659

3100098009943

TUGAS AKHIR
NE 1701

STUDI KASUS PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN PADA KAPAL JET FOIL BIMA SAMUDERA

PERPUSTAKAAN
I T S
Tgl. Terima 13 AUG 1997
Terima Dari
No. Agenda Prp. 7398

RSke
623.87
And
S-1
1997

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

Oleh :

SWASONO TEGUH ANDRIYANTO
NRP. 4292.100.013

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
1997

STUDI KASUS PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN PADA KAPAL JETFOIL BIMA SAMUDERA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknlogi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing

Ir. MOCH. ORIANTO B.SE. M.Sc
NIP. 130 786 955

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH – NOPEMBER

SURABAYA
1997

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
KAMPUS ITS KEPUTIH-SUKOLILO, SURABAYA 60111
TELP. 599 4754, 599 4251 s/d 55 PES 1102 FAX 599 4754

TUGAS AKHIR NE 1701

Nama	:	Swasono Teguh Andriyanto
Nrp.	:	4292.100.013
Dosen Pembimbing	:	Ir. M. Orianto B.SE. M.Sc.
Tanggal Tugas Diberikan	:	17 Pebruari 1997
Tanggal Tugas Diselesaikan	:	15 Juli 1997
Judul Tugas Akhir	:	

STUDI KASUS PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN PADA KAPAL JETFOIL BIMA SAMUDERA

Surabaya, 7 Mei 1997

Dosen Pembimbing,

Ir. M.Orianto B.SE M.Sc.
NIP. 130 786 955

Mahasiswa,

Swasono Teguh A.
NRP.4292.100.013

Ketua Jurusan,

DR. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng.
NIP. 131 407 591

Dibuat rangkap 4 (empat) untuk:
- Arsip Jurusan TSP.
- Dosen Pembimbing ybs.
- Mahasiswa ybs.
- Koordinator T.A. - TSP.

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
KOORDINATOR TUGAS AKHIR

LEMBAR KEMAJUAN PENGERJAAN TUGAS AKHIR (TN 1701)

Nama : Srasono Teguh Andriyanto
NRP : 4292.100.013
Judul Tugas Akhir : Studi Kasus Pemuruan Kebisingan di Kamar Mesin Pada Kapal Jetfoil Bimasamudera

Dosen Pembimbing : 1) Ir. Moch. Orianto B.SE. M.Sc.
2) Ir. Saud Gurning

No.	Tanggal	Kegiatan	Paraf Dosen
1	6/5 97	Assistensi Dasar Teori & Perbaikan Proposal	
2	19/5 97	Asisstensi Bab I & II (Pendahuluan & Dasar Teori)	
3	21/5 97	Assistensi Bab II (Dasar Teori) / refisi	
4	28/5 97	Assistensi Bab III (Perhitungan Awal)	
5	30/5 97	Assistensi Bab III (Perhitungan & Hasil Pengukuran)	
6	2/6 97	Assistensi Bab III (Hasil Pengukuran)	
7	3/7 97	Asistensi Bab IV (Penyelesaian/Pemuruan Kebisingan)	
8	10/7 97	Assistensi Bab IV & Bab V (Kesimpulan)	
9	15/7 97	Assistensi Kesluruhan (Draft) & Tambahan untuk maju PIII	

Catatan:
1. Mahasiswa siap / ~~tidak siap / dibatalkan~~ *) untuk diujikan.
2. Catatan lain yang dianggap perlu :

Surabaya, 15 Juli 1997
Dosen Pembimbing,

(Ir. M. Orianto B.SE M.Sc.)
NIP. 130 786 955

*) coret yang tidak perlu

"Dan seandainya pohon-pohon di bumi menjadi pena dan laut menjadi tintanya, dan ditambahkan kepadanya tujuh laut (lagi) sesudah (kering)nya, niscaya tidak akan habis-habisnya (dituliskan) kalimat Allah. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa Lagi Maha Bijaksana"

(QS. Luqman : 27)

Kupersembahkah untuk Ayahanda, Ibunda dan Kakakku tercinta

ABSTRAK

ABSTRAK

Pada perencanaan sistem penurun kebisingan di atas kapal, khususnya di kamar mesin, diperlukan suatu langkah-langkah tertentu untuk mendapatkan tingkat kebisingan di kamar mesin. Perhitungan tingkat kebisingan secara teoritis (berdasarkan rumus yang ada) diperlukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kebisingan yang ditimbulkan oleh sejumlah peralatan permesinan yang ada di kamar mesin. Dimana pada setiap peralatan permesinan dihitung masing-masing tingkat kebisingannya. Setelah didapat tingkat kebisingan dari masing-masing peralatan/ permesinan, tersebut kemudian dihitung total tingkat kebisingan yang ditimbulkan di kamar mesin.

Setelah didapatkan total tingkat kebisingan yang ditimbulkan di kamar mesin, kemudian dibandingkan dengan tingkat kebisingan referensi yang diijinkan untuk di kamar mesin, yaitu 90 dB (IMO)

Sedangkan perhitungan tingkat kebisingan itu sendiri dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode atau cara. Metode yang pertama adalah Metode Penjumlahan/ Penguranagan secara grafis yang merupakan metode yang sederhana, dan terbatas hanya pada selisih tingkat kebisingan tertentu. Sedangkan metode kedua adalah dengan Metode Logaritma.

Pada penulisan tugas akhir ini kami gunakan metode yang kedua, untuk mendapatkan tingkat akurasi yang lebih baik dan sesuai dengan yang kami inginkan. Sedangkan pengukuran tingkat kebisingan ini kami lakukan pada tiga kondisi, yaitu pada saat sandar, take-off dan pada kondisi pelayaran dinas. Kemudian dari kedua kondisi tersebut dipilih yang memilikki tingkat kebisingan yang terbesar, untuk mendapatkan solusi dari metode penurunan kebisingan di kamar mesin setelah kita ketahui pula data-data sistem penurun kebisingan di kamar mesin yang ada. Dari sini akan dapat diketahui tingkat kebisingan di kamar mesin setelah mengalami proses penurunan kebisingan

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademis untuk mencapai gelar "sarjana" (Strata - 1) di jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS.

Sesuai dengan disiplin ilmu yang diperoleh di jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS maka Tugas Akhir ini penulis beri judul :

" STUDI KASUS PENURUNAN KEBISINGAN di KAMAR MESIN PADA KAPAL JETFOIL BIMA SAMUDERA "

Di mana penulis mencoba untuk menerapkan semua ilmu yang diperoleh melalui perkuliahan, buku-buku literatur, serta konsultasi dan bimbingan dengan dosen pembimbing dan pihak-pihak yang dianggap ahli dan berhubungan dalam masalah ini.

Penyusunan Tugas Akhir ini juga tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tak langsung. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalamnya kepada :

1. Bapak, Ibu yang tercinta serta kakakku yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Moch. Orianto B.SE. M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, nasehat serta pengarahan selama penyusunan Tugas Akhir ini, serta selaku dosen wali yang telah banyak membimbing penulis selama mengikuti kuliah dijurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS.

3. Bapak Ir. Saud Gurning, sebagai Dosen Pembimbing pembantu yang telah banyak memberikan saran, bimbingan, nasehat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. A.A. Masroeri M. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS
5. Bapak Kolonel (Purn.) Ir. Maman Aliman , staff Direktorat Teknologi PT. PAL Indonesia,yang telah banyak memberikan bantuan data-data teknis serta petunjuk dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Kolonel (Purn.) Slamet Budiono, Kepala Bagian Pemeliharaan dan Perawatan Kapal Jetfoil Bima Samudera yang telah memberikan bantuan data-data untuk Tugas Akhir ini.
7. Segenap karyawan di jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS, serta staff administrasi Perpustakaan ITS, yang telah banyak memberikan bantuan demi kelancaran penyusunan Tugas Akhir ini
8. Nova, Sugeng, dan Haryono, serta rekan-rekan mahasiswa lain yang telah banyak memberikan dorongan moril selama penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Serta berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Semoga segala kebaikan yang penulis peroleh dari berbagai pihak tersebut mendapat balasan dan ridha dari Allah SWT.

Penulis menyadari masih banyaknya kekurangan di sana-sini pada peanulisan Tugas Akhir ini, sehingga jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu berbagai masukan berupa saran dan kritik yang sifatnya membangun dari berbagai pihak , senantiasa penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Dan penulis mohon maaf

sebesarnya apabila ada kesalahan pada penulisan Tugas Akhir ini yang kurang berkenan di hati.

Akhirnya, besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini mampu memberikan sumbangan dan manfaat yang berarti bagi semua pihak di masa mendatang

Surabaya, Agustus 1997

Penulis

DAFTAR ISI

Daftar Isi

	halaman
Lembar Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Notasi	
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1 - 2
1.2 Lingkup dan Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penulisan	2 - 3
1.4 Metodologi Penelitian	3 - 4
1.5 Metode Penulisan	4 - 7
BAB II TEORI AKUSTIK DAN KETENTUAN MENGENAI KEBISINGAN DI ATAS KAPAL	
2.1 Teori-teori Dasar Akustik dan Kebisingan	8 - 20
2.1.1 Daya Bunyi	9
2.1.2 Tekanan Bunyi	9 - 10
2.1.3 Intensitas Bunyi	10 - 12
2.1.4 Faktor Kebisingan	12
2.1.5 Sistem Penyebaran Energi Bunyi	12 -13
2.1.6. Pengaruh Kebisingan Terhadap Fisik dan Kejiwaan	13 -15
2.1.7 Perhitungan Tingkat Kebisingan	15 -20
2.1.7.1 Metode Penjumlahan dan Pengurangan Tingkat Kebisingan	16 -18
2.1.7.2 Rumus Perhitungan Untuk Masing-masing Peralatan	18 -20

2. 2 Ketentuan IMO Tentang Kebisingan di Atas Kapal 20 - 22
2. 3 Karakteristik Turbin Gas 22 - 23

BAB III PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN KEBISINGAN MOTOR INDUK DAN PERMESINAN PADA KAPAL JETFOIL BIMA SAMUDERA
3.1. Perhitungan Tingkat Kebisisngan 24 - 38
3.1.1 Penggerak Utama 24 - 27
3.1.2 Mesin - mesin Pendukung Bantu 28 - 38
3. 2 Pengukuran Intensitas Kebisingan 39 - 42
3.2.1 Pengukuran Tingkat Kebisingan di Kamar Mesin 39 - 40
3.2.2 Pengukuran Tingkat Kebisingan Masing-Masing Permesinan di Kamar Mesin 41 - 42

BAB IV PENURUNAN kEBISINGAN
4.1 Penurunan Kebisingan Pada Sumber Bunyi 43 - 50
4.1.1 Penurunan Kebisingan Pada Turbin Gas 44 - 48
4.2 Penurunan Kebisingan Pada Media Penghantar Bunyi 48 - 49
4.3 Penurunan Kebisingan Pada Penerima Bunyi 49 - 50

BAB V KESIMPULAN 51 - 52
Daftar Pustaka
Lampiran

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alur Metodologi Penelitian Proses Penurunan Kebisingan

Gambar 2.1 Grafik Metode Penjumlahan dan Pengurangan Tingkat Kebisingan dengan Metode Grafik

Gambar 2.2 Skema susunan turbin gas dengan kebisingannya yang dihasilkan

Gambar 3.1 Skema Luasan Kamar Mesin

Gambar 3.2 Hasil Perhitungan dengan Metode Sistem Kompetisi

Gambar 4.1 Skema Turbin Gas dengan bagian yang diisolasi

DAFTAR NOTASI

DAFTAR NOTASI

α = koefisien absorpsi

b = lebar mesin

BHP = Brake Horse Power (daya mesin)

C = values derived from measured data

c = kecepatan bunyi di udara

Cn = jumlah waktu pembebanan pada tingkat kebisingan tertentu

CSR = continous servis rating

dB = decibel (satuan kekuatan bunyi)

BHP = daya kuda

Hz = Hertz (satuan frekuensi)

I = intensitas bunyi

IL = tingkat intensitas bunyi

I ref = tingkat intensitas bunyi referensi

kc = konstanta pada kompresor

kp = konstanta pada pompa

kW = kilowatt

L = tingkat kebisingan (A)

Lw = Daya Bunyi

LAS = A - weight sound level at A specdified distance from the machine

LAA = sound level from air borne noise

Lp1 = sound level at room of source

Lp2 = sond level at room of receiver

MCR = Maximum Continous Rating

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil pengukuran tingkat kebisingan di kamar mesin pada Jetfoil Bima Samudera

Tabel 4.1 Hasil penurunan kebisingan (reduction noise) dengan bahan isolasi Glasswool

Tabel 4.2 Hasil penurunan kebisingan (reductin noise) dengan material isolasi Balsawood (γ=180 kg/ m)

Tabel 4.3 Beberapa Jenis material dengan densitas dan tahanan frekuensi ambangnya

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Spesifikasi dan Detail Turbin Gas

Lampiran B Spesifikasi dan Detail Waterjet Pump

Lampiran C Grafik Daya - rpm Turbin Gas pada Berbagai Kondisi

Lampiran D Karakteristik dan Sifat Berbagai Bahan Non-Logam

Lampiran E Karakteristik dan Sifat Berbagai Sifat Bahan Logam

Lampiran F Koefisien Absorbsi Beberapa Jenis Bahan Bangunan

Lampiran G Koefisien Absorbsi Beberapa Jenis Bahan pada Kapal

Lampiran H Tingkat Kebisingan Referensi untuk Beberapa Negara

Lampiran I Faktor Konversi Tingkat Kebisingan

Lampiran J Perbandingan A-Weight ke SPL pada Beberapa Frekuensi

Lampiran K Faktor Koreksi Tambahan untuk Standar Kabin pada Ruangan yang Lain

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam perencanaan penggerak utama dan sistem pendukung di atas kapal aspek teknis menjadi salah satu pertimbangannya. Sedangkan faktor kenyamanan dan keselamatan bagi awak kapal yang bekerja di atasnya, adalah hal yang sangat penting, yang tak dapat ditnggalkan yang juga merupakan bagian dari aspek teknis tersebut.

Kebisingan yang timbul di atas kapal merupakan salah satu gangguan yang sangat mempengaruhi faktor kenyamanan di atas kapal. Sedangkan sumber kebisingan terbesar adalah berasal dari kamar mesin yang tentunya merupakan gangguan kenyamanan bagi awak kapal yang bekerja di dalamnya. Kebisingan di kamar mesin yang paling dominan adalah disebabkan oleh motor induk faktor kenyamanan di atas kapal. Sedangkan sumber kebisingan terbesar disebabkan oleh motor induk, dalam hal ini turbin gas beserta pompa utamanya sebagai *"main propulsor"* (penggerak utama) kapal jet foil. Sedangkan permesinan bantu atau permesinan pendukung yang lain juga menghasilkan kebisingan yang tidak terlalu besar dibandingkan dengan yang ditimbulkan oleh motor induknya.

Pada penulisan tugas akhir ini, akan dianalisa tingkat kebisingan yang timbul di kamar mesin tersebut, yang bersumber dari motor induk beserta permesinan yang ada di dalamnya, melalui suatu cara perhitungan dan pengukuran

tingkat kebisingan. Hasil dari perhitungan dan pengukuran tersebut kemudian digunakan dalam perencanaan sistem penurun kebisingan di kamar mesin; dalam arti mendapatkan untuk mendapatkan solusi cara mengatasi kebisingan di kamar mesin tersebut.

1.2 Lingkup dan Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, lingkup permasalahan yang kami bahas adalah berkisar pada analisa kebisingan yang ditimbulkan di kamar mesin saja. Sedangkan batasan-batasan permasalahan yang kami ambil dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

- Analisa kebisingan tidak dilakukan pada ruangan yang lain (seperti ruang- ruang akomodasi dll.), selain kamar mesin
- Tidak membahas "lay-out"(alur) dari sistem-sistem permesinan yang ada
- Tidak membahas kebisingan yang ditimbulkan akibat dari getaran struktur kapal.
- Tidak membahas kebisingan oleh transmisi daya atau sistem yang lain.
- Tinjauan dari analisa tingkat kebisingan di sini adalah dari segi teknis saja, tidak meninjau segi ekonomisnya.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penulisan

Tujuan dari penulisan tentang Studi Kasus Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin pada Kapal Jetfoil Bimasamudera adalah :

1- Menganalisa intensitas kebisingan pada kamar mesin yang terjadi di atas kapal jetfoil.

2- Mendapatkan solusi yang optimal dari pengendalian/penurun kebisingan di kamar mesin pada kapal jet foil.

Dari penulisan tugas akhir mengenai *"Studi Kasus Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin pada Kapal Jet Foil Bimasamudera ini"*, diharapkan mampu mengatasi kebisingan yang timbul di kamar mesin pada kapal jetfoil melalui suatu desain atau perencanaan sistem ataupun instalasi penurun kebisingan.

1.4. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan penulisan tersebut di atas adalah dengan :

- Menggunakan metode perhitungan intensitas/tingkat kebisingan dengan rumus-rumus dan aturan atau dasar teori yang berlaku serta perhitungan dengan "metode kompetisi".
- Melakukan pengukuran intensitas kebisingan dengan menggunakan alat "SPL-meter" terhadap motor induk beserta peralatan-peralatan atau permesinan-permesinan yang ada di kamar mesin, serta mengukur intensitas kebisingan di kamar mesin itu sendiri
- Membandingkan hasil dari keduanya (antara perhitungan secara teoritis dengan pengukuran di lapangan) untuk kemudian dianalisa dan dibandingkan serta disesuaikan dengan tingkat kebisingan referensi, dimana standar yang kami

gunakan di sini adalah standar dan ketentuan-ketentuan yang berasal dari IMO (International Maritime Organization).

- Mencari solusi (penyelesaian) cara pengendalian / penurunan kebisingan di kamar mesin. Dalam hal ini metode yang kami gunakan adalah metode " trial, measured and error"; yaitu setiap treatment yang dilakukan pada peralatan / permesinan untuk tujuan penurunan tingkat kebisingan, diukur intensitas kebisingannya. Apabila sudah sesuai, berarti tujuan sudah tercapai, dan apabila belum sesuai, maka dilakukan treatment ulang, dan dilakukan pengukuran ulang pada peralatan/ permesinan sampai sesuai, sehingga tercapai tujuan. Demikian hal ini idilakukan berulang-ulang hingga tujuan tercapai.

Alur kerja dari metoda penelitiandi atas dapat digambarkan dengan "*flow chart*" (diagram alur) seperti yang kami tampilkan pada halaman selanjutnya (hal. 7)

1.5. Metode Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir di sini, format dari pokok-pokok bahasan yang kami tulis dapat kami uraikan sebagai berikut :

Pada BAB I . PENDAHULUAN , di sini kami uraikan tentang *latar belakang, tujuan, serta batasan-batasn masalah* (yang merupakan sub-bab dari Bab I) yang kami ambil dari penulisan tugas akhir ini, sehubungan dengan tema maupun judul yang kami jadikan sebagai bahan penulisan Tugas Akhir tersebut, disamping juga kami uraikan mengenai langkah-langkah kami dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang mendukung proses penyusunan tugas akhir kami, yang kamijabarkan pada sub- bab *Metodologi Penelitian.*

Pada BAB II. TEORI AKUSTIK DAN KETENTUAN MENGENAI KEBISINGAN DI ATAS KAPAL, → kami uraikan dan jabarkan mengenai dasar-dasar *teori akustik* serta definisi-definisi dari beberapa istilah yang menyangkut tentang "Bunyi dan Kebisingan" yang mendasari dari pengerjaan (proses perhitungan) tugas akhir ini, yang kesemuanya tercakup dalam Sub-Bab *Teori - teori Dasar Akustik dan Kebisingan.* Disamping itu, pada bab ini kami uraikan pula mengenai *ketentuan-ketentuan atau aturan-aturan yang mengatur tentang kebisingan di atas kapal* (standar yang diijinkan), serta *pengaruh-pengaruh yang timbul akibat kebisingan yang terjadi ditinjau dari segi psikologis atau kejiwaan*, dan sedikit penjelasan tentang *karakteristik dari turbin gas*

Pada BAB III. PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN KEBISINGAN MOTOR INDUK SERTA PERMESINAN PADA KAPAL JETFOIL BIMA SAMUDERA, → adalah merupakan "bab inti" dari penulisan tugas akhir ini, di mana di sin kami tuliskan langkah-langkah ataupun proses *perhitungan tingkat kebisingan dari mesin induk dan permesinan* pada "Jetfoil Bima Samudera" (menggunakan rumus-rumus dan metode kompetisi), serta kami cantumkan pula *hasil dari pengukuran intensitas kebisingan pada motor induk dan permesinan* seperti yang dilakukan pada proses perhitungan. Hasil dari kedua aksi dia atas dapat dijadikan bahan perbandingan untuk langkah penyelesaian selanjutnya.

Pada BAB IV. PENURUNAN KEBISINGAN, yang menjadi bab terpenting dari tugas akhir ini, dijelaskan di dalamnya salah satu *alternatif solusi (pemecahan masalah) dari masing-masing metode pengendalian penurunan kebisingan.* Di

jenis permesinan penyebab kebisingan yang dominan khususnya, (motor induk) dan kemungkinan solusi lain dalam penurunan kebisingan permesinan tersebut. Pada bab ini dicantumkan pula hasil pengukuran pada metode " *trial - measure - error*" seperti yang telah disebutkan di atas.

Pada BAB V. PENUTUP , → yang juga merupakan bab pamungkas/ terakhir dari penulisan tugas akhir ini kami tuliskan beberapa poin kesimpulan dari Tugas Akhir yang kami kerjakan, yang diharapkan juga menjadikan nilai tambah dan manfaat bagi pengembangan wawasan kita semua dalam menuntut ilmu selama ini, sekaligus dalam aplikasi ilmu pengetahuan itu sendiri. Selain itu pada bab ini kami berikan pula beberapa saran yang bermanfaat, khususnya yang berhubungan dengan pengembangan ilmu "*Noise Control*" (Pengendalian Kebisingan)

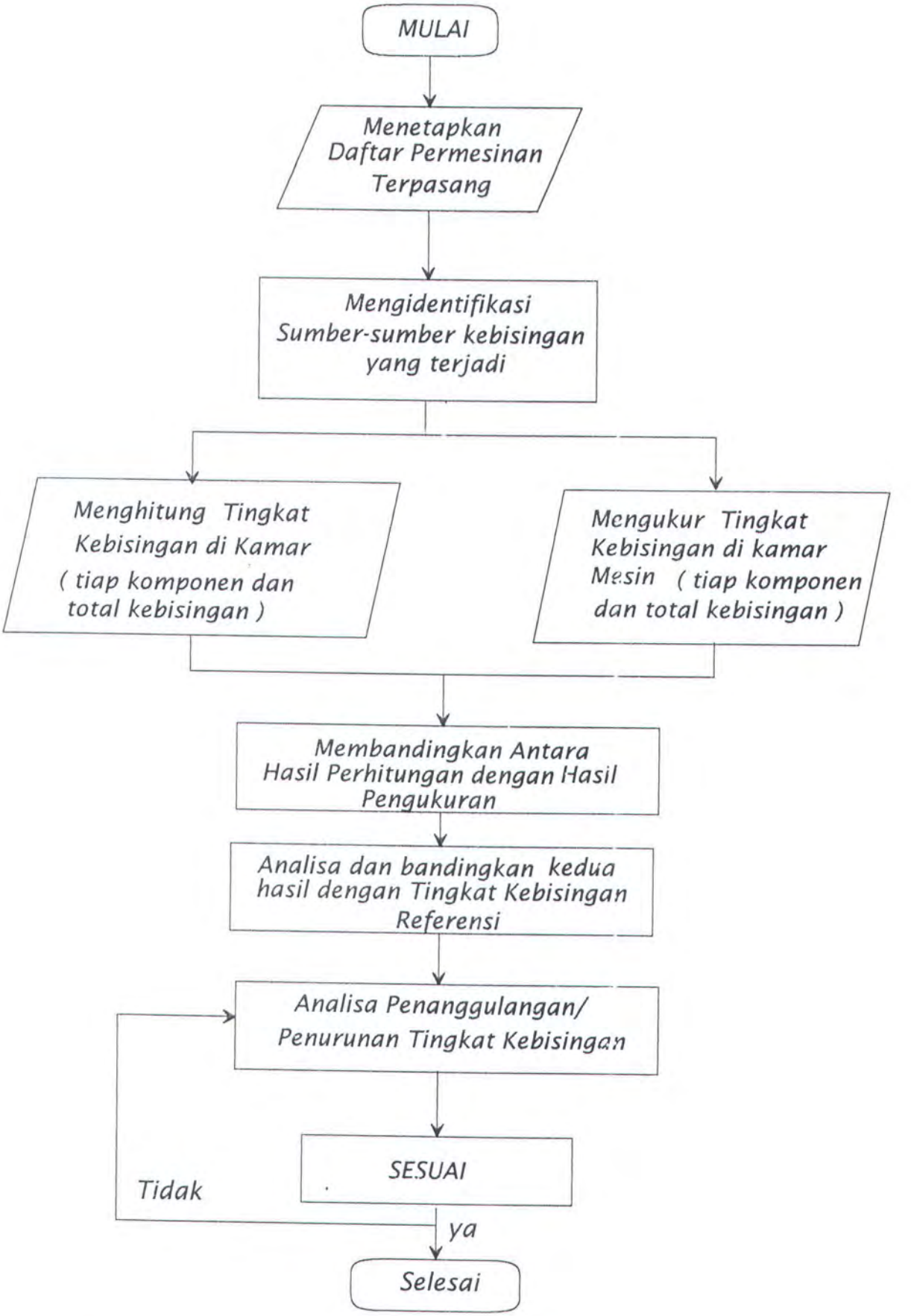


Diagram Alur Metodologi Penelitian Proses Penurunan Tingkat Kebisingan

BAB II

TEORI AKUSTIK DAN KETENTUAN MENGENAI KEBISINGAN DI ATAS KAPAL

BAB II

TEORI AKUSTIK DAN KETENTUAN MENGENAI KEBISINGAN DI ATAS KAPAL

Pada umunya pada setiap benda yang bergetar akan menghasilkan suara atau bunyi. Suara atau bunyi merupakan perambatan dari energi yang berbentuk gelombang, sedangkan getaran itu sendiri juga berbentuk gelombang apabila digambarkan dalam bentuk grafis. Jadi suara atau bunyi adalah getaran yang merambat yang berasal dari sumber bunyi yang tidak lain adalah benda yang bergetar itu sendiri.

Pada batas-batas tertentu, pengaruh rambatan gelombang yang berupa bunyi masih dapat diterima oleh indera pendengar yang dimiliki manusia. Tetapi bunyi juga memiliki ambang batas untuk dapat diterima oleh indera pendengaran yang sehat, yaitu antara 45 dB s/d 85 dB (Acoustic Theory)

2.1. Teori-Teori Dasar Akustik danKebisingan

Noise atau "kebisingan" sendiri didefinisikan sebagai bunyi atau suara yang tidak diinginkan oleh alat pendengaran manusia untuk didengar karena melebihi ambang batas intensitas bunyi yang diijinkan untuk diterima indera pendengar manusia. Sehingga kebisingan yang terjadi, akan menggangu aktifitas kita apabila kita dengar dan rasakann baik secara fisik maupun kejiwaan.

Di dalam menilai kebisingan, manusia selalu dipengaruhi oleh faktor subyektif. Adanya faktor subyektif ini akan menjadi hambatan bagi manusia dalam penentuan kebisingan itu sendiri secara tepat. Oleh karena itu, perlu kiranya terlebih dahulu untuk memahami beberapa istiliah dan definisi tentang "*bunyi dan kebisingan*".

2.1.1. Daya Bunyi

Daya Bunyi di sini didefinisikan sebagai kekuatan bunyi yang merupakan perbandingan suatu daya bunyi terukur dengan daya referensi. Daya bunyi ini tidak tergantung pada jarak darisumber bunyi. Jadi daya bunyi hanya menentukan seberapa jauh kekuatan bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi tersebut.

Daya Bunyi dirumuskan sebagai :

$$Lw = 10Log\left(\frac{W}{W_{ref}}\right)$$

di mana : Lw = Daya Bunyi (Sound Power Level) ----- (dB)

W = daya bunyi terukur dari sumber bunyi ---- (Watt)

Wref = daya bunyi referensi (10^{-12} Watt)

2.1.2. Tekanan Bunyi

Tekanan Bunyi (Sound Pressure) didefinisikan sebagai perbedaan antara tekanan udara normal dengan tekanan udara pada saat ada gelombang bunyi yang melewatinya.

Tanpa menyebutkan harga r m s, maka yang dimaksud tekanan bunyi adalah harga r.m s.

seperti halnya pada daya bunyi; dirumuskan sebagai :

$$SPL = 20Log\left(\frac{P}{P_{ref}}\right)$$

di mana : SPL = Sound Power Level (dB)

P = tekanan bunyi efektif yang diukur (μ Bar)

Pref = tekanan bunyi referensi efektif

(di Amerika Serikat digunakan dua harga standar untuk P ref.)

1. Pref = 0,0002 μBar = $2.\ 10^{-5}$ N/m^2

2. Pref = 1 μBar = 0,1 N/m^2 .

dengan catatan : * Referensi pertama digunakan untuk pengukuran pendengaran, untuk "sound level meter" dan pengukuran kebisingan di udara dan cairan.

* Referensi kedua merupakan tekanan bunyi minimum yang dapat didengar oleh manusia yang mempunyai pendengaran sangat baik.

Sehingga persamaan menjadi :

$$SPL = 20Log\left(\frac{P}{2 \times 10^{-4}}\right)$$

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH – NOPEMBER

2.1.3. Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi pada arah tertentu didefinisikan sebagai harga rata-rata daya bunyi yang dirambatkan per satuan luas, atau energi bunyi rata-rata yang dirambatkan per

satuan luas per satuan waktu. Untuk gelombang bunyi yang berjalan datar dan sferis, maka intensitas bunyi pada arah rambat gelombang dinyatakan dengan persamaan :

$$I = \frac{P}{\rho o.c} \quad (\text{Watt/m}^2)$$

di mana : I = Intensitas Bunyi (Watt/m^2)

P = tekanan bunyi (N/m)

c = kecepatan bunyi di udara (m/s)

ρo = kerapatan udara (kg/m^3)

* Untuk udara , harga diambil 407 mks-ray yang merupakan harga pada suhu 22° C (71,6° F), dan tekanan udara 0,751 m Hg. atau sama dengan 29,6 in Hg.

Untuk menyatakan intensitas bunyi, biasanya juga dinyatakan dalam suatu tingkatan yang, disebut " Tingkat Intensitas Bunyi ", dan dirumuskan sebagai :

$$IL = 10Log\left(\frac{I}{I_{ref}}\right)$$

di mana : IL = Intensitas Bunyi (dB)

I = intensitas bunyi terukur (Watt/m^2)

I ref. = intensitas bunyi referensi

Sedangkan hubungan antara intentisitas dan SPL dinyatakan dengan rumus :

$$IL = SPL + 10Log\left(\frac{400}{\rho_o \cdot c}\right)$$

dengan catatan; Jika ρo . c = 400, maka SPL akan sama dengan IL.

Untuk kondisi 22° C , dan tekanan P = 0,751 mmHg , di mana harga ρo.c = 407 , maka *IL* lebih besar dari *SPL* (sekitar 0,1 dB)

1.4 . Faktor Kebisingan

Secara teoritis, faktor kebisingan dapat dibedakan menjadi empat jenis; yaitu :

1. Steady Noise, adalah kebisingan yang bersifat tetap. Sebagai contoh adalah kebisingan yang dihasilkan oleh mesin-mesin seperti mesin diesel, generator dsb.
2. Narrow Band Noise, ialah kebisingan, di mana seluruh energi bunyi tersebar di dalam range frekuensi yang lebih sempit, atau terpusat hampir pada satu frekuensi.
3. Wide Band Noise, adalah kebisingan di mana seluruh energi bunyi tersebar di dalam range frekuensi yang besar.
4. Impulse Noise, yaitu kebisingan yang terputus-putus, baik secara berulang maupun tidak. Contoh kebisingan jenis ini adalah kebisingan yang dihasilkan oleh pukulan martil, pemancangan tiang beton, dan sebagainya.

2.1.5. Sistem Penyebaran Energi bunyi

Pada prinsipnya bunyi yang kita dengar merupakan suatu perambatan

gelombang yang berasal dari sumber bunyi. Sedang mekanisme penyebaran dan perambatan energi bunyi tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Structureborne Noise

Yaitu kebisingan yang dihasilkan oleh perambatan getaran struktur komponen dari suatu sistem. Struktur atau bagian yang bergetar tersebut akan meradiasikan/merambatkan energi akustik atau bunyi dalam bentuk gelombang longitudinal. Sumber energi diperoleh dari adanya kerusakan atau tidak seimbangnya bagian serta gerakan bolak-balik suatu sistem.

b. Airborne Noise

Yaitu kebisingan yang merambat melalui fluktuasi tekanan yang timbul di udara. Perambatan kebisingan melalui dua media seperti ini, akan saling berkaitan. Di mana jika terjadi suatu sistem perambatan bunyi yang bersumber dari struktur , maka getaran stuktur akan dapat menggetarkan udara di sekelilingnya. Pada saat yang sama udara yang bergetar tersebut akan menggetarkan struktur kembali. Jadi kebisingan yang terjadi dapat berubah dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain secara berkelanjutan.

2.1.6 Pengaruh Kebisingan Terhadap Fisik dan Kejiwaan

Dari pemeriksaan "audiometris" didapatkan bahwa seseorang yang lama berada dalam suasana bising dengan level yang tinggi, mempunyai kelemahan pendengaran pada frekuensi antara 3000 Hz s/d 6000 Hz. Terutama pada frekuensi *4000 Hz.* Ketulian pada frekuensi ini (4000 Hz.), merupakan ciri utama tuli akibat kebisingan

yang berbeda dengan gangguan pendengaran alamiah akibat umur tua. Tetapi ketulian ini dapat pula merambat ke daerah frekuensi yang lain, bila kebisingan itu diterima terus-menerus dalam waktu yang lama. Berkurangnya pendengaran (hearing loss) yang tetap dari para pekerja tergantung dari beberapa faktor antara lain :

1. Daya tahan seseorang.
2. Lamanya seseorang berada di lingkungan bising.
3. besarnya tingkat kebisingan.
4. Jenis kebisingan.

Pada stadium seseorang kehilangan pendengaran pada frekuensi 3000 - 6000 Hz, mula-mula ia tidak merasakan sama sekali kelainan ini dan hal ini hanya dapat diketahui dengan pengukuran "audiometer". Tetapi untuk hearing loss pada frekuensi - frekuensi yang lain, misalnya antara 500 - 2000 Hz, yang dikenal sebagai frekuensi percakapan (speech frequensi),si pekerja merasa tuli dan gelisah, karena tidak dapat mendengar lagi pembicaraan orang di sekitarnya dengan jelas.

Dasar - dasar pengaruh kebisingan terhadap seseorang ialah :

1. Bunyi keras secara tiba - tiba cenderung mempercepat gerakan seseorang.
2. Bunyi keras secara tiba - tiba dapat menghentikan sesaat gerakan seseorang.
3. Penambahan tingkat kebisingan dapat menambah kesalahan yang dilakukan oleh seseorang.

Kerugian - kerugian lain akibat kebisingan yang terlalu besar diantaranya ialah :

1. Penambahan tingkat kebisingan menimbulkan kesulitan dalam komunikasi pembicaraan.

2. Kebisingan yang mempunyai frekuensi berdekatan dengan frekuensi percakapan (500 - 2000), lebih mengganggu percakapan daripada frekuensi yang lain.

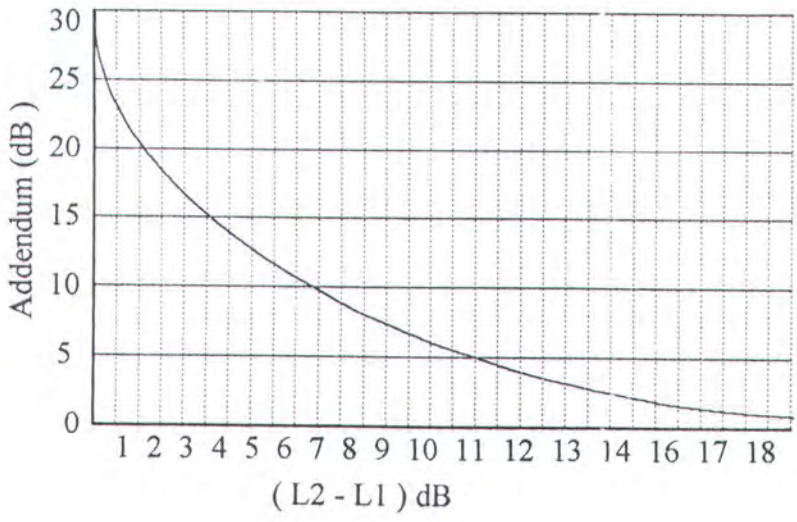
Dari penyelidikan lebih lanjut, para ahli berkesimpulan bahwa suara - suara keras dapat menyebabkan urat - urat nadi menguncup, jantung berdegup lebih cepat diikuti dengan mengencangnya perut, dan bila kebisingan itu berlangsung terus dalam jangka waktu cukup lama, maka penciutan pembuluh darah menjadi permanen dan akhirnya menjadi serangan jantung yang gawat. Lebih buruk lagi kebisingan ternyata dapat menyebabkan seseorang lebih mudah terserang infeksi virus tertentu serta rusaknya jaringan tubuh yang sulit disembuhkan.

Juga dari statistik diperoleh data - data bahwa orang - orang yang tinggal di daerah ribut, misalnya di dekat jalan raya atau lapangan terbang, lebih banyak menderita gangguan jiwa.

Melihat pengaruh - pengaruh kebisingan dan segala efeknya pada manusia, maka pengaturan kebisingan bukan hanya sekedar untuk kenyamanan hidup, tetapi juga demi keselamatan dan kesehatan orang - orang di sekitar lingkungan yang bising tersebut.

2.1.7. Perhitungan Tingkat Kebisingan

Perhitungan tingkat kebisingan yang berasal dari berbagai sumber bunyi tidak bisa dilakukan dengan menjumlahkan begitu saja tingkat-tingkat kebisingan dari masing-masing sumber secara aljabar, mengingat "tingkat kebisingan" merupakan *fungsi logaritma* dari tekanan bunyi. Sedangkan untuk mendapatkan tingkat kebisingan total dari sumber-sumber kebisingan, salah satu metode atau cara yang dipergunakan adalah dengan "Metode Grafik" seperti terlihat pada gambar berikut.



Penjumlahan & Pengurangan Tingkat Kebisingan
dengan Metode Grafik

2.1.7.1. Metode Penjumlahan dan Pengurangan Tingkat Kebisingan

Untuk penjumlahan dan pengurangan decibel (dB) harus diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk satuan tekanannya. Jadi jika suatu sumber bunyi A menghasilkan *SPLA*, dan sumber bunyi B menghasilkan *SPLB*, maka SPL total-nya adalah sama dengan *SPLA* + *SPLB* .

Secara langsung penjumlahan dan pengurangan dapat dilakukan dengan menggunakan grafik di atas, tetapi masih terbatas pada nilai selisih yang tertentu.

Langkah-langkah penjumlahan dan pengurengan tersebut adalah sebagai berikut :

a. Untuk penjumlahan :

1- Mengukur tingkat tekanan bunyi dari sumber bunyi A dan B.

2- Menghitung selisih antara keduanya (A dan B)

3- Pada grafik, dimulai dari bawah grafik dengan selisih pada (2), kemudian ditarik garis ke kiri sampai sumbu tegak.

4- Menjumlahkan hasil pada poin 3. dengan SPL yang tertinggi yang terukur pada poin 1. Harga ini merupakan *SPL Total.*

b. Untuk pengurangan :

Pengurangan biasanya dilakukan apabila pengukuran suatu sumber bunyi dipengaruhi oleh sumber bunyi lain (background noise).

1- Mengukur SPL Total, artinya sumber bunyi A hidup dan sumber bunyi B hidup

2- Mengukur SPLB dengan sumber bunyi A mati

3- Menghitung selisih SPL Total dan SPLB.

Dengan catatan; * Kalau selisih ini sama dengan 3 dB , maka pengukuran dilakukan dengan tidak teliti.

* Kalau selisih ini diantara 3 dB dan 10 dB , berarti perlu dikoreksi lagi

* Kalau selisih ini kurang dari 3 dB, maka tidak memerlukan koreksi lagi.

c. Untuk peralatan sejumlah -n

Perhitungan kebisingan untuk peralatan sejumlah -n , yang menghasilkan PWL (Sound Power Level), haruslah diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk satuan tekanannya (SPL), dengan rumus sbb :

$$SPL = PWL - 10Log(S/So) + 0,5 \quad \text{---- } dB$$

di mana : S = volume ruang dimana terletak sumber yang diukur

S = volume referensi (1 m^2)

2.1.7.2. Rumus-rumus Perhitungan Untuk Masing-masing Peralatan

a. Untuk motor induk

Yang berungsi sebagai motor induk di sini adalah *turbin gas*, dan rumus perhitungan tingkat kebisingannya adalah sebagai berikut :

$$Lw = 10\,Log(P / Pref)$$

di mana : Lw = Daya Bunyi mesin (dB)

P = Daya mesin (Watt)

Pref = Daya referensi (10^{-12} Watt)

b. Generator Listrik

Perhitungan generator ataupun motor listrik menggunakan rumus:

b.1 daya bunyi dihitung dengan rumus :

$$Lw = 20\,Log\,HP + 15\,Log\,N + Km$$

di mana ; Lw = Daya Bunyi (dB)

HP = daya generator/motor (HP)

N = putaran (speed) motor/generator (rpm)

Km = konstanta daya bunyi untuk motor/generator (= 13 dB)

b.2. Kemudian dihitung tekanan bunyinya dengan rumus :

$$SPL = [\, Lw - \{10Log\,(S/So)\}] + 0,5$$

di mana : SPL = Tekanan Bunyi (Sound Presure Level) - dB

S = Luas kamar mesin (m^2)

S = Luas referensi (1 m^2)

c. Pompa-pompa

Yang dimaksud dengan pompa-pompa di sini adalah pompa-pompa yang mendukung sistem-sistem pada kapal (Bima Samudera), seperti : pompa air laut, (seawater pump), pompa pemadam kebakaran (fire pump), pompa bahan bakar (fuel pump), pompa limbah (sewage/ waste pump), tetapi tidak termasuk pompa utama (waterjet pump). Rumus perhitungan tingkat kebisingan dari pompa-pompa adalah sbb :

c.1 Perhitungan daya bunyi pompa menggunakan rumus :

$$Lw = 10\ Log\ HP + Kp$$

di mana :

Lw = daya bunyi (dB)

HP = daya pompa (Hp)

Kp = konstanta daya bunyi untukk pompa (disesuaikan dengan jenis pompa

c.2 Kemudian perhitungan tekanan bunyi (SPL)pompa dihitung seperti pada perhitungan SPL pada generator/motor di atas.

d. Kompresor

Perhitungan tingkat kebisingan pada kompresor menggunakan rumus :

$$Lw = 10 \, Log \, HP + Kc$$

di mana : Lw = daya bunyi (dB)

HP = daya kompresor (Hp)

Kc = konstanta daya bunyi kompresor (= 86 dB)

e. Blower

Rumus perhitungan tingkat kebisingan pada blower adalah sbb :

e.1. Daya bunyi blower dihitung dengan rumus :

$$Lw = 10 \, Log \, Fr + 20 \, Log \, Ps + Kf$$

dengan keteragan :

Lw = daya bunyi blower (dB)

Fr = kapasitas/debit dari blower (l /menit)

Ps = tekanan statis dari blower (cm H_2O)

e.2. Sedangkan Tekanan Bunyi blower dihitung dengan rumus perhitungan tekanan bunyi seperti pada generator/motor dan pompa.

2.2. Ketentuan IMO Tentang Kebisingan di Atas Kapal

Untuk ketentuan standar kebisingan yang diijinkan, kami pergunakan ketentuan yang diberlakukan oleh IMO. IMO (International Marine Organisation) yaitu organisasi yang memberikan dan memberlakukan ketentuan tentang pelayaran internasional berdasarkan konsensus internasional. Sedangkan lingkup ketentuan IMO yang kami ambil adalah khusus yang menyangkut tentang kebisingan di atas kapal.

Ketentuan IMO tentang kebisingan di atas kapal adalah sbb :

2.2.1. Pada ruang-ruang kerja :

1- Kamar mesin dengan keberadaan manusia secara kontinyu _____ 90 dB

2- Kamar mesin tanpa keberadaan manusia secara kontinyu _____ 110 dB

3- Ruang kontrol permesinan _____ 75 dB

4- Bengkel kerja _____ 85 dB

5- Ruang-ruang kerja yang tidak khusus _____ 90 dB

2.2.2. Pada ruang-ruang akomodasi :

1- Kabin dan klinik _____ 60 dB

2- Ruang mess _____ 65 dB

3- Ruang rekreasi terbuka _____ 65 dB

4- Area rekreasi terbuka _____ 75 dB

5- Ruang kantor _____ 65 dB

2.2.3. Ruang-ruang Navigasi

1- Navigating bridge dan chart room _____ 65 dB

2- Ruang radio _____ 60 dB

3- Ruang radar _____ 65 dB

4- Ruang pendengaran _____ 70 dB

Sedangkan standar atau parameter yang kami gunakan di sini adalah ketentuan pada point 2.2.1 - 1 yaitu ambang "kebisingan di kamar mesin dengan keberadaan manusia secara kontinyu (90 dB).

2.3 Karakteristik Turbin Gas

Turbin gas sebagai salah satu jenis "external combustion engine" (motor bakar luar) memiliki karakteristik tersendiri, khususnya yang berhubungan dengan masalah kebisingan. Turbin gas memiliki intensitas kebisingan yang cukup tinggi dibanding jenis motor lainnyan , baik motor bakar luar maupun motor bakar dalam.

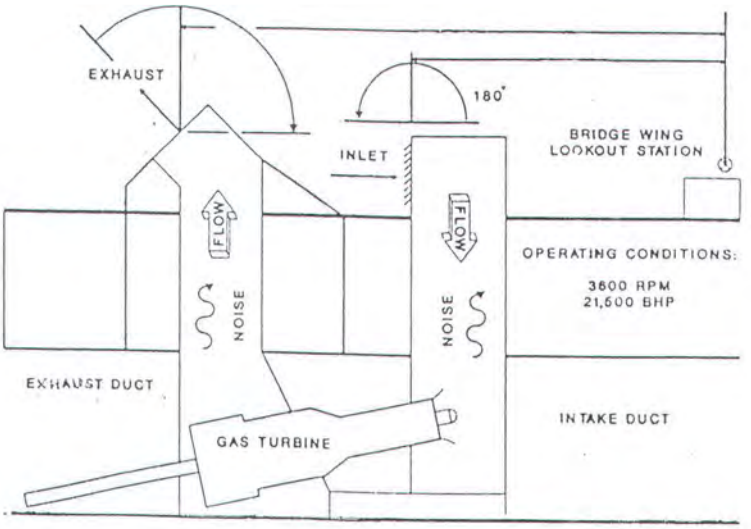
Tingkat kebisingan turbin gas adalah berkisar antara 91 dB s/d 141 dB (Harrington - Marine Engineering); dengan penjelasan sbb :

- pada salura masuk (intake) = 114 dB – 141 dB
- pada saluran buang (exhaust) = 91 dB - 124 dB

Kebisingan yang tinggi, yang dihasilkan oleh turbin gas tersebut disebabkan oleh adanya udara terkompresi/ termampatkan (bertekanan tinggi) pada bagian "ducting" (intake dan

exhaust) sehingga temperatur udara di daerah tersebut menjadi tinggi pula, dan menyebabkan partikel-partikel udara di dalamnya bergerak dengan kecepatan tinggi yang menimbulkan kebisingan yang tingg i pula

Berikut adalah gambar/skema dari turbin gas dengan kebisingan yang dihasilkannya :



Gbr. 2.2 Skema susunan turbin gas dengan kebisingan yang dihasilkan

BAB III

PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN KEBISINGAN MOTOR INDUK DAN PERMESINAN PADA KAPAL JETFOIL BIMA SAMUDERA

BAB III

PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN KEBISINGAN MOTOR INDUK DAN PERMESINAN PADA KAPAL JET FOIL BIMA SAMUDERA

3.1. Perhitungan Tingkat Kebisingan

3.1.1 Penggerak Utama

3.1.1.1. *Turbin Gas*

3.1.1.1.a. Merk dan Tipe Turbin Gas

Turbin gas sebagai motor penggerak utama kapal jetfoil Bima Samudera disini, merupakan satu kesatuan unit mesin, yang terdiri dari bagian yang disebut "gas generate" dan "power turbine ". Di mana gas generate adalah unit / bagian yang menghasilkan gas (pembangkit gas) sebagai fluida penggerak turbin , sedangkan power turbine adalah bagian yang menghasilkan energi mekanik (energi putar) yang berupa perputaran sudu-sudu turbin. Pada unit gas generate sendiri terdiri dari dua buah turbin kompresor dua tingkat, dan satu buah kompresor 14 tingkat yang memiliki 6 ruang pembakaran (combustion chamber).

Turbin gas yang digunakan disini adalah merk *"Allison's"* yang diproduksi oleh General Electric, Amerika Serikat, dengan tipe/jenis 501 KF. Sedangkan jumlah turbin gas terpasang (motor induk) adalah sebanyak dua unit (kanan/kiri).

3.1.1.1.b. Spesifikasi Turbin Gas

Sedangkan spesifikasi dari turbin gas *Allison's* **501 KF** tersebut adalah sebagai berikut :

* Daya mesin : 3750 HP

* Kecepatan / Putaran : range = (10.000 -- 14.000) rpm

idle = 13.000 rpm

3.1.1.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Turbin Gas

Jumlah turbin gas sebanyak dua unit, masing-masing memiliki daya (Pm) sebesar 3750 Hp.

Dikonversikan kedalam satuan "Watt" : Pm = 746 x 3750 = 2.797.500 Watts

$fn = \frac{P}{Pm} \rightarrow fn = 2.10^{-6} \rightarrow$ untuk turbin gas

$P = Pm \times fn = 2.797.500 \times 2.\ 10^{-6} = 5{,}595$ Watt

$Lw = {}^{10}Log\ (\frac{P}{P.ref}) \quad \Rightarrow \quad Pref = 10^{-12}$ Watt

$= {}^{10}\text{Log}\ (\frac{5{,}595}{10^{-12}})$

$= 127{,}478$ dB

* Keterangan untuk Luas Kamar Mesin :

jarak gading = 36 inchi = 91,44 cm

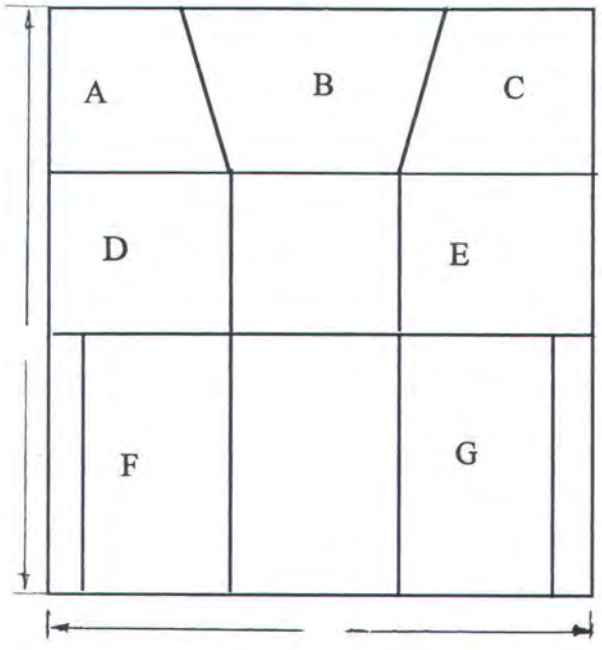
- panjang kamar mesin : 14 - gading 26 = 12 jarak gading $\rightarrow$ p = 12 x 91.,44 cm

p = 1.097,28 cm

p = 10,98 m

- lebar = 9,4 m

Jadi Luas Kamar Mesin (A) = p .l = 10,98 m x 9,4 m = 103,212 m^2



Keterangan :
A. Ruang permesinan bantu komp 12P
B. Ruang permesinan bantu komp 12S
C. Ruang permesinan bantu komp 12 C
D.Kamar pompa bagian kiri
E. Kamar pompa bagian kanan
F. Ruang turbin gas bagian kiri
G. Ruang turbin gas bagian kanan

Gb. 3.1 Skema Luas Kamar Mesin

$$SPL = [(Lw - 10\ Log\ (\frac{S}{So})) + 0,5\ ]\ \_\_\_\_\_\ dB \rightarrow So = 1\ m^2$$

$$= [\ \{127,478 - 10\ Log\ (\frac{103,212}{1})\} + 0,5\ ]\ \_\_ dB$$

$$= 111,118\ dB$$

3.1.1.2. Pompa Penggerak Utama (WaterJet Pump)

3.1.1.2.a. Merk dan Tipe Pompa

Pompa yang dimaksud disini adalah, pompa yang berfungsi sebagai penghasil gaya dorong kapal (akibat momentum dengan air). Pompa yang digunakan disini adalah jenis

"axial flow pump" (displacement), dengan merk ***"Rockwell"***, buatan Amerika Serikat. Jumlah pompa utama terpasang pada kapal jet foil Bima Samudera adalah 2 unit (kanan/ kiri).

3.1.1.2.b. Spesifikasi Pompa Waterjet

Spesifikasi dari Rockwell axial flow pump adalah sebagai berikut :

* Daya pompa : 3750 HP
* Speed (Putaran) : 2250 rpm
* Kapasitas : 15 m^3/detik

3.1.2.1.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Pompa Utama

Jumlah waterjet pump adalah dua unit, masing-masing memiliki daya sebesar 3750 HP

$Lw = 10 \, Log \, HP + Kp$; Kp = 100 → untuk screw pump

$= 10 \, Log \, 3750 + 100$

$= 10 \times 3{,}574 + 100$

$= 135{,}74$ dB

$SPL = [\{Lw - 10 \, Log \, (S/So)\} + 0{,}5]$ _____dB

$= [\{135{,}74 - 10 \, Log \, (103{,}212/1)\} + 0{,}5]$ ____dB

$= 106{,}103$ dB

3.1.2. Mesin-mesin Pendukung/Bantu

3.1.2.1. Diesel Generator

3.1.2.1.a. Merk dan Tipe Diesel Generator

Diesel Generator yang dipakai adalah merk *Perkin*, buatan Inggris, dengan tipe **T.6354 CC.** (dimana T berarti Turbo, angka 6 menunjukkan jumlah silinder, 354 adalah kebutuhan bahan bakar spesifik atau SFC). Jadi diesel generator ini menggunakan turbocharger pada motor diesel penggeraknya. Jumlah diesel generator yang dipasang disini adalah dua unit, yang masing-masing digunakan sebagai :

- 1 unit untuk pembangkit energi listrik diatas kapal (3, 60 Hz, 1800 rpm)
- 1 unit untuk penggerak pompa-pompa hidrolis.

3.1.2.1.b. Spesifiksi Diesel Generator

Diesel Generator Perkin T.6354 CC memiliki spesifikasi sebagai berikut :

* Daya : 90 HP
* Speed (putaran) : 1800 rpm
* Konsumsi bahan bakar (SFOC) : 354 ltr /jam = 3,94 ltr/HP/jam

3.1.2.1.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Diesel Generator

Untuk dua unit diesel generator HP = 2 x 90 HP = 180 HP

$Lw = 20 \, Log \, HP + 15 \, Log \, n + Km \rightarrow Km = 13 \, dB$

$= 20 \, Log \, 90 + 15 \, Log \, 1800 + 13 \ldots\ldots dB$

$= 45{,}1 + 48{,}83 + 13 = 106{,}93 \; dB$

$SPL = [\, (Lw - 10 \, Log \, (\frac{S}{So}) + 0{,}5 \,] \_\_\_\_\_ dB$

$= [\, \{106{,}93 - 10 \, Log \, (\frac{103{,}212}{1})\} + 0{,}5 \,]$

$= 87{,}293 \; dB$

3.1.2.2. Pompa-pompa

Yang dimaksud dengan pompa-pompa disini adalah pompa-pompa yang berfungsi sebagai "auxilliary machinary" (permesinan pendukung), jadi bukan pompa utama. Pompa-pompa tersebut antara lain :

3.1.2.2.1. Pompa Air Laut

3.1.2.2.1.a. Tipe Pompa Pompa Air Laut

Pompa air laut yang digunakan disini adalah tipe centrifugal pump, "self priming" dengan jumlah pompa terpasang satu unit.

3.1.2.2.1.b. Spesifikasi Pompa Air Laut

Spesifikasi pompa air laut antara lain:

Daya pompa : 10 HP

Putaran : 3600 rpm

Kapasitas : 439 l/min

Penggerak pompa adalah motor listrik dengan :

frekuensi = 60 Hz,

beda potensial = 440 Volt (AC)

3.1.2.2.1.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Pompa Air Laut

$Lw = 10\ Log\ HP + Kp$; Kp = 95 → untuk jenis centrifugal pump

Lw = 10 Log 10 + 95

Lw = 105 dB

$SPL = [\ \{w - 10\ Log\ (S/So)\} + 0,5\ ]$ _____ dB

$SPL = [\ \{105 - 10\ Log\ (\frac{103,212}{1})\ \} + 0,5\ ]$

SPL = 85,363 dB

3.1.2.2.2. Pompa Bilga

3.1.2.2.2.a. Tipe Pompa Bilga

Pompa bilga yang digunakan adalah tipe pompa sentrifugal, self-priming dengan jumlah terpasang dua unit.

3.1.2.2.2.b. Spesifikasi Pompa Bilga

Pompa bilga tersebut diatas memiliki spesifikasi sbb:

Daya pompa : 3 HP

Putaran : 60 rpm

Kapasitas : 189 ltr/menit pada tekanan 49 psi

Penggerak pompa adalah electric motor dengan voltage 440 (AC)

3.1.2.2.2.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Pompa Bilga

Lw = 10 Log HP + Kp

= 10 Log 3 + 95

= 99,771 dB

SPL = [(LW - Log 103,212/So) + 0,5] _____dB

= [(99,771 - Log 44/1) + 0,5

= 80,134 dB

3.1.2.2.3. Pompa Pemadam Kebakaran

3.2.2.3.a. Tipe Pompa Pemadam Kebakaran

Tipe pompa pemadam kebakaran adalah centrifugal, self-priming pump dengan jumlah terpasang satu unit.

3.1.2.2.3.b. Spesifikasi Pompa Pemadam Kebakaran

Pompa pemadam kebakaran memiliki spesifikasi sbb:

Daya pompa : 15 HP

Putaran : 100 rpm

Kapasitas : 764 ltr/mnt. pada tekanan : 67 psi

Penggerak pompa adalah motor hidrolik

3.1.2.2.3.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Pompa Pemadam Kebakaran

$Lw = \text{Log HP} + Kp$

$= 10 \text{ Log } 15 + 95$

$= 106{,}76 \text{ dB}$

$SPL = [(Lw - 10 \text{ Log } S/So) + 0{,}5] \_\_\_\_\_ dB$

$= [(106{,}76 - 10 \text{ Log } 103{,}212/1) + 0{,}5]$

$= 87{,}123 \text{ dB}$

3.1.2.2.4. Pompa Bahan Bakar

3.1.2.2.4.a. Tipe Pompa Bahan Bakar

Tipe pompa bahan bakar yang dimaksud adalah pompa sentrifugal dengan jumlah terpasang satu unit

3.1.2.2.4.b. Spesifikasi Pompa Bahan Bakar

Spesifikasi dari pompa bahan bakar tersebut adalah :

Daya Pompa : 10 HP

Putaran : 2800 rpm

Kapasitas : 425 l/mnt

Penggerak pompa bahan bakar adalah hydrolic motor

3.1.2.2.4.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Pompa Bahan Bakar

$Lw = 10 \text{ Log } HP + Kp$

$= 10 \text{ Log } 10 + 95$

$= 105 \text{ dB}$

$SPL = [(Lw - 10 \text{ Log } S/So) + 0,5]$ _____dB

$= [(105 - 10 \text{ Log } 103,212) + 0,5]$

$= 85,363 \text{ dB}$

3.1.2.2.5. Pompa Limbah (Waste Pump)

3.1.2.2.5.a. Tipe Pompa Limbah

Tipe pompa limbah yang digunakan adalah "positive displacement pump" dengan jumlah terpasang satu unit.

3.1.2.2.5.b. Spesifikasi Pompa Limbah

Pompa limbah yang digunakan memiliki spesifikasi sbb:

Daya pompa : 2 HP

Kapasitas : 52 ltr /menit

Penggerak pompa adalah motor listrik dengan

frekuensi = 60 Hz

Beda potensial = 440 volt (AC)

3.1.2.2.5.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Pompa Limbah

Lw = 10 Log HP + Kp ; Kp = 100 → untuk jenis displacement pump

= 10 Log 2 + 100

= 103,01 dB

SPL = [(Lw - 10 Log S/So) + 0,5] _____dB

= [(103,01 - 10 Log 103,212/1) + 0,5]

= 83,373 dB

3.1.2.3. Kompresor

Penggunaan kompresor pada kapal jetfoil Bimasamudera disini pada dasarnya adalah untuk men-suplai sistem hidrolis kapal yang ditujukan untuk menjalankan beberapa fungsi antara lain :

1. Sistem start turbin gas (motor induk)
2. Penggerak foil (mover of flap)
3. Penggerak naik/turun kaki foil
4. Pompa pemadam kebakaran
5. Penggerak "bow-thruster"
6. Penggerak maju/mundur kapal (actuator/deflector)

3.1.2.3.a. Tipe Kompresor

Tipe kompresor yang digunakan adalah vertical two stage compresor dengan jumlah tiga unit, yang digunakan untuk men-suplai berbagai keperluan diatas.

3.1.2.3.b. Spesifikasi Kompresor

Kompresor yang digunakan diatas memiliki spesifikasi sbb :

Daya (masing-masing) : 5 HP (yang masing-masing "di-set" pula untuk tekanan yang berbeda- beda : 60 psi, 80 psi, dan 100 psi).

Putaran kompresor : 200 rpm

3.1.2.3.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Kompresor

$Lw = 10 \text{ Log HP} + Kc$; $Kc = 86 \rightarrow$ untuk kompresor

$= 10 \text{ Log } 5 + 86$

$= 92{,}989$ dB

3.1.2.4. Blower

Blower yang digunakan pada kapal Bima Samudera adalah berfungsi untuk hal-hal sbb:

- Turbin gas fan (kanan/kiri)
- Diesel generator fan (kanan/kiri)
- Air conditioned (AC) fan
- Exhaust fan

3.1.2.4.a. Tipe Blower

Tipe Blower yang digunakan adalah centrifugal blower, dengan jumlah tujuh unit, dengan perincian sbb :

- 1 unit untuk exhaust fan
- 2 unit untuk Air Conditioning fan

- 2 unit untuk turbo fan (turbin gas)

- 2 unit untuk diesel generator fan

3.1.2.4.b. Spesifikasi Blower

Blower yang digunakan tersebut memiliki spesifikasi sbb:

Daya blower (masing-masing) : 5 HP

Kapasitas : 450 ltr/menit

Tekanan statis : 1,5 cm H_2O

3.1.2.4.c. Perhitungan Tingkat Kebisingan Blower

$Lw = 10 \, Log \, Fr + 20 \, Log \, Ps + Kf$; Kf = 72 → untuk centrifugal blower

$= 10 \, Log \, 450 + 20 \, Log \, 1,5 + 72$

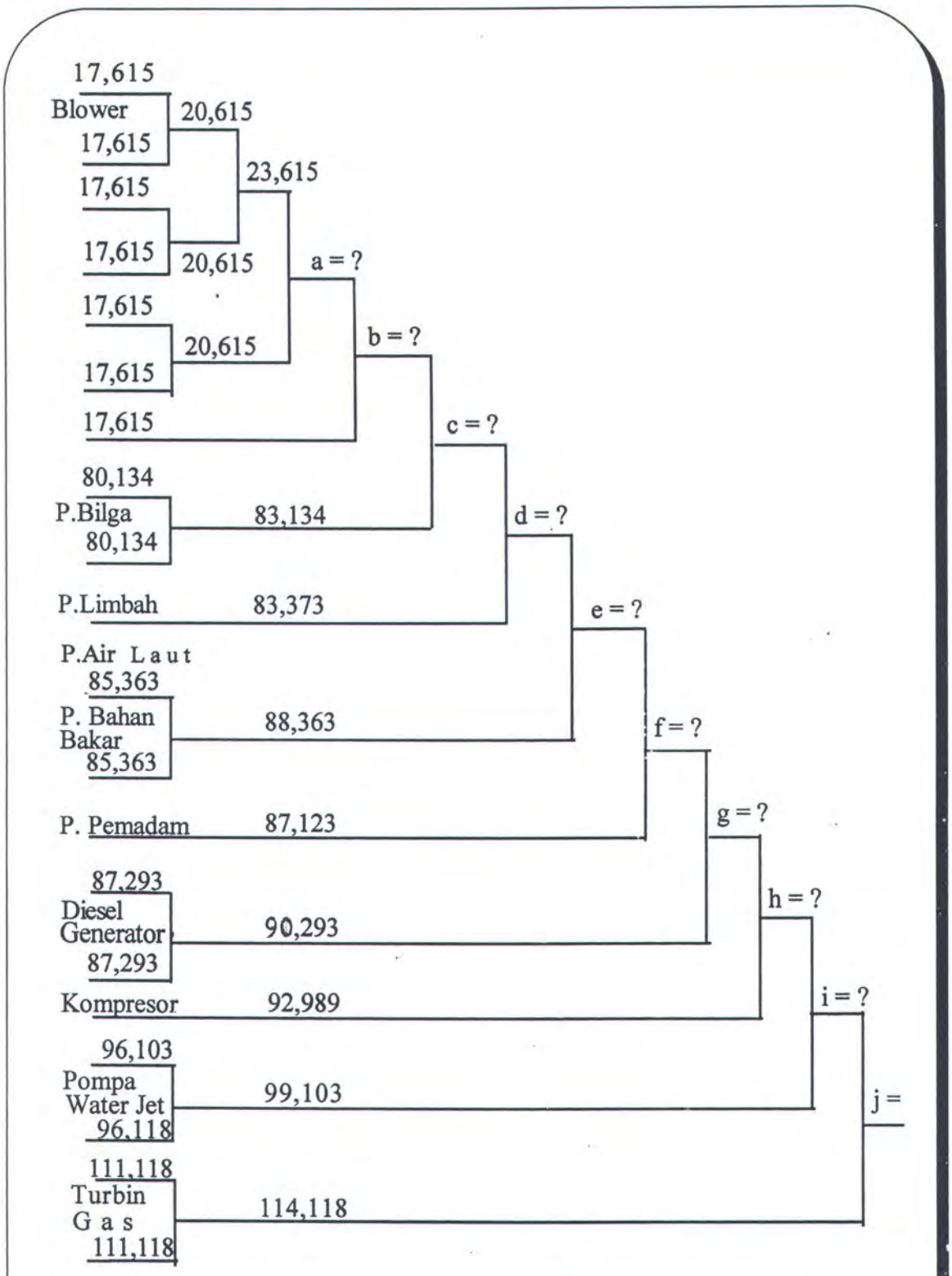
$= 37,252$ dB

$SPL = [(Lw - 10 \, Log \, (S/So)) + 0,5]$

$= [(37,252 - 10 \, Log \, 103,212/1) + 0,5]$

$= 17,615$ dB

Untuk proses perhitungan selanjutnya (mencari *Intensitas Kebisingan Total*), digunakan metode perhitungan "Metode Kompetisi" ; yaitu metode perhitungan tingkat kebisingan total, dengan aturan, bahwa *sumber kebisingan yang terbesar, dianggap meng-cover /mewakili sumber kebisingan yang lain* (tetapi dengan beberapa aturan-aturan tertentu). Proses/hasil dari proses metode ini, dapat kita lihat seperti tampak pada skema/gambar *metode kompetisi* sbb :



Gb.3.2 Hasil Perhitungan dengan Metode "Sistem Kompetisi"

Kemudian harga - harga dari a, b, c, d, e, f, g, h, i dihitung dengan rumus sbb:

$$\Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-\Delta/10})$$

di mana : $\Delta = L_2 - L_1$

(* Dalam hasil perhitungan, pembulatan angka sampai 3 angka desimal)

$$a = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-0,3615})$$
$$= 23,615 + 1,435$$
$$= 25,050 \text{ dB}$$

$$b = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-0,444})$$
$$= 17,615 + 0,3562$$
$$= 17,975 \text{ dB}$$

$$c = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-6,516})$$
$$= 83,134 + 1,0000016$$
$$= 84,1340016 \text{ dB}$$
$$= 84,134 \text{ dB}$$

$$d = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-0,627})$$
$$= 83,373 + 1,236$$
$$= 84,609 \text{ dB}$$

$$e = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-0,383})$$

$$= 88,363 + 1,000146$$

$$= 94,363146 \text{ dB}$$

$$= 94,363 \text{ dB}$$

$$f = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-7,240})$$

$$= 87,123 + 1,649$$

$$= 88,772 \text{ dB}$$

$$g = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-0,152})$$

$$= 90,293 + 1,705$$

$$= 91,998 \text{ dB}$$

$$h = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-0,699})$$

$$= 92,989 + 1,796$$

$$= 94,785 \text{ dB}$$

$$i = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1 + 10^{-1,606})$$

$$= 99,103 + 1,025$$

$$= 100,128 \text{ dB}$$

$$j = \Sigma(L_1 + L_2) = L_1 + 10\,Log_{10}(1+10^{-0,724})$$

$$= 114,103 + 1,118$$

$$= 115,221 \text{ dB}$$

Jadi harga *"kebisingan total"* yang didapat di kamar mesin adalah **115,221 dB**

3.2 Pengukuran Intensits Kebisingan

Pengukuran intensitas kebisingan di kamar mesin dilakukan dengan tujuan guna mendapatkan angka-angka/ harga-harga kebisingan di kamar mesin itu sendiri (total), maupun harga-harga kebisingan yang dihasilkan oleh masing-masing permesinan yang ada di kamar mesin tersebut.

Pengukuran intensitas / tingkat kebisingan inipun dilakukan di kamar mesin (secara global untuk mendapatkan nilai kebisingan total di kamar mesin) dengan acuan pada titik-titik lokasi tertentu yang telah diprediksikan "secara efektif" di dalam kamar mesin tersebut, maupun pada masing-masing permesinan yang terdapat di kamar mesin tersebut, dan dilakukan pula pada tiga kondisi yang berbeda-beda, yaitu pada saat *sandar* di pelabuhan, pada saat *take-off*, dan pada saat *pelayaran dinas*.

3.2.1. Pengukuran Tingkat Kebisingan di Kamar Mesin

Pengukuran intensitas kebisingan di kamar mesin dilakukan untuk mendapatkan nilai/harga intensitas kebisingan di kamar mesin secara total .

Prosedur (langkah- langkah) pengukuran intensitas kebisingan di kamar mesin ini dilakukan sbb (seperti pada buku "*Teori Gelombang dan Bunyi* " yang disesuaikan dengan prosedur yang harus kami lakukan) :

1- Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *portable SPL meter*.

2- Pengukuran dilakukan bersama seorang "operator" SPL meter tersebut

3- Pengambilan titik pengukuran adalah sebagai berikut :

3.a - Titik pertama diambil acuan (lokasi) 1 meter dari pintu masuk/keluar kamar mesin

Titik ini diberi tanda "titik A"

3.b.- Titik kedua adalah titik-titik di sudut-sudut kamar mesin yang berbentuk empat - persegi panjang dengan mengambil acuan/ jarak 1 meter dari masing-masing titik sudut tersebut, yaitu :

- "titik B" , yaitu titik pada jarak 1 m dari sudut depan bagian kanan kamar mesin
- "titik C" , yaitu titik pada jarak 1 m dari sudut depan bagian kiri dari kamar mesin
- "titik D", yaitu titik pada jarak 1 m dari sudut belakang bagian kanan kamar mesin
- "titik E". yaitu titik pada jarak 1 m dari sudut belakang bagian kiri kamar mesin

4- Pengukuran dilakukan pada 3 kondisi kapal yang berbeda, yaitu pada saat sandar, take-off ,dan pelayaran dinas

* untuk catatan : pengukuran - pengukuran yang dilakukan di atas dilakukan dengan mengabaikan adanya "error" pada alat ukur (SPL meter), atau dengan asumsi, bahwa SPL meter dalam kondisi baik, dengan " tingkat akurasi" (ketepatan) yang baik pula.

Berikut kami sajikan hasil dari pengukuran intensitas kebisingan (dalam bentuk tabel) yang telah kami lakukan dengan menggunakan SPL meter (untuk kamar mesin)

Tabel 3.1 HASIL PENGUKURAN TINGKAT KEBISINGAN KAMAR MESIN

Titik Pengukuran	Tingkat Kebisingan Pada Kondisi		
	Sandar	Take-off	Pelayaran Dinas
A	105,515	115,215	114,115
B	105,515	115,215	114,115
C	103,305	114,370	109,025
D	103,305	114,370	109,025
E	104,225	115,220	113,420

3.2.2. Pengukuran Tingkat Kebisingan Masing-masing Permesinan di Kamar Mesin

Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan tingkat kebisingan dari masing-masing permesinan di kamar mesin. Pengukuran inipun dilakukan pada tiga kondisi yang berbeda kapal jetoil tersebut (seperti di atas).

Pengukuran tingkat kebisingan untuk masing-masing permesinan ini , dilaksanakan dengan *prosedur* sbb :

1- Pengukuran dilakukan dengan SPL meter.

2- Pengukuran dilakukan oleh seorang operator SPL meter, dan kami mencatat hasilnya.

3- Pengukuran dilakukan pada 3 kondisi, yaitu sandar, take -off, dan pelayaran dinas seprti juga dilakukan pada pengukuran kebisingan kamar mesin di atas.

4- Titik acuan pengukuran adalah : satu meter dari masing - masing permesinan di kamar mesin tersebut, dengan ketentuan radius; artinya pengukuran bisa dilakukan posisi ataupun sisi manapun dari mesin tersebut, selama jmasih dalam jarak / radius 1 meter

Untuk asumsi mengenai alat ukur (SPL meter), sama dengan yang berlaku pada pengukuran kebisingan kamar mesin di atas, yaitu error dari alat ukur diabaikan, dan akurasi alat dianggap baik

Hasil dari pengukuran ini kami catat dan kami sajikan pula dalam bentuk tabel seperti tampak pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1. HASIL PENGUKURAN TINGKAT KEBISINGAN DI KAMAR MESIN PADA JETFOIL BIMA SAMUDERA
(Untuk masing - masing peralatan /permesinan)

NO	JENIS PERMESINAN / PERALATAN	TINGKAT KEBISINGAN PADA KONDISI (dB)		
		SANDAR	TAKE - OFF	PELAYARAN DINAS
1	Turbin Gas (Motor Induk)	105,750	110,115	108,855
2	Diesel Generator	87,555	88,250	88,110
3	Pompa Water Jet	95,100	98,520	96,525
4	Pompa Bilga	80,150	80,545	80,525
5	Pompa Bahan Bakar	87,150	88,015	87,565
6	Pompa Air Laut	85,510	85,725	85,665
7	Pompa Pemadam Kebakaran	87,000	87,000	87,000
8	Pompa Limbah	83,350	83,350	83,455
9	Kompresor	90,995	92,585	91,875
10	Blower	16,560	18,250	18,115

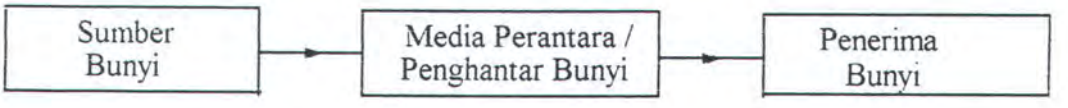
BAB IV

PENURUNAN KEBISINGAN

BAB IV
PENURUNAN KEBISINGAN

Kebisingan yang timbul akibat getaran dari sumber-sumber bunyi, yaitu motor induk dan permesinan yang ada di kamar mesin tersebut , perlu diturunkan seoptimal mungkin, karena sangat mengganggu kenyamanan manusia sebagai anak buah kapal yang bekerja didalamnya (khususnya dari segi psikologis).

Sedangkan metoda atau cara penanggulangan / penurunan kebisingan itu sendiri ada beberapa macam, sesuai dengan "alur perambatan bunyi" yang menimbulkan kebisingan tersebut (*noise path*). Jalur perambatan bunyi / kebisingan tersebut dapat digambarkan sbb :



Dengan berpegangan pada skema jalur perambatan kebisingan tersebut, maka metode penurunan kebisingan pada dasarnya dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

1. Penurunan kebisingan yang dilakukan pada sumber bunyi (*Noise Source Control*)
2. Penurunan kebisingan yang dilakukan melalui media rambatan bunyi (*Noise Path Control*)
3. Penurunan kebisingan yang dilakukan teradap penerima bunyi (*Noise Receiver Control*)

menurunkan kebisingan pada sumber bunyinya. Sedangkan untuk kebisingan yang ditimbulkan oleh permesinan yang terdapat di kamar mesin khususnya, penanggulangan / penurunan kebisingan dilakukan pada tiap - tiap mesin itu sendiri (sebaagai sumber bunyi). Terhadap mesin - mesin tersebut diberikan *treatment* (perlakuan) dengan penambahan/pemberian ataupun pengurangan pada salah satu atau beberapa bagian komponen pada mesin-mesin tersebut.

Beberapa contoh yang dapat diberikan pada metode ini adalah :

- Penggunaan "*muffler*" pada saluran gas buang (exhaust gas) beberapa mesin atau motor, baik sebagai motor induk (penggerak utama) ataupun sebagai mesin bantu , seperti mesin diesel, turbin gas dsb.
- Pemasangan "*mounting*" pada bagian shaft atau poros yang bergetar pada mesin induk, seperti pada mesin diesel, dengan maksud untuk meredam getaran yang ditimbulkan oleh poros tersebut

4.1.1. Penurunan Kebisingan pada Turbin Gas

Turbin gas yang ada pada kapal jetfoil *Bima Samudera* di sini, berfungsi sebagai penggerak utama (prime mover) dari *water jet pump*. Sehingga tubin gas beserta waterjet pump di sini merupakan satu unit kesatuan "*main propulsor*" yang tak terpisahkan.

Tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh turbin gas adalah sangat tinggi yaitu lebih kurang 110 dB (dari hasil pengukuran). Hal ini bisa dimengerti, karena pada "ducting " dari turbin gas yang dilalui udara terkompresi dengan temperatur yang cukup tinggi, sehingga tekanan udara di daerah tersebut mnjadi cukup tinggi pula, dan mengakibatkan bergetarnya partikel-partikel udara dengan kecepatan dan frekuensi tinggi di sekitar ducting dari turbin gas tersebut, yang pada akhirnya menimbulkan kebisingan yang tinggi pula pada turbin gas itu.

Tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh turbin gas adalah sangat tinggi yaitu lebih kurang 110 dB (dari hasil pengukuran). Hal ini bisa dimengerti, karena pada "ducting " dari turbin gas yang dilalui udara terkompresi dengan temperatur yang cukup tinggi, sehingga tekanan udara di daerah tersebut mnjadi cukup tinggi pula, dan mengakibatkan bergetarnya partikel-partikel udara dengan kecepatan dan frekuensi tinggi di sekitar ducting dari turbin gas tersebut, yang pada akhirnya menimbulkan kebisingan yang tinggi pula pada turbin gas itu.

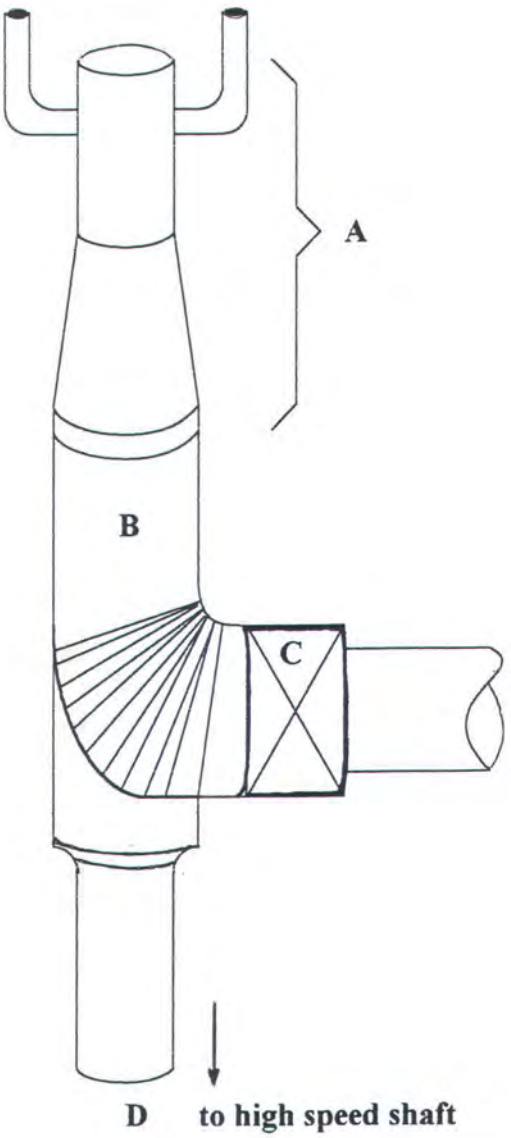
Karena yang menghasilkan tingkat kebisingan tertinggi di kamar mesin adalah turbin gas, maka "treament"penurunan kebisingan cukup dilakukan pada turbin gas tersebut karena dianggap sebagai penghasil tingkat kebisingan yang dominan di kamar mesin

Sedangkan cara penanggulangan/ penurunan kebisingan pada turbin gas di sini dilakukan dengan cara sbb :

-Pemberian pelapisan isolasi (sebagai absorber /penyerap bunyi bising akibat getaran udara) pada bagian "exhaust gas turbine line", karena pada bagian ini yang menimbulkan kebisingan yang sangat tinggi. Sedangkan posisi atau letak dari exhaust tubine (saluran gas buang) itu sendiri adalah tepat setelah di bagian "power turbine" , yang langsung menggerakkan "High Speed Shaft" (poros putaran tinggi), yang mana bagian tersebut dapat digambarkan secara skematis sbb (pada hal. 46).

- Sedangkan lapisan yang yang digunakan sebagai bahan isolasi tersebut bisa menggunakan 2 jenis material, yaitu :

a. *Glasswool*, yaitu jenis material/bahan tipe "fibrous insulation" yang tersusun atas serat- serat berdiameter kecil, berbentuk papan kaku atau lembaran fleksibel (selimut fleksibel) atau cement dan terbuat dari bahan glass dan "fibre-mineral" (serat mineral). Bahan ini memilikki sifat kemampuan penyerapan pada daerah



Gambar 4.1 Skema Turbin Gas dengan Bagian Yang Diisolasi

Keterangan :

A. Gas Generator unit
B. Power Turbine
C. Ducting (Exhaust Gas Turbine) → bagian yang di-treatment / diisolasi
D. High Speed Shaft

frekuensi sedang sampai dengan frekuensi tinggi. Makin besar kerapatan atau ketebalan, makin besar pula kemampuan penyerapan energinya.

b. *Balsawood*, adalah bahan/ material sejenis kayu yang memilikki sifat sangat ringan dibandingkan dengan jenis kayu yang lain, dengan masa jenis berkisar antara 95 kg/m^3 sampai 300 kg/m^3

- Untuk bahan glasswool, dipilih tipe "rockwool" dengan tiga macam ketebalan sebagai bahan uji coba, yaitu *10* mm, *15* mm, dan *25* mm, dengan ukuran luasan bahan

  panjang x lebar = 1,88 m x 0,5 m = 0,94 m^2

  di mana angka 1,88 m didapat dari keliling lingkaran exhaust turbine dengan diameter 0,6 m ($K = 2\pi r$)

- Sedangkan untuk balsawood dipilih yang memiliki ketebalan 25 mm dan densitas 160 - 190 kg/m^3 , karena jenis balsawood dengan spesifikasi ini sudah mampu mereduksi kebisingan sebesar *25 dB* (Noise and Vibration Control Handbook)

- Pada uji coba ini kami terapkan metode "Trial - Measured - Error" seperti yang telah kami sebutkan pada bab yang terdahulu. Sedangkan kondisi percobaan dan pengukuran yang dipilih adalah pada kondisi *take-off*. Karena pada kondisi ini menghasilkan tingkat kebisingan tertinggi (terlihat pada hasil pengukuran) :

  SPL turbin gas pada kondisi take-off = 110,115 dB

  SPL kamar mesin pada kondisi take-off = 115,220 dB

-Dan dari hasil pengukuran (Measured) yang kami sajikan dalam bentuk tabel didapatkan hasil *"reduction noise"* (penurunan kebisingan) sbb :

Tabel 4.1 **Hasil Penurunan Kebisingan (reduction noise) dengan Bahan Isolasi Glasswool / Rockwool**

Ketebalan Glasswool (mm)	**Tingkat Kebisingan (dB)**		**Penurunan Kebisingan (dB)**	
	Turbin Gas	Kamar Mesin	Turbin Gas	Kamar Mesin
10	108,105	114,650	2,010	0,571
15	105,100	111,010	5,015	4,211
25	101,110	107,010	9,005	8,211

Tabel 4.2 **Hasil Penurunan Kebisingan (reduction noise) dengan Material Isolasi "Balsawood" (=180 kg/m)**

Ketebalan Balsawood (mm)	**Tingkat Kebisingan (dB)**		**Penurunan Kebisingan (dB)**	
	Turbin Gas	Kamar Mesin	Turbin Gas	Kamar Mesin
25	84,905	89,510	25,210	25,711

Untuk catatan :

Besar "Reduction Noise" yang dihasilkan oleh material-material tersebut dapat dirumuskan :

$$R = 14,3\ Log_{10}\ M + 11,4 \ldots\ldots dB$$

4.2. Penurunan Kebisingan pada Media Penghantar Bunyi

Karena "media penghantar /perantara bunyi" adalah salah satu elemen atau faktor yang penting dalam proses perambatan bunyi (kebisingan) dari sumber bunyi ke penerima bunyi, maka pengendalian/penurunan kebisingan dapat dilakukan pada elemen ini.

Sedangkan salah satu cara pengendalian kebisingan pada elemen ini adalah bisa dengan menggunakan lapisan isolasi/absorber (penyerap bunyi) pada bagian dinding dari ruangan yang menjadi tempat sumber bunyi /kebisingan berada.

Tetapi pada penulisan Tugas Akhir ini, tidak dilakukan (dibahas) treatment tersebut, karena penurunan kebisingan yang efektif hanya dapat dilakukan pada sumber bunyi kebisingan dominan di kamar mesin itu sendiri, yaitu pada turbin gas . Berikut kami sajikan beberapa jenis material dengan kemampuan menekan frekuensi ambang

Tabel 4.3 **Beberapa Jenis Material dengan Densitas dan Tahanan Frekuensi Ambang**

Material	Density		Critical Frequency x Surface Density	
	kg/m^2 per mm	lb/ft^2 per in	Hz x kg/m^2	Hz x lb/ft^2
Aluminium	2.7	14.1	32 200	6 600
Asbestos cement	1.9	9.9	33 600	6 720
Brick	1.9	9.9	42 000	8 400
Flax board	0.39	2.0	13 200	2 640
Glass	2.5	13.0	39 000	7 800
Hardboard	0.81	4.3	30 600	6 100
Lead	11.2	58.4	600 000	120 000
Partition board	1.6	8.4	124 000	24 800
Plasterboard	0.75	3.8	30 000	6 000
Plywood	0.58	3.0	13 000	2 600
Perspex	1.15	6.1	35 500	7 100
Reinforced concrete	2.3	11.9	44 000	8 800
Steel	8.1	42.2	97 700	19 540

4.3. Penurunan Kebisingan pada Penerima Bunyi

Penurunan kebisingan dapat dilakukan pada peneerima bunyi itu sendiri, di sini yang dimaksud adalah manusia sebagai salah satu elemen proses perambatan bunyi atau kebisingan.

Cara ini dilakukan dengan cara sederhana yaitu dengan menggunakan sejenis alat penutup alat pendengaran (telinga) yang disebut *"ear plug"* atau *"ear muff"*, atau gabungan dari keduanya. Sedangkan kemampuan pengurangan/ penurunan kebisingan dari alat

tersebut (secara perkiraan) adalah sbb :

- ear plug ---------- 20 dB
- ear muff ---------- 30 dB
- ear muff + ear plug ------ 35 dB

Tetapi penggunaan alt ini tidak dilakukan pada penelitian Tugas Akhir ini, karena bukan merupakan solusi / penyelesaian yang efektif dari "Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin pada Kapal Jet Foil"

BAB V

KESIMPULAN

BAB V

KESIMPULAN

Dari keseluruhan uraian penulisan Tugas Akhir tentang "Studi Kasus Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin pada Kapal Jet Foil Bima Samudera "ini, yang berdasarkan pada hasil perhitungan-perhitungan secara teoritis tingkat kebisingan, yang kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran tingkat kebisingan itu pula di lapangan (kamar mesin), maka dapatlah ditarik beberapa poin kesimpulan , bahwa :

* Sumber / penyebab kebisingan yang utama dan dominan pada plant atau kapal berpenggerak utama turbin gas adalah *turbin gas* itu sendiri, khususnya pada kapal jetfoil yang menghasilkan lebih kurang *115 dB* tingkat kebisingan di kamar mesin.
* Kondisi yang menghasilkan tingkat kebisingan yang tertinggi adalah pada saat kapal (jetfoil) pada kondisi "take-off", yaitu sebelum kapal jetfoil melaju dengan kecepatan dinas (service speed), yang mana hal ini terbukti pada saat pengukuran tingkat kebisingan pada beberapa kondisi kapal yang berbeda.
* Penggunaan bahan isolator "balsawood" sangat efektif dalam penurunan kebisingan pada sumber kebisingan utama (turbin gas), karena mampu mereduksi tingkat kebisingan hingga 25 dB (dari lebih kurang 115 dB menjadi 90 dB), sehingga sesuai dengan Tingkat kebisingan referensi (yang diijinkan).

Selain poin-poin kesimpulan yang di dapat, penulis juga ingi memberikan beberapa saran yang kiranya akan bermanfaat, baik bagi para mahasiswa, maupun para praktisi di lapangan. Beberapa saran yang ingin disampaikan tersebut antara lain :

- Hendaknya pihak *produksi* ataupun *maintenance* (pemelihaeraan), dalam hal ini adalah PT. PAL Indonesia, lebih memperhatikan batas ambang kebisingan di kamar mesin, agar sesuai dengan "ambang batas kebisingan yang diijinkan", khususnya demi keselamatan kerja anak buah kapal itu sendiri dalam bekerja.
- Pemeriksaan bahan isolasi (peredam suara handaknya) di kamar mesin, baik pada dinding kamar mesin maupun pada permesinan itu sendiri dilakukan secara rutin,untuk mengetahui kelayakan maupun kerusakan bahan isolasi tersebut.

-------000OOO000------

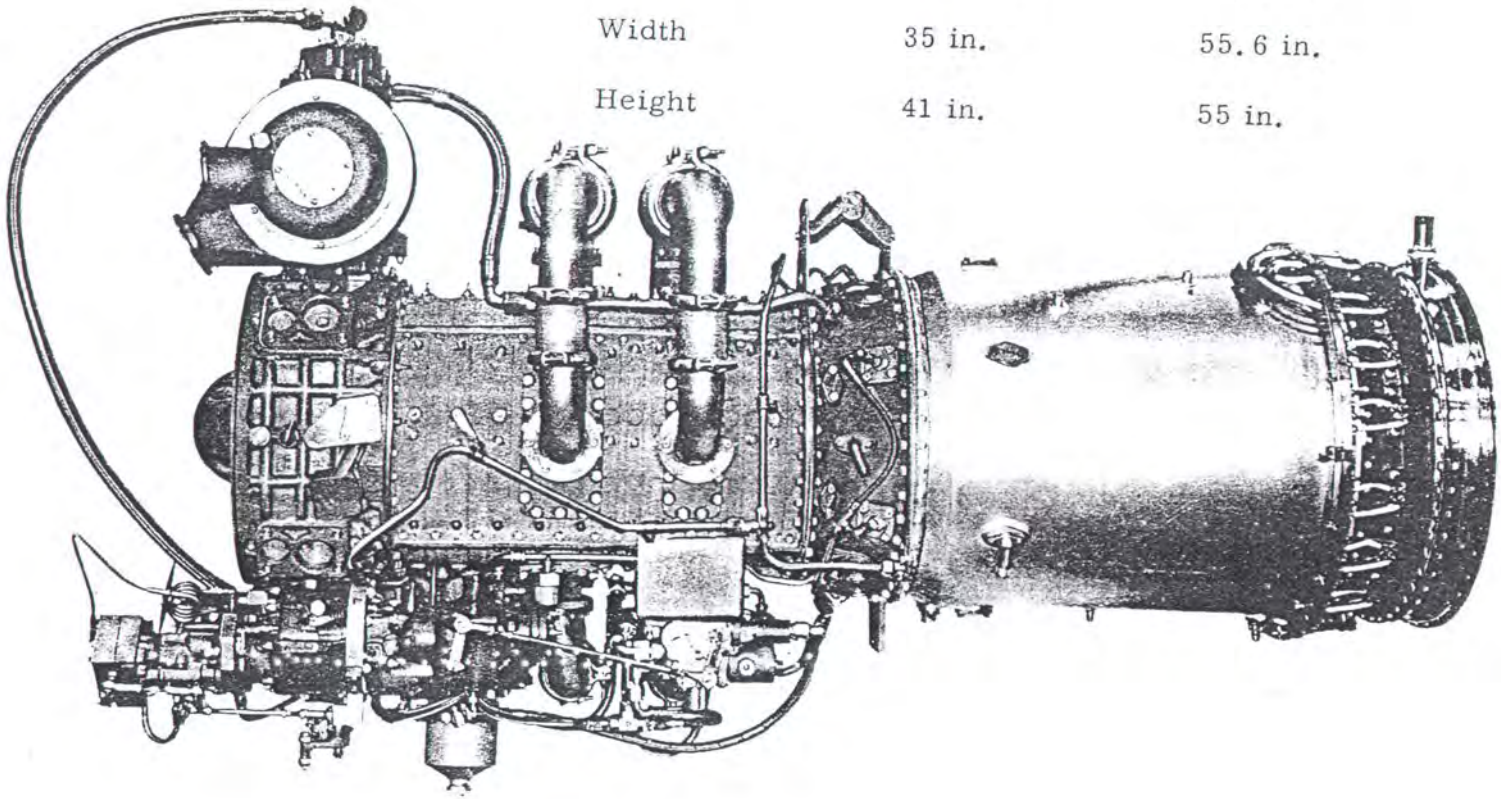
DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. *Marine Engineering,* L. Harrigton, The Society of Naval Architect and Marine Engineers, 1992
2. *Handbook of Noise Contro*l, C.M. Harris, McGraw-Hill Book, Co. New York, 1979
3. *Handbook Noise and Vibration Control Handbook*, R.H Warring , Trade & Tchnical ,1985
4 . *Noise and Vibration Control,* Leo Beranek, McGraw-Hill Book, Co. New York, 1971
5. *Noise and Control for Engineers*, H.W. Lord et al, Mc Graw-Hill Book, Co. New York, 1980
6. *Industrial Noise and Vibration Control,* J.D. Irwin & E.R Graff, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NewYork, 1979
7. *Noise Levels on Board Ships,* IMO , London 1982
8. *Teori Gelombang dan Bunyi,* Schaum, Jakarta, 1989

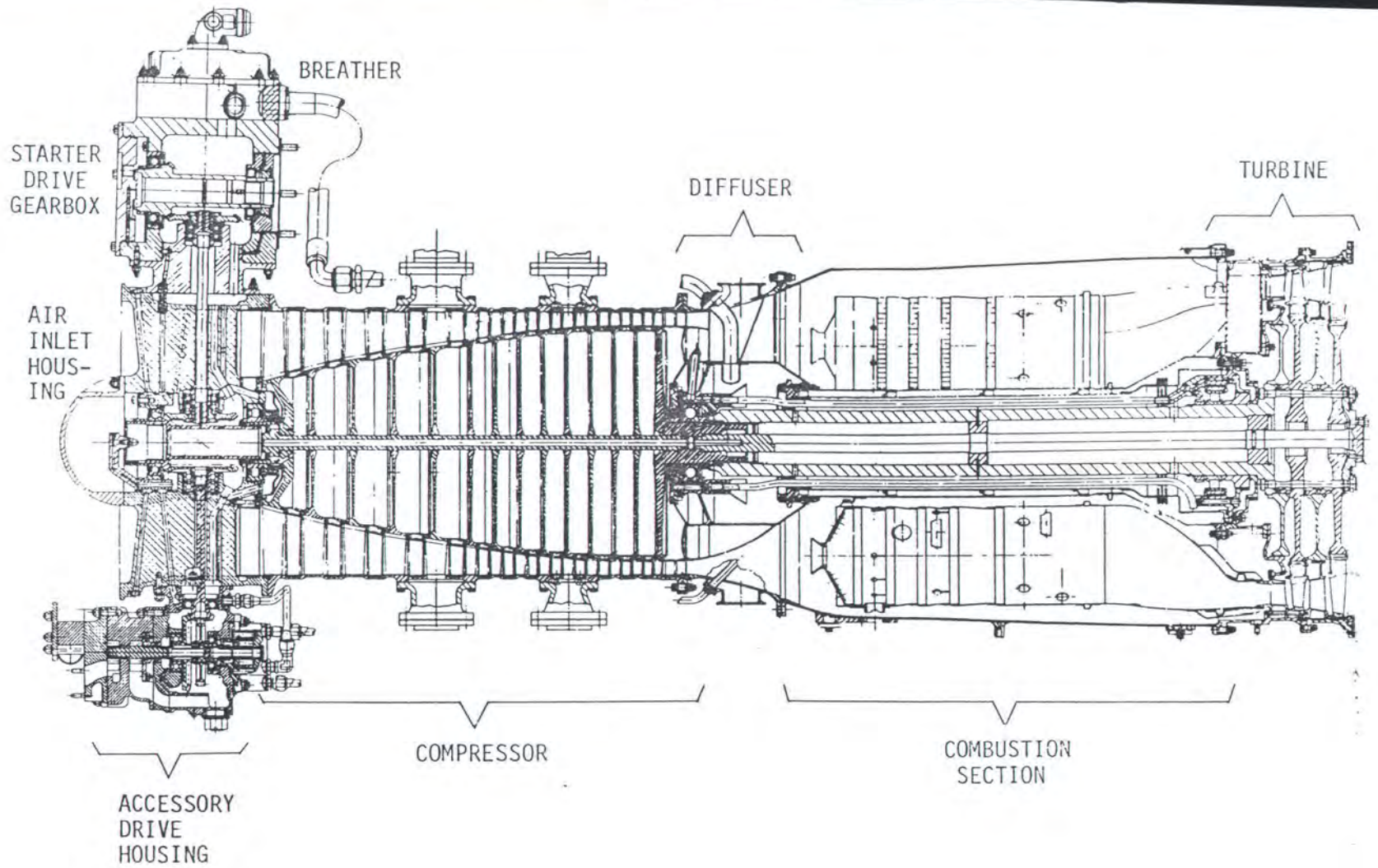
LAMPIRAN

	Gas Generator	Power Turbine
Weight	1089 lb	1220 lb (approx.)
Length	67.6 in.	47.4 in.
Width	35 in.	55.6 in.
Height	41 in.	55 in.



290911

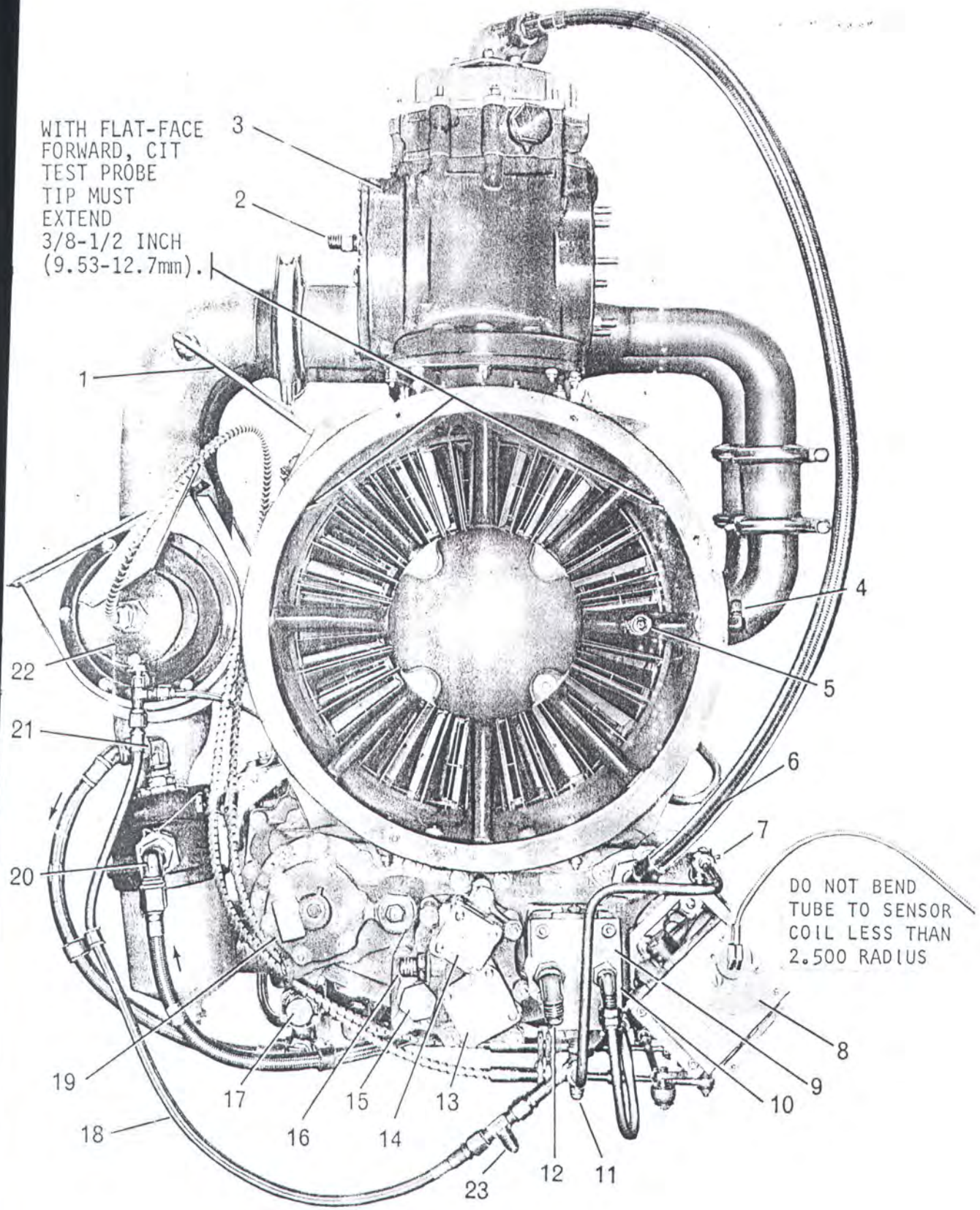
Model 501-KF Gas Generator—Left Side View



Gas Generator Engine—Cross Section
Figure

LAMPIRAN A.2

Detroit Diesel Allison
Division of General Motors Corporation



501-KF Gas Generator Front View
Figure 5

294131

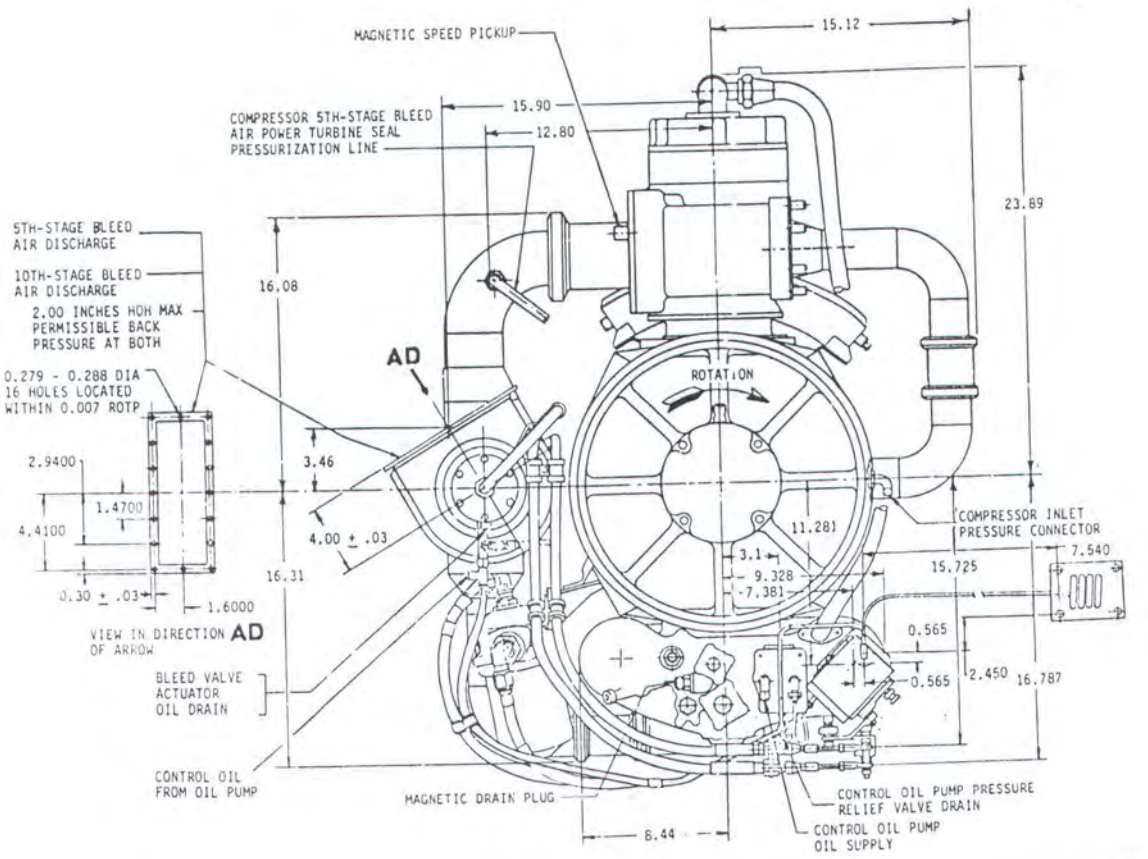
LAMPIRAN A.3

Detroit Diesel Allison
Division of General Motors Corporation

501-KF MAINTENANCE

1. Compressor Fifth-stage Air Supply
2. Speed Magnetic Pickup
3. Starter Drive Gearbox
4. Compressor Inlet Pressure Elbow Connection
5. Compressor Inlet Pressure Probe (Air Tip)
6. Accessory Housing Vent
7. Tachometer Drain Fitting
8. Tachometer—CIT Sensor
9. Hydraulic Oil Pump
10. Hydraulic Oil Outlet
11. Hydraulic Oil Pressure Relief Valve Drain
12. Hydraulic Oil Inlet
13. Engine Oil Inlet
14. Scavenge Oil Outlet
15. Oil Pressure Regulator
16. Indicating Magnetic Plug Connection
17. Paralleling Valve Electrical Connection
18. Oil Pump Out to Fifth-stage Bleed Valve Oil In Line
19. Engine Oil Filter
20. Low-pressure Fuel Filter Inlet
21. Low-pressure Fuel Filter Outlet
22. Fifth-stage Bleed Valve
23. Hydraulic Oil to CDP Sensor

Legend for 501-KF Gas Generator Front View
Figure 5



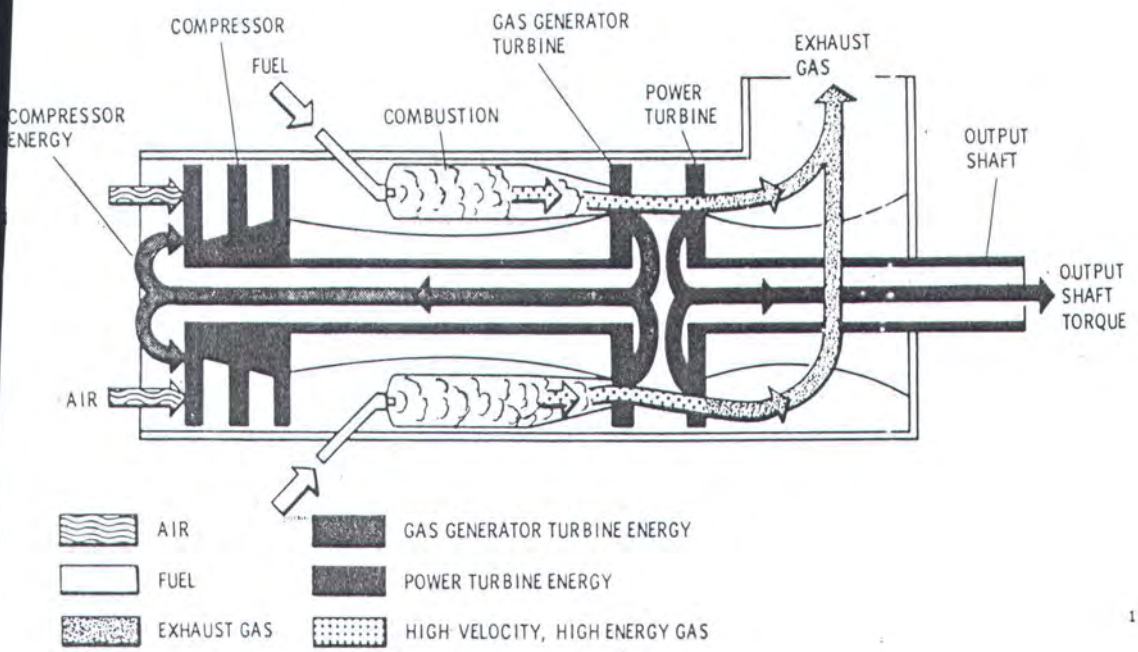
14655

501-KF Optional Plumbing
Figure 5A

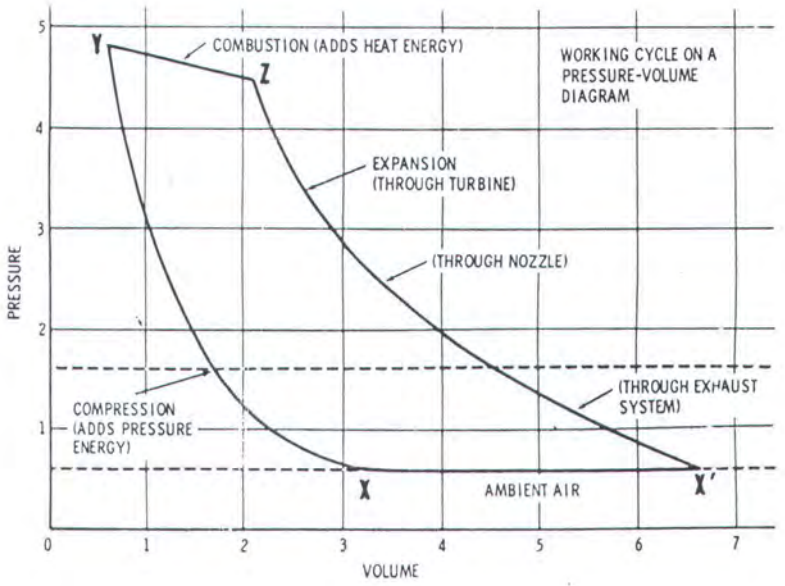
LAMPIRAN A.4

Detroit Diesel Allison
Division of General Motors Corporation

501-KF MAINTENANCE



10726



11271

(Working Cycle on a Pressure-Volume Diagram)

Gas Turbine Engine Operating Theory
Figure 7

Engine Operating Limits Expressed [illegible]
(Sheet 1 of 2)

NOTE: Underlined figures denote limits. Figures not underlined are the normal operating range. If the engine consistently operates outside the normal operating range, or if limits are exceeded, maintenance is required.

T.T. & S. 6891981

Operating Condition	TIT (°F)	Speed		Oil Pressure/Flow		Gas Gen Oil Temp (°F)	Power Turb Temp (°F)	Vibration	
		Gas Gen (rpm)	Power Turb (rpm)	Gas Gen (psig)	Power Turb & Ext Shaft			Gas Gen (mils)	Power Turb & Ext Shaft
Start	1600 max (1) 1200-1525 600 min (1) within 10 sec after 2200 rpm	8400 min (1) within 50 sec 9200 min within one minute 20 rpm/sec (4) min accel rate >2200 <9200 rpm			12-37 gpm 12 gpm min (1) (3) 37 gpm max (Power turbine only)	0 min 180 max	Brg Temp 200 max Oil inlet 50 min		
Run	1970 max (1) 1800-1970 (3) 1800 max for continuous operation 1800 to 1970 may be used for emergency operating conditions 600 min (1) Signal to speed-temp control	15,000 max (1) 10,000-14,500 9200 min (1)	14,500 max (1) 6,000-13,536 5000 min (1)	55 ±5 20 min (1)	Turbine 12-37 gpm 12 gpm min (1) (3) 37 gpm max Extension Shaft 60 ±5 psig 50 psig min (3) above 6000 rpm	180 max	200 max (1)	3 max (2) for 3 sec max	Turbine (2) 1.6 mils max Extension Shaft 0.5 in./sec max during steady-state 1.0 in./sec max during transient

(1) Automatic shutdown occurs if limit is exceeded.

(2) Automatic shutdown occurs if limit is exceeded; however, if vibration is within limits, but a gradual increasing trend is noted, investigate to determine the cause.

(3) Warning condition—corrective action required.

(4) Limit is applicable only when stagnation sensing control is used. Automatic shutdown initiated if accel rate is <20 rpm/sec during any 3 seconds period.

CAUTION:
ENGINE STARTS ARE PERMITTED AT ANY RESIDUAL TURBINE INLET TEMPERATURE. HOWEVER, IN SOME INSTANCES A STAGNATED START MAY OCCUR IN THE 6000-7000 RPM RANGE AS A RESULT OF HIGH RESIDUAL TURBINE TEMPERATURE. IF THIS HAPPENS, ALLOW ENGINE TO COOL TO 200° F (93°C) TIT PRIOR TO NEXT START.

Detroit Diesel Allison
Division of General Motors Corporation

LAMPIRAN B.

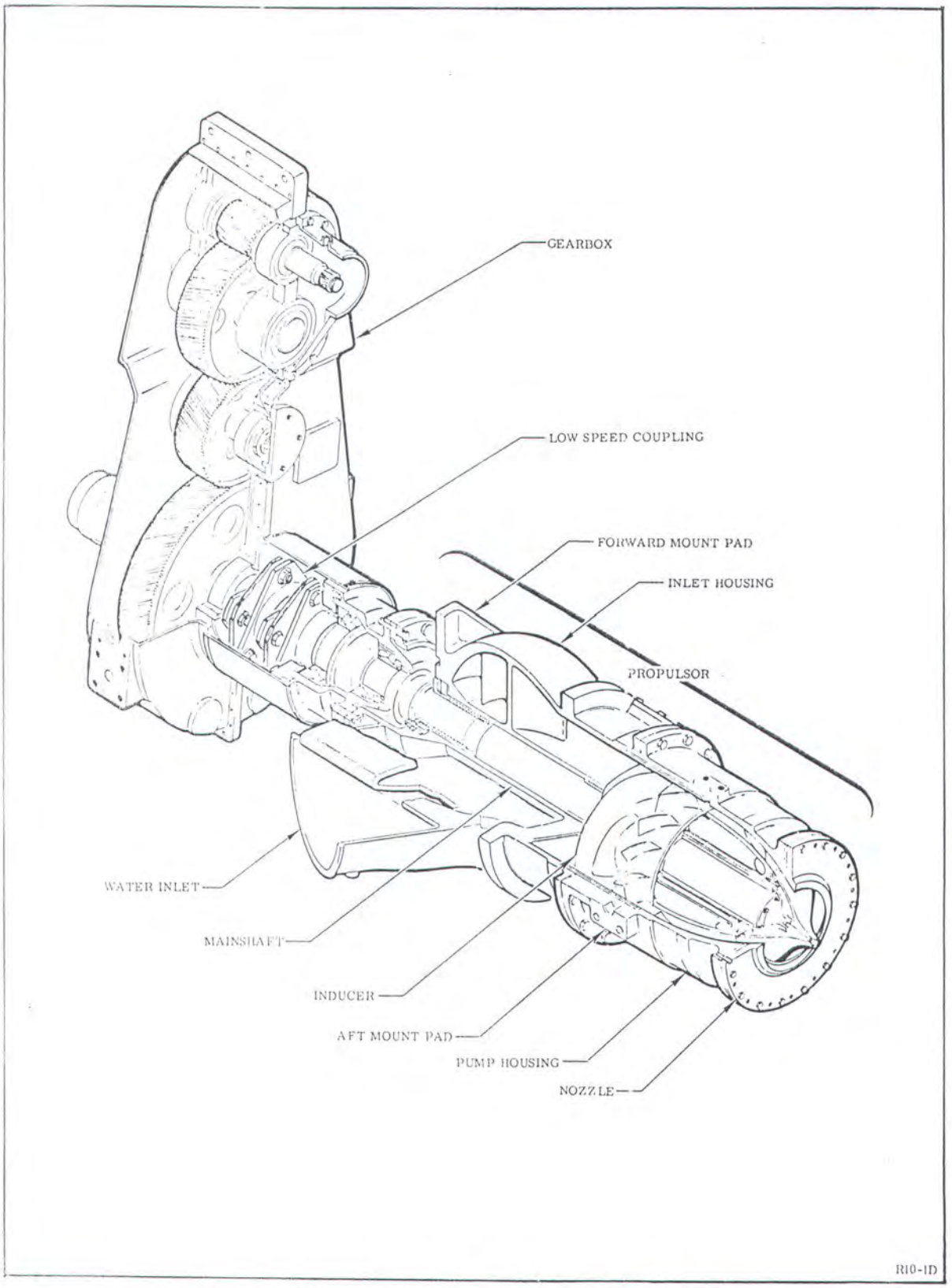


Figure 1-1. Powerjet 20 Propulsion Unit

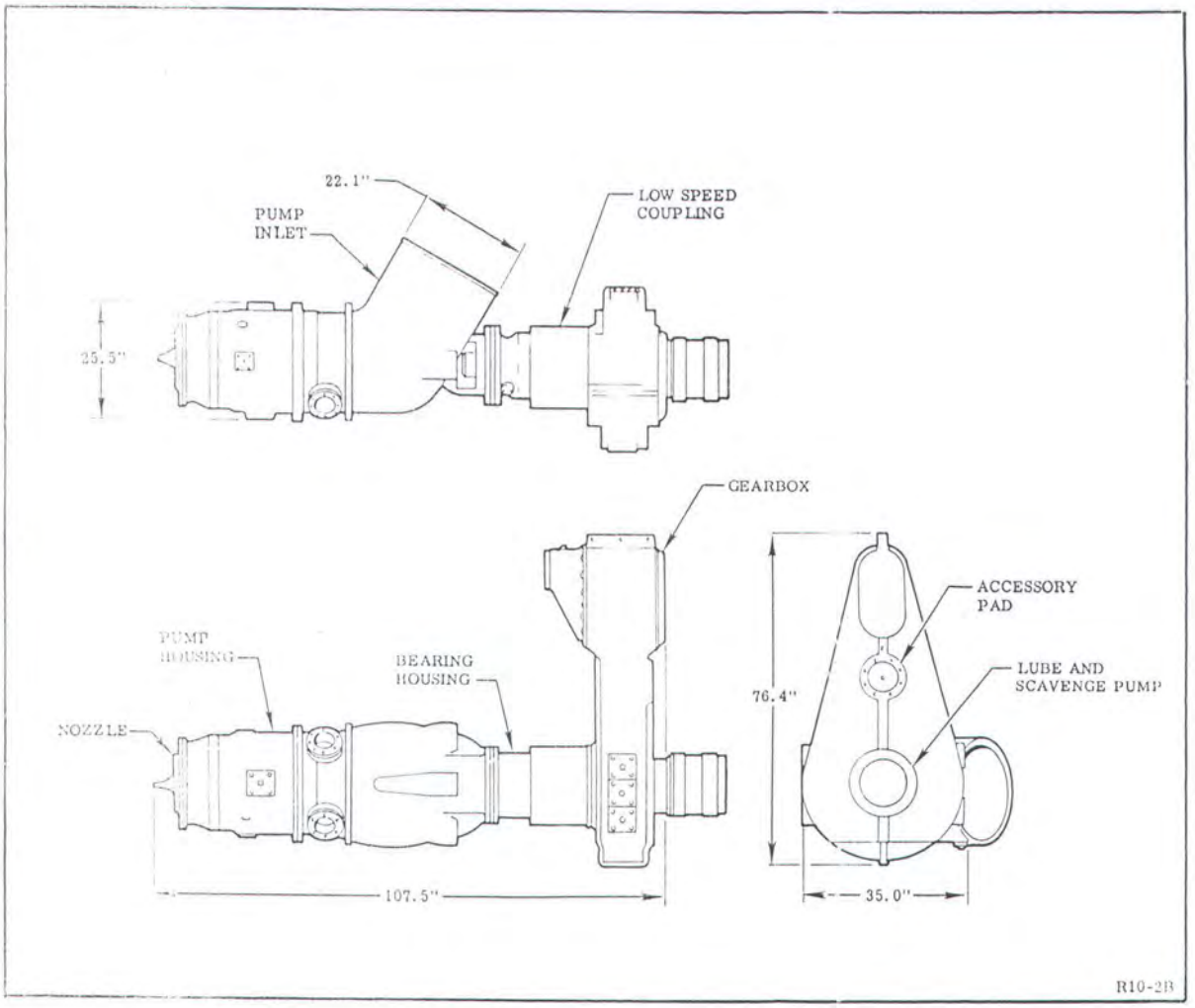


Figure 1-2. Powerjet 20 Propulsion Unit Dimensional Characteristics

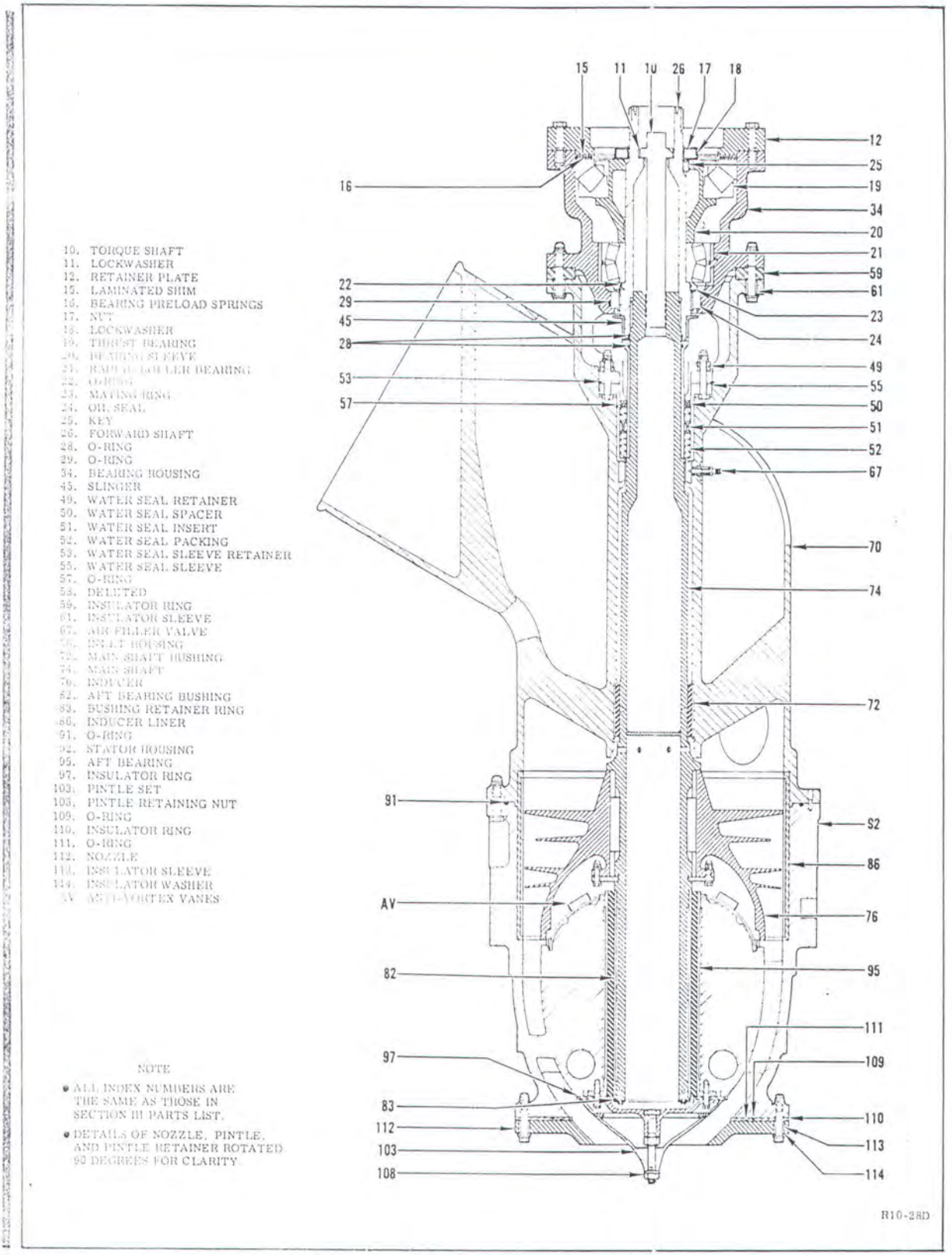


Figure 3-1. Propulsor Sectional View - Standard

Rockwell International
Rocketdyne Division

POWERJET 20
Propulsor

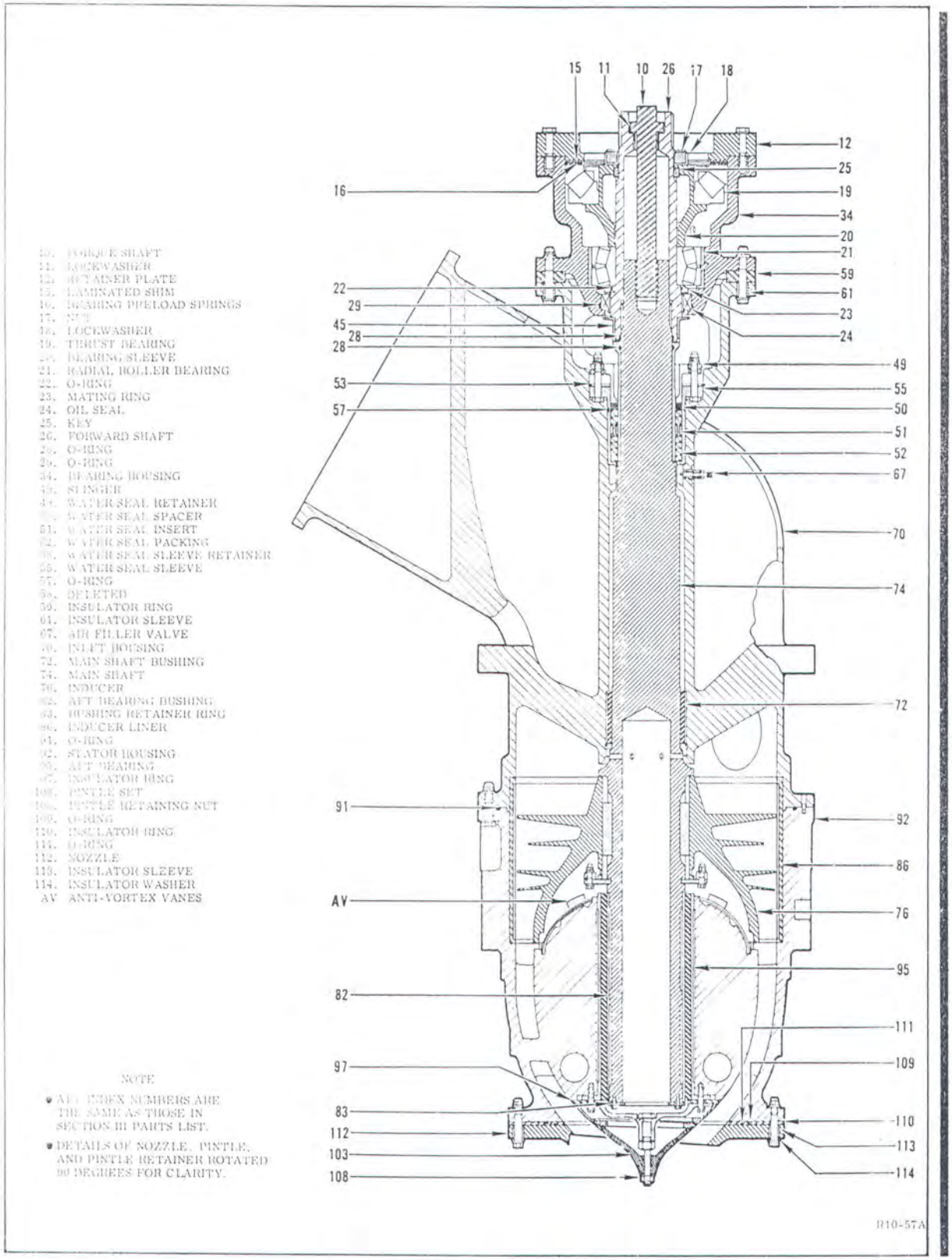


Figure 3-2. Propulsor Sectional View - Strength Uprated

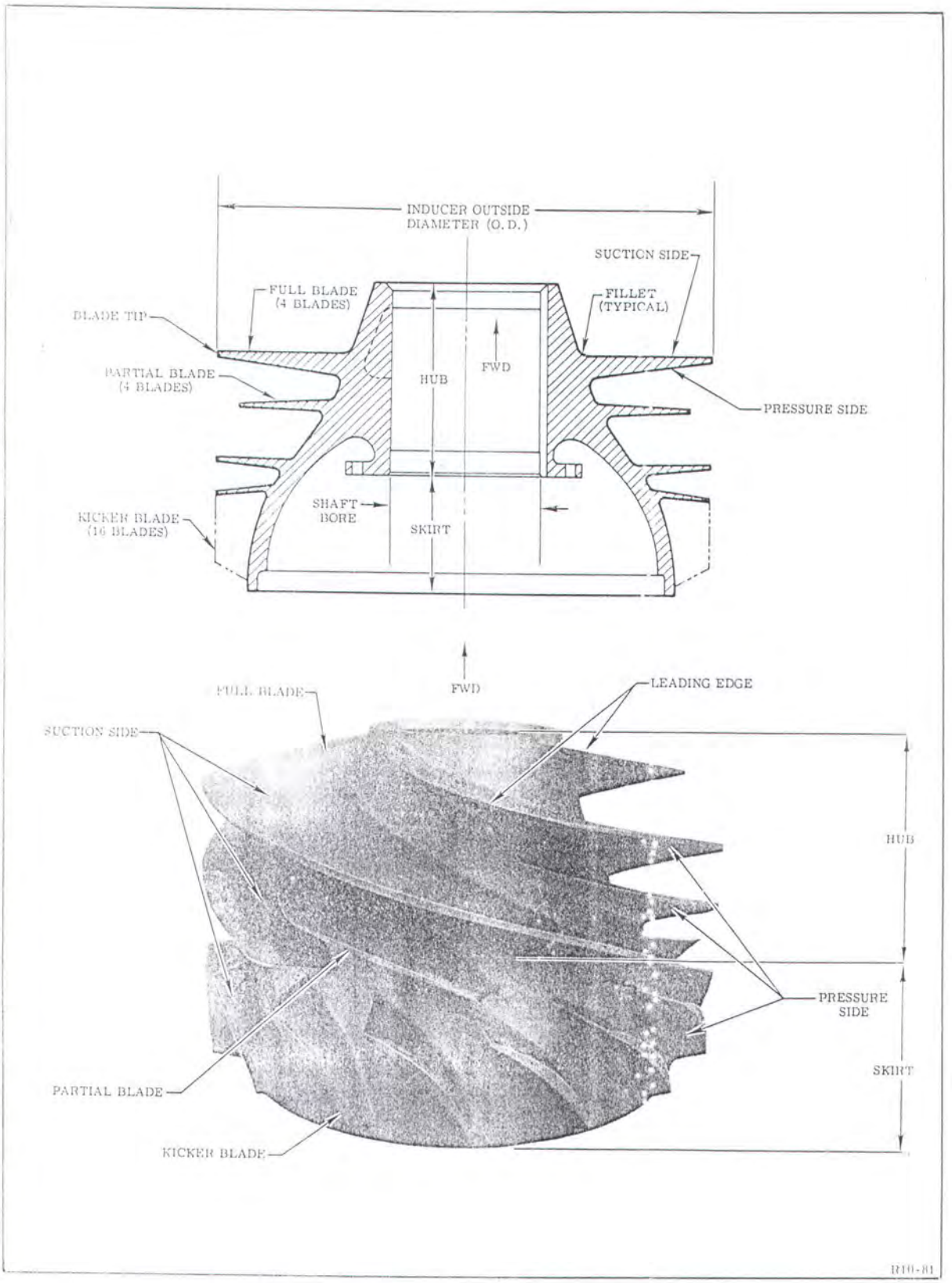


Figure 1-13. Inspecting Inducer

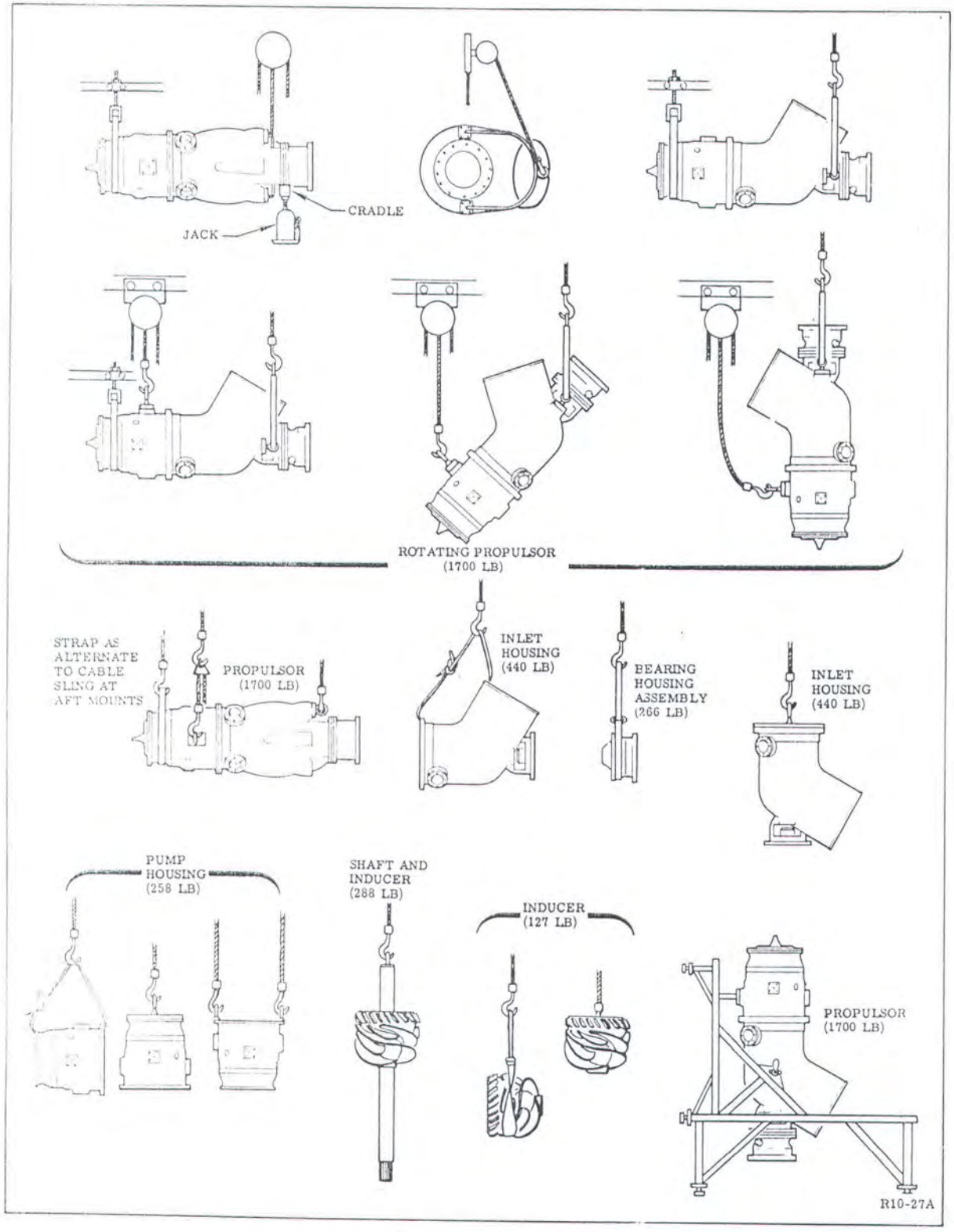


Figure 3-3. Lifting and Handling

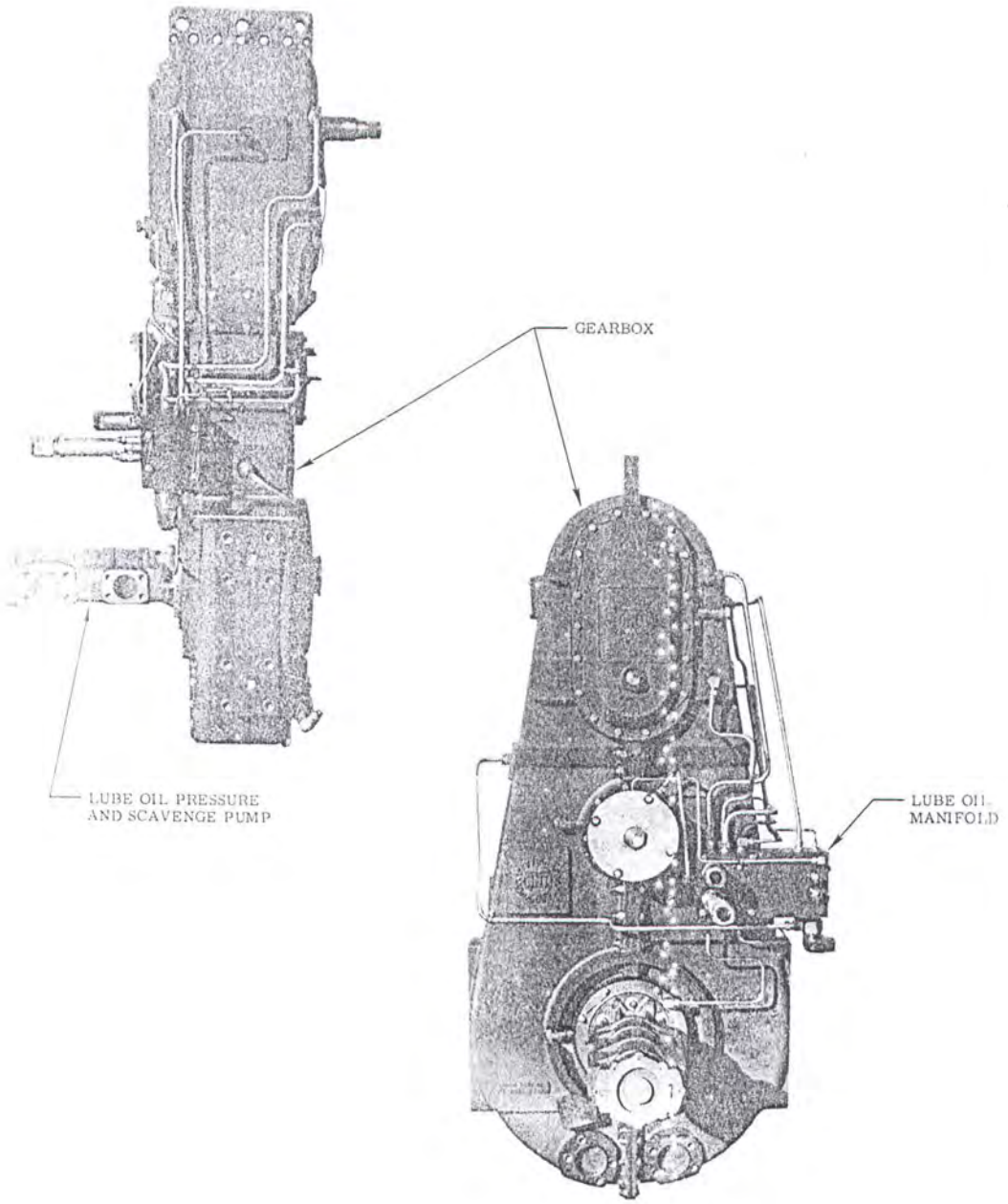


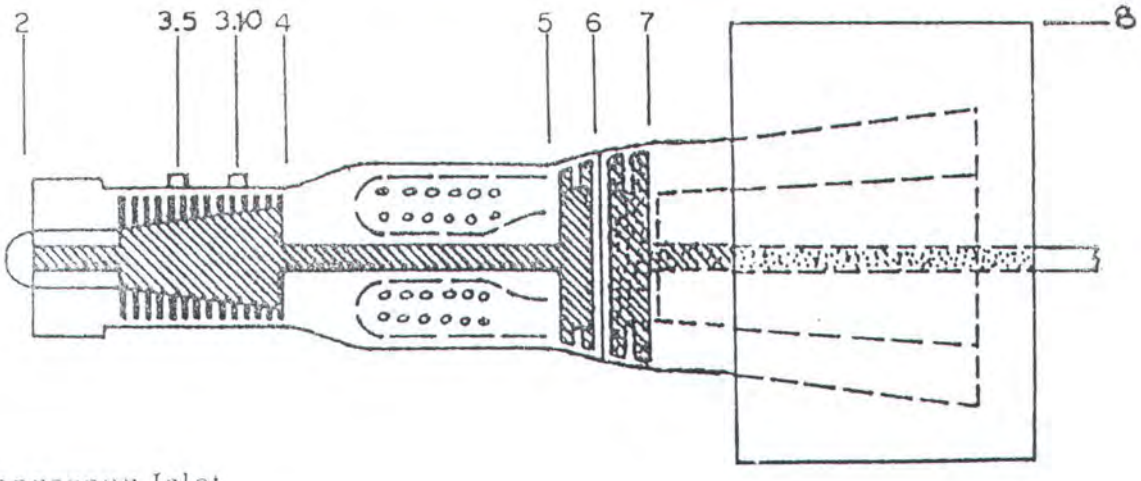
Figure 1. Gearbox Identification R10-0003-141 (With Lube Pump) or R10-0003-131 (Without Lube Pump)

Detroit Diesel Allison
Division of General Motors Corporation
Indianapolis, Indiana 46206

501-KF

EDR No. 8477

GAS FLOW DIAGRAM SHOWING STATIONS USED IN PERFORMANCE ANALYSIS



2. Compressor Inlet
3.5 5th Stage Bleed Outlet
3.10 10th Stage Bleed Outlet
4. Compressor Outlet
5. Gas Generator Turbine Inlet
6. Gas generator Turbine Outlet
7. Power Turbine Outlet
8. Exhaust Collector Outlet

SYMBOLS

Symbol	Item	Units
SHP	Shaft Horsepower	hp
N_1	Gas Generator Rotor Speed	rpm
N_2	Power Turbine Rotor Speed	rpm
T_{am}	Ambient Static Temperature	°F
T_{t_5}	Gas Generator Turbine Inlet Total Temp.	°F
T_{t_8}	Exhaust Gas Total Temperature	°F
P_{am}	Ambient Static Pressure	psia
P_{t2}	Compressor Inlet Total Pressure	psia
P_{s8}	Exhaust Outlet Static Pressure	psia
RPR	Pressure Ratio (P_{t2}/P_{s8})	Non-dimensional
W_a	Air Flow Rate	lb/sec
W_f	Fuel Flow Rate	lb/hr
$W_{a_{3.5}}$ and $W_{a_{3.10}}$	5th and 10th Stage Bleed Air Flow	lb/sec
$P_{t_{3.5}}$ and $P_{t_{3.10}}$	Bleed Air Total Pressure	in. Hg Abs
$T_{t_{3.5}}$ and $T_{t_{3.10}}$	Bleed Air Total Temperature	°F
δ	Relative Pressure (P_{t2}/P_{std})	Non-dimensional
θ	Relative Temperature (T_{t2}/T_{std}) (°R)	Non-dimensional

Detroit Diesel Allison
Division of General Motors Corporation
Indianapolis, Indiana 46206

EDR No. 8477

501-KF

INDEX TO CURVES

	FIGURE NO.
Ambient Pressure	1
Performance for T_{am} = -40°F	2-5
Performance for T_{am} = -20°F	6-9
Performance for T_{am} = 0°F	10-13
Performance for T_{am} = 20°F	14-17
Performance for T_{am} = 40°F	18-21
Performance for T_{am} = 59°F	22-25
Performance for T_{am} = 80°F	26-29
Performance for T_{am} = 100°F	30-33
Performance for T_{am} = 120°F	34-37
Performance for T_{am} = 130°F	38-41
Pressure Correction for Shaft Horsepower	42
Starting Characteristics	43
Acceleration Bleed Air Characteristics	44

LAMPIRAN C.2

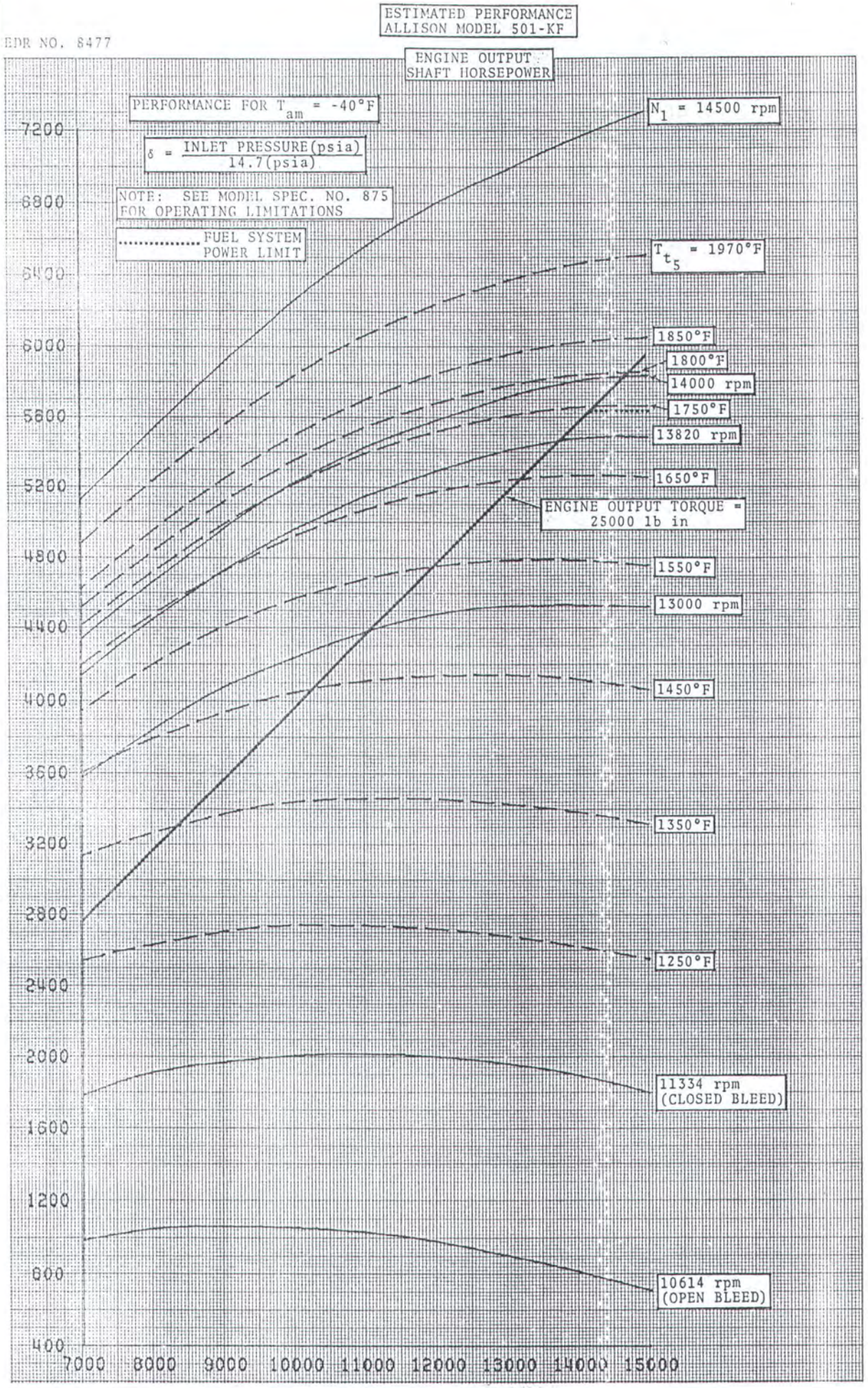


FIGURE NO. 2

LAMPIRAN C.3

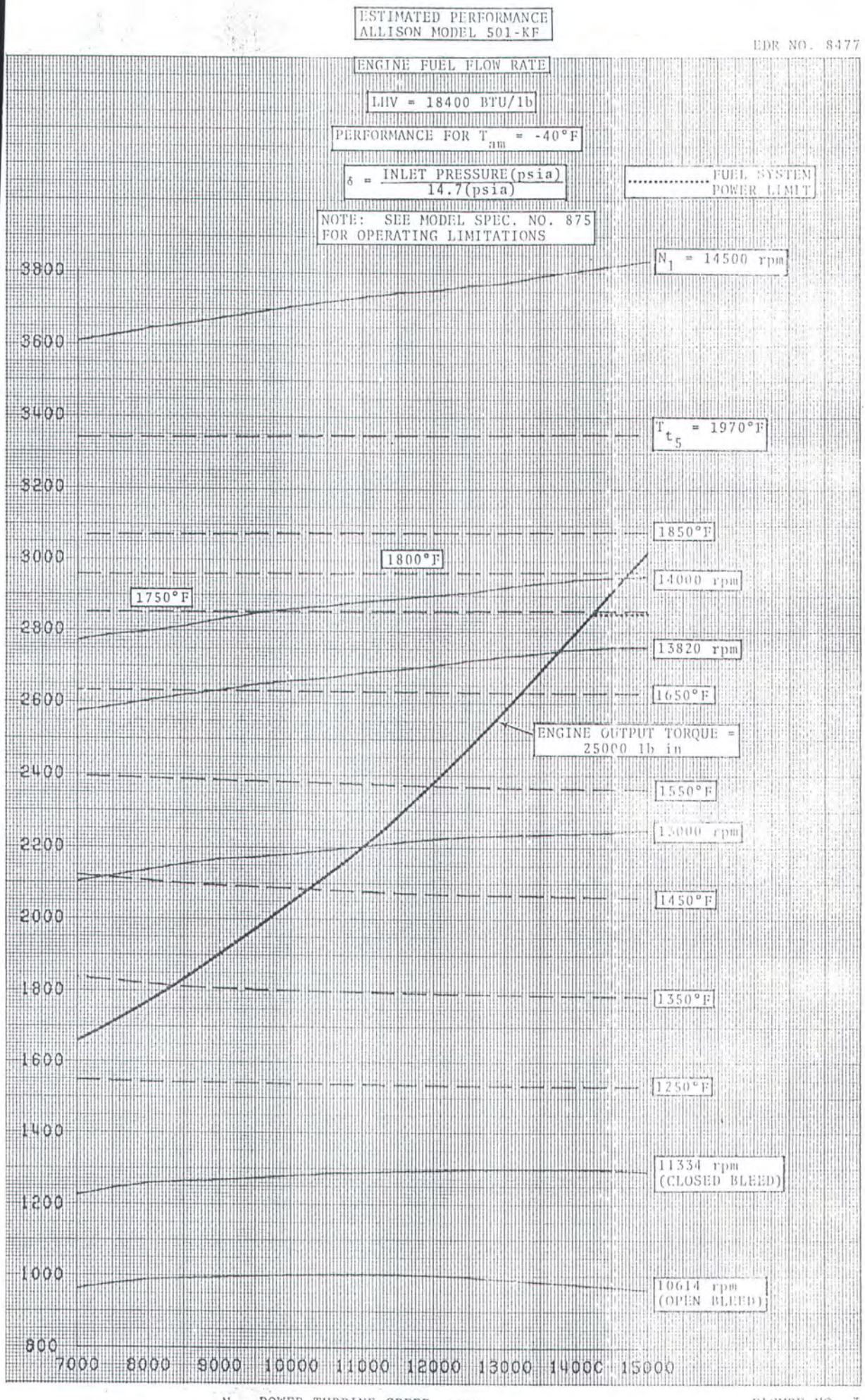


FIGURE NO. 3

LAMPIRAN C.4

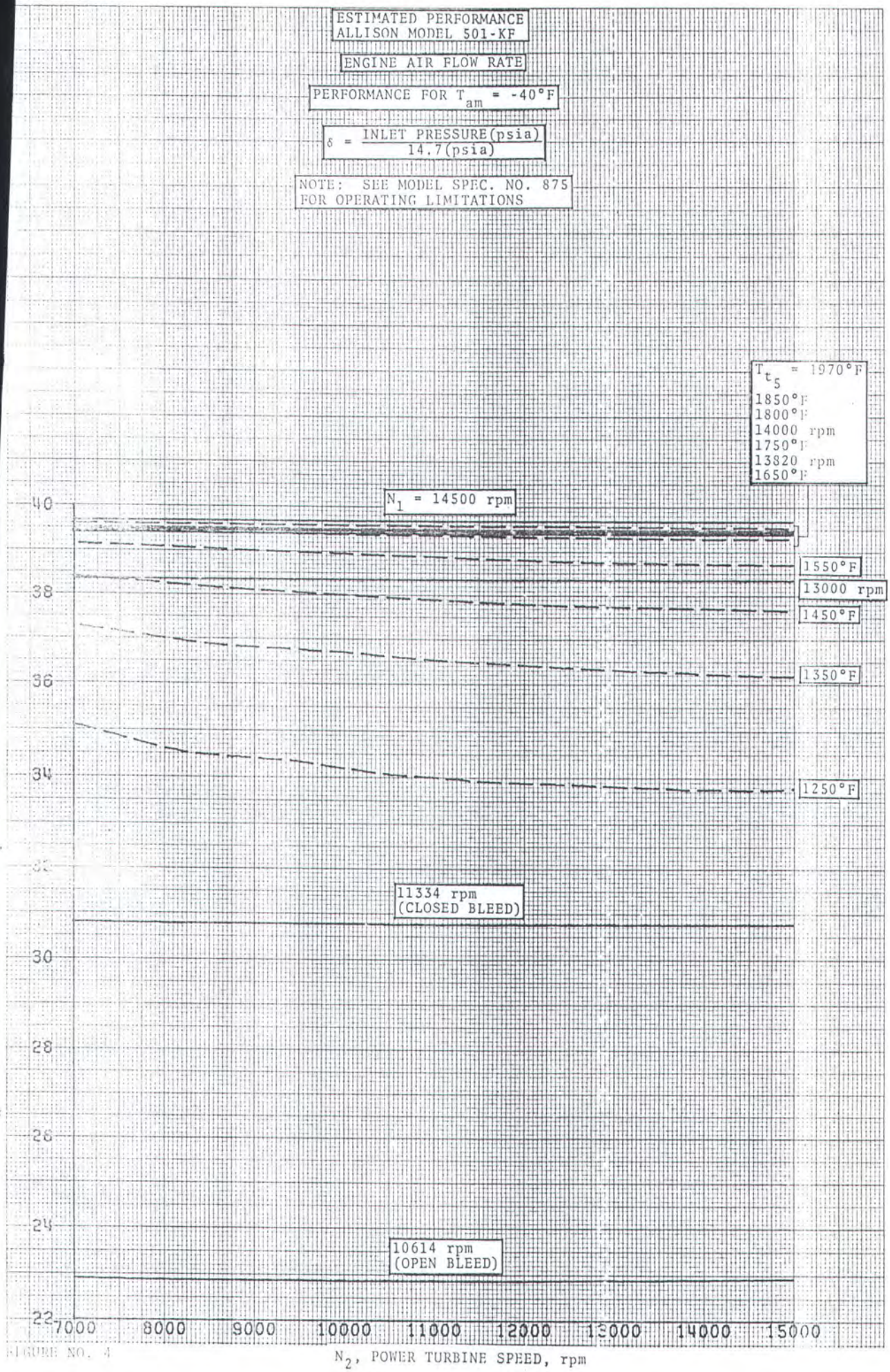


FIGURE NO. 4

LAMPIRAN C.5

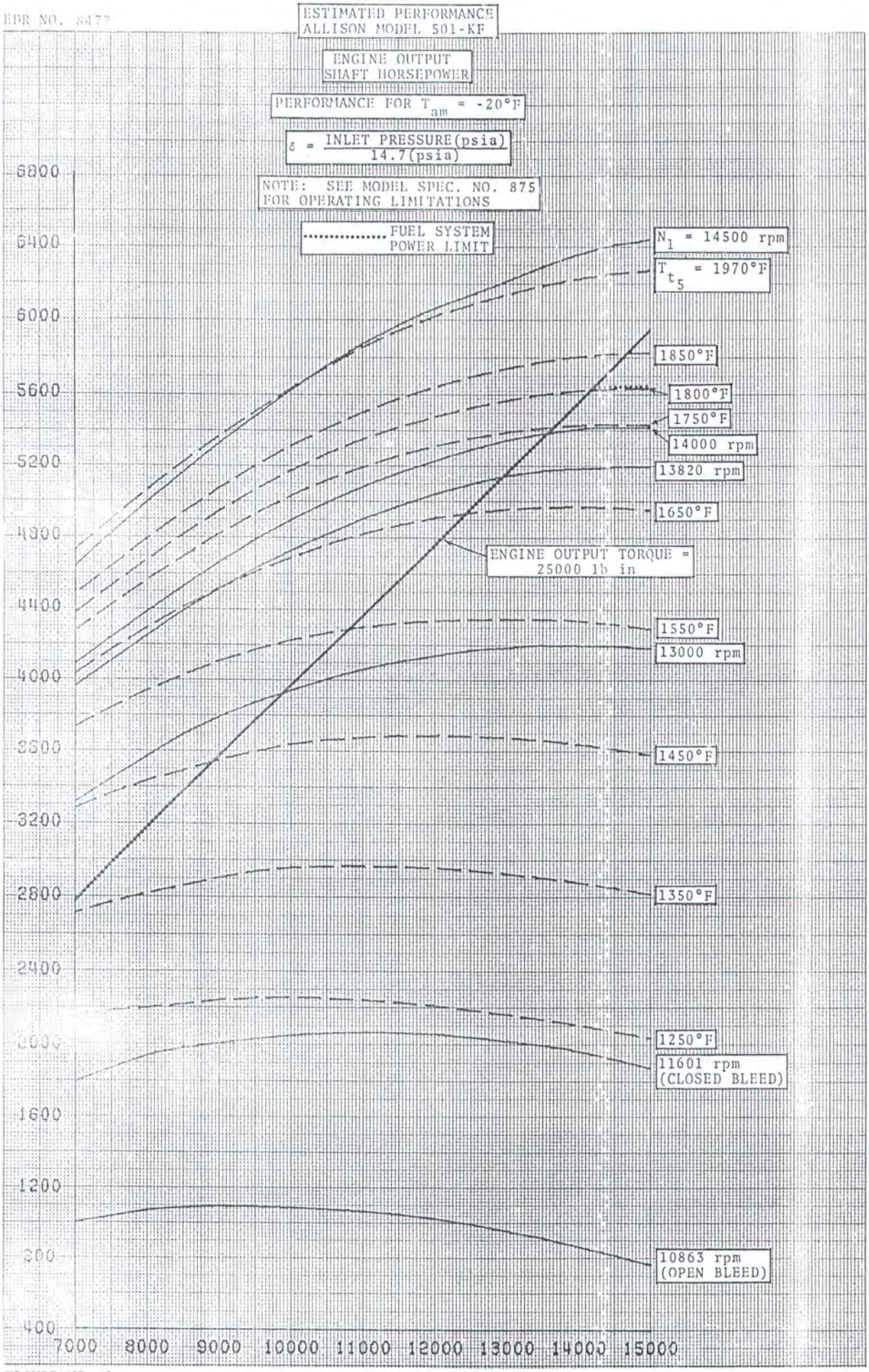
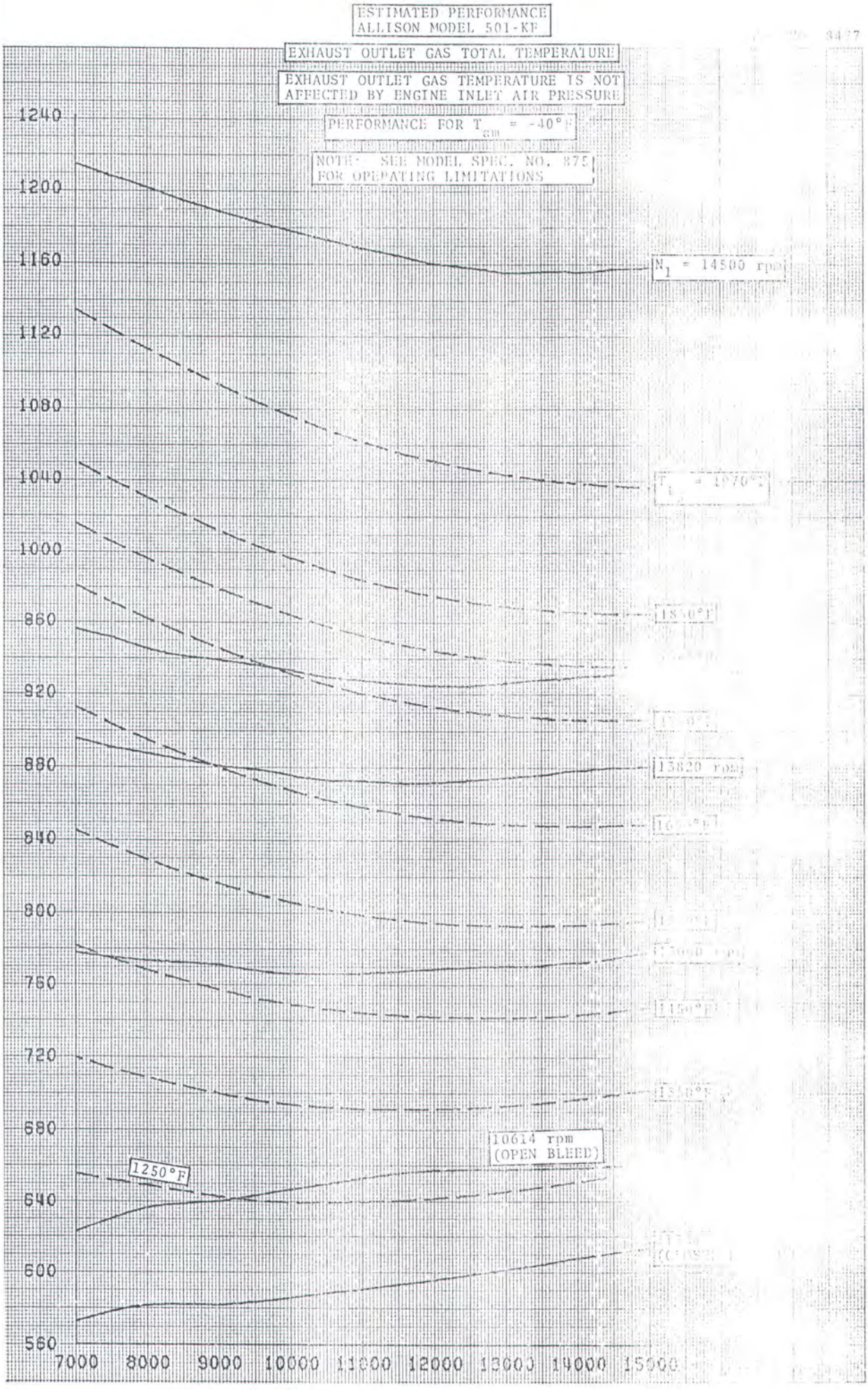


FIGURE NO. 6

LAMPIRAN C.6


ESTIMATED PERFORMANCE
ALLISON MODEL 501-KF
EXHAUST OUTLET GAS TOTAL TEMPERATURE
EXHAUST OUTLET GAS TEMPERATURE IS NOT AFFECTED BY ENGINE INLET AIR PRESSURE
PERFORMANCE FOR T = -40°F
NOTE: SEE MODEL SPEC. NO. 875 FOR OPERATING LIMITATIONS
N1 = 14500 rpm
13820 rpm
10614 rpm (OPEN BLEED)
1250°F
1240
1200
1160
1120
1080
1040
1000
960
920
880
840
800
760
720
680
640
600
560
7000
8000
9000
10000
11000
12000
13000
14000
15000
Tt8, EXHAUST OUTLET GAS TOTAL TEMPERATURE, °F
N2, POWER TURBINE SPEED, rpm

LAMPIRAN D.

Sifat-Sifat Bahan Bukan Logam

Bahan	T, °F	T, °C	c_p, Btu/lbm-°F	ρ, lbm/ft³	k, Btu/hr-ft-°F	α, ft²/hr
Bangunan						
Aspal	68	20			0.43	
Bakelit	68	20	0.38	79.5	0.134	0.0044
Bata						
Biasa	68	20	0.20	100	0.40	0.02
Muka	68	20		128	0.76	
Bata karbonundum	1110	600			10.7	
	2550	1400			6.4	
Bata krom	392	200			1.34	0.036
	1022	550	0.20	188	1.43	0.038
	1652	900			1.15	0.031
Tanah diatomea (bahan)	400	205			0.14	
	1600	870			0.18	
Bata api (bakar 2426 °F, 1330 °C)	932	500			0.60	0.020
	1472	800	0.23	128	0.62	0.021
	2012	1100			0.63	0.021
Bata api (bakar 2642 °F, 1450 °C)	932	500			0.74	0.022
	1472	800	0.23	145	0.79	0.024
	2012	1100			0.81	0.024
Bata api (Missouri)	392	200			0.58	0.015
	1112	600	0.23	165	0.85	0.022
	2552	1400			1.02	0.027
Magnesit	400	205			2.2	
	1200	650	0.27		1.6	
	2200	1205			1.1	
Semen, Portland				94	0.17	
Semen, mortar	75	24			0.67	
Beton	68	20	0.21	119–144	0.47–0.81	0.019–0.027
Beton, sinder	75	24			0.44	
Gelas, plat	68	20	0.2	169	0.44	0.013
Gelas, borosilikat	86	30		139	0.63	
Plester, gipsum	70	21	0.2	90	0.28	0.016
Plester, tulang logam	70	21			0.27	
Plester, tulang kayu	70	21			0.16	
Batu						
Granit			0.195	165	1.0–2.3	0.031–0.071
Batu kapur	210–570	100–300	0.217	155	0.73–0.77	0.022–0.023
Marmar	68	20	0.193	156–169	1.6	0.054
Batu pasir	68	20	0.17	135–144	0.94–1.2	0.041–0.049
Satuan SI			J/kg-K	kg/m³	W/m-K	m²/s
Konversi ke satuan SI kalikan nilai dalam tabel dengan			4.184 × 10³	1.601846 × 10¹	1.729577	2.580640 × 10⁻⁵

*Disadur atas izin dari A. Chapman, *Heat Transfer*, ed-2., Macmillan Company, London 1967. Hak cipta, 1967.

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH – NOPEMBER

LAMPIRAN D.1

Lanjutan (Sifat-Sifat Bahan Bukan Logam)

Daftar A-3 Sifat-sifat Bukan-Logam†

Bahan	*Suhu* °C	*k*, W/m · °C	*ρ*, kg/m³	*c*, kJ/kg · °C	*α*, m²/s × 10⁷
Bahan-bahan bangunan dan penahan-kalor					
Aspal	20–55	0.74–0.76			
Bata:					
Bata bangunan biasa	20	0.69	1600	0.84	5.2
Muka		1.32	2000		
Bata karborundum	600	18.5			
	1400	11.1			
Bata krom	200	2.32	3000	0.84	9.2
	550	2.47			9.8
	900	1.99			7.9
Tanah diatomea dicetak dan	200	0.24			
dibakar	870	0.31			
Bata tahan-api	500	1.04	2000	0.96	5.4
dibakar 2426°F	800	1.07			
	1100	1.09			
Dibakar 2642°F	500	1.28	2300	0.96	5.8
	800	1.37			
	1100	1.40			
Missouri	200	1.00	2600	0.96	4.0
	600	1.47			
	1400	1.77			
Magnesit	200	3.81		1.13	
	650	2.77			
	1200	1.90			
Semen, portland		0.29	1500		
moster	23	1.16			
Beton, sinder	23	0.76			
Batu, 1-2-4 campur	20	1.37	1900–2300	0.88	8.2–6.8
Gelas, jendela	20	0.78 (avg)	2700	0.84	3.4
Korostlikat	30–75	1.09	2200		
Plaster, gips	20	0.48	1440	0.84	4.0
lat logam	20	0.47			
lat kayu	20	0.28			
Batu:					
Granit		1.73–3.98	2640	0.82	8–18
Batu kapur	100–300	1.26–1.33	2500	0.90	5.6–5.9
Marmar		2.07–2.94	2500–2700	0.80	10–13.6
Batu pasir	40	1.83	2160–2300	0.71	11.2–11.9
Kayu (melintas serat)					
Balsa, 8,8 lb/ft³	30	0.055	140		
Sipres	30	0.097	460		
Fir	23	0.11	420	2.72	0.96
Mapel atau oak	30	0.166	540	2.4	1.28
Pinus kuning	23	0.147	640	2.8	0.82
Pinus putih	30	0.112	430		

LAMPIRAN D.2

Lanjutan (Sifat-Sifat Bahan Bukan Logam)

Daftar A-3 . Sifat-sifat Bukan-Logam (*lanjutan*)†

Bahan	*Suhu* °C	k, W/m · °C	ρ, kg/m³	c, kJ/kg · °C	α, m²/s × 10⁷
		Bahan isolasi			
Asbes:					
Ditetal longgar	−45	0.149			
	0	0.154	470–570	0.816	3.3–4
	100	0.161			
Papan asbes semen	20	0.74			
Lembaran	51	0.166			
Lakan, 40 laminasi/in	38	0.057			
	150	0.069			
	260	0.083			
20 laminasi/in	38	0.078			
	150	0.095			
	260	0.112			
Gelombang, 4 plai/in	38	0.087			
	93	0.100			
	150	0.119			
Asbes semen	—	2.08			
Wol balsam, 2.2 lb/ft³	32	0.04	35		
Karton, gelombang	—	0.064			
Celotex	32	0.048			
Papan gabus, 10 lb/ft³	30	0.043	160		
Gabus butiran ulang	32	0.045	45–120	1.88	2–5.3
Giling halus	32	0.043	150		
Tanah diatome (Sil-o-cel)	0	0.061	320		
Lakan, rambut	30	0.036	130–200		
Wol	30	0.052	330		
Serat, papan isolasi	20	0.048	240		
Wol gelas, 1.5 lb/ft³	23	0.038	24	0.7	22.6
Insulex, kering	32	0.064			
		0.144			
Kapuk	30	0.035			
Magnesia, 85%	38	0.067	270		
	93	0.071			
	150	0.074			
	204	0.080			
Wol batuan, 10 lb/ft³	32	0.040	160		
Ditetal longgar	150	0.067	64		
	260	0.087			
Serbuk gergaji	23	0.059			
Silika aerogel	32	0.024	140		
Serutan kayu	23	0.059			

†Adaptasi ke satuan SI dari A.I. Brown dan S. M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.

LAMPIRAN E.

Sifat-Sifat Logam

Tabel B-1. Sifat-sifat Logam

Bahan	k, Btu/hr-ft-°F				c, Btu/lbm-°F	ρ, lbm/ft³	α, ft²/hr
	32 °F 0 °C	212 °F 100 °C	572 °F 300 °C	932 °F 500 °C	32 °F 0 °C	32 °F 0 °C	32 °F 0 °C
Logam – Murni							
Aluminium	117	119	133	156	0.208	169	3.33
Tembaga	224	218	212	207	0.091	558	4.42
Emas	169	170	...	...	0.030	1203	4.68
Besi	35.8	36.6	...	...	0.104	491	0.70
Timbal	20.1	19	18	...	0.030	705	0.95
Magnesium	91	92	...	...	0.232	109	3.60
Molibden	72	68	64	62	0.060	638	1.88
Nikel	54	48	37	...	0.106	556	0.92
Perak	241	240	...	...	0.056	655	6.57
Timah	38	34	...	...	0.054	456	1.54
Seng	65.1	63	58	...	0.091	446	1.60
Paduan							
Logam Kuningan, 70% Cu, 30% Zn	65 61.5	64 74	 85	 ...	 0.092	 532	 1.26
Perunggu, 75% Cu, 25% Sn	15	...	...	...	0.082	541	0.34
Besi cor,	33	31.8	27.7	24.8	0.11	474	0.63
Paduan	30	28.3	27.	...	0.10	455	0.66
Konstantan, 60% Cu, 40% Ni	12.4	12.8	...	...	0.10	557	0.22
18–8 baja tahan karat							
Tipe 304	8.0	9.4	10.9	12.4	0.11	488	0.15
Tipe 347	8.0	9.3	11.0	12.8	0.11	488	0.15
Baja lunak 1% C	26.5	26	25	22	0.11	490	0.49
Satuan SI	W/m-K				J/kg-K	kg/m³	m²/s
Konversi ke satuan SI kalikan nilai dalam tabel dengan	1.729577				4.184×10^{3}	1.601846×10^{1}	2.580640×10^{-5}

LAMPIRAN F.

SOUND ABSORPTION OF SOME BUILDING MATERIALS

Material	Sound-absorption coefficients Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Walls						
Brick, unglazed	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Concrete block, painted, sealed	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
Concrete block, unpainted	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
Glass, heavy plate	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Plaster on concrete block	0.12	0.09	0.07	0.05	0.05	0.04
Plywood, 3/8 in	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11
Draperies						
Medium weight 14 oz/yd^2 draped to half area	0.07	0.31	0.49	0.75	0.70	0.60
Floors						
Concrete or terrazzo	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Tile, asphalt, linoleum, or concrete	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Wood	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Carpet, loop pile, medium heavy jute back over hair pad	0.06	0.21	0.67	0.55	0.56	0.60
Carpet, indoor outdoor, foam back	0.02	0.02	0.15	0.39	0.74	0.77
Ceilings						
Concrete	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Gypsum board, ½ in	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Plywood, 3/8 in thick	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11
Suspended, acoustical panels	Consult manufacturers' literature					
Suspended, non-acoustical panels	0.14	0.15	0.15	0.15	0.13	0.15
Metal, fluted roof deck			0.10			

LAMPIRAN F.1

Absorption Coefficients Of General Building Materials

Absorption coefficients of general building materials
(Collected from the published literature and manufacturers data)

Material	Octave – Band Center Frequency (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Brick, unglazed	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Brick, unglazed, painted	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Carpet on foam rubber	0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,73
Carpet on concrete	0,02	0,06	0,14	0,37	0,6	0,65
Concrete block, coarse	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Concrete block, painted	0,1	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Floors, concrete or terrazzo	0,01	0,01	0,015	0,02	0,02	0,02
Floors, resilient flooring on concrete	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Floors, hardwood	0,15	0,11	0,1	0,07	0,06	0,07
Glass, heavy plate	0,78	0,76	0,74	0,7	0,62	0,57
Glass, standard window	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Gypsum, board 1/2 in	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09
Panel, fiberglass 1,5 in thick	0,86	0,91	0,8	0,89	0,62	0,47
Panel, perforated metal 4 in thick	0,7	0,99	0,99	0,99	0,94	0,84
Panel, perforated metal with fiberglass insultion 2 in thick	0,21	0,87	1,52	1,37	1,34	1,22
Panel, perforated metal with mineral fiber insulation 4 in thick	0,89	1,2	1,16	1,09	1,01	0,07 1,03
Panel, plywood 3/4 in	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,11
Plaster, gypsum or lime, rough finish on lath	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,77 0,03
Polyuretlane foam, 1 in thick	0,16	0,25	0,84	0,97	0,97	
Tile, ceiling, mineral fiber	0,18	0,45	0,81	0,97	0,93	0,82
Tile, marble or glazed	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Wood, solid, 2 in thick	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04

LAMPIRAN F.2

Transmission Loss Of General Building Materials

Transmission loss of general building materials

Material	Transmission Loss (dB)					
	125 Hz	*250 Hz*	*500 Hz*	*1000 Hz*	*2000 Hz*	*4000 Hz*
Brick, 4 in.	30	36	37	37	37	43
Cinder block, 7⅝ in., hollow	33	33	33	39	45	51
Concrete block, 6 in., lightweight, painted	38	36	40	45	50	56
Curtains, lead vinyl, 1½ lb/ft²	22	23	25	31	35	42
Door, hardwood, 2⅛ in.	26	33	40	43	48	51
Fiber tile, filled mineral, ½ in.	30	32	39	43	53	60
Glass plate, ¼ in.	25	29	33	36	26	35
Glass, laminated, ¼ in.	23	31	38	40	47	52
Panels, perforated metal with mineral fiber insulator, 4 in. thick	28	34	40	48	56	62
Plywood, ¼ in., 0.7 lb/ft²	17	15	20	24	28	27
Plywood, ¾ in., 2 lb/ft²	24	22	27	28	25	27
Steel, 18 gauge, 2 lb/ft²	15	19	31	32	35	48
Steel, 16 gauge, 2.5 lb/ft²	21	30	34	37	40	47
Sheet metal laminate, 2 lb/ft², visiolastic core	15	25	28	32	39	42

LAMPIRAN G.

bine Absorption Coefficients Of Typical Shipboard Material

Table 4 Sabine absorption coefficients of typical shipboard materials [8]

ription	Octave Band Center Frequency, Hz								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
	0.02	0.04	0.08	0.10	0.15	0.20	0.25	0.20	0.15
all	0.02	0.02	0.03	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35	0.40
tile ¼ in.	0.03	0.10	0.20	0.25	0.50	0.70	0.75	0.75	0.70
ouatic board									
	0.03	0.05	0.07	0.25	0.70	0.90	0.75	0.70	0.65
	0.01	0.10	0.25	0.70	0.90	0.90	0.80	0.75	0.70
l, Cl 4, 2 in.									
2-mil Mylar									
and perforated									
rathing	0.10	0.20	0.28	0.92	0.99	0.79	0.63	0.37	0.25

ample Calculation Of An Average Sabine Absorption Coeffisient For A Compartement.

Table 5 Example calculation of an average Sabine absorption coefficient for a compartment

	Octave Band Center Frequency, Hz								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$= (10 \text{ ft} \times 8 \text{ ft})\,(\alpha_{SAB})_1$	0.8	1.6	1.6	2.4	2.4	2.4	2.4	1.6	1.6
$= (10 \text{ ft} \times 8 \text{ ft})\,(\alpha_{SAB})_2$	2.4	4.0	5.6	20	56	72	60	56	52
$= (8 \text{ ft} \times 7 \text{ ft})\,(\alpha_{SAB})_3$	0.56	0.56	1.12	1.68	1.68	1.68	1.12	1.12	1.12
$= (10 \text{ ft} \times 7 \text{ ft})\,(\alpha_{SAB})_4$	7.0	14.0	19.6	64.4	69.3	55.3	37.1	25.9	17.5
$= \sum S_i(\alpha_{SAB})_i$	18.3	34.7	48.6	154.6	200.4	188.4	138.8	111.6	90.8
abine absorption coeff. $(\alpha_{SAB})/S_{TOTAL}$	0.04	0.08	0.12	0.38	0.49	0.46	0.34	0.27	0.22

LAMPIRAN H.

Noise Limits For Ships From Various Countries

	IMO	Australia 1975	Canada	DDR 1	Canada 197
room	110'	–	–	–	–
room	75	75	–	80	75
hop	86	60	–	60	85
ouse	65	70	–	60	65
room	60	60	–	60	65
	60	60+k'	70	60	60
al	60	55+k	–	55	–
recreation room	65	65+k'	74	60	65

	Finland 1978	France 1979	Iceland 1978	Israel 1976	Italy 1973
e room	–	105	110	60	110
l room	–	70/75'	80	75	75
hop	–	85	85	80	90
house	–	65	65	65	–
room	–	60	65	65	65
s	60+k'	55/60	65	60	55
al	–	–	–	–	60
recreation room	60+k'	65/70	65	70	65

	Japan 1975	Netherlands 1978	Norway 1973	Poland 1973	Sweden 1973
e room	–	110	110	–	105"
l room	75'	80	75	75	70
hop	85	90	85	–	75
house	–	65	65	65	65
room	–	65	65	60	55
s	60+k'	60	60+k"	60	55
al	60+k	60	55	55	55
recreation room	60+k	65	65	65	65

	UK 1979	USA 1978	USSR 1981	West Germany 1979	Yugoslavia 1970
e room	110	110"	105"	110	–
l room	75	75	65	75+k"	75
hop	90	–	85	85	85
house	65	65	55	65	–
room	60	65	55	60	–
s	60	60	45+k"	60	65
al	60	60	45	60	–
recreation room	65	65	60/55	65+k"	65

1. Target levels if GRT < 1600t.
2. k=5 for ship length of 35–80m, k=15 for ship length < 35m.
3. k=5 for ship length <80m.
4. Canadian Towboat Operators.
5. k=5 if 400t < GRT < 2000t, k=10 if GRT < 400t.
6. k=5 if 2000t < GRT < 10 000t, k=10 if 400 < GRT < 2000t, k=15 if GRT < 400t.
7. Turbine/diesel engine.
8. Limits are target levels if GRT < 20 000t.
9. k=5 if GRT < 65 000t.
10. k=5 if GRT < 20000t.
11. 'Rough check' limits. True limits given as maximum permissible octave band levels. For several locations these correspond to dB(A) levels which are higher than the levels given in the table, eg in cabins approx 60 dB.
12. As submitted to IMO from the Maritime Administration.
13. Approx limit. Other limits are maximum equivalent noise exposure levels (8h).
14. k=5 for ships with restricted operation, less than 100 miles offshore.

LAMPIRAN I.

Estimated Sound Power Level Convertion Faktors

For Certain Common Noise Source

Noise source	Conversion Factor (F_a) Low	Midrange	High
1. Compressors, air (1–100 hp)	3×10^{-7}	5.3×10^{-7}	1×10^{-6}
2. Gear trains	1.5×10^{-8}	5×10^{-7}	1.5×10^{-6}
3. Loudspeakers	3×10^{-2}	5×10^{-2}	1×10^{-1}
4. Motors, diesel	2×10^{-7}	5×10^{-7}	2.5×10^{-6}
5. Motors, electric (1200 rpm)	1×10^{-8}	1×10^{-7}	3×10^{-7}
6. Pumps, over 1600 rpm	3.5×10^{-6}	1.4×10^{-5}	5×10^{-5}
7. Pumps, under 1600 rpm	1.1×10^{-6}	4.4×10^{-6}	1.6×10^{-5}
8. Turbines, gas	2×10^{-6}	5×10^{-6}	5×10^{-5}

Typical Noise reduction For Certain Common Walls

	Octave Band (Hz) 125	250	500	1000	2000	4000
2 in. × 4 in. stud wall with 0.5-in. gypsum board both sides, 6 lb/ft²	22	30	35	40	41	40
2 in. × 4 in. staggered stud wall with 0.5-in. gypsum board both sides, 7 lb/ft²	36	37	40	47	52	45
Metal channel stud wall, 0.5-in. gypsum board both sides, 5 lb/ft²	25	30	38	47	43	44
0.5-in. plywood, one side of 2 in. × 4 in. studs, 2 lb/ft²	10	15	17	19	20	26

Typical Sound Insulation Values Of Walls And Partitions

Construction	Approximate Weights kg/m²	lb/ft²	Average Sound Reduction (100–3200 Hz) dB
Double 112.5 mm brick with 50 mm [illegible] 13 mm plaster both sides	[illegible]	98	52
225 mm brick with 13 mm plaster both sides	[illegible]	98	50
112.5 mm brick with 13 mm plaster both sides	[illegible]	55	45
100 mm clinker block with 13 mm plaster both sides	165	38	43
75 mm clinker block with 13 mm plaster both sides	150	31	41
9.5 mm plasterboard and 13 mm plaster on both sides of stud frame	[illegible]	13	35
9.5 mm plasterboard on both sides of stud frame	[illegible]	4	30
3 mm [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

LAMPIRAN I.1

Sound Level Conversion Chart From Flat Response To A, B, And C Weightings

Sound level conversion chart from flat response to A, B, and C weightings

Frequency (Hz)	*A weighting (dB)*	*B weighting (dB)*	*C weighting (dB)*
10	−70.4	−38.2	−14.3
12.5	−63.4	−33.2	−11.2
16	−56.7	−28.5	−8.5
20	−50.5	−24.2	−6.2
25	−44.7	−20.4	−4.4
31.5	−39.4	−17.1	−3.0
40	−34.6	−14.2	−2.0
50	−30.2	−11.6	−1.3
63	−26.2	−9.3	−0.8
80	−22.5	−7.4	−0.5
100	−19.1	−5.6	−0.3
125	−16.1	−4.2	−0.2
160	−13.4	−3.0	−0.1
200	−10.9	−2.0	0
250	−8.6	−1.3	0
315	−6.6	−0.8	0
400	−4.8	−0.5	0
500	−3.2	−0.3	0
630	−1.9	−0.1	0
800	−0.8	0	0
1,000	0	0	0
1,250	+0.6	0	0
1,600	+1.0	0	−0.1
2,000	+1.2	−0.1	−0.2
2,500	+1.3	−0.2	−0.3
3,150	+1.2	−0.4	−0.5
4,000	+1.0	−0.7	−0.8
5,000	−0.5	−1.2	−1.3
6,300	−0.1	−1.9	−2.0
8,000	−1.1	−2.9	−3.0
10,000	−2.5	−4.3	−4.4
12,500	−4.3	−6.1	−6.2
16,000	−6.6	−8.4	−8.5
20,000	−9.3	−11.1	−11.2

LAMPIRAN J.

PERBANDINGAN A-WEIGHT KE SPL PADA BEBERAPA FREKUENSI

Weighting	16	Frequency Hz								
		31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A	-56.7	-39.4	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0	1.2	1.0	-1.1
B	-28.5	-17.1	-9.3	-4.2	-1.3	-0.3	0	-0.1	-0.7	-2.9
C	-8.5	-3.0	-0.8	-0.2	0	0	0	-0.2	-0.8	-3.0
D	-22.5	-16.5	-11.0	-5.0	-2.0	0	0	8.0	11.0	-6.0

Frequency Hz	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000
Measured dB	81	76	74	68	62	70	64	58
Weighting dB(A)	-39.4 42	-26.2 50	-16.1 58	-8.6 59	-3.2 59	0 70	+1.2 65	+1 59

LAMPIRAN K

CORRECTION FACTORS TO BE ADDED TO STANDARD CABIN FOR OTHER SPACES

Description	Factor to be added to "standard cabin" value
Standard Cabin	9
Wheelhouse (and Chartroom if integral)	8 9,5
Radio Room or Chartroom	5 5
Officers Lounge or Smokeroom	4,5
Officers Dining Saloon	7.0
Crew Mess and Lounges	5.0
Hospitals	4.5
Galley	9 5
Double Cabin	9.
Cadet Room	7 5

ATTENUATION FACTORS FOR VARIOUS ACOUSTIC TREATMENT

Acoustic Treatment		Noise Source			
		Diesel Engine 100 < P < 2.000 (kw)	Diesel Engine P > 2.000 (kw)	Gearbox	Propeller
Airborne Noise	Floating Floor	10	10	10	
Structure-borne Noise	Floating Floor	6	5	6	4
	Floating Floor with Additional Measures	10	10	10	7
	Equipment on Flexible Mountings	8 18*	18	15	
	Deckhouse on Flexible Mountings	10	10	10	10

* 8 dB(A) if distance from engine to ship's skin is less than 2 metres
18 dB(A) if distance from engine to ship's skin is greater than 2 metres

LAMPIRAN K.1

VERTICAL ATTENUATION FACTORS IN DB

FOR STRUCTURE-BORNE SOUND

Vertical attenuation factors in dB for structure borne sound

Location* of Receiving Space	Diesel Engine & Gearbox		Propeller
	Source Location*		
	Level 1	Level 2	Propeller assumed to be at level 1
Level 2	4	0	12
Level 3	8.8	4.3	16
Level 4	12.75	9.25	19
Level 5	15.0	12.8	21
Level 6	17.2	14.1	22
Level 7	19.4	15.5	23.5
Level 8	21.0	16.5	24.5
Level 9	22.0	18.0	25.5
Level 10	23.0	19.0	26.5

* The decks and engine room flats are numbered vertically starting from the tank top which is Level 1.