, jadwal, inspeksi, terpendek, pemeliharaan, efektif, efisien.

Abstract — Indonesian Air Force as *user* of aircraft requires a common understanding of the concept of system/sub system failure limit that directly influence the operating readiness of each aircraft. Differences in the failure criteria assessment by some observers, both of flight crew, mechanics of squadron/ technical squadron or mechanical workshop/depot should be minimized by determining when and how long short phase inspection of preventive maintenance of aircraft components to be conducted. Optimal preventive maintenance of aircraft components usually can be made based on the maintenance of short phase inspection that recommended by the manufacturer. Preventive maintenance can be determined by accurate prediction on the service life of aircraft critical components, this means that significant increase in the rate of failure is determining optimum maintenance of short phase inspection, so the components maintenance program of the aircraft to be more effective and efficient. In order to increase the readiness of operation, it is necessary to find a practical method that can predict effectively and efficiently preventive maintenance of short phase inspection and minimize maintenance costs and down time of maintenance so the aircraft operation will be longer. The method obtained should be easily understood by maintenance personnel and can be taken accountable on the security and economic factors of maintenance.

Keywords: *analitis, grafis, jadwal, inspeksi, terpendek, pemeliharaan, efektif, efisien.*

I. PENDAHULUAN

Sistem inspeksi berkala maupun format dari setiap pesawat udara, telah dimiliki oleh TNI Angkatan Udara, disarankan oleh pabrik pembuat pesawat udara dan dituangkan dalam bentuk Buku Pedoman Perencanaan Alutsista dan Peraturan Teknik Udara. Setelah format ini diikuti oleh TNI Angkatan Udara berpuluh-puluh tahun, banyak ditemukan data-data kegagalan komponen pesawat udara terjadi sebelum *Phase Inspection* terpendek yang ditetapkan oleh pabrik pembuat pesawat udara. Hal ini tentu akan membutuhkan biaya penggantian komponen yang sangat besar dan waktu yang lama selain biaya itu sendiri. Padahal dengan semakin moderennya

teknologi, maka tingkat kerumitan produk pesawat udara baru akan semakin meningkat, dan tentu akan semakin rumit dan kompleks sistem nya. Sistem yang efektif dan efisien akan meningkatkan kesiapan operasional pesawat udara, dengan cara analisis jadwal inspeksi terpendek komponen-komponen kritis, baik secara grafis maupun secara analitis. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif yang efektif dan efisien ini hanya bisa dikenali dengan pemahaman modus-modus kegagalan komponen-komponen kritis dari setiap pesawat udara agar tak terjadual yang disebabkan pesawat udara dinyatakan laik terbang dapat diminimisasi.

2. METODOLOGI

Ada 2 metode yang dapat digunakan untuk menganalisis berapa biaya pesawat udara yang paling minimum agar diperoleh jadwal inspeksi terpendek preventif yang optimal yang dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Metode Grafis.

Metode grafis merupakan metode penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif pesawat udara yang sangat praktis dan akurat dengan syarat tipe kegagalan dari komponen/part/sistem yang diteliti sudah diketahui distribusinya. Untuk mengetahui distribusi ini dapat dilakukan melalui dari investigasi statistik dan investigasi teknik. Software yang digunakan cukup dengan Microsoft excel yang sudah familiar dimana rentang waktu rata-rata antar 2 jadwal preventif (MTBPM) dapat divariasikan sebagai sumbu X dan variable yang akan ditentukan dinyatakan sebagai sumbu Y. Penentuan jadwal inspeksi terpendek

preventif dapat langsung terbaca pada sumbu X (sumbu MTBPM) dimana tergantung kriteria yang dipilih, apakah kriteria *MTBF* yang terlama, *Down time* tersingkat maupun biaya yang seminimal mungkin.

b. Metode Perhitungan Matematis.

Pada metode ini semua variable yang akan ditentukan dapat dihitung dari persamaan-persamaan yang dibutuhkan untuk menentukan jadwal inspeksi terpendek preventif komponen-komponen pesawat udara dan *software Microsoft excel* dapat digunakan untuk mempercepat hitungan. Salah satu kelebihan dari metode matematis ini adalah dapat dibedakan apakah yang dilakukan bersifat preventif ataupun yang bersifat korektif. *Total Main tenance Cost* yang dibutuhkan untuk akan sangat bergantung kepada seberapa besar kerusakan/kegagalan komponen yang perlu penggantian dan

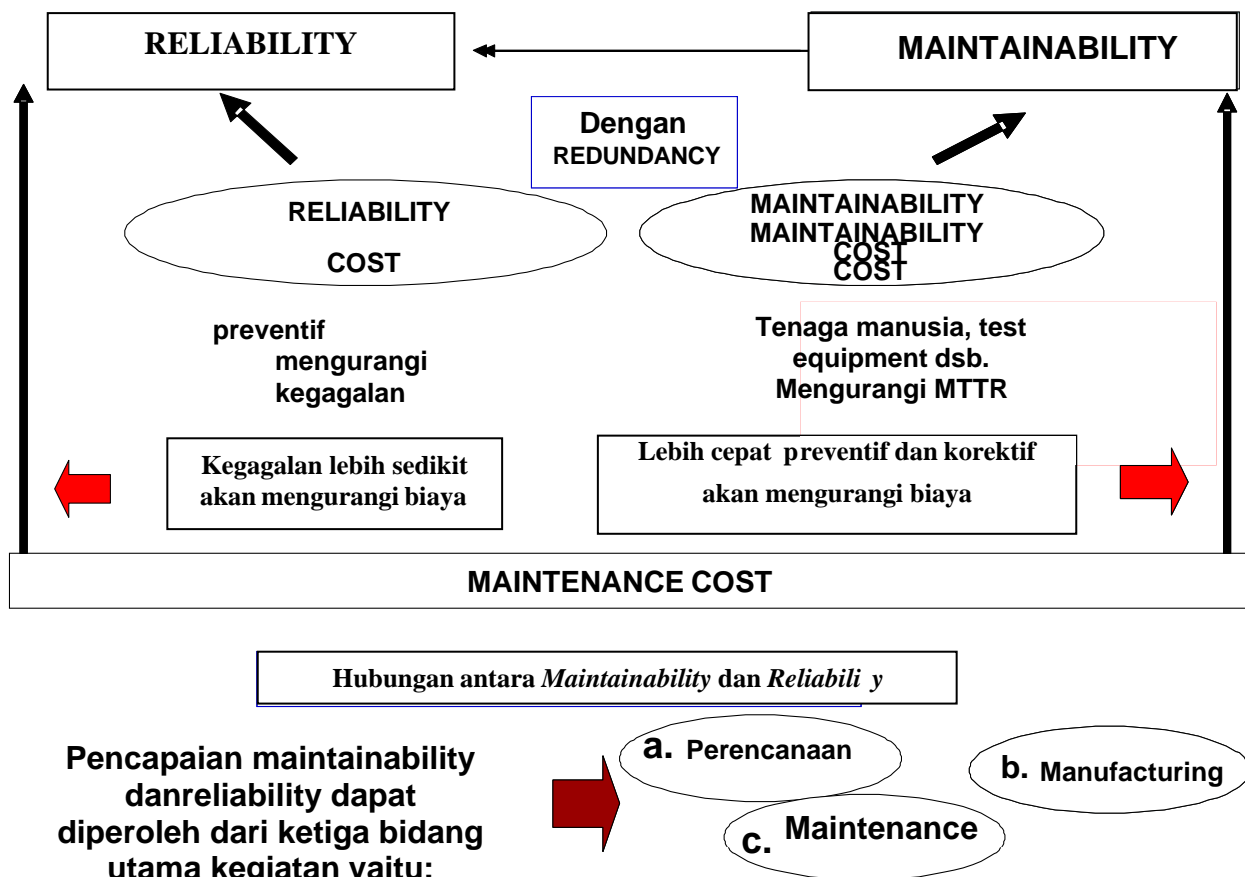
seberapa besar *man hours cost* yang harus dikeluarkan dengan mempertimbangkan lamanya *down time* dan waktu rata-rata terjadinya kegagalan (MTBF), karena semakin

lama MTBPM (jadwal inspeksi terpendek preventif) berarti semakin besar prosentase kegagalan komponen tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria penentuan batas waktu periodik overhaul dapat dinyatakan dengan penemuan jadwal inspeksi terpendek preventif yang dibentuk dari ekspektasi atau *service life* yang baik dari masing-masing komponen. Hal ini memberikan pengertian bahwa pertambahan laju kegagalan yang *significant* itulah yang

menjadi patokan penentuan jadwal inspeksi terpendek optimum dan program harus selalu melakukan optimasi jadwal inspeksi terpendek. Hubungan antara *maintainability* dan *reliability* [Ref.12] dapat dinyatakan pada gambar berikut:



Gambar 3-1 Hubungan antara *reliability* dan *maintainability* [12]

3.1. Hasil

Dasar penentuan sistem harus memper-timbangkan efisiensi biaya, keselamatan personel, kemampuan personel serta kelangsungan operasi. Evaluasi ekonomi dalam dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan penekanan biaya penggantian komponen atau dengan cara meminimumkan *down time* pesawat udara yang sedang dilakukan . Dua hal tersebut harus menghasilkan kesimpulan yang sama, tetapi dua cara tersebut selalu mempertimbangkan dua hal pokok yaitu:

3.1.1. Minimum Down Time. *Down time* adalah waktu pesawat udara tak beroperasi atau sedang di *ground* karena membutuhkan. Semakin kecil *down time* berarti operasional pesawat udara tersebut semakin efektif atau nilai kemanfaatannya semakin besar. Evaluasi ini ada hubungannya dengan usaha meminimumkan man hours.

Kelebihan dari evaluasi ini adalah dengan meminimumkan *down time* untuk pesawat transportasi tentu akan menambah pendapatan tetapi untuk pesawat militer seperti milik TNI Angkatan Udara, *down time* yang minimal berarti mempertinggi waktu kesiapan operasional nya.

Kelemahan dari evaluasi ini adalah dengan meminimalkan *down time* tentu diperlukan kemampuan personel yang melakukan yang lebih banyak serta kemampuan personel yang benar-benar kompleks keahliannya atau minimal satu personel harus memiliki lebih dari satu keahlian. Hal ini membutuhkan biaya pelatihan personel yang tidak sedikit dan persediaan suku cadang juga harus on time sehingga tidak ada *a waiting part*.

3.1.2. Minimum Component Cost. Evaluasi ini dilakukan dengan cara meminimumkan biaya komponen yang harus diganti karena gagal dalam pengoperasian maupun harus di-overhaul karena telah mencapai batas masa operasionalnya.

Kelebihan dari evaluasi ini adalah semakin sering frekuensi pesawat udara akan semakin murah biaya penggantian komponen tersebut karena tingkat kegagalan komponen yang akan dipelihara belum terlalu parah.

Kelemahan dari evaluasi ini adalah semakin lama frekuensi maka biaya penggantian komponen semakin besar karena tingkat kegagalan komponen tersebut semakin parah sehingga biaya pengantiannya akan semakin besar.

3-2. Pembahasan

Pembahasan dilakukan dengan 2 metode yaitu:

3.2.1. Perhitungan Jadwal inspeksi terpendek Preventif Secara Matematis.

Metode ini dilakukan dengan cara menghitung biaya operasional pesawat udara sampai dengan jam terbang yang telah dicapai dan menentukan pada jadwal inspeksi terpendek jam terbang ke berapa ditemukan biaya pesawat udara paling minimum. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif dari komponen-komponen

pesawat udara dilakukan dengan *metode perhitungan matematis* dan bantuan *software Microsoft Excel* yang hasilnya akan sangat aktual dengan asumsi *down time* minimum ditemukan dari penjumlahan lamanya preventif dengan korektif pesawat udara, dimana beban pekerjaan antara keduanya tentu berbeda. *Down time* minimum akan menentukan *maintenance cost* minimum bila upah *man hours* dan *component cost* dapat ditentukan. Untuk memperjelas ilustrasi perhitungan matematis berapa biaya yang harus dikeluarkan, akan diuraikan pada kasus berikut: Suatu komponen elektronik pesawat

udara mempunyai usia ekonomis 10.000 jam. Berdasarkan data selama diketahui bahwa waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan (*repair*) adalah 20 jam (*Mean Time To Repair* = 20 jam) dengan simpangan baku atau toleransi $\sigma_R = 2,5$ jam. Komponen tersebut memerlukan preventif rata-rata 4 jam (*Mean Time Between Preventive Maintenance* = 4 jam) dengan simpangan baku atau toleransi (mungkin merupakan akumulasi waktu yang dibutuhkan untuk mencari suku cadang/spare part) $\sigma_{PM} = 0,5$ jam. Data ini juga dilengkapi keterangan tentang bagaimana kecenderungan komponen

tersebut mengalami kegagalan melalui uji data statistik kegagalan komponen tersebut dalam pengoperasiannya. Dalam hal ini telah diketahui bahwa komponen tersebut gagal beroperasi mengikuti distribusi normal dengan waktu rata-rata terjadinya kegagalan (*Mean Time Between Failure* selama 988 jam). Diinginkan berapa jadwal inspeksi terpendek preventif komponen tersebut agar :A. Waktu rata-rata terjadinya kegagalan sebesar mungkin. B. Waktu *down time* seminimal atau sesingkat mungkin. C. Biaya seminimal mungkin.

MTTR = *Mean Time To Repair* = 20 jam,

toleransi = $\sigma_R = 2,5$ jam

MTBPM = *Mean Time Between Preventive Maintenance* = 4 jam

toleransi = $\sigma_{PM} = 0,5$ jam.

MPMT (*Mean Preventive Maintenance Time*) = $\frac{1}{4}$ MTTR(1)

Persamaan (1) adalah nilai optimum, sehingga MPMT dihitung = $\frac{1}{4} \times 20$ jam = 5 jam. Jumlah frekuensi = n =

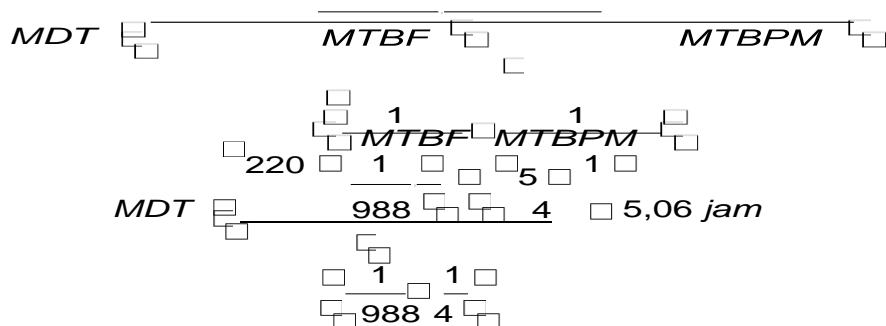
usia ekonomis dibagi MTBF = 10.000 dibagi 988 jam diperoleh 10,12 X atau mendekati 10 x pemeliharaan .

\sum PMT (*Preventive Maintenance Time*) = n x MPMT = 10 x 5 jam = 50 jam.

Jadi jadwal inspeksi terpendek *Preventive Maintenance* yang optimum agar MTBF sebesar mungkin = \sum PMT dibagi n = 50 jam dibagi 10 = 5 jam.

a. MDT (*Mean Down Time*) dinyatakan [Ref.14] =

$$MPMT = \frac{1}{4} (MTTR + MDT) = \frac{1}{4} (20 + 5,06) = 6,265 \text{ jam.} \quad (2)$$



$\sum PMT$ (*Preventive Maintenance Time*) = $n \times 6,265 \text{ jam} = 62,65 \text{ jam}$.
 Jadi jadwal inspeksi terpendek *Preventive Maintenance* yang optimum agar *dow* paling minimum = $\sum PMT : n = 62,65 \text{ jam} : 10 = 6,26 \text{ jam}$.

b. *Corrective Cost* = *Man Hours* x *MTTR* = \$ 35/jam x 20 jam = 0,57.
Down Time Cost = \$ 2000.
 MPMT (*Mean Preventive Maintenance Time*) dinyatakan [Ref. 14] =

$$\frac{MPM}{T} = \frac{1}{4} Co^{cos t} \cdot \left(\frac{MTTR}{Har} + \frac{DT}{MDT} \right) \quad (3)$$

$\sum PMT$ (*Preventive Maintenance Time*) = $n \times MPMT = 10 \times 112,6 \text{ jam} = 1126 \text{ jam}$

$$\frac{MPM}{T} = \frac{1}{4} \cdot 0,57 \cdot \frac{2000}{10} + \frac{5,06}{112,6}$$

Jadi jadwal inspeksi terpendek *Preventive Maintenance* agar *maintenance cost* murah = $\sum PMT : n = 112,6 \text{ jam}$.

3.2.2. Perhitungan Jadwal inspeksi terpendek Preventif Secara Grafis.

Perhitungan jadwal inspeksi terpendek preventif secara grafis pada dasarnya untuk memperjelas ilustrasi dari perhitungan secara matematis, tetapi ilustrasi ini lebih mudah diterangkan dan lebih logis dibandingkan dengan perhitungan secara matematis. Ide dasar pemikirannya sangat sederhana, bahwa sebelum peak atau puncak kegagalan komponen terjadi harus didahului dengan preventif yang lamanya maksimal setengah dari jadwal inspeksi terpendek kegagalan

kritis komponen terjadi, sehingga kegagalan yang *significant* komponen tersebut tidak akan terjadi. Perhitungan jadwal inspeksi terpendek preventif secara grafis ini dapat dilakukan dengan tiga kriteria yaitu *MTBF* yang paling maksimal, *MDT* yang paling minimum atau *Maintenance Cost* yang paling minimum. Menentukan perpotongan grafik antara *component cost* dan *man hours* terhadap biaya pesawat udara sehingga nilai perpotongan dari kedua besaran tersebut menyatakan jadwal inspeksi terpendek preventif pesawat udara yang diteliti

3.2.3. Perhitungan Maintenance Cost sebagai penjumlahan dari Down Time Cost dan Component Cost.

Perhitungan Man Hours Cost dinyatakan [Ref. 2]:

$$DownTime_{t \text{ cos}}(t) \square_{DT} \square_{interval} \square_{JamTerbang(t)} / \square_{jamIntervalHar} \square_{RpManHours Cost} \quad (4)$$

Perhitungan Total Component Cost dinyatakan [Ref. 2]:

$$Comp \text{ cost } (t) \square_{Comp} \square_{F} \square_{t} \square_{IntervalHar} \square_{JamTerbang(t)} \quad (5)$$

$$Total \text{ Maintenance Cost} = Total \text{ Man Hours Cost} + Total \text{ Component Cost} \quad (6)$$

Data diambil atau disarikan dari data masing-masing 3 (tiga) buah komponen hidraulik pesawat *fix wing* dan 1 (satu) komponen *rotor system* pesawat helikopter (*rotary wing*) yang mewakili *significant item* pesawat udara

yang berstatus *Serviceable*. Untuk lebih jelas penyajian hasil-hasil penelitian ini, penulis merepresentasikan dalam bentuk tabel dan grafik berikut :

Tabel 3-1 Data Kegagalan Komponen (Time To Failure) Pesawat Helikopter , Pesawat Angkut & Pesawat Tempur

Komponen	Time To Failure dalam jam									MTBF (jam)	TBO (jam)
	TTF ₁	TTF ₂	TTF ₃	TTF ₄	TTF ₅	TTF ₆	TTF ₇	TTF ₈	TTF ₉		
	TTF ₁₀	TTF ₁₁	TTF ₁₂	TTF ₁₃	TTF ₁₄	TTF ₁₅	TTF ₁₆	TTF ₁₇	TTF ₁₈		
Pesawat Helikopter											
Main Rotor Blade	87	200	299	900	928	2699	2781	2900	3000	1532	3200
Main Servo	1500	1500	1500	1600	1700	1702	1702	1702		1613	2500
Booster Pump	100	150	245	300	1100	1400				549	2000
Pesawat Angkut											
Main Wheel Assy	709	978	988	1003	1003	1022	1028	1172	1177	1129	On Condition
	1264	1274	1344	1422	1430						
Control Valve	505	921	921	921	925	1164	1275	1344	1353	1126	Bay Service
	1385	1389	1410								
Brake Assy	641	709	819	865	879	1028	1172	1172	1310	1005	1800 Landing
	1462										
Pesawat Tempur											
Brake Assy	139	190	410	413	433	436	509	526	538	520	1800 Landing
	603	641	662	891	892						
Hyd. Actuating Cylinder	102	140	228	479	489	699	719	947	977	531	On Condition
Lateral & Longitudinal Servo	177	213	690	699	954	999				622	On Condition

Tabel 3-2 Data Down Time dari Komponen, Distribusi dan Modus Kegagalannya

No	Komponen	Distribusi Kegagalan Komponen	Modus Kegagalan	Waktu untuk pelaksanaan overhaul	Keterangan
1.	Pesawat Helikopter				
	Main Rotor Blade	Weibull	Unbalanced	111 jam 15 menit	$\mu_R = \mu_F/10$ dan $\sigma_R = \mu_R/5$
	Main Servo	Normal	Stuck open & close	96 jam	$\mu_R = \mu_F/6$ dan $\sigma_R = \mu_R/6$
	Booster Pump	Negative Exponential	Booster Pump bocor	59 jam	MPMT = $\mu_R/5$
2.	Pesawat Angkut				
	Main Wheel Assy	Negative Exponential	Getar & out of limit	80 jam	MPMT = $\frac{1}{2} \mu_R$
	Control Valve	Negative Exponential	Stuck open & close	30 jam	MPMT = $\frac{1}{2} \mu_R$
	Brake Assy	Negative Exponential	Tipis, bocor & out of limit	40 jam	MPMT = $\frac{1}{2} \mu_R$
3.	Pesawat Tempur				
	Brake Assy	Negative Exponential	Ngeblock, pesawat saat taxi tendensi ke samping dan loss	70 jam	MPMT = $\frac{1}{2} \mu_R$
	Hyd. Actuating Cylinder	Weibull	Hyd. Actuating Cylinder bocor & Flap Actuating Cylinder rusak	30 jam	$\mu_R = \mu_F/10$ dan $\sigma_R = \mu_R/5$
	Lateral & Longitudinal Servo	Negative Exponential	Sering terjadi kebocoran pada servo	55 jam	MPMT = $\frac{1}{2} \mu_R$

MPMT = Main Preventive Maintenance Time (waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk preventif), μ_R = MTTR (Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk repair), μ_F = MTBF (Waktu rata-rata terjadinya kegagalan), σ_R = pergeseran atau penyimpangan rentang waktu yang dibutuhkan untuk repair, misal berupa *logistic time*

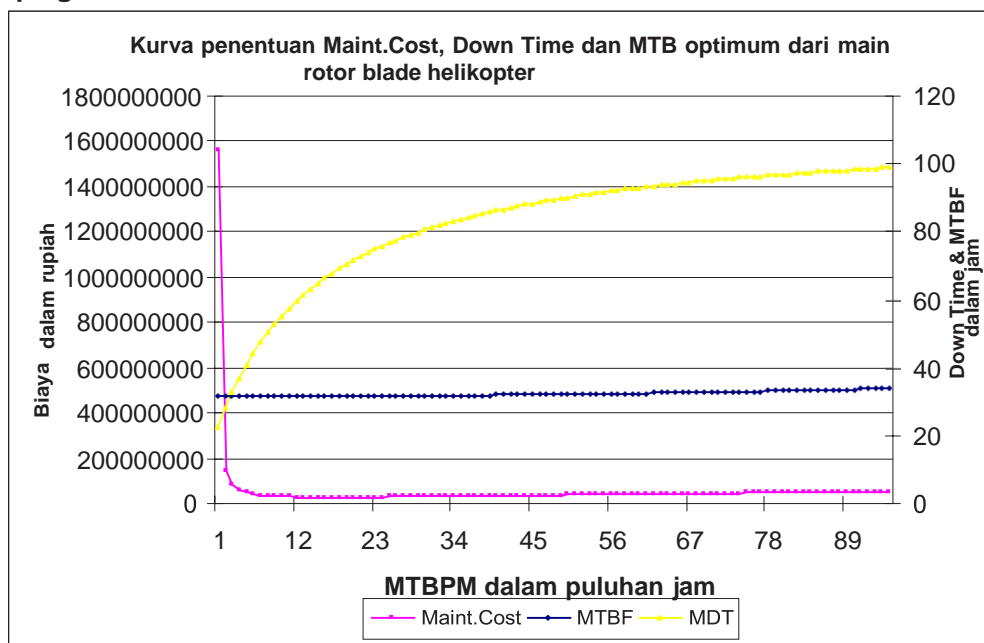
Tabel 3-3 Penentuan Jadwal inspeksi terpendek Preventif Komponen Berdasarkan Tiga Kriteria

No	Jenis Pesawat/ Komponen	Bagian dari Sistem	Kriteria MTBF terlama		Kriteria Down Time tersingkat		Kriteria Maint. Cost termurah	
			MTBF (jam)	MTBPM (jam)	Down Time (jam)	MTBPM (jam)	Maint.Cost (Juta Rp.)	MTBPM (jam)
1.	Helikopter							
	Main Rotor Blade	Rotor	32	160	22	73	24	70
	Main Servo	Hydraulics	24	970	14	136	84	140
	Booster Pump	Hydraulics	20	80	32	20	16	130
2.	Angkut							
	Main Wheel Assy	Hydraulics	10	40	40	10	74	140
	Control Valve	Hydraulics	49	70	15	50	30	130
	Brake Assy	Hydraulics	71	10	20	10	43	120
3.	Tempur							
	Brake Assy	Hydraulics	71	10	36	10	49	140
	Hyd. Actuating Cyl	Hydraulics	17	10	7	5	20	35
	Lat. & Long. Servo	Hydraulics	13	50	27	60	43	120

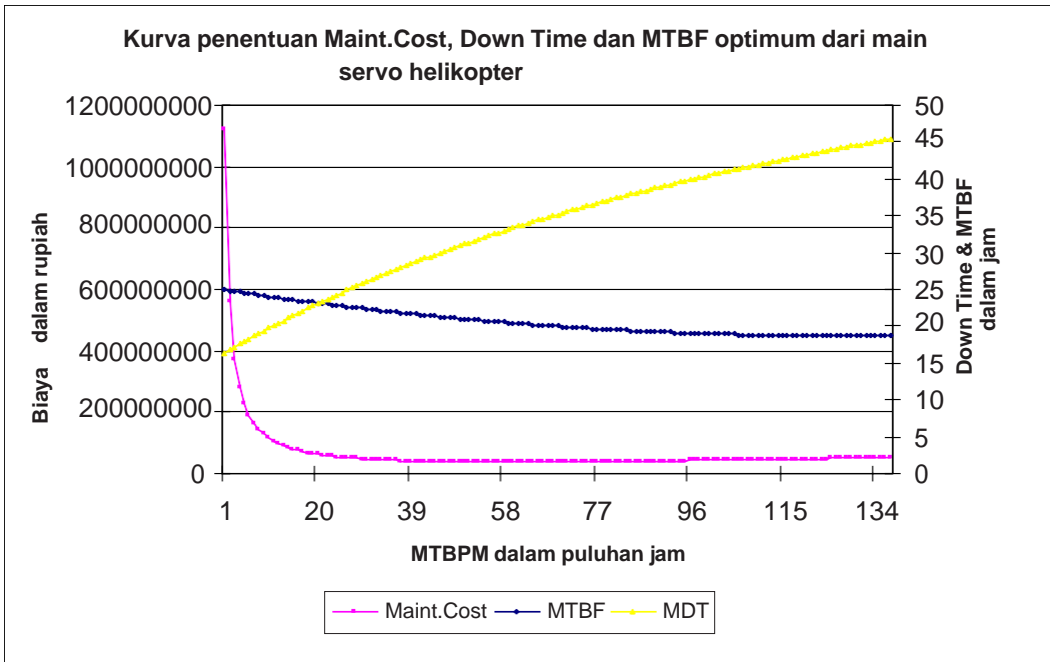
Tabel 3-4 Perbandingan sistem yang sudah ada dengan hasil perhitungan

No	Jenis Pesawat/ Komponen	Phese Inspections Terpendek (dari T.O.)	Jadwal inspeksi terpendek pemelihara- raan preventif hasil penelitian	Hasil Analisis dari jadwal inspeksi yang telah ada	Pertimbangan
1.	Pesawat Helikopter				
	Main Rotor Blade	150 jam	70 jam	Dipercepat	Maintenance Cost
	Main Servo	200 jam	136 jam	Dipercepat	Down Time
	Booster Pump	200 jam	20 jam	Dipercepat	Down Time
2.	Pesawat Angkut				
	Main Wheel Assy	50 jam	40 jam	Dipercepat	MTBF komponen
	Control Valve	50 jam	50 jam	Tidak perlu diperbaiki	P. Insp = Int. Har Prev.
	Brake Assy	On Conditio ns	10 jam	Diperpanjang	MTBF & Down Time komponen
3.	Pesawat tempur				
	Brake Assy	Inspecti ons Daily	10 jam	Diperpanjang	MTBF & Down Time komponen
	Hyd. Actuating Cyl.	50 jam	35 jam	Dipercepat	Mintenance Cost
	Lat. & Long. Servo	50 jam	50 jam	Tidak perlu diperbaiki	P. Insp. = Int. Har Prev

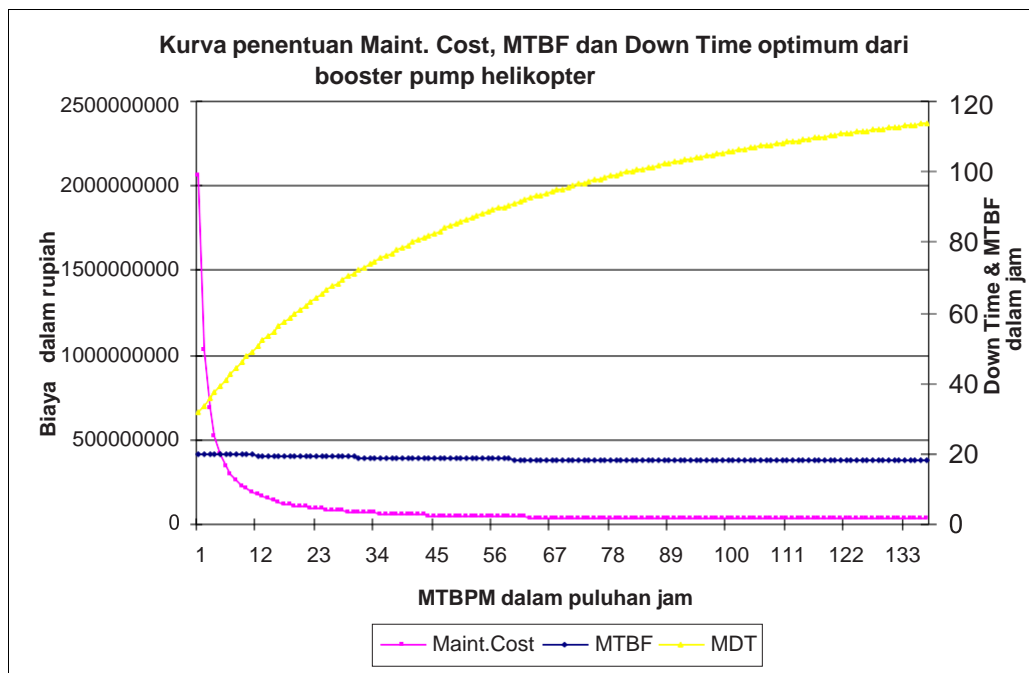
Perhitungan Jadwal inspeksi terpendek Preventif Secara Grafis dapat dilihat pada beberapa gambar berikut :



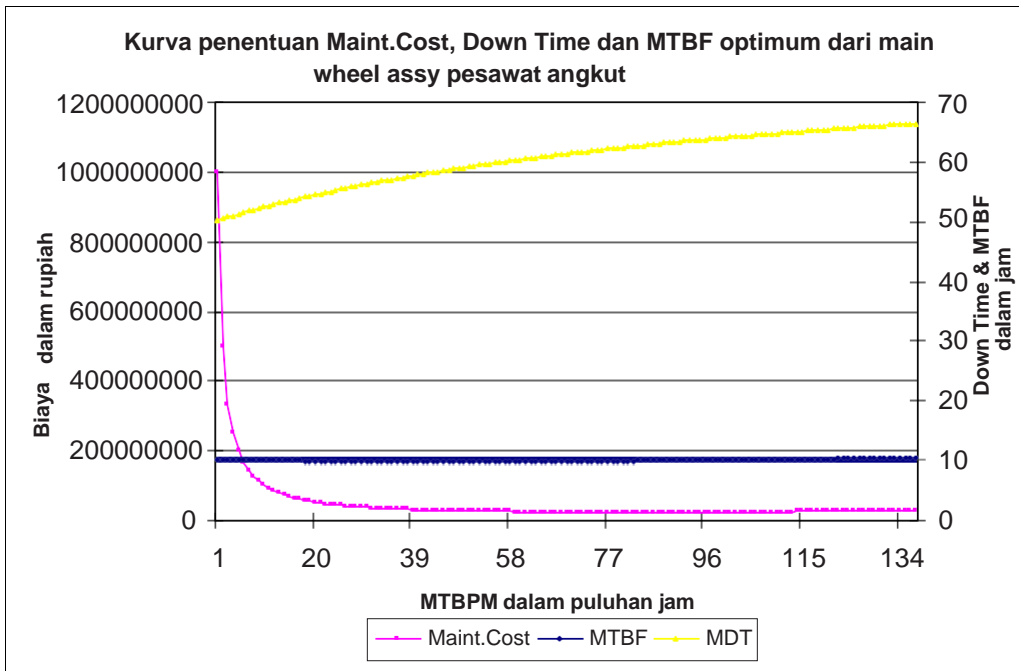
Gambar 3.1. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Main Rotor Blade* pesawat



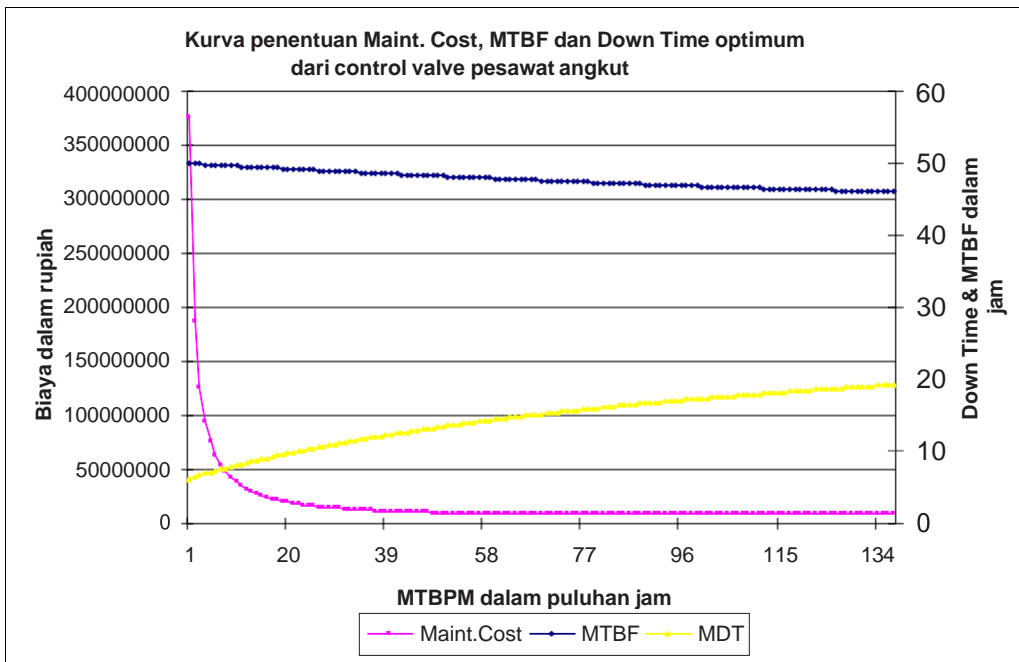
Gambar 3.2. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Main Servo* pesawat



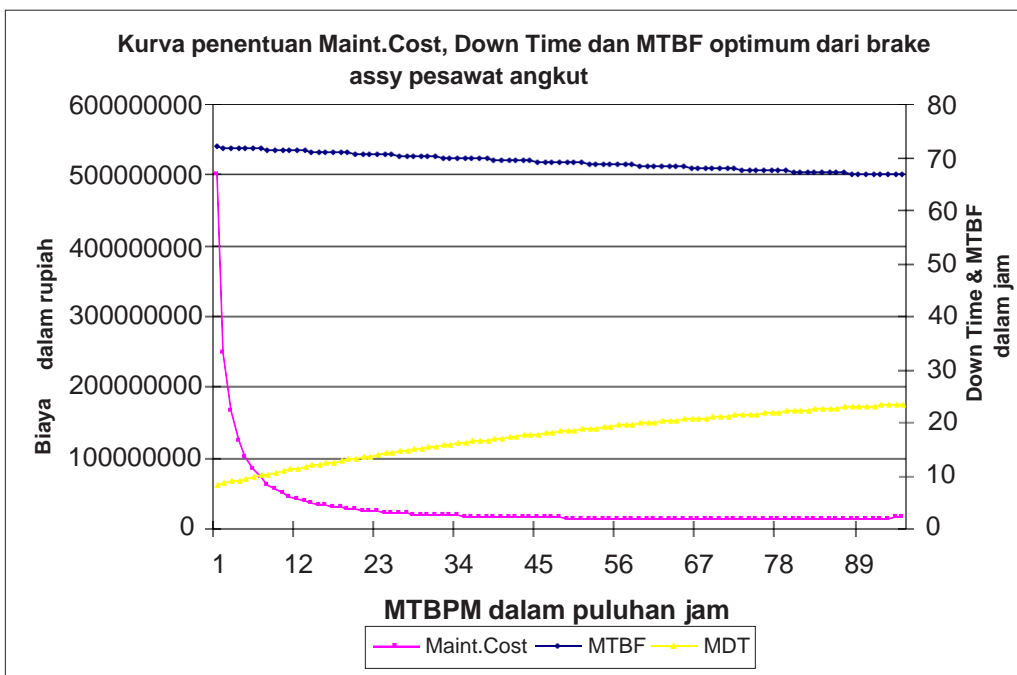
Gambar 3.3. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Booster Pump* pesawat helikopter



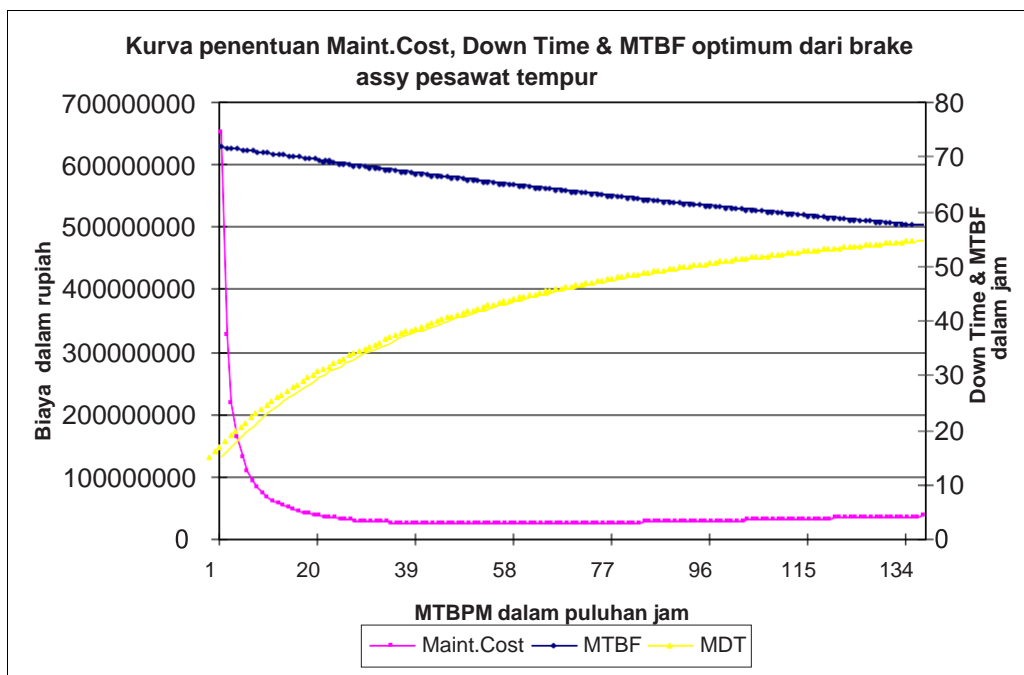
Gambar 3.4. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Main Wheel Assy* pesawat angkut



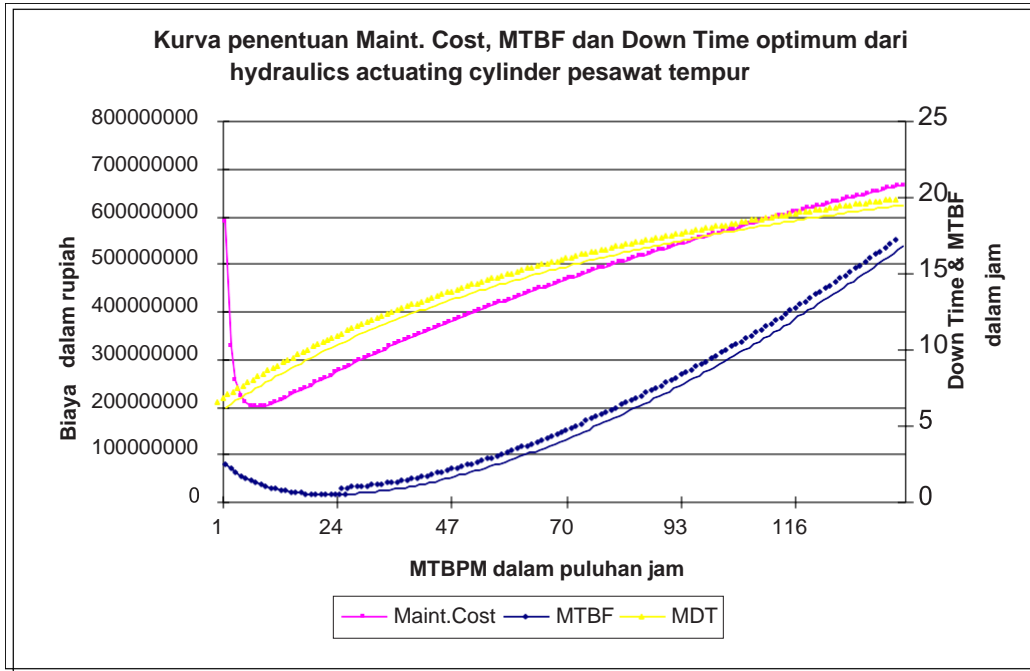
Gambar 3.5. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Control Valve* pesawat angkut



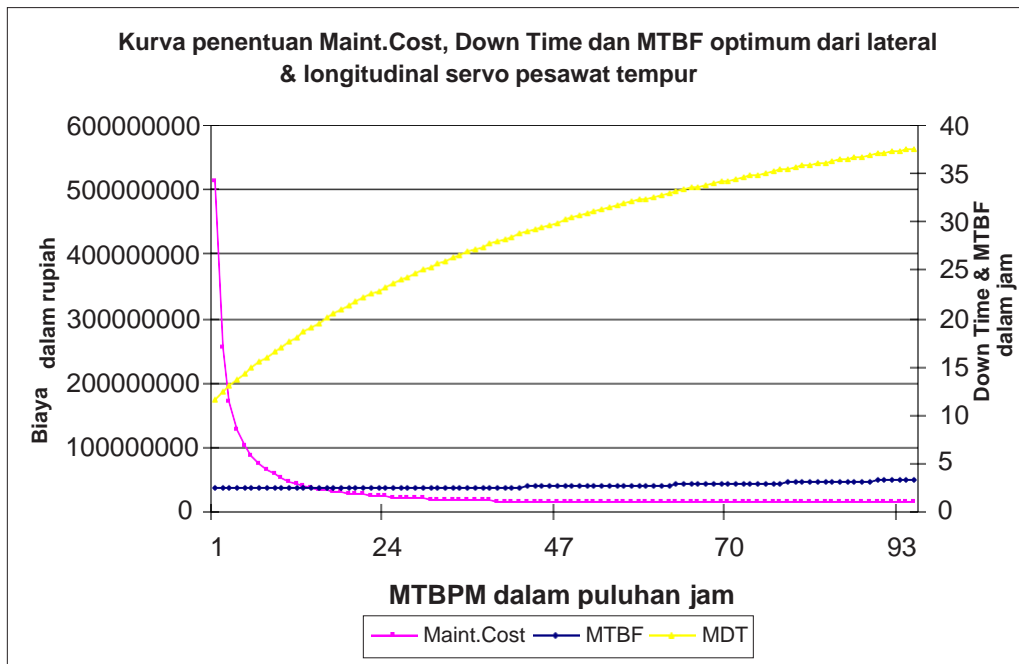
Gambar 3.6. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Brake Assy* pesawat angkut



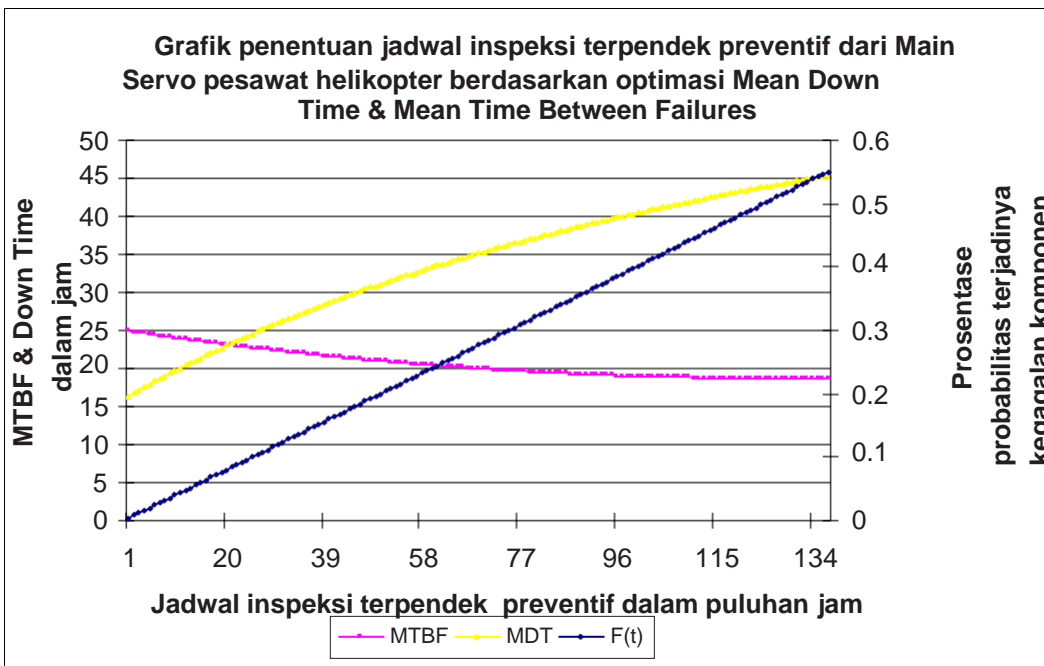
Gambar 3.7. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Brake Assy* pesawat tempur



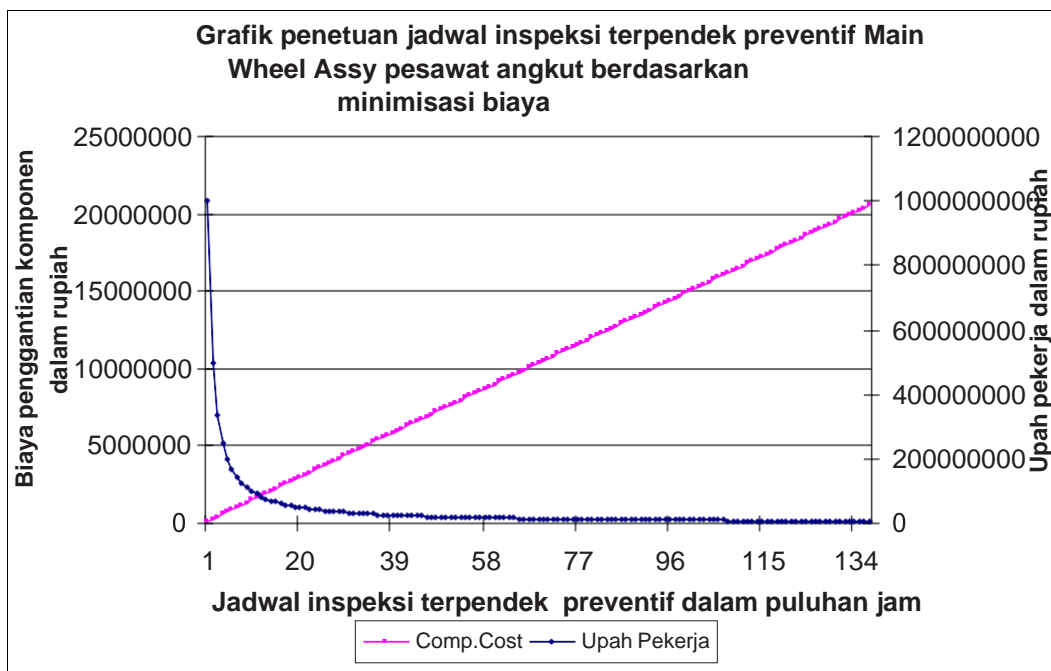
Gambar 3.8. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Hydraulics Actuating Cylinder* pesawat tempur



Gambar 3.9. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Lateral & Longitudinal Servo* pesawat tempur



Gambar 3.10. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Main Servo* pesawat helikopter berdasarkan optimasi *MTBF* dan *Mean Down Time*



Gambar 3.11. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif *Main Wheel Assy* pesawat angkut berdasarkan minimisasi biaya

KESIMPULAN

Main Significant Item dari data-data modus kegagalan komponen pesawat helikopter terjadi pada bagian *Main Gerar Box*, pesawat angkut terjadi di bagian wing pesawat dan pesawat tempur terjadi pada bagian *engine* dan *accessoriesnya*. TNI Angkatan Udara hendaknya mulai mencermati penentuan *Phase Inspections* terpendek dari komponen-komponen pesawat udara agar dapat memperbaiki sistem yang sudah ada dan meningkatkan kesiapan pesawat udara. Optimalisasi penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif pesawat udara yang dilakukan dengan metode sehingga kedua metode tersebut dapat digunakan secara simultan dengan cara penekanan lamanya *down time* dan dengan cara memperlambat terjadinya waktu rata-rata kegagalan komponen. Penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif komponen berdasarkan ketiga kriteria dapat dijadikan acuan untuk memanjang ataupun mempersingkat jadwal inspeksi terpendek yang sudah ada kecuali pada komponen *Control Valve* dan *Lateral & Longitudinal Servo*. Waktu rata-rata

terjadinya kegagalan komponen-komponen pesawat udara merupakan nilai yang sangat spesifik dari komponen sehingga optimalisasi penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif komponen pesawat udara lebih mudah dilakukan dengan cara penekanan *down time* dan penekanan biaya komponen dibandingkan dengan cara memperlama MTBF. Dari analisis tersebut, terlihat bahwa penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif komponen untuk kriteria MTBF terlama terjadi pada komponen *brake assy* pesawat angkut dan pesawat tempur yaitu sebesar 71 jam, kriteria *down time* tersingkat terjadi pada komponen *hydraulics actuating cylinder* pesawat tempur yaitu sebesar 7 jam dan biaya termurah terjadi pada komponen *booster pump* pesawat helikopter. Kriteria yang paling efektif dan efisien dalam penentuan jadwal inspeksi terpendek preventif komponen-komponen hidraulik dan *rotor system* pesawat udara adalah dengan cara meminimumkan biaya yang didahului dengan meminimumkan *down time* pesawat udara tersebut

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan kepada Koordinator Kelompok Ahli, Sesdislitbangau, Kasubdis Iptek Dislitbangau dan terutama kepada Kadislitbangau dalam

memberikan kepercayaan dan keyakinan akan kemanfaatan dari hasil penulisan makalah ini bagi kemajuan TNI Angkatan Udara

PERNYATAAN PENULIS

Penulis menyatakan bahwa seluruh isi makalah ini menjadi tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alfredo H-S. Ang, Wilson H. Tang, *Probability Concepts in Engineering Planing & Design, Decision, Risk and Reliability*, Volume I dan Volume II, John Wiley & Sons, 1975.
2. Anon, *A One Week Short Course, Reliability Analysis*, Cranfield, 3-7 Des 1990.
3. Anon, *Operational Requirements Pesawat Helikopter Versi TNI*, 1990.
4. Anon, Peraturan Teknik Udara Nomor : 136, Engineering, Koharmatau, 1993.
5. Anon, *S-58T Turbine Powered Helicopter Instruction Manual*, John Morelli, Sikorsky A/C Corporation, 1980.
6. Buku Pedoman Pelaksanaan Alat Utama Sistem Senjata, (BP3A), Koharmatau, 1993.
7. David J. Smith, *Reliability Maintainability and Risk Practical Method for Engineers*, Fourth Edition, John Wiley & Sons 1943.
8. Laporan Pengkajian Usia Pakai Pesawat S-58 T/Twinpac, Dislitbangau, Desember 2002.
9. Laporan Pengkajian Usia Pakai Pesawat C-130 Hercules, Dislitbangau, Desember 2002.
10. Laporan Pengkajian Operasionalisasi Pesawat A-4 Skyhawk, Dislitbangau, 2003.
11. Lewis, E.E., *Introduction to Reliability Engineering*, John Wiley & Sons, New York, 1987.
12. Michael J. Kroes, Wiliam A. Watkins, Frank Delp, Glencoe, *Aircraft Maintenance & Repair*, Sixth Edition, Macmillan/Mc Graw-Hill, 1993.
13. Smith K., Prof. Ir., *Maintenance Engineering*, 1996.
14. Technical Order No. 00-25-217, 1 Oct. 1960, *Procedure for Determining Actuarial Failure Rates, Life Expectancy, and Forecasting Future Failure for Selected High Cost Aeronautical Item*.