

Optimisasi Misi Udara/Laut dengan Missim

Oleh : Hernowo.

The logo for BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) is centered on the page. It consists of the letters 'BPPT' in a bold, sans-serif font. The letters are primarily grey, with the 'B' and 'P' having a red-to-blue gradient at their base. A large, light blue, stylized swoosh or orbital shape curves around the letters from the bottom left to the top right.

BPPT

INTISARI.

Sistem Transportasi Udara/Laut untuk mendukung berbagai misi di Indonesia adalah sangat kompleks dan rumit. Oleh sebab itu penyusunan dan pengoperasian misi tersebut diperlukan cara-cara yang lebih akurat. Simulasi adalah salah satu cara analisis penentuan model optimisasi armada Transportasi Laut/Udara pada jenis misi yang diperlukan. Selain itu simulasi merupakan salah satu bagian dari proses analisis sistem.

Pada penelitian ini dipaparkan penentuan jumlah armada pesawat terbang untuk melakukan 10 macam misi di Indonesia dengan menggunakan Mission Simulation Model. Selain jumlah pesawat yang diperlukan, disajikan pula pengaruh dari fasilitas repair/maintenance terhadap penyediaan pesawat yang akan dioperasikan.

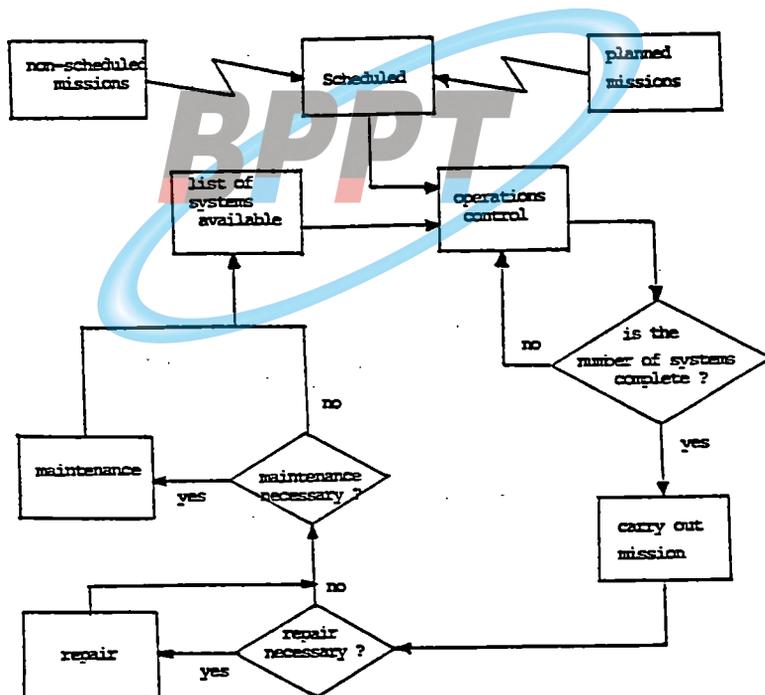
PENDAHULUAN.

Paket program "MISSIM" adalah singkatan dari Mission Simulation Model, merupakan bagian utama dari "Candidate Families Methodology", untuk menganalisis penampilan (performance) suatu misi (mission) melalui simulasi. Variabel-variabel yang ada pada simulasi ini

adalah misi terjadwal (scheduled), tidak terjadwal (unscheduled), pra rencana (preplanned) dan perawatan tidak terjadwal (unscheduled maintenance).

Masukan-masukan yang prinsip untuk simulasi adalah karakteristik misi dan karakteristik pesawat, baik karakteristik misi ataupun pesawat digambarkan dalam skenario. Skenario tersebut merupakan foto dari keadaan sebenarnya antara lain meliputi: tipe misi, intensitas serta kegiatan-kegiatan operasinya. Setiap tipe misi didefinisikan dalam bentuk frekwensi, prioritas, "range" dan/atau lamanya, daya angkut, kecepatan, waktu bereaksi (responce time) dan persyaratan khusus seperti VTOL dan Hover. Karakteristik pesawat didefinisikan dalam bentuk konfigurasi, ukuran/kapasitas, kecepatan, kemampuan lamanya terbang, keterandalan, perawatan dan kemampuan khusus seperti VTOL dan Hover.

Gambar 1 adalah simulasi dari pengoperasian/pelaksanaan permintaan-permintaan misi baik yang terjadwal ataupun yang acak, dengan berbagai tipe pesawat yang berbeda. Misi pra rencana adalah misi yang terjadi



Gambar 1. Blok Diagram Model Simulasi.

pada waktu yang sama dalam hari-hari tertentu. Misi terjadwal adalah misi yang terjadi pada waktu yang sama (fixed-time), serta kejadiannya berlangsung setiap hari. Jadi sebetulnya misi terjadwal ini merupakan misi pra rencana yang terjadi setiap hari. Misi tidak terjadwal adalah misi yang terjadi sewaktu-waktu tanpa perencanaan terlebih dahulu. Untuk menyatakan frekwensi misi tidak terjadwal dalam suatu periode tertentu adalah dengan cara menghitung frekwensi rata-rata harian dalam periode tersebut.

Urut-urutan misi yang dikerjakan dalam simulasi adalah tergantung dari prioritas misi sebagaimana tercantum dalam skenario. Misi dengan prioritas 1 akan dilaksanakan sebelum (lebih dahulu daripada) misi dengan prioritas 2, dan begitu seterusnya. Jika lebih dari satu misi dengan prioritas yang sama menunggu kedatangan pesawat, maka pelaksanaannya didasarkan pada "first-come first serve".

Frekwensi dari misi menunjukkan jumlah setiap tipe misi yang diminta pada setiap hari. Frekwensi tersebut merupakan masukan yang dispesifikasi dalam skenario. Untuk misi prarencana dan terjadwal, frekwensinya dihitung sebagaimana tercantum dalam skenario, sedangkan untuk misi tidak terjadwal ditentukan dengan pembangkit bilangan acak dengan menggunakan frekwensi harian rata-rata sebagaimana tercantum dalam skenario.

Karena simulasi dibentuk untuk lebih dari satu tipe pesawat dalam waktu yang sama, maka pemilihan pesawat digunakan untuk menunjukkan tipe pesawat yang mana yang bisa digunakan untuk suatu misi tertentu. Waktu operasi dihitung dari karakteristik pesawat melalui "endurance dan ranges" yang ditentukan selama memainkan skenario. Keterandalan dan pemeliharaan digunakan untuk menghitung potensi pemanfaatan yang menunjukkan jumlah rata-rata jam perbulan setiap tipe pesawat yang dapat dioperasikan. Urutan dan lamanya kejadian perawatan terjadwal seperti masukan data karakteristik pesawat, sedangkan urutan dan lamanya kejadian perawatan tidak terjadwal ditentukan oleh pembangkit bilangan acak (random number generator).

Prinsip keluaran (output) dari simulasi adalah penentuan jumlah pesawat yang diperlukan untuk membentuk misi yang terus beroperasi sebagai fungsi dari "responsiveness" didefinisikan sebagai waktu penundaan. Selain itu juga dapat ditentukan jumlah misi yang dipenuhi serta panjang antrian rata-rata.

PEMAKAIAN MISSIM.

Model simulasi dapat digunakan untuk berbagai tipe pesawat secara

simultan, serta dapat mensimulasikan penampilan (performance) armada pada pola misi yang ada dalam periode waktu tertentu. Komposisi dan ukuran armada sebagai alternatif juga dapat dianalisis melalui model ini, kemudian dibandingkan penampilannya untuk selanjutnya dipilih untuk yang terbaik.

Beberapa permasalahan yang dapat diselesaikan melalui model ini antara lain mengenai :

- Kemampuan armada pesawat untuk memenuhi permintaan misi dan rata-rata penundaan pada tiap tipe misi.
- Penentuan jumlah pesawat yang diperlukan untuk menyelesaikan sejumlah misi.
- Pengaruh dari prosedur perawatan atau faktor-faktor lain di luar kemampuan pesawat terhadap permintaan misi.
- Fase penjadwalan pemenuhan misi yang diminta pada armada pesawat yang dispesifikasikan.
- Pengaruh dari struktur prioritas, kelompok misi, pemilihan pesawat, dan faktor-faktor lain pada "effectiveness".

Pengoperasian Model.

Setiap tipe misi dispesifikasikan oleh: tipe pesawat yang digunakan, pemilihan tipe pesawat dalam urutan "preferensi", jumlah armada untuk setiap tipe pesawat, lamanya misi (duration/travel time) dan waktu jelajah. Setiap perbedaan dari spesifikasi akan berarti bahwa misinya berbeda pula. Misi dapat diminta dalam dua cara, yaitu: deterministik (dalam hal ini terjadwal dan/atau prarencana) dan stokastik. Untuk keadaan pertama (deterministic request), spesifikasi misi dilengkapi oleh tipe, prioritas dan waktu kejadian untuk setiap misi yang selanjutnya dijadikan data masukan. Dalam keadaan kedua (stochastic request) cukup dilengkapi oleh prioritas dan frekwensi rata-rata untuk setiap tipe misi. Baik permintaan dalam bentuk deterministik maupun stokastik dapat dikombinasikan/digabung dalam proses simulasi yang sama.

Untuk setiap tipe pesawat yang digunakan, informasi yang diperlukan berupa: jumlah setiap tipe pesawat yang tersedia, kecepatan, kapasitas, dan informasi mengenai perawatan. Informasi perawatan terjadwal adalah berupa posisi setiap pesawat dalam siklus perawatan, sedangkan perawatan tidak terjadwal merupakan fenomena acak yang memerlukan masukan MH/OH (maintenance hour per operating hour) dan MTBM (mean time between maintenance).

Data Masukan.

Terdapat 98 tipe kartu untuk masukan simulasi, dan setiap tipe dapat

menggunakan sampai 80 kolom dari jumlah kolom yang tersedia. Format yang digunakan adalah format bebas (free format), yaitu antara "data field" yang satu dengan data field yang lainnya dipisahkan dengan koma. Field pertama dari suatu kartu adalah menunjukkan tipe kartunya, dan harus ditulis dalam bilangan "integer". Data yang digunakan sebagai masukan untuk simulasi akan diedit dan disimpan oleh subroutine STORnn dimana nn adalah tipe kartu.

Sebagai tambahan masukan untuk keperluan simulasi, pemakai harus menspesifikasi besarnya kenaikan waktu (time-increment, dari 1 sampai 1440 menit), waktu total yang akan disimulasi dan juga jenis keluaran yang diinginkan. Tersedia berbagai jenis keluaran yang dapat diperoleh sesuai dengan pilihan. Untuk pemilihan tipe keluaran yang diperlukan, pemakai dapat melakukannya dengan menspesifikasikan "program control option" tertentu yang sesuai dengan jenis keluarannya.

Dalam melaksanakan simulasi, tidak semua tipe kartu digunakan secara serempak sebagai data masukan, tetapi dipilih tipe kartu yang diperlukan sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Dalam pemilihan tipe kartu ini sangat bergantung pada karakteristik dari misi itu sendiri. Dengan demikian akan dapat diperoleh berbagai macam kombinasi susunan kartu yang sesuai dengan misi yang ada.

SKENARIO PENGOPERASIAN MISI.

Berikut, akan dikemukakan skenario pengoperasian misi yang terdiri dari 10 misi tentang Transmigrasi, Pemadam Kebakaran, SAR, Kontrol Polusi Air, Angkutan Penumpang dan Pencurian Ikan. Kesepuluh misi tersebut sudah mencakup tipe misi prarencana, terjadwal dan tidak terjadwal. Pesawat yang digunakan terdiri dari 3 tipe dengan kecepatan yang berbeda (400 km/jam, 350 km/jam dan 300 km/jam). Dalam contoh simulasi 10 misi ini bertujuan untuk mengetahui jumlah pesawat yang diperlukan untuk memenuhi permintaan misi. Selain itu juga ingin mengetahui bagaimana pengaruh kecepatan pesawat terhadap efektivitas dari pemenuhan/penanganan permintaan misi tersebut.

Penyusunan Skenario.

Untuk setiap simulasi dalam contoh ini, mengandung satu tipe pesawat (tipe kartu 72), misi prarencana (tipe kartu 11'), misi terjadwal (tipe kartu 11) dan misi tidak terjadwal (tipe kartu 25). Pesawat yang digunakan beroperasi selama 17 jam/hari dalam waktu 5 hari (selang waktu untuk simulasi), dengan menggunakan penambahan/kenaikan waktu sebesar 6 menit (tipe kartu 2). Awal dan akhir dari pelaksanaan misi adalah menggu-

nakan base/pangkalan yang sama yaitu di Jakarta. Artinya semua misi yang tercakup dalam skenario ini dimulai di Jakarta dan juga berakhir di tempat yang sama, sehingga semua pesawat yang telah menyelesaikan tugasnya untuk melaksanakan misi yang ada ditunjukkan pada tabel 1.

Jumlah misi yang dilaksanakan/disusun untuk simulasi sebanyak 10 misi yang terdiri dari :

- Empat buah misi prarencana, yang dalam skenario ini merupakan misi transmigrasi dengan tempat tujuan: Kalimantan, Irian Jaya, Sulawesi dan Aceh.
- Dua buah misi terjadwal, terdiri dari satu misi transmigrasi ke Lampung dan satu misi angkutan penumpang ke Surabaya.
- Empat buah misi tidak terjadwal, yaitu misi yang terjadi tanpa adanya suatu perencanaan terlebih dahulu. Dalam skenario ini diambil misi untuk Pemadam Kebakaran, SAR, Kontrol Polusi Air dan Pencurian Ikan.

Tabel 1 : Frekwensi Terjadinya Pelaksanaan Misi.

| No. | M i s i | | Jarak Jelajah (km) | Frekwensi Penerbangan Hari ke : | | | | |
|-----|--------------------|--------|--------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|
| | N a m a | Jenis* | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Kalimantan | P | 2000 | 1 | 2 | 1 | — | 3 |
| 2. | Irian Jaya | P | 4000 | 3 | 3 | 1 | 3 | — |
| 3. | Sulawesi | P | 3000 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 4. | Aceh | P | 2500 | — | 2 | 2 | 2 | — |
| 5. | Lampung | S | 500 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 6. | Pemadam Kebakaran | U | 500 | 10.5 | 10.5 | 10.5 | 10.5 | 10.5 |
| 7. | S A R | U | 500 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 |
| 8. | Kontrol Polusi Air | U | 1000 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| 9. | Angkutan Penumpang | S | 1000 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 10. | Pencurian Ikan | U | 2000 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 |

*) adalah: P = Misi Prarencana; S = Misi terjadwal; U = Misi tidak terjadwal.

Karakteristik-karakteristik lain dari misi dan pesawat pada contoh ini diasumsikan sebagai berikut :

- Penugasan terhadap pesawat dimulai pukul 05.00 sampai pukul 22.00.
- Permintaan misi berlaku mulai pukul 05.00 sampai pukul 22.00.
- Jam kerja untuk setiap hari mulai pukul 00.00 sampai pukul 24.00.
- Waktu untuk pemeliharaan pesawat dari pukul 05.00 sampai pukul 22.00.
- Waktu jelajah beserta TAT (Turn Around Time), yang terdiri dari pengisian bahan bakar, bongkar/muat dan pemeriksaan) pada setiap misi dapat dilihat pada Tabel 2.
- MH/OH (Maintenance Hour/Operating Hour) adalah :
 0.95 untuk waktu tempah kurang dari 5 jam
 0.87 untuk waktu tempah kurang dari 10 jam
 0.72 untuk waktu tempah lebih dari 10 jam.
- MTBM (Mean Time Between Maintenance = 4.90 untuk semua tipe misi.

Tabel 2. TAT pada Setiap Misi yang Dilaksanakan (jam)

| No. Misi | Waktu Jelajah*) | Isi BBM | Bongkar/Muat | Pemeriksaan | Jumlah TAT |
|----------|-----------------|---------|--------------|-------------|------------|
| 1 | 5.000 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 6.0 |
| 2 | 10.00 | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 8.0 |
| 3 | 7.50 | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 6.5 |
| 4. | 6.25 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 6.0 |
| 5. | 1.25 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 5.0 |
| 6. | 1.25 | 1.0 | 3.0 | 2.0 | 6.0 |
| 7. | 1.25 | 1.0 | 3.0 | 2.0 | 6.0 |
| 8. | 2.50 | 1.5 | 4.0 | 2.0 | 7.5 |
| 9. | 2.50 | 1.0 | 3.0 | 3.0 | 7.0 |
| 10 | 5.00 | 2.0 | 1.5 | 2.0 | 5.5 |

*)Perhitungannya didasarkan pada kecepatan pesawat 400 km/jam.

- Tahapan-tahapan dari perawatan terjadwal adalah :
 Sesudah 100 jam waktu operasi, selama 1 hari
 Sesudah 200 jam waktu operasi, selama 1 hari

Sesudah 250 jam waktu operasi, selama 6 hari
(1 hari dianggap 8 jam kerja)

- "Maintenance history" untuk setiap pesawat yang digunakan adalah berkisar antara 0.0 dan 3.0 yang dalam contoh ini diambil secara acak sebanyak jumlah pesawat yang digunakan.
- Jumlah dok adalah 20% dari jumlah pesawat; sedangkan jumlah dok untuk short maintenance adalah 30% dari jumlah dok yang ada.
- Penentuan waktu pelaksanaan misi pada setiap harinya, dibuat penjadwalan untuk setiap misi dalam periode 5 hari (merupakan selang waktu simulasi), seperti terlihat pada Tabel 3. Di sini nampak bahwa untuk misi tidak terjadwal, maka jadwalnya tidak merupakan waktu yang tetap, tetapi berupa selang waktu dimana misi ini terjadi.

Tabel 3. Jadwal Misi Pelaksanaan 10 Buah Misi

| No. Misi | hari ke | | | | |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 07 ³⁰ | 07 ³⁰ , 11 ⁰⁰ | 07 ³⁰ | | 07 ³⁰ , 09 ³⁰ , 11 ⁰⁰ |
| 2 | 07 ³⁰ , 09 ⁰⁰ , 11 ⁰⁰ | 07 ³⁰ , 12 ⁰⁰ , 14 ⁰⁰ | 09 ⁰⁰ | 07 ³⁰ , 11 ³⁰ , 13 ⁰⁰ | |
| 3 | 07 ⁰⁰ , 10 ⁰⁰ | 08 ⁰⁰ | 08 ⁰⁰ | 08 ⁰⁰ , 10 ⁰⁰ | 07 ³⁰ , 09 ³⁰ , 11 ³⁰ |
| 4 | | 07 ³⁰ , 10 ³⁰ | 07 ³⁰ , 10 ³⁰ | 07 ³⁰ , 10 ³⁰ | |
| 5 | 07 ⁰⁰ , 10 ⁰⁰ , 12 ⁰⁰ , 14 ⁰⁰ | 07 ⁰⁰ , 10 ⁰⁰ , 12 ⁰⁰ , 14 ⁰⁰ | 07 ⁰⁰ , 10 ⁰⁰ , 12 ⁰⁰ , 14 ⁰⁰ | 07 ⁰⁰ , 10 ⁰⁰ , 12 ⁰⁰ , 14 ⁰⁰ | 07 ⁰⁰ , 10 ⁰⁰ , 12 ⁰⁰ , 14 ⁰⁰ |
| 6 | 05.00 - 22.00 ^a | | | | |
| 7 | 05.00 - 22.00 ^a | | | | |
| 8 | 09.00 - 22.00 ^a | | | | |
| 9 | 06 ⁰⁰ , 09 ⁰⁰ , 11 ⁰⁰ , 15 ⁰⁰ , 17 ³⁰ | 06 ⁰⁰ , 09 ⁰⁰ , 11 ⁰⁰ , 15 ⁰⁰ , 17 ³⁰ | 06 ⁰⁰ , 09 ⁰⁰ , 11 ⁰⁰ , 15 ⁰⁰ , 17 ³⁰ | 06 ⁰⁰ , 09 ⁰⁰ , 11 ⁰⁰ , 15 ⁰⁰ , 17 ³⁰ | 06 ⁰⁰ , 09 ⁰⁰ , 11 ⁰⁰ , 15 ⁰⁰ , 17 ³⁰ |
| 10 | 05.00 - 22.00 ^a | | | | |

^a Merupakan selang waktu untuk permintaan/pelaksanaan misi tidak terjadwal yang berlaku setiap hari dengan frekuensi seperti tercantum pada Tabel 1.

Pembahasan Hasil Simulasi.

Dalam setiap pengoperasian dilakukan 10 kali simulasi yang masing-masing simulasi mempunyai selang waktu selama 5 hari. Pengoperasian yang pertama, dilakukan dengan menggunakan pesawat tipe I (berkecepat-

an 400 km/jam) sebanyak 25 buah, 5 buah dok (20% dari jumlah pesawat) dan 2 buah dok ($\pm 30\%$ dari dok yang ada) untuk perawatan tercepat. Dari hasil yang diperoleh (seperti pada Tabel 1.1), dapat diketahui bahwa jumlah permintaan untuk kesepuluh misi selama selang waktu simulasi tersebut adalah berkisar antara 259 sampai 279 dengan rata-rata sebanyak 271 misi. Pada hasil tersebut masih menunjukkan banyaknya misi yang ditunda (mission with delayed), yaitu berkisar antara 123 sampai 154 dengan rata-rata sebesar 139 misi. Hal ini berarti bahwa jumlah misi yang ditunda sebanyak 51.5%. Dengan kata lain hanya 48.5% saja permintaan misi yang dapat dipenuhi tepat pada waktunya dengan menggunakan 25 buah pesawat tersebut.

Rata-rata waktu penundaan misi yang ditunda masih cukup lama yaitu berkisar antara 1.215 menit sampai 1.686 menit. Dengan perhitungan bahwa pelaksanaan misi dimulai pukul 05.00 sampai pukul 22.00 (17 jam/hari), maka berarti setiap misi yang ditunda tersebut mempunyai lama penundaan lebih dari satu hari. Selain itu, banyak misi yang tidak ditemui (mission not met), yang berarti bahwa misi tersebut tidak mungkin dapat dilaksanakan dalam selang waktu simulasi. Sedangkan dalam laporan harian (daily report) yang merupakan bagian dari hasil simulasi banyak dijumpai keadaan dimana tidak tersedia pesawat yang dapat digunakan untuk memenuhi permintaan misi (availability of vehicle = 0).

Simulasi di atas menghasilkan banyak pelaksanaan misi yang ditunda, banyak misi yang tidak ditemui (tidak dapat terlaksana) serta banyak dijumpai keadaan dimana pesawat tidak tersedia, menunjukkan bahwa jumlah pesawat yang digunakan masih kurang atau tidak mencukupi untuk memenuhi permintaan misi yang ada. Hal ini berarti harus dilakukan penambahan jumlah pesawat dengan maksud agar semua misi dapat dilaksanakan (mission not met = 0) serta pelaksanaan setiap misi dapat tepat pada waktunya. Walaupun ada penundaan, dalam jumlah sedikit serta waktu penundaan yang singkat.

Guna keperluan di atas, maka dicoba untuk menambah jumlah pesawat menjadi 50 buah dan jumlah dok juga dirubah sesuai dengan persentasenya (lihat asumsi). Hasil simulasi yang diperoleh tercantum dalam Tabel 1.2. Dalam hasil ini diperoleh bahwa jumlah permintaan misi adalah berkisar antara 270 sampai 285 dengan rata-rata sebanyak 276 misi. Jumlah misi yang ditunda berkisar antara 1 sampai 55 atau rata-rata sebanyak 17 misi. Jadi jumlah misi yang ditunda sebanyak 6.3%, yang berarti 93.7% permintaan misi yang dapat dipenuhi tepat pada waktunya dengan menggunakan 50 buah pesawat. Demikian juga masih nampak adanya misi yang tidak dapat diselesaikan sebanyak 2 buah yaitu pada simulasi yang pertama. Jika diperhatikan hasil tersebut, dengan pola pemikiran yang sama seperti terdahulu, maka terlihat bahwa jumlah pesawat yang diguna-

kan untuk memenuhi sejumlah permintaan misi yang ada masih belum mencukupi. Sehingga masih diperlukan penambahan pesawat untuk memenuhi permintaan yang ada.

Sebelum dilakukan penambahan jumlah pesawat, terlebih dahulu dilihat prosedur pemeliharaan pesawat-pesawat yang ada. Dalam hal ini yang diperhatikan adalah distribusi pemeliharaan tak terjadwal atas dasar waktu yang diperlukannya (Gambar 2). Tentunya hal ini sangat mempengaruhi penampilan dari kemampuan pengoperasian armada pesawat tersebut, karena yang mempengaruhi kemampuan armada tidak hanya tergantung pada jumlah pesawatnya saja tetapi terpengaruh juga oleh prosedur dan pelaksanaan pemeliharaan pesawat.

Dari Gambar 2, secara kasar dapat diduga bahwa distribusi pemeliharaan yang dilakukan menyimpang dari asumsi yang digunakan pada model (yaitu distribusi eksponensial). Frekwensi yang paling banyak adalah Pemeliharaan yang lamanya berkisar antara 2—4 jam, serta sebanyak $\pm 40\%$ pemeliharaan yang membutuhkan waktu kurang dari 4 jam. Padahal waktu yang ditentukan untuk Pemeliharaan singkat (short Maintenance) pada contoh adalah 2 jam (dapat dilihat dari `lowest threshold = 2`). Akibatnya terjadi ketidakseimbangan dalam pengalokasian pemeliharaan pesawat, yaitu pemeliharaan yang memerlukan waktu lebih dari 2 jam akan digolongkan pada pemeliharaan yang membutuhkan waktu lama. Hal ini menyebabkan penggunaan (utilize) dari dok untuk pemeliharaan singkat menjadi rendah sementara dok untuk pemeliharaan yang lama, bebannya terlalu tinggi. Dengan demikian perlu ditambah waktu untuk pemeliharaan singkat yaitu sebanyak 4 jam, sehingga pemeliharaan yang lamanya 2 sampai 4 jam masih tergolong pada pemeliharaan singkat.

Simulasi berikutnya dilakukan dengan menambah jumlah pesawat menjadi 60, "`lowest threshold`" = 4 jam, serta jumlah dok yang disesuaikan dengan persentase dari jumlah pesawat. Hasil simulasi ini dapat dilihat pada Tabel 1.3. Dari hasil yang diperoleh, juga dilihat kembali prosedur pemeliharaan pesawat setelah adanya penambahan waktu untuk pemeliharaan singkat menjadi 4 jam. Untuk itu dibuat distribusi dari waktu pemeliharaan tak terjadwal seperti terlihat pada Gambar 3. Dengan memperhatikan distribusi tersebut, nampaknya lebih sesuai dengan asumsi yang digunakan pada model simulasi. Oleh karena itu prosedur pemeliharaan dapat dianggap sudah cukup baik.

Dari Tabel 1.3, ternyata tak ada satupun misi yang ditunda, yang berarti semua permintaan misi dapat dipenuhi tepat pada waktunya. Namun demikian dari hasil tersebut tidak dapat ditentukan apakah jumlah pesawat yang digunakan merupakan jumlah yang minimum untuk memenuhi permintaan misi atau terdapat kelebihan jumlah pesawat. Hal ini penting diketahui untuk menentukan hasil guna sistem yang digunakan serta untuk

penentuan biaya minimum yang diperlukan oleh sistem tersebut.

Selanjutnya dilakukan simulasi dengan pengurangan jumlah pesawat sampai dijumpai keadaan dimana diperoleh jumlah minimum dari pesawat yang diperlukan untuk melaksanakan permintaan misi. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.5, menunjukkan misi yang ditunda relatif sangat sedikit. Keadaan ini dapat dianggap sudah mencukupi, yaitu dengan menggunakan jumlah pesawat sebanyak 54 buah.

Untuk pesawat jenis II (kecepatan 350 km/jam) dan pesawat jenis III (kecepatan 300 km/jam), dilakukan analisis yang sama yaitu dengan proses iterasi seperti halnya untuk pesawat jenis I di atas. Hasil yang diperoleh adalah seperti terlihat pada Tabel 2.6 untuk pesawat jenis II dan Tabel 3.4 untuk pesawat jenis III. Dari hasil-hasil ini dapat diketahui bahwa jumlah pesawat jenis II yang diperlukan adalah sebanyak 57 buah, sedangkan untuk pesawat jenis III diperlukan sebanyak 58 buah, dengan waktu pemeliharaan singkat yang sama untuk ketiga jenis pesawat yaitu 4 jam.

Dengan memperhatikan hasil-hasil di atas, dapat dilihat adanya pengaruh kecepatan terhadap jumlah pesawat yang diperlukan untuk memenuhi permintaan misi. Untuk prosedur pemeliharaan yang sama serta penggunaan jumlah pesawat yang sama (dalam hal ini 53 buah), maka tingkat ketersediaan pesawat dalam rangka memenuhi permintaan misi dapat dilihat pada Gambar 4. Di sini nampak bahwa pesawat jenis I dengan kecepatan paling tinggi (400 km/jam) menunjukkan tingkat ketersediaan yang relatif paling tinggi pula selama selang waktu pelaksanaan misi.

KESIMPULAN.

Dari analisis pengoperasian armada pesawat untuk mendukung 10 macam misi, dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

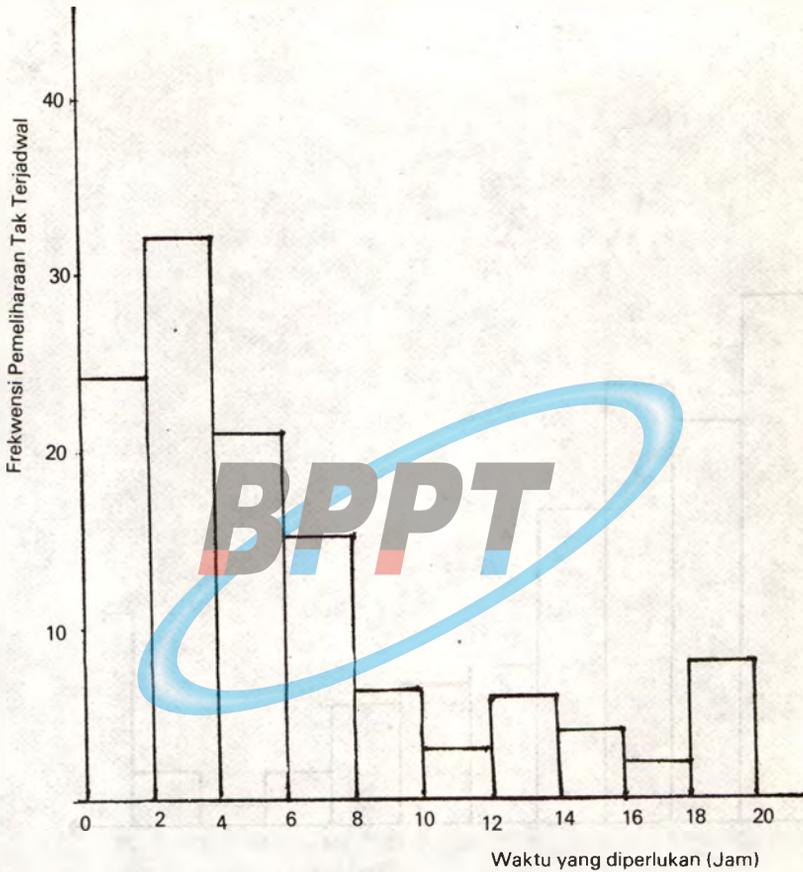
1. Skenario dari misi yang akan disimulasikan menentukan karakteristik keluaran yang diperoleh. Sehingga diperlukan penyiapan yang akurat untuk data masukan serta bentuk dari misi yang diinginkan. Data yang sangat mempengaruhi keluaran misi terutama tentang perawatan, keragaan pesawat dan prasarana lapangan terbang.
2. Kesiapan pengoperasian pesawat pada simulasi ini sangat dipengaruhi oleh penyediaan fasilitas repair/maintenance. Hal ini terlihat pada kecepatan pesawat yang dipakai terhadap jumlah dok untuk repair/maintenance. Semakin banyak fasilitas dok, mengurangi jumlah pesawat yang dipakai.
3. Semakin rendah kecepatan pesawat, semakin banyak pesawat yang diperlukan.

4. Jumlah minimum pesawat yang dipakai dipengaruhi oleh batas maksimum waktu penundaan yang diijinkan. Semakin lama batas waktu penundaan yang diijinkan, semakin sedikit jumlah pesawat yang dipergunakan.

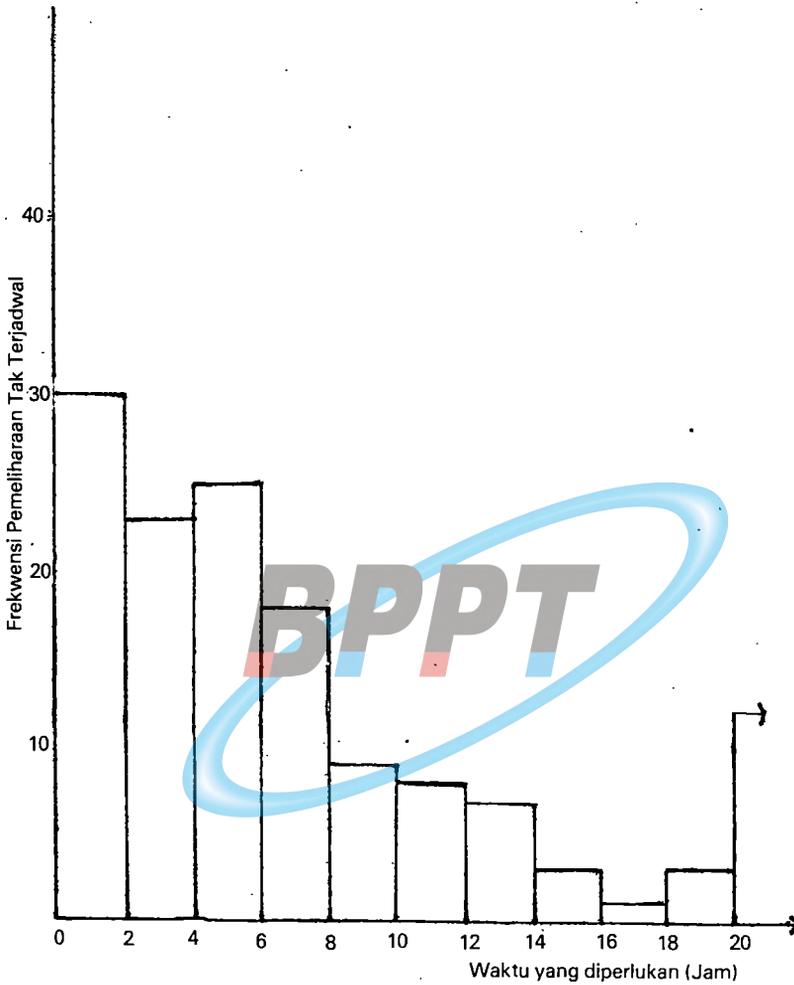
DAFTAR KEPUSTAKAAN.

1. Hernowo, dkk, **Laporan Training Penggunaan Missim di IABG**", 1984.
2. RAND Corporation, **"Hand Book of Mission Simulation Model"**, 1982.
3. Sumanto, dkk, **"Study on Sea/Air Transport in Indonesia"**, 1984.



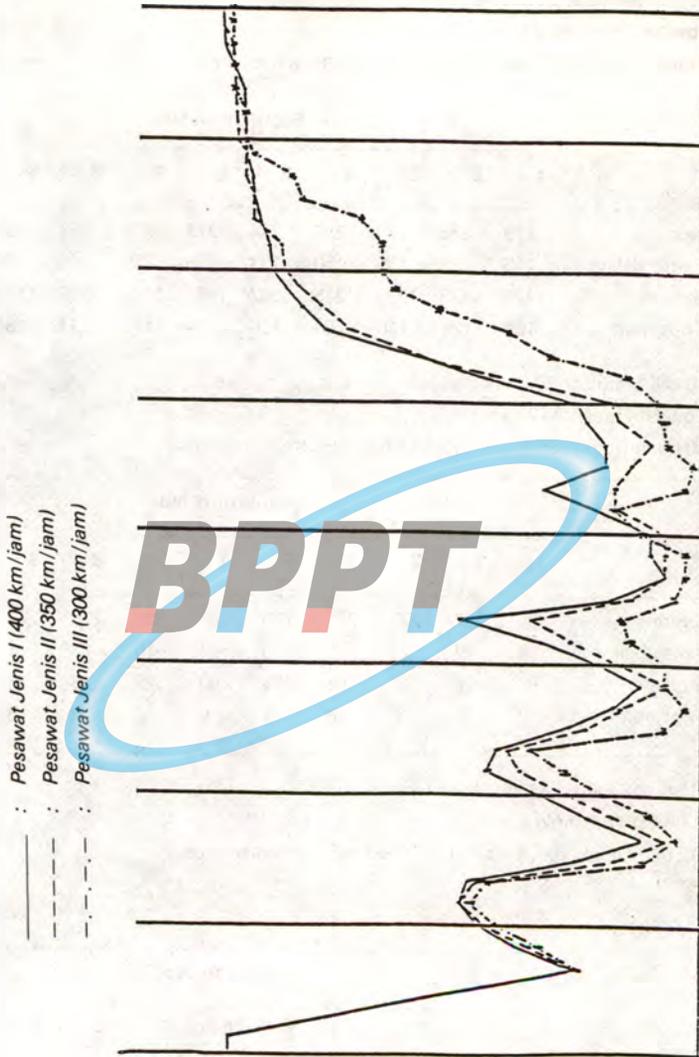


Gambar 2. Distribusi Pemeliharaan Tak Terjadwal Berdasarkan Waktu yang Diperlukannya.



Gambar 3. Distribusi Pemeliharaan Tak Terjadwal Berdasarkan Waktu yang Diperlukannya.

Gambar 4. Pengaruh Kecepatan Terhadap Tingkat Ketersediaan Pesawat.



Tabel 1 : Pesawat Tipe (Kecepatan 400 km/jam)

- 1.1 10 kali Simulasi, 25 buah pesawat
 Lowest Threshold 2 jam
 5 buah Dock, dan 2 buah Dock untuk short maintenance

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 279 | 276 | 270 | 259 | 274 | 277 | 275 | 268 | 264 | 265 |
| Mission with delay | 145 | 130 | 135 | 150 | 123 | 138 | 135 | 146 | 154 | 138 |
| Average delay | 1425 | 1430 | 1630 | 1215 | 1562 | 1686 | 1471 | 1315 | 1125 | 1348 |
| Mission not met | 109 | 121 | 110 | 84 | 126 | 114 | 115 | 97 | 84 | 102 |

- 1.2 10 kali Simulasi, 50 buah pesawat
 Lowest Threshold 2 jam
 10 buah Dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 285 | 281 | 273 | 271 | 270 | 280 | 278 | 276 | 273 | 271 |
| Mission with delay | 28 | 7 | 10 | 12 | 55 | 31 | 16 | 7 | 1 | 6 |
| Average delay | 68 | 26 | 47 | 53 | 109 | 60 | 29 | 18 | 6 | 24 |
| Mission not met | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 1.3 10 Kali Simulasi, 60 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 12 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 273 | 282 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 1.4 10 kali simulasi, 53 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 10 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 272 | 278 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 1 | 16 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 24 | 108 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 1.5 10 kali simulasi, 54 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 10 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 273 | 281 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 2 : Pesawat Tipe II (kecepatan 350 km/jam)

- 2.1 10 kali simulasi, 53 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 10 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 283 | 274 | 270 | 277 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 1 | 5 | 0 | 7 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 24 | 28 | 0 | 32 | 176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 2.2 10 kali simulasi, 54 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 10 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 272 | 281 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 2 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 6 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 2.3 10 kali simulasi, 55 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 11 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 273 | 280 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 2.4 10 kali simulasi, 56 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 11 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 273 | 281 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 2.5 10 kali simulasi, 58 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 12 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 273 | 282 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 2.6 10 kali simulasi, 57 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 11 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 273 | 281 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 3 : Pesawat Tipe III (kecepatan 300 km/jam)

- 3.1 10 kali simulasi, 53 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 10 buah dock dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 284 | 281 | 273 | 268 | 271 | 280 | 280 | 274 | 274 | 270 |
| Mission with delay | 26 | 11 | 4 | 23 | 109 | 21 | 31 | 35 | 0 | 11 |
| Average delay | 43 | 156 | 18 | 55 | 176 | 33 | 29 | 36 | 0 | 72 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 3.2 10 kali simulasi, 62 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 12 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 273 | 282 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 3.3 10 kali simulasi, 60 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 12 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 273 | 282 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- 3.4 10 kali simulasi
 58 buah pesawat
 Lowest Threshold 4 jam
 12 buah dock, dan 4 buah dock untuk short maintenance.

| | Simulation No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Total Missions | 283 | 279 | 274 | 273 | 282 | 284 | 284 | 279 | 274 | 272 |
| Mission with delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average delay | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mission not met | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |