

Simulasi *Monitoring Remaining Cycles Category Life Limited Part CFM56* Untuk Perencanaan *Shop Visit*

Endah Yuniarti, Mufti Arifin, Borris Y. Maningka*

Program Studi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan,
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

Komplek Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta 13610, Indonesia

*Corresponding Author : borrisyoseitman@gmail.com

Abstrak – Batas umur pemakaian setiap komponen *life limited part* (LLP) *engine* pesawat terbang bervariasi. Maka dari itu perlu adanya suatu *monitoring* untuk mengetahui sisa umur komponen agar tidak terlewat atau melebihi batas umur pemakaian yang telah ditentukan oleh pabrik. Jika suatu komponen sudah mendekati batas umur yang telah ditentukan, maka komponen tersebut wajib untuk diganti dengan yang baru, walaupun secara *visual* kondisi komponen tersebut terlihat masih bagus atau layak. Untuk mempermudah *monitoring* maka perlu dibuatkan ilustrasi *engine* dan tiga warna dengan menggunakan rumusan *microsoft excel* serta ditambahkan *minimum remaining* agar jarak pada *shop visit* tidak terlalu dekat, sehingga bisa meminimalisir waktu dari sebuah perencanaan *shop visit*. Kelebihan dari program ini adalah dapat *monitoring remaining (cycles) category* pada tanggal yang ingin ditentukan, Program ini perlu diuji pada kondisi *operasional maintenance*. berdasarkan hasil analisis, rumusan *microsoft excel* dengan ditambahkan ilustrasi *engine* dan tiga warna serta *minimum remaining* dapat diuji dalam mempermudah suatu *monitoring*.

Kata kunci: *Life Limited Part* (LLP), *Monitoring*, *Ilustrasi Engine*, *Prediksi Status LLP*

Abstract – *Life limit in every aircraft engine life limited part (LLP) component is varyated. Therefore, a monitoring is needed to determine life status of component in order to monitor life limit of component so they not exceed limit specified by manufacturer. If a component almost reach specified life limit, so that component must be replaced with new component, although visually that component still in good condition. In order to make monitoring easier engine illustration with 3 color created using Microsoft excel formula and minimum remaining added to make time between shop visit not too close, so time for shop visit planning can be minimalize. Advantage of this program is monitoring on remaining (cycle) category on specified date, and disadvantage of this program is needed to be tested in maintenance operational. According to analysis, microsoft excel formula with engine illustration with 3 color and minimum remaining can be examined in order to make monitoring easier.*

Keywords: *Life Limited Part* (LLP), *Monitoring*, *Illustrated Engine*, *Predicted LLP Status*

I. PENDAHULUAN

Life limited part (LLP) adalah suatu komponen *engine* yang memiliki batas umur pemakaian, jika suatu komponen sudah mendekati batas umur pemakaian yang telah ditentukan oleh pabrik, maka komponen tersebut wajib untuk diganti dengan yang baru, walaupun secara *visual* kondisi komponen tersebut terlihat masih bagus atau layak. Untuk mengetahui sisa umur komponen LLP, maka dapat diketahui dengan melihat jumlah *flight cycle* pada suatu pesawat terbang. *Flight cycle* adalah suatu siklus yang didasarkan pada jumlah *takeoff - landing* suatu pesawat terbang, jadi satu siklus *takeoff - landing* dihitung (satu) 1 *cycle*.^[2]

Batas umur komponen LLP *engine* pesawat terbang berbeda-beda. Salah satu contoh yaitu *compressor* memiliki 13 *stage*, masing-masing *stage* mempunyai batas umur yang tidak sama. Jika salah satu *stage* mendekati batas umur yang telah ditentukan oleh pabrik, maka *engine* tersebut harus turun dan masuk *engine shop*. Pada saat *engine* turun, tidak semua *stage* akan diganti, hal ini dikarenakan *stage* tersebut mempunyai batas umur yang tidak sama, sehingga diperlukan berkali-kali *shop visit* untuk mengganti 13 *stage* yang umurnya tidak sama tersebut. Hal ini mengakibatkan jarak waktu pada *shop visit* menjadi tidak efisien, karena dengan berbedanya umur *compressor* tersebut, jarak waktu pada setiap *shop visit* menjadi terlalu dekat, sehingga mengakibatkan *engine* akan sering turun dan masuk *engine shop*.^[2]

Dari uraian di atas, agar dapat mempermudah *monitoring* maka perlu dibuatkan rumusan *Microsoft excel* dengan ditambahkan ilustrasi *engine* dan 3 warna untuk *monitoring remaining (cycle) category* pada tanggal yang ingin ditentukan serta ditambahkan *minimum remaining* agar jarak waktu pada *shop visit* tidak terlalu dekat, sehingga bisa meminimalisir waktu dari perencanaan *shop visit*.^[2]

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini ada beberapa langkah yang dilakukan untuk mendapatkan hasil analisis dari simulasi *monitoring life limited part* (LLP) *engine* pesawat *narrow body*. Pertama, dilakukan *input data engine life limited part* (LLP) CFM56. Selanjutnya melakukan pengolahan rumusan *microsoft excel* untuk melakukan simulasi *input data*, simulasi *monitoring* dan simulasi *planning* untuk perencanaan *shop visit*.

Hasil *output data* akan dianalisis dari jumlah *life limited part* (LLP) *engine* pesawat *narrow body* menggunakan *monitoring* dengan ditambahkan ilustrasi *engine* dan tiga warna untuk mengetahui *remaining (cycle) category* pada tanggal yang ingin ditentukan serta dibuatkan *minimum remaining* agar jarak waktu pada *shop visit* menjadi tidak terlalu dekat, sehingga dapat meminimalisir waktu dari perencanaan *shop visit*. berdasarkan hasil analisis, rumusan *microsoft excel* dengan ditambahkan ilustrasi *engine* dan 3 warna serta *minimum remaining* dapat diuji dalam mempermudah suatu *monitoring*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Simulasi data awal *life limited part* (LLP)

Berikut merupakan simulasi data-data awal *life limited part* (LLP) yang terlihat pada **Tabel 3.1** yang terdiri dari 6 ESN yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6** :

Tabel 3.1 : data awal *life limited part* (LLP)

Gambar 3.1	PT ALPHA
Gambar 3.2	PT BRAVO
Gambar 3.3	PT CHARLIE
Gambar 3.4	PT DELTA
Gambar 3.5	PT FOXTROT
Gambar 3.6	PT DELTA

ENGINE TYPE	CFM56-3C1	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										LAST ENGINE SHOP VISIT				20/08/2015
OWNER	PT ALPHA	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										PREDICTION ON				20/08/2015
ESN	858687	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										CYCLE/DAY				10
NO	DESCRIPTION	PART NUMBER	LIFE LIMIT (CYCLES) CATEGORY				TOTAL HOUR	TOTAL CYCLES	TOTAL (CYCLES) CATEGORY				REMAINING (CYCLES) CATEGORY			
1	Disk, Fan Stg. 1	335-014-511-0	30000	24900	20100	0	4176	24968	17630	7338	0	0	12370	17562	20100	0
2	Shaft Fan HPC	335-006-414-0	30000	30000	30000	0	26600	26310	16125	20185	0	0	13875	19815	30000	0
3	Spool Booster	335-009-306-0	30000	30000	30000	0	26731	25125	11409	13716	0	0	18591	16284	30000	0
4	Front Shaft HPC	1275M37P02	20000	20000	20000	0	UNK	10058	1523	8535	0	0	18477	11465	20000	0
5	Spool Stg. 1-2	1589M66G02	20000	20000	20000	0	UNK	10058	1523	8535	0	0	18477	11465	20000	0
6	Disk, Stg. 3-HPC	1590M59P01	20000	20000	20000	0	UNK	10058	1523	8535	0	0	18477	11465	20000	0
7	Spool Stg. 4-9	1588M89G03	20000	20000	15800	0	23619	10058	1523	8535	0	0	18477	11465	15800	0
8	Seal, Air HPCR Rear	1319M25P02	20000	18000	15000	0	UNK	10058	1523	8535	0	0	18477	9465	15000	0
9	Shaft Fwd-HPT	1385M90P04	20000	17300	17000	0	UNK	10058	1523	8535	0	0	18477	8765	17000	0
10	Seal, Air-HPT	1282M72P05	20000	15800	15100	0	11637	10058	1523	8535	0	0	18477	7265	15100	0
11	Disk-HPT	1475M29P03	20000	18500	16600	0	UNK	10058	1523	8535	0	0	18477	9965	16600	0
12	Shaft, Rear-HPT	1864M91P02	20000	20000	20000	0	UNK	10058	1523	8535	0	0	18477	11465	20000	0
13	Disk, Stg. 1-LPT	301-331-124-0	25000	25000	18800	0	23245	21488	16127	5361	0	0	8873	19639	18800	0
14	Disk, Stg. 2-LPT	301-331-224-0	25000	25000	25000	0	23245	21271	0	21506	765	0	25000	3494	24235	0
15	Disk, Stg. 3-LPT	301-331-321-0	25000	21200	19300	0	8735	18835	0	16030	2605	0	25000	5170	16695	0
16	Disk, Stg. 4-LPT	301-331-427-0	25000	25000	25000	0	23245	22148	22148	0	0	0	2852	25000	25000	0
17	Conical Support LPT	305-056-116-0	25000	25000	25000	0	4454	18482	15157	9325	0	0	9843	21675	25000	0
18	Shaft-LPT	301-330-067-0	30000	30000	30000	0	23245	27024	19472	13552	0	0	16528	16448	30000	0
19	Shaft, Stub-LPT	301-330-626-0	25000	25000	25000	0	23245	21136	12181	8955	0	0	12819	16045	25000	0
MINIMUM REMAINING															1000	
PREDICTION NEXT ENGINE SHOP VISIT															31/05/2016	

Gambar 3.1 PT ALPHA ESN 8586xx

ENGINE TYPE	CFM56-3B1	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										LAST ENGINE SHOP VISIT				26/11/2015
OWNER	PT BRAVO	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										PREDICTION ON				26/11/2015
ESN	859308	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										CYCLE/DAY				10
NO	DESCRIPTION	PART NUMBER	LIFE LIMIT (CYCLES) CATEGORY				TOTAL HOUR	TOTAL CYCLES	TOTAL (CYCLES) CATEGORY				REMAINING (CYCLES) CATEGORY			
1	Disk, Fan Stg. 1	335-014-511-0	30000	24900	20100	0	4176	3014	1952	1062	0	0	28048	23838	20100	0
2	Shaft-Fan	335-006-414-0	30000	30000	30000	0	26600	19970	19970	0	0	0	10030	30000	30000	0
3	Spool Booster	335-009-306-0	30000	30000	30000	0	26731	19677	19677	0	0	0	10323	30000	30000	0
4	Front Shaft HPC	1275M37P02	20000	20000	20000	0	UNK	10610	10610	0	0	0	9390	20000	20000	0
5	Spool, Stg. 1-2	1589M66G02	20000	20000	20000	0	UNK	8371	8371	0	0	0	11629	20000	20000	0
6	Disk, Stg. 3 HPC	1590M59P01	20000	20000	20000	0	UNK	10610	10610	0	0	0	9390	20000	20000	0
7	Spool, Stg. 4-9	1588M89G03	20000	20000	15800	0	23619	8646	3676	0	4970	0	16324	20000	10830	0
8	Seal, Air HPCR Rear	1319M25P02	20000	18000	15000	0	UNK	10610	10610	0	0	0	9390	18000	15000	0
9	Shaft Fwd-HPT	1385M90P04	20000	17300	17000	0	UNK	10610	10610	0	0	0	9390	17300	17000	0
10	Seal, Air-HPT	1282M72P05	20000	15800	15100	0	11637	6300	6300	0	0	0	13700	15800	15100	0
11	Disk, HPT	1475M29P03	20000	18500	16600	0	UNK	10610	10610	0	0	0	9390	18500	16600	0
12	Shaft, Rear HPT	1864M91P02	25000	20000	15800	0	UNK	8371	8371	0	0	0	16629	20000	15800	0
13	Disk, Stg. 1-LPT	301-331-126-0	25000	25000	25000	0	23245	13669	0	13669	0	0	25000	11331	25000	0
14	Disk, Stg. 2-LPT	301-331-227-0	25000	25000	25000	0	23245	13669	0	13669	0	0	25000	11331	25000	0
15	Disk, Stg. 3-LPT	301-331-322-0	25000	25000	25000	0	8735	6406	0	6406	0	0	25000	18594	25000	0
16	Disk, Stg. 4-LPT	301-331-429-0	25000	25000	25000	0	23245	13669	0	13669	0	0	25000	11331	25000	0
17	Conical Support	305-056-116-0	25000	25000	25000	0	4544	2840	0	2840	0	0	25000	22160	25000	0
18	Shaft-LPT	301-330-006-0	30000	30000	30000	0	23245	13669	0	13669	0	0	30000	16331	30000	0
19	Shaft, Stub-LPT	301-330-626-0	25000	25000	25000	0	23245	13669	0	13669	0	0	25000	11331	25000	0
MINIMUM REMAINING															1000	
PREDICTION NEXT ENGINE SHOP VISIT															22/06/2018	

Gambar 3.2 PT BRAVO ESN 8593xx

ENGINE TYPE	CFM56-3C1	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										LAST ENGINE SHOP VISIT		19/09/2012				
OWNER	PT CHARLIE	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										PREDICTION ON		19/09/2012				
ESN	725180	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										CYCLE/DAY		10				
NO	DESCRIPTION	PART NUMBER	LIFE LIMIT (CYCLES) CATEGORY				TOTAL HOUR	TOTAL CYCLES	TOTAL (CYCLES) CATEGORY				REMAINING (CYCLES) CATEGORY					
1	Stage 1 fan disk	335-014-511-0	30000	24900	20100	0	UNK	14116	0	14116	0	0	0	0	30000	10784	20100	0
2	Fan Shaft	335-006-414-0	30000	30000	30000	0	UNK	25409	0	20092	5317	0	0	30000	9908	24683	0	
3	Booster Spool	335-009-306-0	30000	30000	30000	0	UNK	28480	0	23163	5317	0	0	30000	6837	24683	0	
4	HPC front shaft	1275M37P02	20000	20000	20000	0	UNK	19962	0	18104	1858	0	0	20000	1896	18142	0	
5	HPC stage 1/2 spool	1589M66G02	20000	20000	20000	0	UNK	14244	0	12386	1858	0	0	20000	7614	18142	0	
6	HPC stage 3 disk	1590M59P01	20000	20000	20000	0	UNK	14244	0	12386	1858	0	0	20000	7614	18142	0	
7	HPC stage 4/9 spool	1588M89G03	20000	20000	15800	0	UNK	14244	0	12386	1858	0	0	20000	7614	13942	0	
8	HPC rear air seal	1319M25P02	20000	18000	15000	0	UNK	7453	649	6804	0	0	0	19351	11196	15000	0	
9	HPT front shaft	1385M90P04	20000	17300	17000	0	UNK	14244	0	12386	1858	0	0	20000	4914	15142	0	
10	HPT front air seal	1282M72P05	20000	15800	15100	0	UNK	12883	6079	6804	0	0	0	13921	8996	15100	0	
11	HPT disk	1475M29P02	20000	18500	16600	0	UNK	14244	0	12386	1858	0	0	20000	6114	14742	0	
12	HPT rear shaft	1854M91P02	20000	20000	20000	0	UNK	14244	0	12386	1858	0	0	20000	7614	18142	0	
13	LPT stage 1 disk	301-331-126-0	25000	25000	25000	0	UNK	24857	18053	6804	0	0	0	6947	18196	25000	0	
14	LPT stage 2 disk	301-331-227-0	25000	25000	25000	0	UNK	23956	17152	6804	0	0	0	7848	18196	25000	0	
15	LPT stage 3 disk	301-331-322-0	25000	25000	25000	0	UNK	23956	17152	6804	0	0	0	7848	18196	25000	0	
16	LPT stage 4 disk	301-331-427-0	25000	25000	25000	0	UNK	24793	6939	17854	0	0	0	18061	7146	25000	0	
17	LPT conical support	305-056-116-0	25000	25000	25000	0	UNK	24566	4978	19588	0	0	0	20022	5412	25000	0	
18	LPT shaft	301-330-067-0	30000	30000	30000	0	UNK	28480	0	23163	5317	0	0	30000	6837	24683	0	
19	LPT snub shaft	301-330-626-0	25000	25000	25000	0	UNK	24458	17654	6804	0	0	0	7346	18196	25000	0	
MINIMUM REMAINING																3000		
PREDICTION NEXT ENGINE SHOP VISIT																27/03/2013		

Gambar 3.3 PT CHARLIE ESN 7251xx

ENGINE TYPE	CFM56-7B24	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										LAST ENGINE SHOP VISIT		05/12/2016				
OWNER	PT DELTA	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										PREDICTION ON		05/12/2016				
ESN	890927	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										CYCLE/DAY		10				
NO	DESCRIPTION	PART NUMBER	LIFE LIMIT (CYCLES) CATEGORY				TOTAL HOUR	TOTAL CYCLES	TOTAL (CYCLES) CATEGORY				REMAINING (CYCLES) CATEGORY					
1	Disk, Fan Stg 1	340-000-420-0	30000	-7822	-7824	-7826	-7827	UNK	0	0	0	0	0	0	30000	30000	30000	30000
2	Shaft-Fan	340-000-414-0	30000	30000	30000	30000	30000	24019	17093	0	17093	0	0	0	30000	12907	30000	30000
3	Spool Booster	340-000-824-0	30000	30000	30000	30000	30000	24428	17724	17724	0	0	0	12276	30000	30000	30000	
4	Front Shaft HPC	1386M56P03	20000	20000	20000	20000	20000	4092	3647	0	3647	0	0	20000	16353	20000	20000	
5	Spool, Stg 1-2	1558M31G07	20000	20000	20000	20000	20000	4092	3647	0	3647	0	0	20000	16353	20000	20000	
6	Disk, Stg 3 HPC	2116M23P01	20000	20000	20000	20000	20000	4092	3647	0	3647	0	0	20000	16353	20000	20000	
7	Spool, Stg 4-9	2048M20G04	20000	20000	20000	20000	20000	4092	3647	0	3647	0	0	20000	16353	20000	20000	
8	Seal, Air HPCR Rear	2116M25P01	20000	20000	20000	20000	20000	4092	3647	0	3647	0	0	20000	16353	20000	20000	
9	Shaft Fwd-HPT	2048M21P03	20000	20000	20000	20000	20000	4092	3647	0	3647	0	0	20000	16353	20000	20000	
10	Seal, Air-HPT	2116M20P02	20000	20000	20000	20000	20000	4092	3647	0	3647	0	0	20000	16353	20000	20000	
11	Disk, HPT	1498M43P07	20000	20000	20000	20000	20000	4092	3647	0	3647	0	0	20000	16353	20000	20000	
12	Shaft, Rear HPT	1846M90P04	20000	20000	20000	20000	20000	4092	3647	0	3647	0	0	20000	16353	20000	20000	
13	Disk, Stg 1-LPT	336-001-804-0	25000	25000	25000	25000	25000	UNK	0	0	0	0	0	25000	25000	25000	25000	
14	Disk, Stg 2-LPT	336-001-909-0	25000	25000	25000	25000	25000	UNK	0	0	0	0	0	25000	25000	25000	25000	
15	Disk, Stg 3-LPT	336-002-906-0	25000	25000	25000	25000	25000	UNK	0	0	0	0	0	25000	25000	25000	25000	
16	Disk, Stg 4-LPT	336-002-105-0	25000	25000	25000	25000	25000	UNK	0	0	0	0	0	25000	25000	25000	25000	
17	Support, Rotor LPT	340-301-702-0	25000	25000	25000	25000	25000	UNK	0	0	0	0	0	25000	25000	25000	25000	
18	Shaft-LPT	340-074-723-0	25000	25000	25000	25000	25000	UNK	0	0	0	0	0	25000	25000	25000	25000	
19	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MINIMUM REMAINING																3000		
PREDICTION NEXT ENGINE SHOP VISIT																15/04/2020		

Gambar 3.4 PT DELTA ESN 8909xx

ENGINE TYPE	CFM56-7B26E	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										LAST ENGINE SHOP VISIT				21/02/2017
OWNER	PT ECHO	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										PREDICTION ON				21/02/2017
ESN	960285	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										CYCLE/DAY				10
NO	DESCRIPTION	PART NUMBER	LIFE LIMIT (CYCLES) CATEGORY				TOTAL HOUR	TOTAL CYCLES	TOTAL (CYCLES) CATEGORY				REMAINING (CYCLES) CATEGORY			
			-7B24E	-7B26E	-7B27E	-			-7B24E	-7B26E	-7B27E	-	-7B24E	-7B26E	-7B27E	-
1	Fan Disk Stg. 1	340-000-420-0	30000	30000	30000	0	16388	10620	0	10620	0	0	30000	19380	30000	0
2	Shaft-Fan	335-006-414-0	30000	30000	30000	0	16388	10620	0	10620	0	0	30000	19380	30000	0
3	Spool Booster	340-000-816-0	22900	22900	22900	0	16388	10620	0	10620	0	0	22900	12280	22900	0
4	Front Shaft HPC	1386M56P03	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
5	Spool, Stg 1-2	1558M31G07	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
6	Disk, Stg 3 HPC	2118M23P01	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
7	Spool, Stg 4-9	2048M2G03	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
8	Seal, Air HPCR Rear	2118M25P01	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
9	Shaft Fwd-HPT	2048M21P03	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
10	Seal, Air-HPT	2410M50P01	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
11	Disk, HPT	2410M49P01	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
12	Shaft, Rear HPT	1864M90P04	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
13	Disk, Stg 1-LPT	340-301-001-0	25000	25000	25000	0	16388	10620	0	10620	0	0	25000	14380	25000	0
14	Disk, Stg 2-LPT	340-301-101-1	25000	25000	25000	0	16388	10620	0	10620	0	0	25000	14380	25000	0
15	Disk, Stg 3-LPT	340-301-201-0	25000	25000	25000	0	16388	10620	0	10620	0	0	25000	14380	25000	0
16	Disk, Stg 4-LPT	340-301-301-0	25000	25000	25000	0	16388	10620	0	10620	0	0	25000	14380	25000	0
17	Support, Rotor LPT	340-301-702-0	25000	25000	25000	0	16388	10620	0	10620	0	0	25000	14380	25000	0
18	Shaft-LPT	340-074-723-0	25000	25000	25000	0	16388	10620	0	10620	0	0	25000	14380	25000	0
19	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MINIMUM REMAINING															1000	
PREDICTION NEXT ENGINE SHOP VISIT															17/09/2019	

Gambar 3.5 PT ECHO ESN 9602xx

ENGINE TYPE	CFM56-5B	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										LAST ENGINE SHOP VISIT				07/11/2011
OWNER	PT FOXTROT	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										PREDICTION ON				07/11/2011
ESN	573935	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										CYCLE/DAY				10
NO	DESCRIPTION	PART NUMBER	LIFE LIMIT (CYCLES) CATEGORY				TOTAL HOUR	TOTAL CYCLES	TOTAL (CYCLES) CATEGORY				REMAINING (CYCLES) CATEGORY			
			A	B	C	-			A	B	C	-	A	B	C	-
1	Fan Disk	335-014-511-0	30000	24900	20100	0	29571	24027	15414	9213	0	0	14586	15687	20100	0
2	Fan Shaft	335-006-414-0	30000	30000	30000	0	96711	26825	1955	24870	0	0	28045	5130	30000	0
3	Spool Booster	335-009-306-0	30000	30000	30000	0	96711	26825	1955	24870	0	0	28045	5130	30000	0
4	HPC Front Shaft	1275M37P02	20000	20000	20000	0	10614	8127	1955	6172	0	0	18045	13828	20000	0
5	HPC Spool Stg. 1-2	1589M66G02	20000	20000	20000	0	10614	8127	1955	6172	0	0	18045	13828	20000	0
6	HPC Disk Stg. 3	1590M59P01	20000	20000	20000	0	10614	8127	1955	6172	0	0	18045	13828	20000	0
7	HPC Spool Stg. 4-9	1588M89G03	20000	20000	15800	0	10614	8127	1955	6172	0	0	18045	13828	15800	0
8	HPC Rear Air Seal	1319M25P02	20000	18000	15000	0	13483	10264	1955	8309	0	0	18045	9691	15000	0
9	HPT Fwd Shaft	1385M90P04	20000	17900	17000	0	10614	8127	1955	6172	0	0	18045	11128	17000	0
10	HPT Air Seal	1282M72P05	20000	15800	15100	0	13483	10264	1955	8309	0	0	18045	7491	15100	0
11	HPT Disk	1475M29P03	20000	18500	16600	0	14401	10906	1955	8951	0	0	18045	9549	16600	0
12	HPT Rear Shaft	1864M91P02	20000	20000	20000	0	13483	10264	1955	8309	0	0	18045	11691	20000	0
13	LPT Stg. 1	301-331-126-0	25000	25000	25000	0	28676	24081	14985	9096	0	0	10015	15904	25000	0
14	LPT Stg. 2	301-331-227-0	25000	25000	25000	0	28676	24081	14985	9096	0	0	10015	15904	25000	0
15	LPT Stg. 3	301-331-322-0	25000	25000	25000	0	28676	24081	14985	9096	0	0	10015	15904	25000	0
16	LPT Stg. 4	301-331-427-0	25000	25000	25000	0	28676	24081	14985	9096	0	0	10015	15904	25000	0
17	LPT Conical Support	305-056-116-0	25000	25000	25000	0	28676	24081	14985	9096	0	0	10015	15904	25000	0
18	LPT Shaft	301-330-067-0	30000	30000	30000	0	28676	24081	14985	9096	0	0	15015	20904	30000	0
19	LPT Stub Shaft	301-330-624-0	25000	25000	20000	0	28676	24081	14985	9096	0	0	10015	15904	20000	0
MINIMUM REMAINING															1000	
PREDICTION NEXT ENGINE SHOP VISIT															03/04/2013	

Gambar 3.6 PT FOXTROT ESN 5739xx

3.2 Prediksi Status LLP Pada Tanggal Tertentu

Pada kasus ini data awal *life limited Part* (LLP) *engine* yang digunakan adalah LLP yang sudah mempunyai umur lebih dari (0) *cycles*. LLP yang digunakan sebagai contoh yaitu terlihat pada **Gambar 3.2**. Jika ingin mengetahui *remaining (cycles) category* pada tanggal tertentu, maka rumusnya :

$$\begin{aligned} &\text{➤ Remaining (cycles) category tanggal tertentu =} \\ &\text{Remaining (cycles) tanggal last engine shop visit -} \\ &\text{jarak (cycles) yang dilalui} \end{aligned}$$

1. Untuk mencari *remaining (cycles)* pada tanggal *last engine shop visit*, maka rumusnya :

$$= \text{Life limit (cycles) category tanggal last engine shop visit - Total (cycles) category tanggal last engine shop visit}$$

2. Untuk mencari jarak (*cycles*) yang dilalui, maka rumusnya :

$$= \text{Jarak hari (day) yang dilalui x (cycle) / day}$$

✓ Rumus mencari jarak hari (*day*) yang dilalui :

$$= \text{Tanggal tertetu - tanggal (last engine shop visit)}$$

Contoh 1 komponen & kategori

Pada **Gambar 3.2** tanggal *last engine shop visit* adalah 26 November 2015, kemudian prediksi *remaining (cycles) category* yang ingin ditentukan adalah 26 November 2019, maka untuk mengetahui *remaining (cycles) category* pada tanggal tersebut, rumusnya adalah :

$$\begin{aligned} &\text{➤ Remaining (cycles) category tanggal tertentu =} \\ &\text{Remaining (cycles) tanggal last engine shop visit -} \\ &\text{jarak (cycles) yang dilalui} \end{aligned}$$

1. Pada **Gambar 3.2** komponen *disk fan stage 1*, *life limit (cycles) category A* adalah 30.000 *cycles*, Kemudian *total (cycles) category A* yang terpakai adalah 1.952 *cycles*, maka untuk mencari *remaining (cycles) category A* pada komponen *disk fan stg. 1* adalah langkah pertama yang dilakukan yaitu mencari :
Remainning (cycles) category tanggal last engine shop visit ?

$$= \text{Life limit (cycles) category tanggal last engine shop visit - Total (cycles) category tanggal last engine shop visit}$$

$$30.000 - 1.952 = \mathbf{28.048 \text{ cycles}}$$

Langkah kedua yang dilakukan adalah mencari :

Jarak (*cycles*) yang dilalui ?

$$= \text{Jarak hari (day) yang dilalui x (cycle) / day}$$

✓ Rumus mencari Jarak hari (*day*) yang dilalui :

$$= \text{Tanggal tertetu - tanggal (last engine shop visit)}$$

$$= \text{26 November 2019 - 26 November 2015 = 1.440 Hari}$$

- *Cycle/day* yang ditentukan adalah 10

Jadi, jarak (*cycles*) yang dilalui adalah
 $1.440 \times 10 = \mathbf{14.400 \text{ cycles}}$

Maka, *remaining (cycles) category A* komponen **Disk Fan Stg. 1** pada tanggal yang ditentukan 26 November 2019 adalah

$$= 28.048 - 14.400 = \mathbf{13.648 \text{ cycles}}$$

3.3 Monitoring Remaining (Cycles) Category Tanggal Tertentu

Untuk memudahkan *monitoring*, hasil *remaining (cycles) category* akan dilihat berdasarkan ilustrasi *engine* dan tiga warna, yaitu:

Merah dengan *remaining (cycles) category* kurang dari <500

Kuning dengan *remaining (cycles) category* antara 501 – 2.000

Hijau dengan *remaining (cycles) category* lebih dari >2.000

✓ *Minimum remaining* yang ditentukan adalah <1000 *cycles*.

Jika pada contoh kasus, *remaining (cycles) category A* pada tanggal 26 November 2019 adalah **13.648 cycles**, maka ilustrasi *engine* dan tiga warna yang akan muncul dengan *minimum remaining yang <1000 cycles* adalah ditunjukkan oleh **Gambar 3.7, 3.8 dan 3.9.**

Gambar 3.7 memperlihatkan jumlah komponen LLP yang umurnya sudah habis berdasarkan *remaining (cycle) category A*, ada sembilan komponen LLP, yaitu :

1. **Shaft fan** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category A* adalah -4370 *cycles*.
2. **Spool Booster** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category A* adalah -4077 *cycles*.
3. **Front shaft HPC** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category A* adalah -5010 *cycles*.
4. **Spool Stg. 1-2** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category A* adalah -2771 *cycles*.
5. **Disk Stg. 3 HPC** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category A* adalah -5010 *cycles*.
6. **Seal Air HPCR rear** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category A* adalah -5010 *cycles*.
7. **Shaft fwd HPC** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category A* adalah -5010 *cycles*.
8. **Seal air HPT** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category A* adalah -700 *cycles*.
9. **Disk HPT** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category A* adalah -5010 *cycles*.

Gambar 3.8 memperlihatkan jumlah komponen LLP yang umurnya sudah habis

berdasarkan *remaining (cycle) category B*, ada empat komponen LLP, yaitu :

1. **Disk Stg. 1 LPT** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category B* adalah -3069 *cycles*.
2. **Disk Stg. 2 LPT** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category B* adalah -3069 *cycles*.
3. **Disk Stg. 4 LPT** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category B* adalah -3069 *cycles*.
4. **Shaft stub -LPT** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category B* adalah -3069 *cycles*.

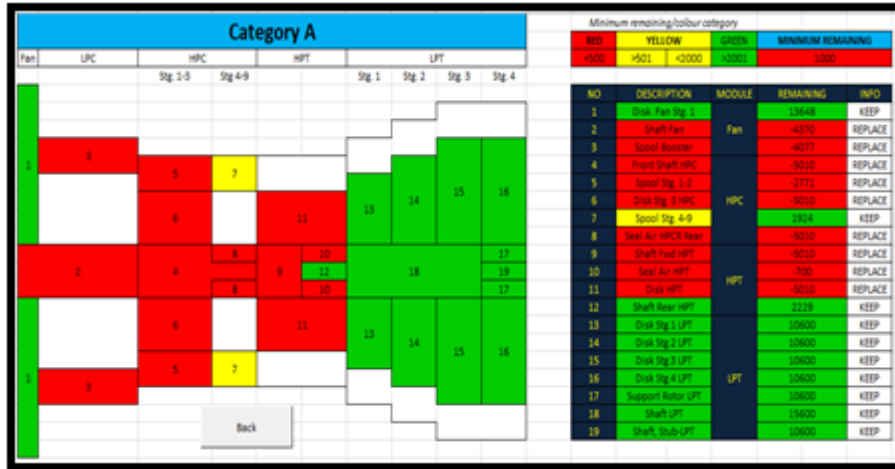
Gambar 3.9 memperlihatkan jumlah komponen LLP yang umurnya sudah habis berdasarkan *remaining (cycle) category C*, ada tiga komponen LLP, yaitu :

1. **HPC spool stg 4-9** (warna merah) dengan *remaining (cycles) category C* adalah -3570 *cycles*
2. **Seal air HPC rear** (warna kuning) dengan *remaining (cycles) category C* adalah 600 *cycles*
3. **Seal air HPT** (warna kuning) dengan *remaining (cycles) category B* adalah 700 *cycles*

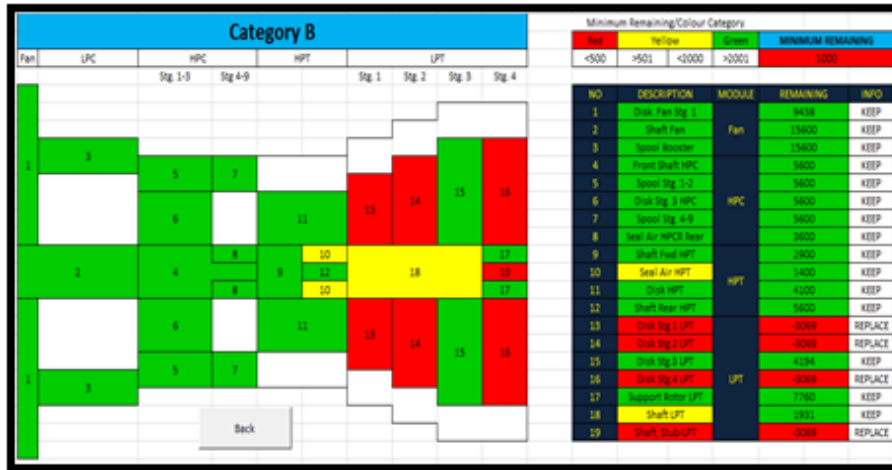
Sedangkan **Seal air HPT** (warna kuning) kategori C termasuk ke dalam kategori aman, karena *minimum remaining* komponen tersebut >1.000 *cycles*, yaitu 1.400 *cycles*.

Catatan :

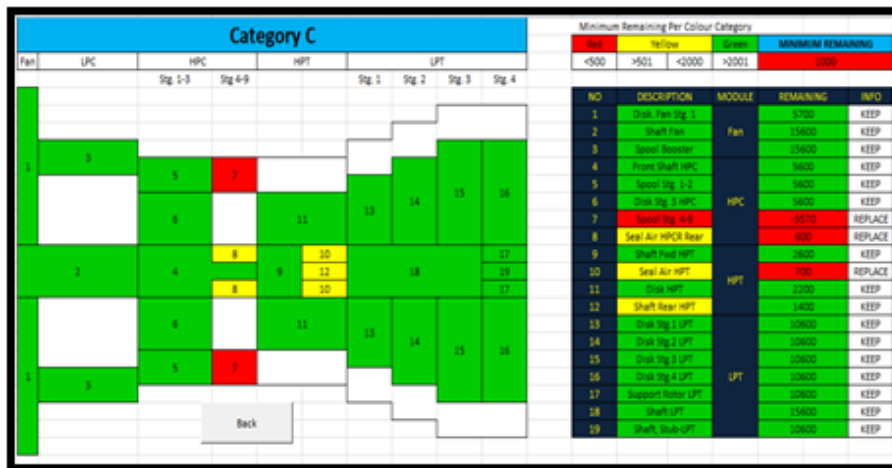
- ✓ *Monitoring remaining (cycles) category* dapat diaplikasikan pada seluruh contoh *engine serial number (ESN)*.



Gambar 3.7 Remaining (cycles) category A



Gambar 3.8 Remaining (cycles) category B



Gambar 3.9 Remaining (cycles) category C

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan *monitoring* komponen LLP *engine* CFM56 menggunakan rumusan *microsoft excel*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam memantau (*monitoring*) sisa umur komponen *life limited part* (LLP), maka dapat disimpulkan data input yang ditambahkan ilustrasi *engine* dan 3 warna lebih mudah di *monitoring* dibandingkan tampilan tabel data saja.
2. Dengan adanya *minimum remaining*, maka waktu dari sebuah perencanaan *shop visit* dapat diminimalisir dibandingkan hanya melihat *life limit (cycles) category* saja, hal ini dikarenakan komponen LLP yang memiliki umur kurang dari batas tertentu akan ikut masuk *next engine shop visit*.
3. Berdasarkan hasil analisis, rumusan *microsoft excel* dengan ditambahkan ilustrasi *engine* dan 3 warna serta *minimum remaining* telah berhasil diuji dalam mempermudah suatu *monitoring*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nasution, M 2008, Optimasi perencanaan *shop visit Engine cfm56-3* berdasarkan Life Limited Part, *Skripsi*, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Suryadarma, Jakarta.
2. Kroes, M.J, Wild, T.W, 1990, *Aircraft Powerplant, 7th Edition*, McGraw-Hill, New York.
3. Mattingly, J.D., 1996, *Element of Gas Turbine Propulsion Edition 2005* , Tata McGraw-Hill, New Dehli
4. _____, 2008, Ilmu Aero, <https://www.esiaero.com/>, diakses pada 26 Febuari 2017
5. _____, 2007, Ilmu Penerbangan, <https://www.boldmethod.com/>, diakses pada 26 Febuari 2017
6. _____, 2017, CFM 56, <https://www.cfmaeroengines.com/engine/s/cfm56/>, diakses pada 29 Febuari 2017
7. _____, 2017, CFM 56-7b, <https://www.safranaircraftengines.com/commercial-engines/single-aisle-commercial-jets/cfm56/cfm56-7b>, diakses pada 12 April 2017
8. _____, 2010, Engine Overhaul shop Visit, <http://ataibaviationservices.co.uk/engine-overhaul-shop-visit/>, diakses pada 1 April 2017