

Simulasi *Monitoring Next Engine Shop Visit Life Limited Part CFM-56* Pada Pesawat *Narrow Body*

Mufti Arifin, Endah Yuniarti, 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 dibuat 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 memantau *next engine shop visit* dari banyak *engine* secara cepat, program ini perlu diuji pada kondisi *operasional maintenance*. Berdasarkan hasil analisis, rumusan *microsoft excel* dengan ilustrasi *engine* dan tiga warna serta *minimum remaining* dapat mempermudah *monitoring* LLP.

Kata kunci: *Life Limited Part* (LLP), *Monitoring*, *Ilustrasi Engine*, *Engine Shop Visit*.

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 three 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 several engine at the same time, and disadvantage of this program is needed to be tested in maintenance operational. According to analysis, Microsoft excels formula with engine illustration with three colors and minimum remaining can be examined in order to make LLP.*

Keywords: *Life Limited Part* (LLP), *Monitoring*, *Engine Illustration*, *Engine Shop Visit*

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 *cycle*.

Batas umur komponen LLP *engine* pesawat terbang berbeda-beda. Salah satu contoh: *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*.

Agar lebih mudah dilakukan, perlu dibuat sistem *monitoring* dalam bentuk perangkat lunak sederhana. Perangkat lunak yang dibuat harus dapat digunakan untuk *monitoring next engine shop visit* dari beberapa *engine* secara bersamaan dan cepat.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini ada beberapa langkah yang dilakukan untuk mendapatkan hasil analisis dari simulasi *monitoring life limited part* (LLP) pada pesawat *narrow body*. Pertama, dilakukan

penginputan *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*.

Terakhir adalah hasil *output data* akan dianalisis dari beberapa *engine* menggunakan *monitoring* dengan ditambahkan ilustrasi *engine* dan tiga warna untuk mengetahui *next engine shop visit* dan jumlah komponen yang harus diganti, *remaining (cycles) category pada tanggal* yang ingin ditentukan dan *next engine shop visit* dari banyak *engine* secara cepat 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 tiga 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 enam *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											LAST ENGINE SHOP VISIT		20/08/2015	
OWNER		PT ALPHA	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										PREDICTION ON		20/08/2015	
ESN		858687											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	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	10185	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	11837	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	22271	0	21506	765	0	25000	3494	24235	0
15	Disk Stg 3-LPT	301-331-321-0	25000	21200	19300	0	8735	18635	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	3325	0	0	9843	21675	25000	0
18	Shaft-LPT	301-330-067-0	30000	30000	30000	0	23245	27024	13472	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		CFM56-7B26E											LAST ENGINE SHOP VISIT		21/02/2017	
OWNER		PT BCHO	LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56										PREDICTION ENGINE SHOP VISIT ON		21/02/2017	
ESN		8593xx											CYCLE/DAY		5	
NO	DESCRIPTION	PART NUMBER	LIFE LIMIT (CYCLES) CATEGORY				TOTAL HOUR	TOTAL CYCLE	TOTAL (CYCLES) CATEGORY				REMAINING (CYCLES) CATEGORY			
			-7824E	-7826E	-7827E	-			-7824E	-7826E	-7827E	-	-7824E	-7826E	-7827E	-
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	1386M58P03	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
5	Spool Stg 1-2	1558M51G07	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
6	Disk Stg 3 HPC	2116M23P01	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
7	Spool Stg 4-9	2048M20G05	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
8	Seal, Air HPCR Rear	2116M23P01	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															12/04/2012	

Gambar 3.2 PT BRAVO ESN 8593xx

ENGINE TYPE	CFM56-3C1	LAST ENGINE SHOP VISIT	19/09/2012				
OWNER	PT CHARLIE	PREDICTION ON	19/09/2012				
ESN	725180	CYCLE/DAY	10				
LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56							
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	14316	0 14316 0 0	30000 10784 20100 0
2	Fan Shaft	335-006-414-0	30000 30000 30000 0	UNK	25409	0 20091 5317 0	30000 9908 24683 0
3	Booster Spool	335-009-306-0	30000 30000 30000 0	UNK	28480	0 23163 5317 0	30000 6837 24683 0
4	HPC front shaft	1275M37P02	20000 20000 20000 0	UNK	15962	0 18104 1858 0	20000 1896 18142 0
5	HPC stage 1/2 spool	1589M66G02	20000 20000 20000 0	UNK	14244	0 12386 1858 0	20000 7614 18142 0
6	HPC stage 3 disk	1590M59P01	20000 20000 20000 0	UNK	14244	0 12386 1858 0	20000 7614 18142 0
7	HPC stage 4/9 spool	1588M89G03	20000 20000 15800 0	UNK	14244	0 12386 1858 0	20000 7614 13942 0
8	HPC rear air seal	1319M25P02	20000 18000 15000 0	UNK	7453	649 6804 0 0	19951 11196 15000 0
9	HPT front shaft	1385M90P04	20000 17300 17000 0	UNK	14244	0 12386 1858 0	20000 4914 15142 0
10	HPT front air seal	1282M72P05	20000 15800 15100 0	UNK	12883	6079 6804 0 0	13921 8996 15100 0
11	HPT disk	1475M29P02	20000 18500 16600 0	UNK	14344	0 12386 1858 0	20000 6114 14742 0
12	HPT rear shaft	1864M91P02	20000 20000 20000 0	UNK	14244	0 12386 1858 0	20000 7614 18142 0
13	LPT stage 1 disk	301-331-126-0	25000 25000 25000 0	UNK	24857	18053 6804 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	7848 18196 25000 0
15	LPT stage 3 disk	301-331-322-0	25000 25000 25000 0	UNK	23956	17152 6804 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	18061 7146 25000 0
17	LPT conical support	305-056-116-0	25000 25000 25000 0	UNK	24566	4978 19588 0 0	20022 5412 25000 0
18	LPT shaft	301-330-067-0	30000 30000 30000 0	UNK	28480	0 23163 5317 0	30000 6837 24683 0
19	LPT stub shaft	301-330-626-0	25000 25000 25000 0	UNK	24458	17654 6804 0 0	7346 18196 25000 0
MINIMUM REMAINING							1000
PREDICTION NEXT ENGINE SHOP VISIT							27/03/2013

Gambar 3.3 PT CHARLIE ESN 7251xx

ENGINE TYPE	CFM56-7B24	LAST ENGINE SHOP VISIT	05/12/2016				
OWNER	PT DELTA	PREDICTION ON	05/12/2016				
ESN	890927	CYCLE/DAY	10				
LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56							
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 30000 30000 30000	UNK	0	0 0 0 0	30000 30000 30000 30000
2	Shaft-Fan	340-000-414-0	30000 30000 30000 30000	24019	17095	0 17095 0 0	30000 12907 30000 30000
3	Spool Booster	340-000-824-0	30000 30000 30000 30000	24428	17724	17724 0 0 0	12276 30000 30000 30000
4	Front Shaft HPC	1386M56P03	20000 20000 20000 20000	4092	3647	0 3647 0 0	20000 16353 20000 20000
5	Spool, Stg 1-2	1558M31G07	20000 20000 20000 20000	4092	3647	0 3647 0 0	20000 16353 20000 20000
6	Disk, Stg 3 HPC	2116M23P01	20000 20000 20000 20000	4092	3647	0 3647 0 0	20000 16353 20000 20000
7	Spool, Stg 4-9	2048M20G04	20000 20000 20000 20000	4092	3647	0 3647 0 0	20000 16353 20000 20000
8	Seal, Air HPCR Rear	2116M25P01	20000 20000 20000 20000	4092	3647	0 3647 0 0	20000 16353 20000 20000
9	Shaft Fwd-HPT	2048M21P03	20000 20000 20000 20000	4092	3647	0 3647 0 0	20000 16353 20000 20000
10	Seal, Air-HPT	2116M20P02	20000 20000 20000 20000	4092	3647	0 3647 0 0	20000 16353 20000 20000
11	Disk, HPT	1498M43P07	20000 20000 20000 20000	4092	3647	0 3647 0 0	20000 16353 20000 20000
12	Shaft, Rear HPT	1846M90P04	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	UNK	0	0 0 0 0	25000 25000 25000 25000
14	Disk, Stg 2-LPT	336-001-909-0	25000 25000 25000 25000	UNK	0	0 0 0 0	25000 25000 25000 25000
15	Disk, Stg 3-LPT	336-001-006-0	25000 25000 25000 25000	UNK	0	0 0 0 0	25000 25000 25000 25000
16	Disk, Stg 4-LPT	336-001-105-0	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	UNK	0	0 0 0 0	25000 25000 25000 25000
18	Shaft-LPT	340-074-723-0	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
MINIMUM REMAINING							1000
PREDICTION NEXT ENGINE SHOP VISIT							15/04/2020

Gambar 3.4 PT DELTA ESN 8909xx

ENGINE TYPE	CFM56-7B26E	LAST ENGINE SHOP VISIT	21/02/2017													
OWNER	PT ECHO	PREDICTION ENGINE SHOP VISIT ON	21/02/2017													
ESN	9602xx	CYCLE/DAY	5													
LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56																
NO	DESCRIPTION	PART NUMBER	LIFE LIMIT (CYCLES) CATEGORY				TOTAL HOUR	TOTAL CYCLE	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	12180	22900	0
4	Front Shaft HPC	1388M56P03	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	2116M23P01	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
7	Spool, Stg 4-9	2048M20G03	20000	20000	20000	0	16388	10620	0	10620	0	0	20000	9380	20000	0
8	Seal, Air HPCR Rear	2116M23P01	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													22/04/2022			

Gambar 3.5 PT ECHO ESN 9602xx

ENGINE TYPE	CFM56-5B	LAST ENGINE SHOP VISIT	07/11/2011													
OWNER	PT FOXTROT	PREDICTION ENGINE SHOP VISIT ON	07/11/2011													
ESN	5739xx	CYCLE/DAY	5													
LIFE LIMITED PART (LLP) ENGINE CFM56																
NO	DESCRIPTION	PART NUMBER	LIFE LIMIT (CYCLES) CATEGORY				TOTAL HOUR	TOTAL CYCLE	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	24627	15414	9213	0	0	14586	15687	20100	0
2	Fan Shaft	335-006-414-0	30000	30000	30000	0	36711	26825	1955	24870	0	0	28045	5130	30000	0
3	Spool Booster	335-009-306-0	30000	30000	30000	0	36711	26825	1955	24870	0	0	28045	5130	30000	0
4	HPC Front Shaft	1275M37P02	20000	20000	20000	0	10614	8127	1955	8172	0	0	18045	13828	20000	0
5	HPC Spool Stg. 1-2	1589M66G02	20000	20000	20000	0	10614	8127	1955	8172	0	0	18045	13828	20000	0
6	HPC Disk Stg. 3	1590M59P01	20000	20000	20000	0	10614	8127	1955	8172	0	0	18045	13828	20000	0
7	HPC Spool Stg. 4-9	1588M89G03	20000	20000	15800	0	10614	8127	1955	8172	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	17300	17000	0	10614	8127	1955	8172	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													29/08/2014			

Gambar 3.6 PT FOXTROT ESN 5739xx

3.2 Next Engine Shop Visit Dari Banyak Engine

Pada kasus ini, data-data awal LLP yang digunakan adalah LLP yang sudah mempunyai umur lebih dari (0) cycles. LLP yang digunakan sebagai contoh yaitu terlihat pada **Gambar 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5** dan **3.6**. Jika ingin menentukan *next engine shop visit* berdasarkan *cycles/day* dari enam ESN, maka rumusnya :

$$\text{Tanggal (Next Engine Shop Visit) =} \\ \text{Tanggal (Last Engine Shop Visit) +} \\ \frac{\text{Min. value remaining (cycle) category}}{(\text{cycle})/\text{day}}$$

• Hasil analisis *next engine shop visit* berdasarkan enam ESN sekaligus :

1. Pada **Gambar 3.1 ESN 8586xx PT ALPHA**, tanggal (*last engine shop visit*) adalah tanggal 20 Agustus 2015, kemudian angka terkecil (*minimum value*) dari *remaining (cycles) category A, B dan C* yaitu 2.852 cycles. Jika *cycle/day* yang ditentukan adalah 10 cycle, maka untuk mencari *next engine shop visit* adalah

$$\text{Tanggal (next engine shop visit) =} \\ 20 \text{ Agustus 2015} + \left(\frac{2852 \text{ cycle}}{10 \text{ cycle/day}} \right) \\ = 20 \text{ Agustus 2015} + 285,2 \text{ Hari} \\ = \mathbf{31 \text{ Mei 2016}}$$

2. Pada **Gambar 3.2 ESN 8593xx PT BRAVO**, tanggal (*last engine shop visit*) adalah tanggal 26 November 2015, kemudian angka terkecil (*minimum value*) dari *remaining (cycles) category A, B dan C* yaitu 9.390 cycles. Jika *cycle/day* yang ditentukan adalah 10 cycle, maka untuk mencari *next engine shop visit* adalah

$$\text{Tanggal (next engine shop visit) =} \\ 26 \text{ November 2015} + \left(\frac{9390 \text{ cycle}}{10 \text{ cycle/day}} \right) \\ = 26 \text{ November 2015} + 939 \text{ Hari} \\ = \mathbf{22 \text{ Juni 2018}}$$

3. Pada **Gambar 3.3 ESN 7251xx PT CHARLIE**, tanggal (*last engine shop visit*) adalah tanggal 19 September 2012, kemudian angka terkecil (*minimum value*) dari *remaining (cycles) category A, B dan C* yaitu 1.896 cycles, Jika *cycle/day* yang ditentukan adalah 10 cycle, maka untuk mencari *next engine shop visit* adalah

$$\text{Tanggal (next engine shop visit) =} \\ 19 \text{ September 2012} + \left(\frac{1896 \text{ cycle}}{10 \text{ cycle/day}} \right) \\ = 19 \text{ September 2012} + 189,6 \text{ Hari} \\ = \mathbf{27 \text{ Maret 2013}}$$

4. Pada **Gambar 3.4 ESN 9602xx PT DELTA**, tanggal (*last engine shop visit*) adalah tanggal 05 Desember 2016, kemudian angka terkecil (*minimum value*) dari *remaining (cycles) category A, B, C dan D* yaitu 12.276 cycles. Jika *cycle/day* yang ditentukan adalah 10 cycle, maka untuk mencari *next engine shop visit* adalah

$$\text{Tanggal (next engine shop visit) =} \\ 05 \text{ Desember 2016} + \left(\frac{12276 \text{ cycle}}{10 \text{ cycle/day}} \right) \\ = 05 \text{ Desember 2016} + 1.227,6 \text{ Hari} \\ = \mathbf{15 \text{ April 2020}}$$

5. Pada **Gambar 3.5 ESN 9602xx PT ECHO**, tanggal (*last engine shop visit*) adalah tanggal 21 Februari 2017, kemudian angka terkecil (*minimum value*) dari *remaining (cycles) category A, B, C dan D* yaitu 9.380 cycles. Jika *cycle/day* yang ditentukan adalah 10 cycle, maka untuk mencari *next engine shop visit* adalah

$$\text{Tanggal (next engine shop visit) =} \\ 21 \text{ Februari 2017} + \left(\frac{9380 \text{ cycle}}{10 \text{ cycle/day}} \right) \\ = 21 \text{ Februari 2017} + 938 \text{ hari} \\ = \mathbf{17 \text{ September 2019}}$$

6. Pada **Gambar 4.6** ESN 5739xx PT **FOXTROT**, tanggal (*last engine shop visit*) adalah tanggal 7 November 2011, kemudian angka terkecil (*minimum value*) dari *remaining (cycles) category* A, B dan C yaitu 5.130 cycles. Jika *cycle/day* yang ditentukan adalah 10 cycle, maka untuk mencari *next engine shop visit* adalah Tanggal (*next engine shop visit*) =

$$07 \text{ November } 2011 + \left(\frac{5130 \text{ cycle}}{10 \text{ cycle/day}} \right)$$

$$= 07 \text{ November } 2011 + 513 \text{ hari}$$

$$= \mathbf{03 \text{ Febuari } 2013}$$

Berdasarkan hasil analisis *next engine shop visit*, maka dapat ditentukan urutan ESN yang terlebih dahulu masuk *next engine shop visit*, yaitu :

1. **PT CHARLIE**, *next engine shop visit* pada tanggal 27 Maret 2013
2. **PT FOXTROT**, *next engine shop visit* pada tanggal 03 April 2013
3. **PT ALPHA**, *next engine shop visit* pada tanggal 31 Mei 2016
4. **PT BRAVO**, *next engine shop visit* pada tanggal 22 Juni 2018
5. **PT ECHO**, *next engine shop visit* pada tanggal 17 November 2019

6. **PT DELTA**, *next engine shop visit* pada tanggal 15 April 2020

3.3 Monitoring Next Engine Shop Visit Dari Banyak Engine

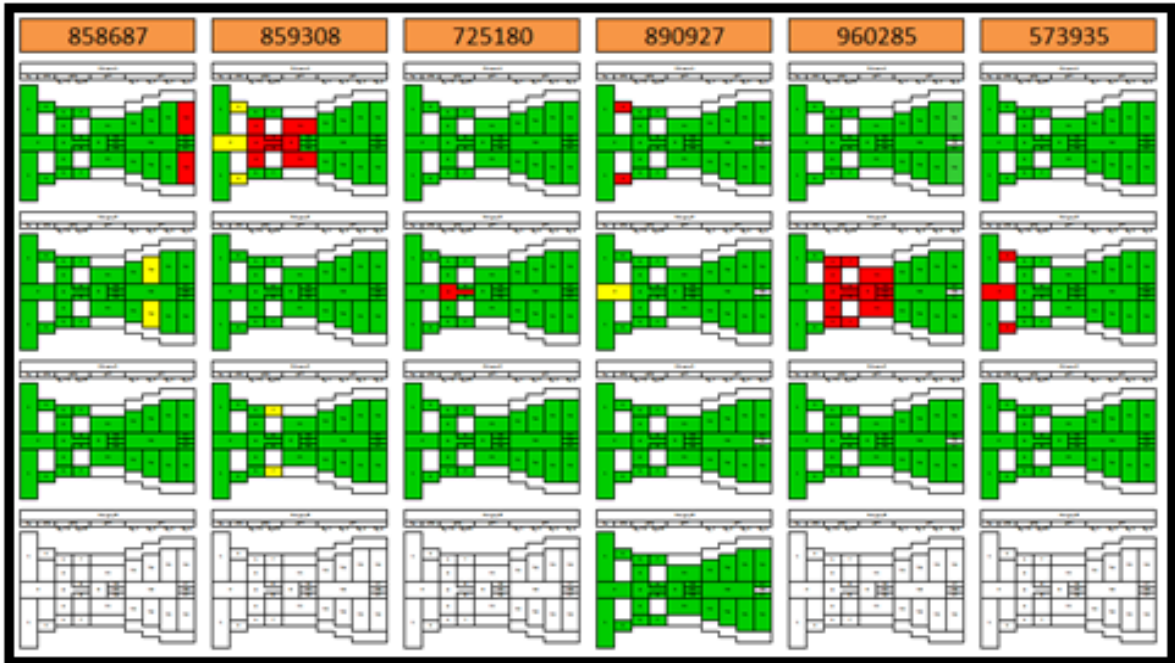
Untuk memudahkan *monitoring*, hasil *remaining (cycles) category* akan dilihat berdasarkan ilustrasi *engine* dan tiga warna, yaitu:

- 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.

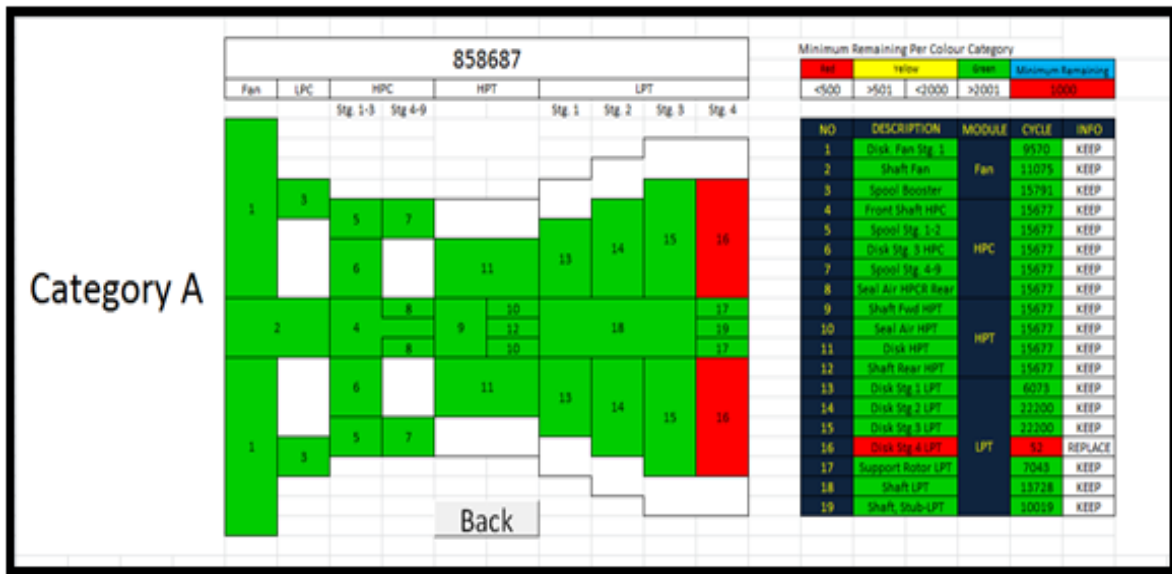
Gambar 3.7 memperlihatkan Hasil Tabel *Next Engine Shop Visit enam Engine*. **Gambar 3.8** memperlihatkan salah satu contoh *monitoring next engine shop visit enam Engine*. **Gambar 3.9** memperlihatkan salah satu contoh *monitoring next engine shop visit kategori A*. **Gambar 3.10** memperlihatkan salah satu contoh *monitoring next engine shop visit kategori B*. **Gambar 3.11** memperlihatkan salah satu contoh *monitoring next engine shop visit kategori C*.

Cycle/Day		10		Prediksi Berdasarkan Cycle/Day				All Engine				All Engine			
On Date		21/02/2019		Prediksi Berdasarkan Tanggal											
No.	Engine Type	ESN	Owner	Last Shop Visit	Next Shop Visit	Life Limit Category				Button				Semua Category	
						A	B	C	D	A	B	C	D		
1	CFM56-3C1	858687	PT ALPHA	20/08/2015	31/05/2016	Red	Yellow	Green	N/A					N/A	
2	CFM56-3B1	859308	PT BRAVO	26/11/2015	22/06/2018	Red	Green	Yellow	N/A					N/A	
3	CFM56-3C1	725180	PT CHARLIE	19/09/2012	27/03/2013	Green	Red	Green	N/A					N/A	
4	CFM56-7B24	890927	PT DELTA	05/12/2016	15/04/2020	Red	Yellow	Green	Green						
5	CFM56-7B26E	960285	PT ECHO	21/02/2017	17/09/2019	Green	Red	Green	N/A					N/A	
6	CFM56-5B	573935	PT FOXTROT	07/11/2011	03/04/2013	Green	Red	Green	N/A					N/A	

Gambar 3.7 Hasil Tabel *Next Engine Shop Visit Enam Engine*



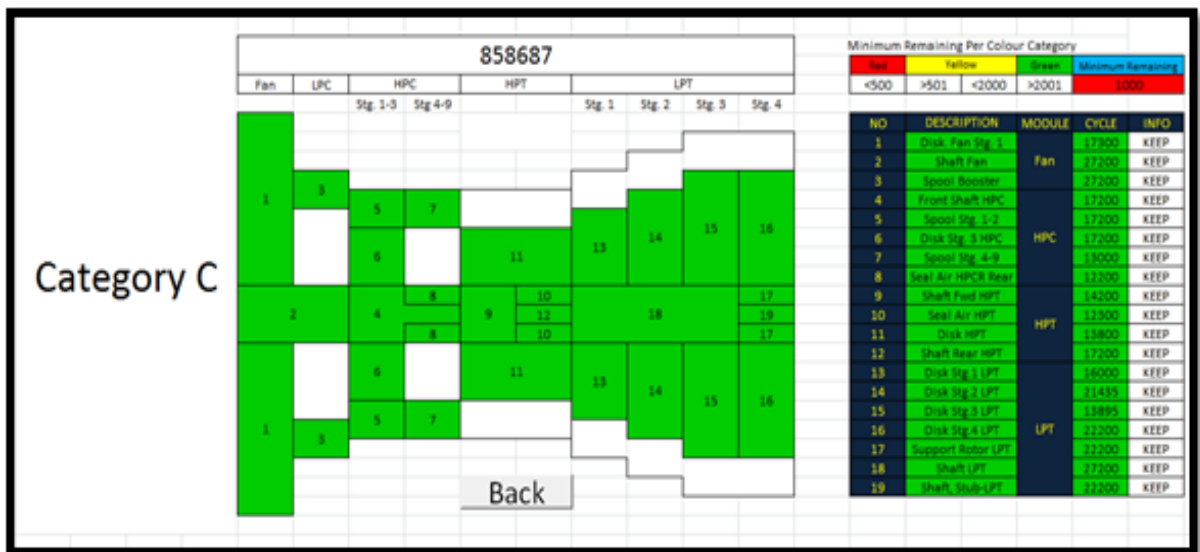
Gambar 3.8 Monitoring next engine shop visit empat kategori pada ESN 8586xx



Gambar 3.9 Monitoring next engine shop visit kategori A



Gambar 3.10 Monitoring next engine shop visit kategori B



Gambar 3.11 Monitoring next engine shop visit kategori 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/engines/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