

3100097009837

TUGAS AKHIR

NE 1701

**ANALISA TENAGA PENGERAK
SISTEM BOW THRUSTER
PADA KAPAL UNITED TANKERS**



RShc
623.824 5

Sup

a-1

1996

Disusun oleh :

S U P A R N O

491 420 0296

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

1996

ANALISA TENAGA PENGERAK SISTEM BOW THRUSTER PADA KAPAL UNITED TANKERS



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

1996

PERPUSTAKAAN	
12 SEP 1996	H/6485
TITI	
10	
10	



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 5947254, 5947274
Pew. 262, 5948757, Fax. 5947254

TUGAS AKHIR (NE. 1701)

Nama : S U P A R N O
Nomor Pokok : 491 420 0296
Tanggal diberikan tugas : Februari 1996
Tanggal diselesaikan tugas : Agustus 1996

JUDUL KARYA TULIS :

ANALISA TENAGA PENGERAK SISTEM BOW THRUSTER
PADA KAPAL UNITED TANKERS

Dosen Pembimbing,

Ir. BAMBANG SUPANGKAT
NIP : 130 335 298

Mahasiswa,

S U P A R N O
NRP: 4914200296

Surabaya, 17 Maret 1996
Kajur,

Ir.Moch.Orianto BSE,MSc
NIP : 130 786 955

1 copy untuk : Arsip Jurusan
1 copy untuk : Arsip Dosen Pembimbing
1 copy untuk : Arsip Mahasiswa Ybs.
file.tabaru

Kupersembahkan karya ini untuk Ibunda, ayahanda,
saudara-saudaraku , tanah airku tercinta serta Negara Islam.

..... *Allah menginggikan orang yang beriman
di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan
beberapa derajat.*

(Q.S. Al-Mujaadalah : 11)

ORANG-ORANG YANG MENTALNYA SEHAT, DAPAT :

1. Menyesuaikan diri secara konstruktif pada kenyataan meskipun itu buruk.
2. Memperoleh kepuasan dari perjuangan.
3. Merasa lebih puas memberi dari pada menerima.
4. Secara relatif ia bebas dari rasa tegang dan cemas.
5. Berhubungan dengan orang lain dengan rasa dan sikap tolong-menolong dan saling memuaskan.
6. Menerima kekecewaan untuk dipakai pelajaran untuk hari depan.
7. Menjuruskan rasa permusuhan pada penyelesaian yang kreatif dan konstruktif.
8. Dan ... yang terakhir akan tetapi yang terpenting ialah bahwa orang yang sehat itu mempunyai daya kasih sayang yang besar (... "Has the capacity to love.)

**Expert Committee
on Mental Health on The W.H.O. 1948**

(www\\Mtg.Net\\MerEng\\FTK\\1996)

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pembangunan kapal dewasa ini maju sangat pesat, sehingga mampu di produksi kapal-kapal dengan ukuran, bentuk, dan kecepatan yang besar. Salah satu contohnya di sini adalah kapal super tanker. Tetapi salah satu akibat dari pembangunan kapal dengan ukuran yang besar adalah munculnya efek bentuk lambung yang akan menuntut persyaratan operasi kapal yang bertambah.

Disamping efek bentuk lambung, kapal-kapal yang besar pada waktu melewati daerah pelayaran yang sempit, misalnya : pelabuhan, selat dan kanal dengan kecepatan yang rendah mengalami kesulitan untuk melewati, kapal tidak mampu merapat sampai ke tepi atau meninggalkan pelabuhan dengan sempurna. Hal ini dikarenakan kapal pada kecepatan rendah aliran air yang terhisap oleh propeller dan melewati daun kemudi kecepatannya rendah sehingga thrustnya tidak mencukupi untuk keperluan manuver.

Kecepatan kapal nol atau rendah menjadikan fungsi dari daun kemudi tidak efektif lagi, untuk meningkatkan kemampuan manuver kapal tersebut di perlukan peralatan manuver tambahan. Banyak jenis dan tipe dari peralatan manuver tambahan. Bow thruster dan stern thruster mampu menambah kemampuan manuver kapal pada saat-saat kecepatan kapal nol atau pada kecepatan yang rendah. Dari banyaknya jenis dan tipe peralatan manuver tambahan, dalam membangun kapal-kapal baru perlu perencanaan dan pemilihan yang tepat sehingga didapatkan instalasi yang effisien dan mampu beroperasi secara optimal.

Kata Pengantar

Assalamu 'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur kehadiran Allah Swt, yang telah melimpahkan Rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir yang merupakan salah satu persyaratan untuk meraih gelar kesarjanaan pada jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS ini, dapat terselesaikan pada waktunya.

Penulis menyadari apa yang terkandung dalam tulisan ini masih membutuhkan penyempurnaan lebih lanjut. Masih banyak istilah-istilah asing yang belum ditulis dalam kaidah-kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar karena penulis kesulitan dalam menemukan padanan kata yang sesuai. Untuk itu penulis selalu membuka kesempatan bagi upaya perbaikan demi kesempurnaan tulisan ini sehingga dapat memberikan konstribusi yang nyata bagi khasanah ilmu pengetahuan.

Dengan terselesaiinya Tugas Akhir ini, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Ibunda tercinta, Bapak serta kakak dan adikku yang banyak memberikan semangat dan doa selama ini.
2. Bapak Ir. Soemadi, ADM PG Gending dan PG Wonolangun beserta keluarga yang telah banyak membantu penulis selama di bangku perkuliahan.
3. Bapak Ir. M. Orianto, Msc. BSE, selaku ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Ir. Bambang Supangkat, selaku dosen pembimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Amiadji dan Ir. Edy Setyo K. selaku dosen wali penulis.
6. Semua Dosen / staf serta karyawan, karyawati jurusan Teknik Sistem perkapalan dan Fakultas Teknologi Kelautan.

7. Bapak Ir. Masyudi, PT PAL yang telah rela meluangkan waktu untuk mengoreksi tugas akhir ini dan mencarikan data-data yang penulis butuhkan.
8. Ir. Kuat Pamiji, Gemanischer Lloyd yang banyak membantu mencarikan data dan informasi tentang sistem bow thruster.
9. Ir. Puguh PT Kodja Bahari Jakarta yang membantu mencarikan data tentang kapal United Tankers.
10. Erry, Ummi, Vita, Lissa, Agus Sukoco, Damang dan Wahyu yang banyak membantu penulis selama menyelesaikan TA.
11. Rekan-rekan MGT 91, dan rekan-rekan Teknik Sistem Permesinan kapal seperjuangan dan seangkatan.
12. Rekan-rekan KU 69, GP 48, BS 56 SBY.
13. Semua pihak yang telah membantu demi kelancaran penulisan TA yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Pada akhirnya penulis berharap semoga kiranya tulisan ini akan memberi manfaat bagi almamater ITS dan Indonesia serta memberikan sumbangan bagi dunia ilmu pengetahuan khususnya perkapalan di Indonesia.

Wassalamu 'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh.

Surabaya, Juli 1996

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	(i)
Lembar Pengesahan	(ii)
ABSTRAK	(iii)
Kata Pengantar	(iv)
Daftar Isi	(v)
 BAB I PENDAHULUAN	1
I1 Latar belakang	1
I2 Tujuan penulisan	3
I3 Manfaat Tugas Akhir	3
I4 Batasan masalah	4
I5 Metodologi penulisan	4
 BAB II DASAR TEORI	5
II.1 Jet Thruster.....	5
II.1.1 Hidrodinamic pada kecepatan nol	5
II.1.2 Rating jet thruster pada kecepatan nol	10
II.2. PENERAPAN INSTALASI JET THRUSTER	14
II.2.1 Aspek pelayaran pelayanan untuk bow dan stern thruster	14
II.2.2 Manuver memutar	16
II.2.3 Stern thruster pada kecepatan nol	17

II.3 DESAIN JET THRUSTER	18
II.3.1 Panjang tunnel dan peletakkan propeller thruster	18
II.3.2 Pengaruh konfigurasi tunnel	19
II.3.3 Kisi pelindung	21
IV.3.4. THRUST UNTUK BOW THRUSTER	23
IV.3.4.1. Perhitungan tahanan	23
II.4 POMPA THRUSTER	25
II.4.1 Kondisi Thrust Static	26
II.4.2 Penambahan Thrust Pada Pompa Thruster Tekanan Tinggi ..	29
II.4.3 HEAD LOSS PADA ALIRAN FLUIDA	31
II.4.3.1. Head Loss Mayor	33
II.4.3.2. Head Loss Minor	34
II.4.3.3. Head Dan Daya Pompa	
II.4.4. PERFORMANCE DAN PARAMETER POMPA	
BAB III TINJAUAN UMUM KAPAL UNITED TANKERS	42
III.1. Gambaran Umum Kapal United Tankers	42
III.2. Sistem Water Jet Thruster Pada United Tankers	44
III.3. Ukuran-Ukuran Utama dan Spesifikasi Kapal United Tankers	47
BAB IV ANALISA PERMASALAHAN	50
IV.1. Perhitungan Thrust Untuk Bow Thruster	50
IV.1.1. Luasan Proyeksi Daerah Memanjang Di Bawah Garis Air.....	50

IV.1.2. Luasan Daerah Diatas Permukaan Air.....	54
IV.2. Mencari Titik Berat Luasan Permukaan	57
IV.3. Mencari Tahanan Kapal	63
IV.4. Mencari Thrust Bow Thruster	65
IV.2. PERHITUNGAN DAYA POMPA	70
IV.2.1. Perhitungan Head Loss	70
IV.2.2. Perhitungan Daya Pompa	78
IV.3. PERBANDINGAN KECEPATAN MEMUTAR	82
BAB V PEMBAHASAN MASALAH	86
V.1. THRUST PADA BOW THRUSTER	86
V.1.1 Thrust Terpasang Pada Kapal	86
V.1.2 Perencanaan Thrust Pada Kapal	88
V.1.3 Desain Bow Thruster	90
V.2. DAYA POMPA	94
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	100
PENUTUP	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN :	104
A. Rumus Perhitungan Tahanan Dan Thrust.....	104
B. Tabel Dan Grafik Perhitungan losses aliran dalam pipa	112

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang

Pertimbangan kemampuan manuvering pada saat desain kapal-kapal yang baru memiliki porsi yang sangat kecil. Metode empiris secara kasar dipakai untuk memilih sistem luasan daun kemudi dan sedikit sekali pertimbangan yang dilakukan yang berkaitan dengan akibat yang ditimbulkan dari efek bentuk hull.

Efek bentuk hull akan menuntut persyaratan misi dan operasional kapal-kapal berubah terutama dimasa-masa mendatang, hal ini diakibatkan oleh perubahan ukuran kapal-kapal, bentuk, dan speed. Dua contoh perubahan disini adalah kemajuan dalam bidang kapal selam dan kapal super tanker. Untuk itu dalam mendesain kapal-kapal baru tidak boleh hanya bertumpu pada data operasional komulatif dari data-data tipe kapal sebelumnya.

Pada kapal-kapal yang panjang, displacement besar, koefisien blok besar (full bow and stern) dan draft yang dalam, tidak stabil arah gerakannya, tidak dapat maju dengan lurus pada sudut kemudi nol, padahal gerakan maju lurus adalah gerakan operasional kapal terbanyak dan terlama. Disamping itu pada kondisi emergensi (saat hujan, berkabut, keadaan gelap, perairan berkarang) kapal-kapal tersebut harus mampu manuver dengan cepat untuk menghindari bahaya. Juga Pada daerah pelayaran yang sempit misalnya : pelabuhan, canal dan

selat, kapal tipe ini berlayar dengan kecepatan yang rendah sehingga kecepatan aliran air yang melewati daun kemudi thrustnya tidaklah mencukupi untuk melakukan manuver. Untuk menjaga agar kapal mampu berlayar dengan lurus, mampu manuver pada kondisi yang emergensi dan didaerah-daerah yang sempit maka diperlukan alat manuvering tambahan bow thruster dan stern thruster.

Peralatan manuvering tambahan (bow thruster dan stern thruster) yang dikenal sekarang ini ada 3 tipe yaitu : tipe tunnel, tipe trainable, dan tipe jet. Dari ketiga tipe bow thruster yang ada yang sering dijumpai adalah tipe tunnel. Pada kapal United Tankers yang dibangun oleh PT Dok & Perkapalan Kodja Baharai Jakarta memakai bow thruster tipe jet untuk peralatan manuvering tambahan.

Pada sistem bow thruster tipe jet, dimana pompa dipasang untuk menghisap air lewat suction yang terletak di bottom kapal dekat center line dan dipompakan lewat tunnel melintang untuk menghasilkan thrust ke sisi kiri dan sisi kanan. Thrust dihasilkan dari perbedaan momentum antara air yang masuk dengan air yang keluar. Disini terlihat bahwa peranan pompa pada sistem jet thruster memegang peranan yang sangat penting. Untuk itu perlu diadakan perencanaan pompa dan pemilihan tipe bow thruster sehingga didapatkan sistem yang paling optimal dan effisien.

I.2 Tujuan penulisan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- Mengenal lebih dekat sistem bow thruster yang memakai tipe water jet thruster.
- Menghitung kebutuhan thrust pada sistem bow thruster pada kapal United tankers.
- Menghitung daya pompa yang digunakan pada sistem bow thruster tipe water jet pada kapal United Tankers.
- Membandingkan kecepatan memutar dari sistem bow thruster tipe tunnel dengan tipe water jet thruster .

I.3 Manfaat Tugas Akhir

Dengan melakukan analisa tenaga penggerak sistem bow thruster pada kapal United Tankers 16 000 DWT, diharapkan dapat memberikan manfaat-manfaat antara lain:

- Tugas Akhir ini dapat dipakai sebagai acuan bagi para mahasiswa dan peneliti yang berminat dalam kajian sistem bow thruster khususnya tipe water jet thruster dan tipe tunnel thruster.
- Tugas Akhir ini diharapkan dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan produksi kapal yang menggunakan sistem bow thruster.

I.4 Batasan masalah

Karena terbatasnya waktu dan kemampuan untuk penulisan Tugas Akhir ini maka penulis mengambil batasan-batasan masalah antara lain :

- Hanya menganalisa sistem bow thruster pada kapal United Tankers.
- Membandingkan kecepatan memutar pada kapal United Tankers secara teknis antara sistem bow thruster dengan tipe water jet thruster dengan tipe tunnel.
- Analisa perbandingan dilakukan berdasarkan kesamaan daya penggerak dari sistem bow thruster.
- Tidak membahas konstruksi dan desain komponen pompa.
- Dalam perhitungan tingkat keadaan diasumsikan pada keadaan ideal.

I.5 Metodologi penulisan

Secara umum metodologi penulisan Tugas Akhir dapat diuraikan sebagai berikut :

- Mendapatkan data sekunder dari PT Dok & Perkapalan Kodja Bahari dan PT PAL.
- Mengadakan pengkajian literatur - literatur untuk memperoleh informasi pengetahuan tentang permasalahan yang dianalisa.
- Mengadakan analisa terhadap permasalahan.
- Menarik kesimpulan tentang pemakaian sistem bow thruster terutama tipe jet jika dibandingkan dengan tipe tunnel.

BAB II
DASAR TEORI

Dari Hukum Dinamika (Hukum Newton) :

$$F = m \ddot{s} \dots \dots \dots \text{ (II.2)}$$

turunan differensial dari persamaan di atas :

$$F = \frac{d}{dt} (m.s) = s \cdot \frac{dm}{dt} + m \cdot \frac{ds}{dt} \dots \dots \dots \text{ (II.3)}$$

Hukum momentum pada kondisi konstan speed ($v = \dot{s} = \text{konstan}$) dapat dicari :

$$F = v \cdot \dot{m} \dots \dots \dots \text{ (II.4)}$$

disini pada jet fluida dengan $\dot{m} = \rho \cdot Q$, maka gaya reaksi jet T yang dihasilkan adalah:

$$T = \rho \cdot Q \cdot V_j' \dots \dots \dots \text{ (II.5)}$$

dimana :

T (N) : Gaya reaksi jet

ρ (Kg/m³) : densitas massa fluida

Q (m³/s) : debit aliran fluida

V_j' (m/s) : kecepatan aliran nominal jet

Dengan $V_j' = V_j$ = kecepatan jet effektif, dengan resultan gaya jet thruster yang diukur Y_0 dari instalasi yang terpasang.

Kecepatan Jet Effektif :

$$V_j = Y_0 / \rho \cdot Q \dots \dots \dots \text{ (II.6)}$$

Hukum kontinuitas debit aliran Q adalah konstan pada permukaan melintang lingkaran dengan luas permukaan A_T dan persamaan II.5 bahwa $Q = A_T \cdot V_j'$.

Jadi didapat :

$$T = \rho \cdot A_T \cdot V_j^2 \dots \dots \dots \text{(II.7)}$$

Power hidraulik pompa yang dihasilkan jet secara langsung (Gambar : II.1) dari head hidrostatic (ΔH) adalah :

$$P_n = Q \cdot \Delta p = Q \cdot \rho \cdot g \cdot \Delta h \dots \dots \dots \text{(II.8)}$$

dimana :

P_n (W) : hidrolic power

Q (m^3/s) : debit aliran fluida

ρ (Kg/m^3) : densitas massa dari fluida

g (m/s^2) : percepatan gravitasi

Δh (m) : hidrostatic head

Dengan tekanan dinamik Δp sesuai dengan persamaan Bernoulli :

$$\Delta p = \rho \cdot V_j^2 / 2 \dots \dots \dots \text{(II.9)}$$

Persamaan II.8 jadi :

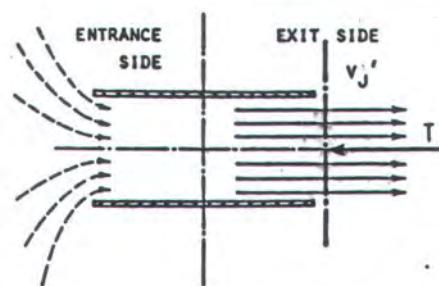
$$P_n = \rho \cdot A_T \cdot V_j^2 / 2 \dots \dots \dots \text{(II.10)}$$

Spesific thrust $c = T/P_n$, jadi :

$$c = T/P_n = 2 / V_j' \dots \dots \dots \text{(II.11)}$$

atau resultan gaya melintang Y_0 dan power pump engine P_0

$$c_0 = Y_0 / P_0 \dots \dots \dots \text{(II.12)}$$



Gambar II.1 : Aliran melintang v_j' pada luasan A_T dan thrust reaksi T

Dalam praktik sehari-hari, spesific thrust $c_0 = Y_0/P_0$ besaran c dari persamaan II.11 berhubungan dengan :

- distribusi aliran yang tidak merata
- effisiensi propeller
- losses tekanan dan gesekan dari tunel dan gear box
- entrance losses dan pemisahan aliran
- effisiensi motor dan gear

Dalam melakukan perhitungan bahwa $A_T \sim D^2$ (D = diameter tunel) hal ini terlihat dari persamaan II.7 dan persamaan II.11, bahwa realisasi spesific thrust yang besar :

- Dimensi tunel D besar memungkinkan
- Kecepatan jet V_j kecil adalah mungkin

seharusnya diaplikasikan. Tetapi dalam kasus ini tidak aplikatif pada instalasi konvensional, untuk sekarang ini dengan sukses dipakai pada instalai energi yang modern.

Kecepatan jet effektif yang didapat

$$V_j = \sqrt{\frac{Y_0}{\rho A_T}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (II.13)$$

Normal jet thruster yang diciptakan duct propeller dengan fixed propeller / variabel pitch. Pompa axial tekanan rendah dengan kapasitas yang besar dari aliran yang dihasilkan beda tekanan ΔP_p :

$$\Delta P_p = \rho /2.V_j'^2 + \Delta p_1 + \Delta p_2 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (II.14)$$

dimana :

ΔP_p (N/m²) : perbedaan tekanan pompa

V_j' (m/s) : kecepatan nominal jet

Δp_1 (N/m²) : losses tekanan pada sisi masuk

Δp_2 (N/m²) : losses tekanan pada sisi keluaran

Dari tekanan pada keluaran jet diperkirakan berhubungan dengan tekanan hidrostatik pada masukan jet adalah berharga negatif untuk menghitung.

Untuk menurunkan losses energi Δp_1 dan Δp_2 maka pemilihan konstruksi tunel yang sesuai sangat disarankan. Dalam propeller fixed pada jet thruster secara umum desain menggunakan Type Kaplan dan dengan harapan untuk membatasi torsi saat distart dengan pitch / rasio

diameter P/D = 0,7 sampai 0,9.

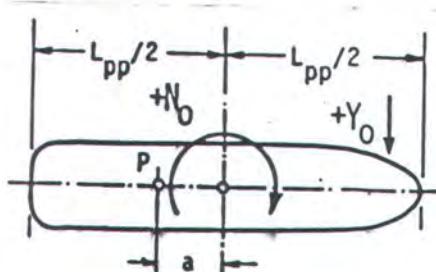
dengan alasan kesesuaian drag/lift rasio blade area rasio $A_e/A_o = 0,55$ sampai 0,85. yang dipilih. Berkaitan dengan erosi kavitas dan kebisingan circumferensial speed seharusnya tidak melampaui $D.\pi.n = 30$ samapi 35 m/s.

II.1.2 RATING JET THRUSTER PADA KECEPATAN NOL

Pengaruh resultan gaya melintang Y_o dan moment steering N_o , kapal akan memperoleh gerakan melintang dan memutar. Pada phase awal manuver titik pusat/ poros (*pivot point*) P diletakkan didekat :

$$a \sim 2.i^2 / L_{pp} \dots \dots \dots \text{(II.15)}$$

bagian belakang dari midship kapal (Gambar :II.2). Disini instalasi bow thruster dekat forward perpendicular. Pada persamaan II.15 satuan i dalam meter (m) merupakan lambang inersia memanjang.

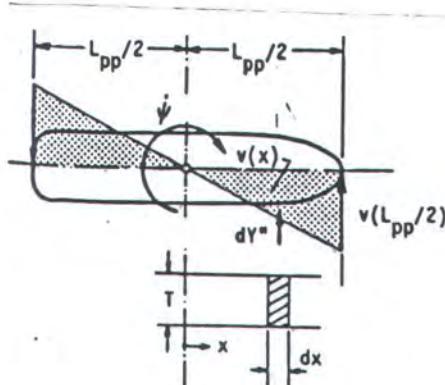


Gambar II.2 : Definisi sket manuver memutar

Pada harga konstan dari putaran $\Psi = \text{constan}$, harga moment inersia pada nol dan moment steering diseimbangkan oleh peredam hidrodinamik resultant

moment dari tahanan melintang terlihat pada sepanjang lintasan dx dan tinggi T . (lihat gambar: : II.3). Pada phase kecepatan memutar konstan $\Psi = \text{constant}$, kecepatan melintang

$V(x)$ pada posisi x memanjang kapal axis adalah $v(x) = x\Psi$.



Gambar II.3 : definisi sket untuk menghitung hidrodinamik

Elemen tahanan melintang berkaitan dengan lintasan :

$$dY'' = \text{const} \cdot x^2 \cdot \Psi^2 \cdot T dx \quad (\text{II.16})$$

Elemen momen :

$$dN'' = \text{const} \cdot x^3 \cdot \Psi^2 \cdot T dx \quad (\text{II.17})$$

Integrasi sepanjang kapal terlihat momen peredam hidrodinamika N'' dimana dibalan oleh momen steering :

$$N'' = -No = \text{const} \cdot T \cdot L_{pp}^4 \cdot \Psi^2 \quad (\text{II.18})$$

Pengantar pada alasan dimensi constan densitas massa dan $No = \text{const} \cdot L_{pp} \cdot Y_o$ dan semua constan dikumpulkan :

$$\Psi = k \pm \sqrt{\frac{Y_0}{\rho \cdot L_{pp}^3 \cdot T}} \quad \dots \dots \dots \text{(II.19)}$$

dimana :

Ψ ($^{\circ}/s$) : rasio perputaran konstan

Y_0 (N) : gaya melintang jet thruster

L_{pp} (m) : length between perpendicular

T (m) : draught

ρ (Kg/m^3) : densitas massa air

Faktor K dengan satuan derajat dari test model dan eksperimen skala penuh, didapatkan harga sebagai berikut :

$k = 190^{\circ}$: harga deviasi rata-rata

$k = 160^{\circ}$: haluan dan buritan ramping dan lateral thruster jauh dari perpendicular

$k = 220^{\circ}$: untuk center rudder, haluan gemuk dan lateral thruster dekat perpendicular dengan thrust/luasan melintang yang berkaitan :

$$f(N/m^2) = Y_0 / L_{pp} \cdot T \quad \dots \dots \dots \text{(II.20)}$$

atau sesuai dengan persamaan II.12 :

$$f(N/m^2) = P_0 \cdot c_0 / L_{pp} \cdot T \quad \dots \dots \dots \text{(II.21)}$$

maka persamaan II.19 :

$$\Psi (^{\circ}/s) = \frac{k}{L_{pp}} \sqrt{\frac{f}{\rho}} \quad \dots \dots \dots \text{(II.22)}$$

Berkaitan dengan menggunakan ukuran kapal Lpp, thrust/ rasio luasan lateral dari persamaan II.20 dan rata-rata harga K 190° dan dapat digambar dalam sebuah diagram yang ditunjukkan dalam gambar : II.4 di bawah ini, dimana tipe-tipe kapal yang laku dipasaran dengan harga perputaran sebagai parameter. Dari persamaan II.19 terlihat pada kapal dengan fixed pitch thrust terlihat bahwa besarnya gaya melintang Yo ~ n², jadi rasio pebandingan perputarannya merupakan putaran sebagai parameter. Jadi :

$$\frac{\Psi_2}{\Psi_1} = \frac{n_2}{n_1} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (\text{II.23})$$

dimana memungkinkan untuk menggunakan tipe multiple switching.

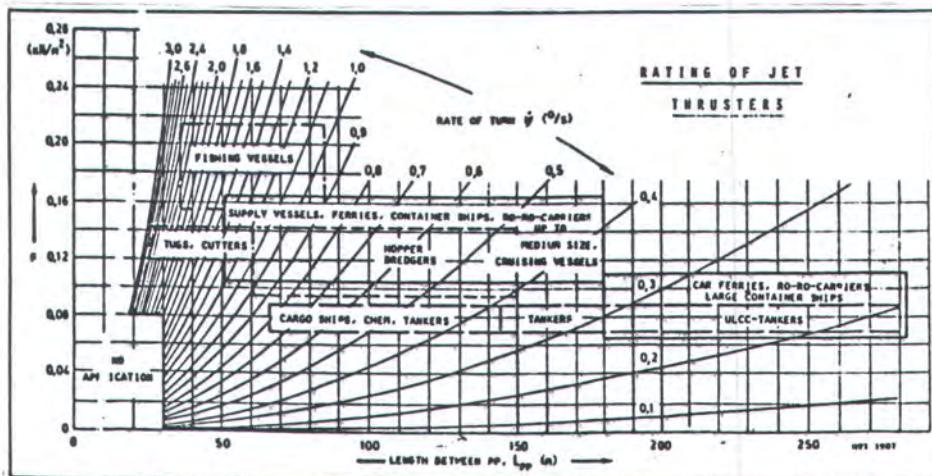
Bagaimanapun dari persamaan II.19 terlihat bahwa variasi panjang kapal Lpp pada harga f yang konstan sesuai dengan persamaan II.20 maka rasio perputaran akan memiliki hubungan :

$$\frac{\Psi_2}{\Psi_1} = \frac{L_{pp1}}{L_{pp2}} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (\text{II.24})$$

pada kapal yang memiliki kemudi utama dengan kecepatannya tidak sama dengan nol, maka :

$$\frac{\Psi \cdot L_{pp}}{V} = \text{const} ; \text{ pada } V \neq 0$$

Dari persamaan II.25 rasio perputaran dapat dicari pada constan rating rating f ditingkatkan dengan menambah ukuran kapal yang ditunjukkan seperti pada gambar diagram desain gambar : II.4 dibawah ini :



Gambar II.4 : Diagram desain lateral thruster

II.2. PENERAPAN INSTALASI JET THRUSTER

II.2.1 ASPEK PELAYARAN UNTUK BOW DAN STERN THRUSTER

Dalam praktik sehari-hari jet thruster di pakai untuk manuver dengan performance yang khusus dalam hubungannya dengan kemudi utama dan single atau multi propeller manuver. Pertimbangan memilih instalasi Bow dan stern thruster pada kapal-kapal adalah persyaratan manuvering secara khusus, aspek ekonomis, dan kondisi lingkungan. Mesin bantu yang di pasang di geladak juga cocok untuk instalasi jet thruster. Gaya melintang jet thruster Y_0 meningkat pada arah longitudinal X_0 , diukur dari center gravity (cg) dengan normal diasumsikan terletak didekat midship kapal. Kapal akan mencapai percepatan angular Ψ dan percepatan transversal (V) dimana reaksi dinamik

$$v \text{ (m/s}^2\text{)} = Y_0 / (\Delta + m_y'') \dots \dots \dots \text{(II.25)}$$

$$\Psi \text{ (1/s}^2\text{)} = Y_0 / i^2 \cdot (\Delta + m_y'') \dots \dots \dots \text{(II.26)}$$

dengan :

Y_0 (N) : gaya melintang jet thruster

X_y (m) : letak antara jet thruster dengan midship

Δ (Kg) : displacement kapal

m_y (Kg) : massa hidrodinamik tambahan pada arah
melintang.

i (m) : $(I / (\Delta + m_y''))^{0.5}$
jarak momen inersia arah memanjang

Pada phase awal sumbu putar (*pivot point*) P terletak didekat :

$$\ddot{\Psi} \cdot a = -\dot{V} \dots \dots \dots \text{(II.27)}$$

Dengan substitusi persamaan II.26 dan persamaan II.26 dan dengan asumsi bahwa $X \sim L_{pp}/2$ didapatkan

$$a = 2 \cdot i^2 / L_{pp} \dots \dots \dots \text{(II.28)}$$

Dengan $i = 0,25 L_{pp}$ sampai $0,30 L_{pp}$ dengan normal distribusi massa longitudinal kapal titik sumbu terletak pada $a \sim L_{pp}/6$ relatif terhadap tengah-tengah kapal :

- ke arah belakang untuk unit Bow thruster.

- ke arah depan untuk unit stern thruster.

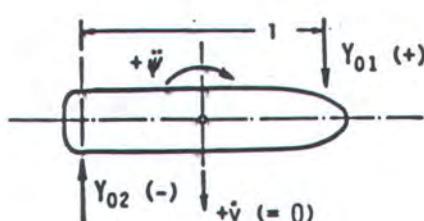
II.2.2 MANUVER MEMUTAR

Dua persamaan tetapi berlawanan arah gaya melintangnya $Y_{01} = Y_{02}$ yang dihasilkan oleh Bow dan stern thruster. Pada gambar : II.5 di bawah ini 1 ~ 2.x, disebabkan oleh reaksi dinamik :

$$V \text{ (m/s)} = (Y_{01} - Y_{02}) / (\Delta + m_y'') = 0 \quad \dots \dots \dots \text{(II.28)}$$

$$\Psi \text{ (1/s}^2\text{)} = (Y_{01} \cdot l) / i^2 \cdot (\Delta + m_y'') \quad \dots \dots \dots \text{(II.29)}$$

disini sumbu putarnya diperkirakan kira-kira di tengah-tengah kapal (midship section). Pada phase konstan gerakan melingkar kapal $\Psi = \text{constan}$, maka moment steering No = $Y_{01} \cdot l$ adalah dikompensasi oleh peredam hidrostatik moment (N''). Lihat persamaan II.18 dan persamaan II.19.



Gambar II.5 : Manuver memutar

II.2.3 STERN THRUSTER PADA KECEPATAN NOL

Kapal kadang-kadang berada dilingkungan yang memerlukan peralatan manuver khusus misalnya : pelabuhan yang sempit akan lebih baik bila memasang Bow dan Stern Thruster sebagai peralatan manuver tambahan. teknik manuver merupakan usaha untuk menurunkan tingkat kesulitan dalam pelayaran secara khusus dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, hal ini dikarenakan beberapa hal misalnya :

- kekurangan efektifan kemudi pada saat kecepatan kapal relatif rendah atau nol
- ketinggian atau distribusi bangunan atas
- aspek ekonomis

Tetapi bagaimanapun stern thruster lebih baik di pasang pada kapal-kapal ukuran besar, misalnya :

- kapal ferry
- kapal roro
- cruise liners, dll

Perbandingan dari stern thruster secara normal dapat diperkirakan :

$$P_{02} = 0,75 \cdot P_{01} \dots \dots \dots \text{ (II.30)}$$

dimana :

P_{02} (kW) : power engine dari stern thruster.

P_{01} (kW) : power engine dari bow thruster.

II.3 DESAIN JET THRUSTER

Pertimbangan dasar dalam mendesain sebuah jet thruster adalah :

- luasan permukaan melintang tunel A_T yang dipilih sebesar mungkin sangatlah memungkinkan (persamaan : II.6)
- kecepatan jet V_j sekecil mungkin (pers : II.10)

Beberapa aspek penting yang perlu diambil dalam mempertimbangkan instalasi adalah :

- panjang tunel
- arrangement propeller thruster
- desain entrance tunnel

padahal ukuran-ukuran ini sangat berpengaruh dalam meningkatkan spesific thrust yang optimum (pers : II.11) dan untuk menghindari bahaya *air drawing*, yaitu tidak tercelupnya tunel sehingga tidak mampu menghasilkan thrust yang sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian pengaruh kisi-kisi pengaman seharusnya juga di pertimbangkan.

II.3.1 PANJANG TUNEL DAN PELETAKKAN PROPELLER THRUSTER

Panjang tunel berpengaruh pada aspek hidrodinamika dari homogenis aliran pada sisi masuk, untuk perlu dihindari beberapa hal yaitu :

-
- konstraksi jet oleh pusaran
 - kelurusan aliran masuk jet

Pada aspek permesinan pengaruh panjang instalasi dari peralatan jet thruster akan meminta tempat sehingga akan mengurangi cargo hold. Dari aspek persyaratan pelayaran instalasi jet thruster seharusnya sejauh mungkin kearah depan (stern thruster) atau sejauh mungkin ke arah belakang (bow thruster).

II.3.2 PENGARUH KONFIGURASI TUNEL

Biasanya sisi bodi kapal tidak paralel, sehingga instalasi di bulbous bow berbentuk V, sehingga akan menyebabkan bentuk tunel yang sesuai kerucut. Pengaruh dari konfigurasi tunnel dapat dilihat dari studi banding test model dimana single bow propeller thruster di test dengan sisi bodi kapal paralel pada kapal kontainer yang ramping.

Pengaruh yang menguntungkan dari bentuk paralel dapat dijelaskan sebagai berikut :

- peningkatan gaya melintang Y_0 sebesar 12 sampai 14 %
- peningkatan engine power P_o berfluktuasi sekitar 8 %
- peningkatan spesific thrust c_o sebesar 9 % pada kecepatan jet rendah.

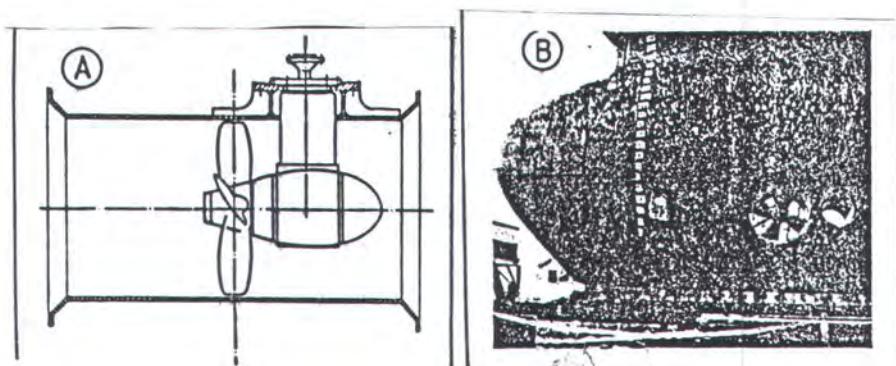
Peningkatan sudut garis air seharusnya dihindari karena akan meningkatkan losses pada sisi pemasukan jet thruster (entrance side) :

- pada sudut yang lebih besar dari 90° akan terjadi kontraksi aliran oleh aliran pusaran.
 - aliran tidak homogen terjadi pada tunel yang pendek.

Dua pertimbangan losses gesekan di tunel dan aspek aliran yang homogen pada kondisi yang ideal dari sisi kapal yang paralel (gambar : II.6.a) dapat diperkirakan panjang tunel 1 yang cocok diperkirakan berkisar :

Tunel diusahakan terletak sejauh mungkin jaraknya dari midship kapal atau di bulbous bow tetapi bentuknya yang sangat ramping dari bagian bodi depan kapal kadang-kadang menjadikan panjang dari tunel lebih pendek dan berkisar antara :

Bila keadaan seperti itu terjadi maka panjang tunel tersebut bisa dipakai.



Gambar II.6 : Instalasi bow thruster pada bulbous bow

Seharusnya dilakukan usaha untuk meletakkan propeller ditengah-tengah sehingga didapatkan kondisi yang paling ideal. Propeller pada tunel yang lebih pendek sebaiknya diletakkan secara eksentris terhadap panjang gear box. Dari dua persyaratan pelayaran untuk meningkatkan performance thruster terutama untuk manuver ke arah kanan, bagaimanapun juga propeller sebaiknya juga diletakkan disebelah kanan. Dalam kasus ini bentuk bodi depan dan bodi belakang V, akan menimbulkan perbedaan bentuk tunel yang agak panjang tetapi pada kondisi inipun tidak menjadikan masalah bila kita ingin memasang instalasi jet thruster.

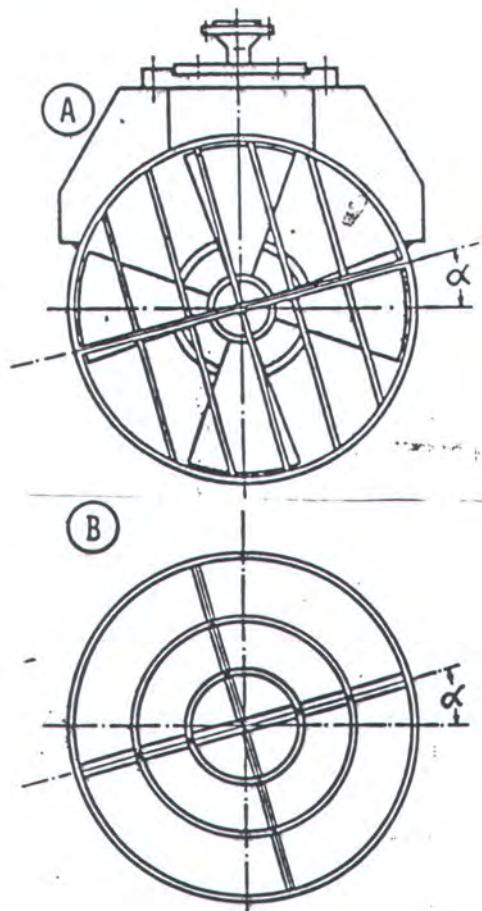
II.3.3 KISI PELINDUNG

Pada tunel dipasang kisi-kisi pengaman dengan tujuan yang berbeda-beda yaitu :

- mencegah jet thruster dari benda-benda yang bisa merusakkan instalasi.
- mengurangi tahan tunel.

Pada gambar II.6 di bawah ini terlihat 2 jenis tipe kisi pengaman yang dipasang di sisi masukan dan keluaran tunel. Kisi A terdiri dari 5 sampai 7 plat baja dipasang vertikal pada arah aliran, juga bisa dipasang dengan sudut 15° . Versi B kisi yang dipasang melingkar dan sejajar. Yang perlu dicatat bahwa jet thruster adalah merupakan saluran mencekik dan beban berlebih diperbolehkan, loses gesekan secara menyeluruh diambil dalam proses perhitungan.

Dari test yang bervariasi bow jet thruster di daerah es terlihat bahwa kisi-kisi ~~mesh~~ menjadikan tidak penting karena : es akan membantu di dalam tunel, kisi-kisi pengaman merugikan jet thruster itu sendiri. Pemasangan plat dulu dipakai untuk mencegah tahanan tekan di akhir tunel yang tidak effektif dari segi hidrodinamika.



Gambar II.6 : Kisi pengaman

IV.3.4. THRUST UNTUK BOW THRUSTER

IV.3.4.1. PERHITUNGAN TAHANAN \gg^1

1. TAHANAN ANGIN

$$R_A = K_a \times A_a \times V_a^2$$

Dimana :

K_a = koefisien yang diakibatkan oleh tahanan angin

$$= 0,0429 - 0,0735$$

A_a = Luasan proyeksi permukaan memanjang kapal di atas permukaan air

V_a = Kecepatan angin relatif terhadap gerakan kapal.

$$= 10 \text{ m/s} \text{ (rata-rata).}$$

2. TAHANAN GESEK

$$R_w = 0,01212 \times A_w \times [(V_w + V_s)^2 + 0,33 \times (V_w + V_s)]$$

dimana :

A_w = Luas permukaan basah (WSA)

$$= 1,7 \times d \times L + \frac{\Delta}{d} \quad (\text{m}^2) \dots\dots\dots\dots \text{ (Formula Denny)}$$

V_w = kecepatan gelombang dan arus

$$= 2 \text{ kts} = 1,03 \text{ m/sec}$$

Karena kecepatan arus dan gelombang di daerah pelabuhan relatif kecil maka kecepatan arus dan gelombang bisa diabaikan, jadi V_w bisa dianggap nol dan hal ini pengaruhnya tidak terlalu besar.

V_s = kecepatan kapal pada saat pengoperasian thruster manuver di pelabuhan.

$$= 0,30 \text{ m/s (rata-rata)}$$

3. TAHANAN ARUS DAN GELOMBANG

$$R_v = 73,20 \times A_s \times (V_s + V_w)^2$$

dimana :

A_s = Luasan proyeksi permukaan memanjang di bawah air

V_s dan V_w sama dengan item atas.

4. PERHITUNGAN TAHANAN KARENA PERALATAN

THRUSTER

$$R_p = 26,40 \times D_s^2 \times (V_w + V_s)^2$$

dimana :

D_s = diameter tunnel thruster

Vw dan Vs sama dengan item atas.

II.4 POMPA THRUSTER

Parameter desain pompa jet thruster antara lain : tekanan rendah, pompa aliran axial dengan putaran spesific yang tinggi. Batasan dan tipe dari pompa jet thruster telah dijelaskan didepan dan secara khusus ditunjukkan aplikasi di kapal dengan drag yang dangkal, kekuatan yang besar, dan memiliki kecepatan manuver yang tinggi, dan terlihat pemakaian pompa thruster dengan tekanan tinggi, pemakaian dimensi yang kecil, dan bebas dalam arrangement

Pada gambar II:7 dibawah ini adalah contoh modern yang merupakan pengembangan dari ide lama, untuk memperbesar thrust pompa tekanan tinggi dengan ejector, disini ring nozzle ejector dipakai sebagai pengarah thrust.

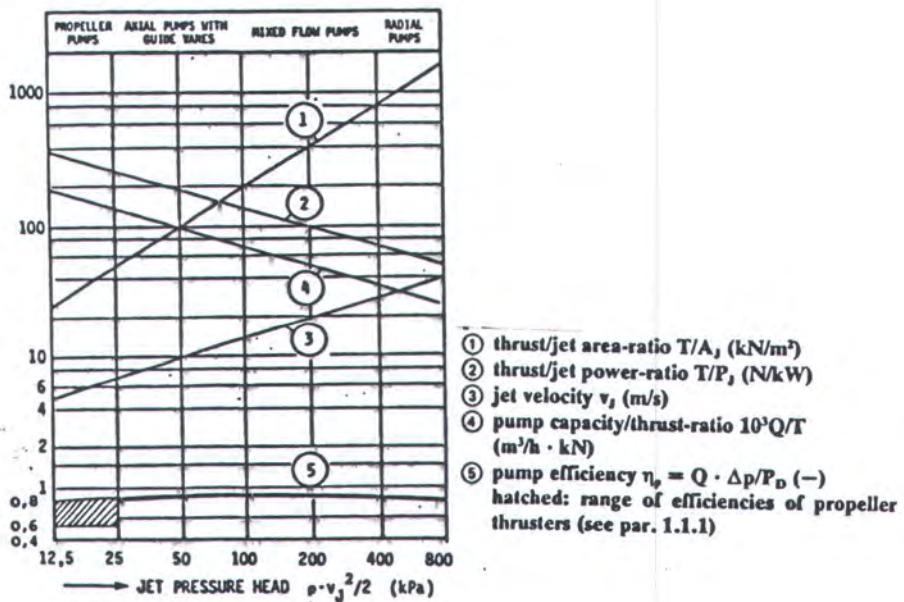


Gambar II.7 : Ejector thruster.

II.4.1 KONDISI THRUST STATIC

Thruster manuvering secara umum didesain untuk kondisi statik thrust. Gambar II.8 memberikan catatan tentang data performance pompa thruster pada kapal kecepatan nol. Data yang berhubungan dengan head tekan jet :

$$p_j \text{ (kPa)} = \rho \cdot v_j^2 / 2 \dots \dots \dots \text{(II.35)}$$



Gambar II.8 : Performance pompa thruster

Parameter performance didapat dari penurunan persamaan berikut ini.

Statik head :

$$T_0 \text{ (kN)} = \rho \cdot A_j^2 \cdot v_j^2 = \rho \cdot Q \cdot v_j = 2 \cdot A_j \cdot P_j \dots \dots \text{(II.36)}$$

Power Jet :

$$P_j (\text{kW}) = \frac{\rho}{2} \cdot A_j \cdot v_j^3 = Q \cdot p_j \quad (\text{II.37})$$

Kecepatan jet :

$$v_j (\text{m/s}) = \sqrt{\frac{2p_j}{\rho}} = \sqrt{\frac{T_o}{\rho A_j}} = \sqrt{\frac{2P_j}{\rho A_j}} \quad (\text{II.38})$$

Dengan head tekan jet meningkat dari 12,5 kPa (beban kosong jet thruster) ke 800 kPa (kondisi ballast) rasio thrust ke jet area meningkat dari 25 kN/m ke 1600 kN/m (gambar II.8, 1).

Beban thrust :

$$T_o/A_j (\text{kN/m}^2) = 2p_j \quad (\text{II.39})$$

Rasio statik thrust ke power jet (spesifik thrust c_0) menurun pada tekanan yang sama dengan range $c_0 = 400$ sampai 50 N/kW. (gambar :II.8, 2)

$$c_0 (\text{kN/kW}) = \frac{T_o}{P_j} = \frac{2}{v_j} = \sqrt{\frac{2\rho}{\pi_\varphi}} \quad (\text{II.40})$$

Kecepatan jet meningkat dari 5 sampai 40 m/s (gambar : II.8, 3).

Rasio debit ke thrust menurun dari 0,2 sampai 0,05 m /s.kN.(gambar : II.8, 4).

$$Q/T_o (\text{m}^3 / \text{s kN}) = 1/\rho \cdot v_j = \frac{1}{\sqrt{2\rho p_j}} \quad (\text{II.41})$$

Effisiensi pompa dihitung dari rasio power pompa hidraulic dengan perhitungan power shaft pompa :

$$\eta_p = Q \cdot \Delta P_p / P_D \quad \dots \dots \dots \text{(II.42)}$$

Pada eksternal pompa jet, dimana p_j berbeda dari Δp_p , hanya kecil dengan perbedaan yang kecil, effisiensi pompa dapat dipakai untuk perhitungan power shaft yang diberikan power jet. Untuk pompa-pompa terintegrasi, sebagai contoh pompa ballast dipakai untuk manuvering, losses tekanan pada inlet, losses gesekan sepanjang pipa, belokan dan katub (losses casing) harus diatasi oleh head tekan pompa yang dikeluarkan pada head tekan jet.

$$\Delta p_p \text{ (kPa)} = p_j + \Delta p_c \quad \dots \dots \dots \text{(II.43)}$$

Dengan faktor losses casing ;

$$\xi_c(-) = \frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{\Delta p_p - p_j}{\Delta p_p} \quad \dots \dots \dots \text{(II.44)}$$

Effisiensi total thruster dapat didefinisikan :

$$\eta_T = \eta_p (1 - \xi_c) = \frac{P_j Q}{P_D} \quad \dots \dots \dots \text{(II.45)}$$

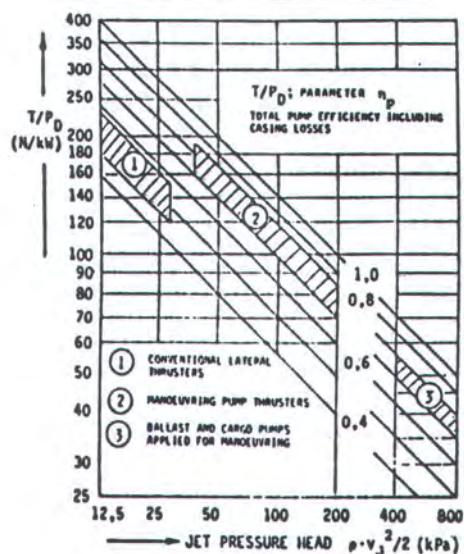
Pada jet thruster, losses casing secara normal termasuk effisiensi pompa. Biasanya pada jangkauan effisiensi yang lebar, berlaku head tekan pompa jet berkisar dari :

$$P_j = 12,5 \text{ sampai } 25 \text{ kPa} \quad \dots \dots \dots \text{(II.46)}$$

Pada tekanan menengah dan tinggi garis tebal hanya menunjukkan effisiensi saja. Disini losses casing selalu berkaitan dengan kecepatan aktual di dalam pipa, belokan dan sambungan dimana besarnya meningkat dengan rasio

yang rendah dari kecepatan sisi masukan dari casing ke kecepatan jet. Kemungkinan untuk menurunkan losses casing adalah dibatasi oleh tipe impeller pompa. Kemudian gambar II.73 memberikan keuntungan tipe pompa untuk meningkatkan head tekan dan meningkatkan rasio outlet pompa ke luasan nozzle. Gambar II.9 menunjukkan parameter terpenting dari pompa thruster yaitu rasio statik thrust dengan power shaft pompa, dengan effisiensi total sebagai parameter.

Pada gambar dijelaskan perbandingan spesific thrust T/P_D yang relatif rendah dari jet thruster konvensional yang memiliki effisiensi yang rendah pada beban propeller yang rendah. Dilain pihak pompa tekanan tinggi dengan effisiensi yang tinggi yang memiliki karakteristik lebih kecil harga spesific thrustnya memiliki head tekan yang tinggi.

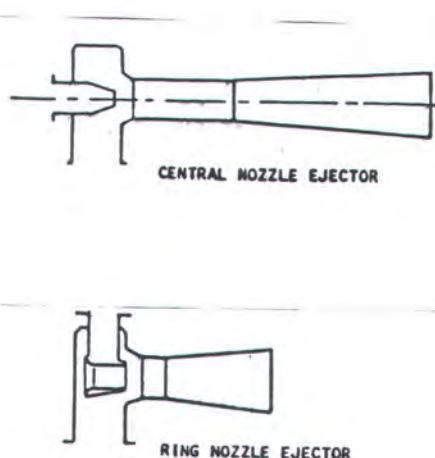


Gambar II.9 : Spesifik thrust

II.10.2 PENAMBAHAN THRUST PADA POMPA THRUSTER TEKANAN TINGGI

Spesific thrust T/P_D rendah dari pompa thruster tekanan tinggi dapat tingkatkan dengan menggunakan ejektor. Ejektor terdiri dari jet nozzle primer, suction chanel, mixing pipe, dan diffuser. Gambar II.10 memperlihatkan 2 tipe ejektor dengan jet nozzle yang berbeda.

Tipe yang ada dengan tipe central nozzle memiliki mixing pipe yang panjang dan diffuser yang panjang juga. Tipe yang lainnya dengan ring nozzle pengembangan dari tipe mixing pipe dengan diffuser yang pendek, dengan tujuan untuk meningkatkan effisiensi ejektor dengan mengurangi loses gesekannya.



Gambar II.10 : Tipe ejektor

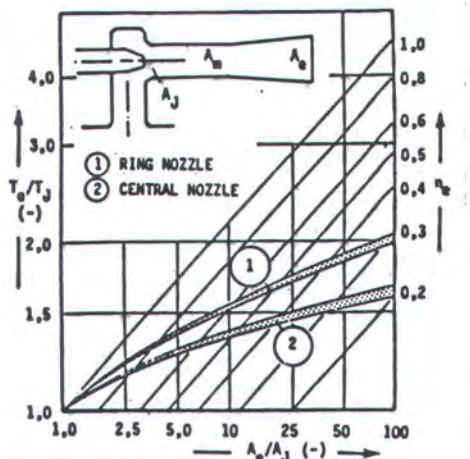
Peningkatan thrust dapat dihitung sesuai dengan rasio thrust :

$$\frac{T_e}{T_j} = \left[\eta_e^2 \frac{A_e}{A_j} \right]^{1/3} \quad \dots \dots \dots \text{(II.47)}$$

dimana effisiensi ejektor :

$$\eta_e = A_e \cdot v_e^3 / A_j \cdot v_j^3 \quad \dots \dots \dots \text{(II.48)}$$

Seharusnya dilakukan pada tes model ejektor nozzle ring dikembangkan agar menjadi yang terbaik dari pada central nozzle ejektor pada semua kondisi tes. Gambar II.11 memberikan batasan untuk ejektor ring nozzle versus area rasio A_e/A_j . Batasan teratas luasan lubang ejektor dengan variabel difusor rasio A_e/A_m disesuaikan dengan rasio luasan ejektor. Batasan terbawah didapat dari tes model dengan fixed diffuser ratio 2,5. Geometri rasio ejektor ring nozzle dengan range antara $A_e/A_e = 3,5$ sampai $4,5$ luasan melintang bagian pemasukan seharusnya antara 1,5 luasan diffuser penampang melintang A_e .



A_e (m^2) = diffusor outlet area	T_e/T_j (-) = $(\eta_e^2 \cdot A_e/A_j)^{1/3}$ = thrust ratio
A_j (m^2) = primary jet nozzle area	T_j (kN) = $\rho \cdot A_j \cdot v_j^2$ = static jet thrust
A_m (m^2) = mixing pipe area	T_e (kN) = $\rho \cdot A_e \cdot v_e^2$ = static ejector thrust
p_j (kPa) = $\rho \cdot v_j^2/2$ = jet pressure head	η_e (-) = $A_e \cdot v_e^3 / A_j \cdot v_j^3$ = ejektor efficiency
p_{stat} (kPa) = $p_{stat} + \rho \cdot g \cdot h$ = static pressure head	

Gambar II.11 : Ejektor penambah statik thrust (kiri),

Batas tekanan yang mempengaruhi pada kavitas (kanan).

II.4.3 HEAD LOSS PADA ALIRAN FLUIDA

Pengekspresian energi mekanis per unit massa pada suatu aliran fluida pada cross section adalah :

$$\frac{P}{\gamma} + \left(\frac{\alpha v^2}{2g} \right) + z$$

Bila aliran mengalir dari section 1 ke section 2 oleh Bernoulli diekspresikan dalam persamaan Energi Mekanik ini sebagai berikut :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \left(\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right) + z_2$$

Pada aliran dimana tidak terjadi efek gesekan maka kecepatan pada section akan uniform sehingga $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, dan persamaan Bernoulli di atas akan menghasilkan perbedaan energi sama dengan nol. Hal ini disebut dengan Zero Head loss.

Pada aliran fluida dengan kekentalan, pada sebuah pipa, salah satu efek dari gesekan adalah perubahan dari energi dalam (internal energy) pada fluida tersebut. Sehingga akan terjadi perbedaan energi mekanik pada fluida tersebut. Dan persamaannya dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \left(\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right) + z_2 + h_{LT}$$

H_{LT} biasa disebut dengan head loss, yang mempunyai dimensi energi per unit massa. Total head loss H_{LT} adalah penjumlahan dari seluruh head loss yang terjadi pada sistem saluran aliran fluida pada sistem.

Pada dasarnya total head loss H_{LT} dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu Major losses dan Minor losses. Major losses H_L adalah merupakan penjumlahan dari efek gesekan pada fully developed di dalam pipa dengan luas penampang konstan. Sedangkan Minor losses h_{LM} adalah losses yang disebabkan aliran melalui jalan masuk (entrance), katub-katub, sambungan-sambungan, belokan-belokan, perubahan luas penampang, jalan keluaran (exit) dan lain-lain.

II.4.3.1. HEAD LOSS MAYOR

Energi ballance pada persamaan di atas dapat digunakan untuk mengevaluasi head loss mayor ini. Bila aliran fully developed yang melalui pipa dengan luas penampang konstan dan $H_{LM} = 0$, $(\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}) = (\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g})$ maka persamaan akan didapatkan sebagai berikut :

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = (Z_1 - Z_2) + h_L$$

Jika dalam sistem pipa adalah horisontal, maka $Z_1 = Z_2$ sehingga :

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{\Delta P}{\gamma} = h_L$$

Jadi head loss mayor dapat diekspresikan sebagai perubahan tekanan untuk aliran fully developed yang melalui pipa horizontal dengan luas penampang konstan.

Karena head loss adalah melukiskan perubahan energi oleh efek gesekan, dari energi mekanik ke energi termal maka head loss untuk aliran fully developed pada saluran dengan constan area hanya bergantung pada detail darialiran yang melalui saluran. Sehingga head loss yang diekspresikan pada persamaan terakhir untuk aliran pada flow rate yang sama yang tidak horisontal.

Dari hasil analisa dimensi, menunjukkan bahwa non dimensional head loss merupakan fungsi dari Reynold Number Re , perbandingan panjang dan diameter dari saluran L/D , dan perbandingan tingkat kekasaran pipa dengan diameter pipa ϵ/D , sehingga dapat dituliskan :

$$\frac{h_L}{V^2} = \frac{L}{D} \Theta (Re, L/D, \epsilon/D)$$

Hasil eksperimen lebih lanjut menunjukkan bahwa non dimensional head loss berbanding lurus dengan L/D dan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{h_L}{V^2} = \frac{L}{D} = \Theta (Re, L/D)$$

Funfsi yang tidak diketahui $\Theta (Re, \epsilon/D)$, didefinisikan sebagai faktor gesekan f yang besarnya dientukan dari hasil eksperimen yang dipublikasikan oleh L.F. Moody yang tertera pada lampiran berupa grafik faktor gesekan. Dan head loss mayor h_L dapat dituliskan sebagai beikut :

$$h_L = f \frac{LV^2}{D 2g}$$

II.4.3.2. HEAD LOSS MINOR

Aliran yang melalui pipa mungkin akan melewati beberapa macam sambungan, belokan, perubahan luas penampang,jalan masuk, jalan keluar, dan lain-lain. Dan pada saat melewati keadaan seperti diatas aliranakan mngalami kerugian-kerugian (losses-losses).

Secara umum besarnya head loss minor dapat dituliskan sebagai berikut :

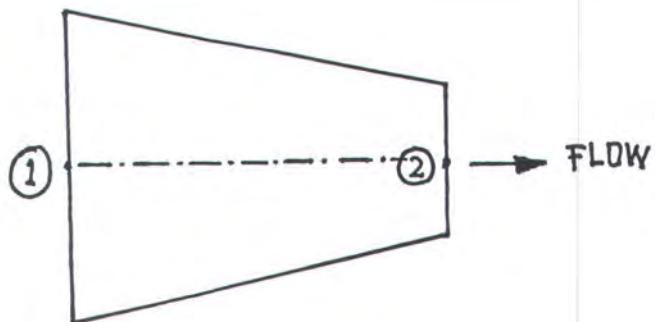
$$h_{LT} = K \frac{V^2}{2g}$$

dimana koeffisien losses K, ditentukan oleh eksperimen untuk tiap-tiap situasi. Harga K dapat dilihat pada tabel di lampiran. Head loss minor dapat juga dituliskan sebagai berikut :

$$h_{LT} = f \frac{L_e}{D} \frac{V^2}{2g}$$

dimana L_e adalah panjang ekuivalen pipa bila bentuknya di samakan dengan pipa lurus.

Untuk nozzle, maka head loss minornya dicari dengan berdasarkan persamaan energi antara titik 1 ke titik 2 pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.12 : Head loss nozzle

Berdasarkan persamaan ideal energi maka :

$$V_{2\text{ ideal}} = \frac{1}{[1-(A_2/A_1)^2]^{0.5}} [2g[z_m + P_m/\gamma] - [z_2 + p_2/\gamma]]^{0.5}$$

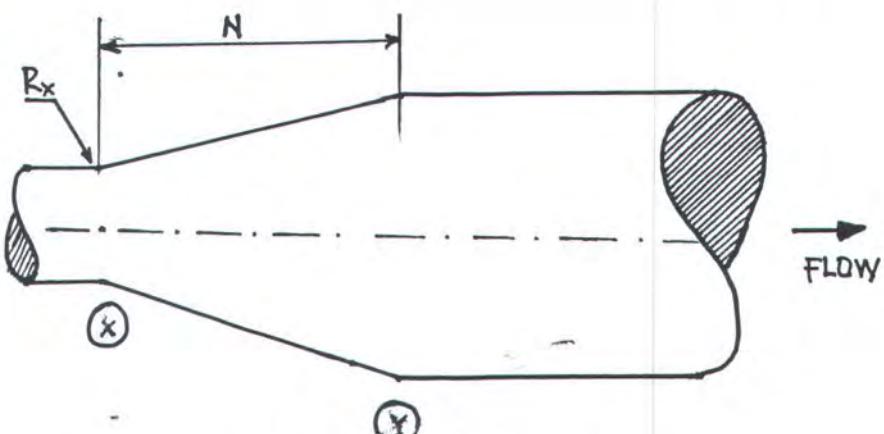
Berdasarkan persamaan energi riil maka :

$$V_{2\text{ real}} = \frac{1}{[1-(A_2/A_1)^2]^{0.5}} 2g[Z_1 + P_1/\gamma] - [Z_2 + P_2/\gamma] - h_{LT}^{0.5}$$

Jika $V_{\text{real}} = Cv \cdot V_{\text{ideal}}$ maka head loss untuk nozzle :

$$h_{LT} = [(1/Cv^2) - 1] \left[1 - (A_2/A_1)^2 \right] V_{\text{real}}^2 / 2g$$

Untuk diffusor (pembesaran bertahap) maka head lossnya dicari berdasarkan persamaan energi antara titik X dan titik Y.



Gambar 2.13: Penampang diffusor.

Head loss minor dari diffusor adalah :

$$h_{LT} = \frac{V_1^2}{2g} \left[\left(1 - \frac{1}{AR^2} \right) - Cp \right]$$

dimana :

$AR = \text{luasan section Y}/\text{luasan section X}$

$$= A_y/A_x$$

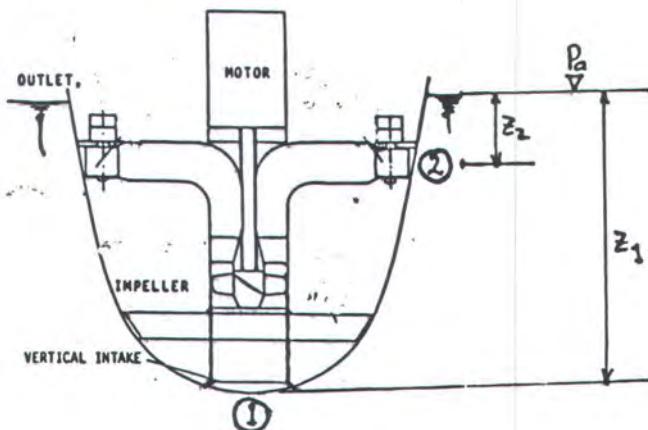
$Cp = \text{merupakan fungsi dari } N/\text{radius X}$

II.4.3.3. HEAD DAN DAYA POMPA

Untuk menghitung daya pompa perlu diketahui dahulu head pada pompa tersebut. Persamaan umum yang dipakai untuk perhitungan head pompa adalah :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + h_{\text{pompa}} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_{\text{loss}}$$

Posisi pompa adalah sebagai berikut :



Gambar 2.14 : Sketsa instalasi

Maka persamaan energi di atas :

$$\frac{(P_a + \gamma \cdot Z_1)}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} - Z_1 + h_{\text{pompa}} = \frac{(P_a + \gamma \cdot Z_2)}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} - Z_2 + h_{\text{loss}}$$

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - Z_1 + h_{\text{pompa}} = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} - Z_2 + h_{\text{loss}}$$

$$h_{\text{pompa}} = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} + h_{\text{loss}}$$

Daya adalah head energi dikalikan debit berat. jadi :

$$\text{Daya} = \frac{\text{energi}}{\text{waktu}} = \frac{\text{energi}}{\text{berat}} \times \frac{\text{berat}}{\text{waktu}}$$

$$= H \cdot \gamma \cdot Q$$

Dalam unit metris (SI) :

$$P \text{ (KW)} = \frac{(H \cdot \gamma \cdot Q)}{1000 \cdot \text{eff.}_{\text{mekanis}}}$$

dimana :

H = Head energi (m)

γ = berat unit fluida = ρg (Nm)

Q = debit volume (m^3/s)

II.4.4. PERFORMANCE DAN PARAMETER POMPA

Menentukan parameter kecepatan spesific pompa atau putaran spesific :

$$n_q \text{ (min}^{-1}\text{)} = n \cdot \frac{Q^{0,5}}{\mu^{0,75}} \dots \dots \dots \text{(II.49)}$$

$$H \text{ (m head air)} = \Delta p_p / \rho \cdot g \dots \dots \dots \text{(II.50)}$$

Putaran spesific ditentukan dari geometri pompa sesuai performance data. Beban tekanan pompa yang diijinkan tergantung dari putaran spesifik suction maksimum.

$$n_{qs} \text{ (min}^{-1}\text{)} = \frac{n \cdot Q^{0,5}}{\lambda^{0,75}} \dots \dots \dots \text{(II.50)}$$

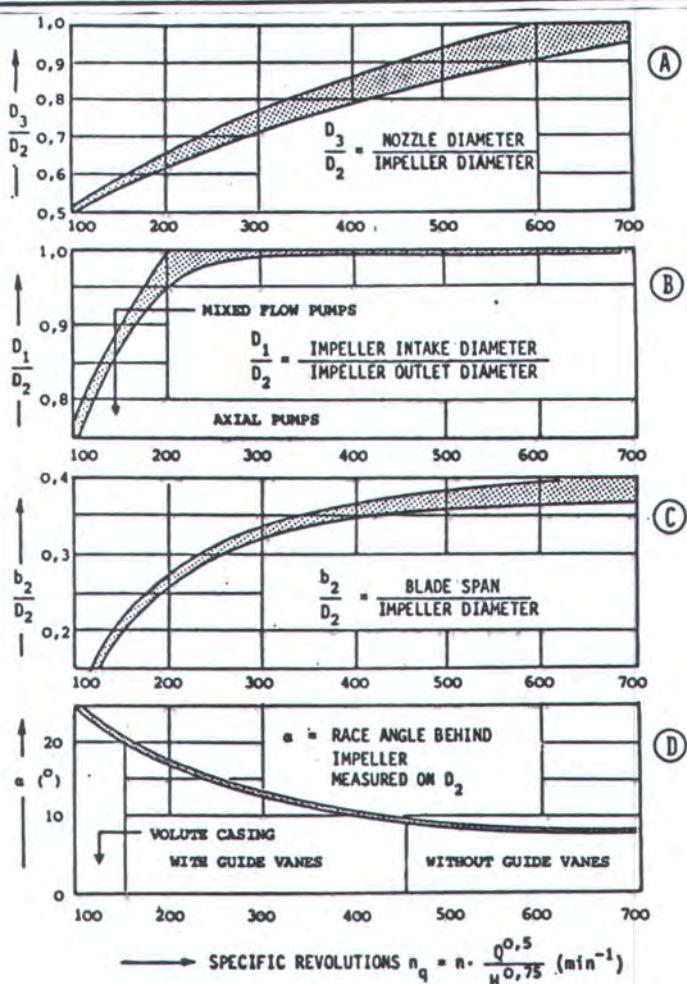
$$h \text{ (m head air)} = p_{\text{statik}} / \rho \cdot g \dots \dots \dots \text{(II.51)}$$

Head tekan yang diijinkan dari pompa didefinisikan dengan :

$$P_{p \text{ max}} \text{ (kPa)} = n_{qs} / n_q \cdot p_{\text{statik}} \dots \dots \dots \text{(II.52)}$$

Tekanan statik dan putaran spesific suction maksimum sukar intuk dirubah, head tekan pompa dapat ditingkatkan hanya dengan meningkatkan putaran spesific dengan merubah parameter geometris. Gambar :II.12 menjelaskan parameter desain geometris utama pompa dalam hubungannya dengan putaran spesifik. Rasio diameter nozzle D_3 dengan diameter impeller D_2 menunjukkan bahwa pompa dengan putaran spesifik yang tinggi tidak cocok untuk instalasi pompa thruster dengan bentuk tunel yang variasi.

Rasio diameter ke outlet dari impeller D_1 / D_2 ditentukan perubahan arah aliran dari aliran melingkar yang tercampur ke aliran axial. Rasio jarak blade impeller b_2 ke diameter impeller D_2 ditentukan diameter pusat D_1 dari aliran impeller axial. Sudut aliran menunjukkan perlunya alat bantu tentang impeller untuk mengkompensasikan losses momentum aliran anguler. Gb : II.83 mengandung hidrodinamik utama dari pompa thruster, A menjelaskan effisiensi pompa dari pompa pada skala penuh pompa thruster dan model kecil.



Gambar II.12 : Geometri pompa thruster.

Gambar B menunjukkan putaran spesifik suctions. Pompa thruster sebaiknya bekerja dengan frekuensi jauh dari power maximum, batasan putaran spesifik suctions dapat diatasi yaitu normal pompa didesain untuk waktu operasi pada power penuh. Putaran spesifik suctions maximum dan putaran spesifik variasi diperbolehkan dengan rasio head tekan dapat dihitung sesuai dengan persamaan II.79 dan kemudian diplotkan dalam grafik C. Untuk mengestimasi ukuran impeller garis bantu rasio beban thrust beban thrust impeller maksimum diijinkan dengan tekanan statik sebelum impeller.

BAB III

TINJAUAN UMUM KAPAL UNITED TANKERS

BAB III

TINJAUAN UMUM KAPAL UNITED TANKERS

Kapal United Tankers merupakan kapal tanker yang didesain untuk mengangkut muatan dengan berat jenis (spesifik weight) sampai 1,55 ton/m³, merupakan kapal tanker yang terbesar yang pernah dibangun oleh galangan kapal di negara Indonesia oleh galangan kapal PT KODJA BAHARI JAKARTA unit galangan IV.

United Tankers dibangun memenuhi standart peraturan kapal klas 1A dimana kapal mampu berlayar pada perairan / laut yang ber-er dengan ketebalan 80 cm, dan yang paling istimewa dari bentuk lambungnya yang mampu mampu memecahkan es dengan baik. Dalam hal ini kapal dilengkapi dengan pelindung erosi karena es jenis Inerta 160 yang di pasang dibawah permukaan lambung bawah air.

Lambung dari kapal United Tankers yang memiliki Double Bottom dan double plate (double side) pada seluruh permukaannya dan bisa di pakai sebagai tempat air ballast. Status air ballast yang terpisah SBT (segregated ballast status) akan mengurangi 14 % dari berat kapal. Kapal memiliki 12 tangki muat (cargo tank) yang terdiri dari 6 tangki samping kanan dan 6 tangki samping kiri. Kapasitas total dari tangki muat seluruhnya 19 000 m³. Tiap-tiap tangki dapat di bongkar-muat

dengan pompa secara bersabungan memakai 4 buah pompa dengan kapasitas total 2700 m³ /jam dengan merk Bornemann Electric Scraew Pump dengan masing-masing 675 m³ /jam. Sistem stripping dengan pompa Bornemann dengan kapasitas 10,5 m³ /jam dipakai untuk mengeluarkan 100 liter minyak lebih tiap tangki setelah muatan di bongkar.

Ruang pompa terpusat di letakkan didepan kamar mesin yang dilengkapi dengan peralatan kontrol yang mampu mengontrol proses bungkar muat, alarm bahaya kebakaran, dan sistem inert gas yang mampu menghasilakan gas inert dengan kapasitas 3,375 m³/jam dengan kandungan gas Oksigen 4 %.

Semua tangki muat (cargo tank) dan pipa dilindungi dengan Camrex Camcote N₃ dengan fitting, tangga dan koil pemanas yang terbuat dari bahan stainnless steel , sehingga lebih dari 400 tipe bahan kimia dan minyak dapat di angkut. Dua boiler penghasil uap panas untuk heating coil yang dioperasikan pada sirkuit sekunder dengan temperatur 65 ° C yang mampu memanaskan ruangan muat dari temperatur 55 ° C ke temperatur 65 ° C selama 48 jam.

Motor iinduk MAN B & W 6 L58/64 putaran menengah di pasang dan menghasilakan 7440 kW pada putaran 400 Rpm pada full power. Kebeuthan daya penggeraknya 6600 kW yang ditransmisikan melewati kopling (type Vulkan) dan dengan penurun putaran (Gear Box) Renk Tacke HSV 100 C yang dihubungkan dengan propeller produksi dari KaMeWa dengan diameter 5,20 m yang bekerja pada putaran 131 Rpm. Empat generator Yanmar/ system technic Nord 850 kVa /

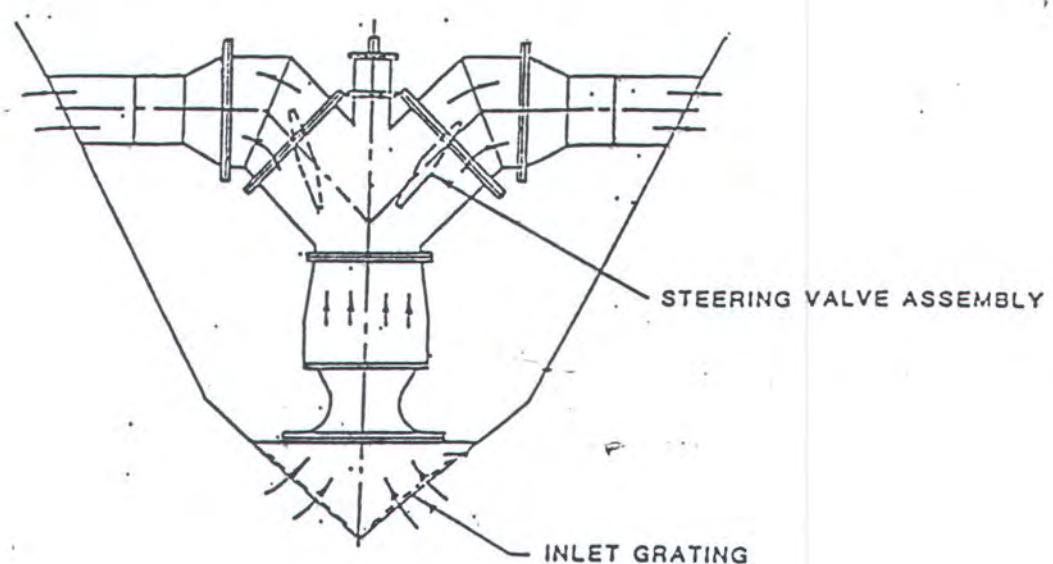
1000 Rpm . Bow thruster dengan tipe water jet dari Omnidruster type JT 950 dengan daya 558 kW (800 Hp) dipasang di haluan kapal.

III.2. SISTEM WATER JET THRUSTER PADA UNITED TANKERS

1. PRINSIP OPERASI

Prinsip operasi dari water jet thruster adalah Hukum Newton III, tentang gerakan dimana setiap gaya aksi akan sama dengan gaya reaksi tetapi arahnya berlawanan. Seperti pada gambar III.1 dibawah ini, pada saat penggerak dijalankan air laut akan terhisap ke saluran pemasukan dengan kecepatan yang relatif rendah dengan tujuan untuk

Air laut bergerak naik melewati pengatur gerakan(konverter kinetic) pada head yang tinggi dan kecepatan yang agak tinggi yang diharapkan mampu untuk mengurangi loses dari aliran turbulen. Kemudian air laut melewati saluran pemisah yang terdapat katub pengatur arah aliran yang menuju sisi kanan dan kiri saluran. Di daerah sisi lambung kapal (sisi kanan atau sisi kiri) air laut gerakannya dipercepat dengan memasang nozzle pada ujung-ujungnya. Percepatan massa dari air laut meningkatkan gaya aksi pada lambung kapal. Arah dari aliran air laut tersebut akan dikontrol oleh katub yang terdapat di percabangan yang di gerakkan secara hidrolik.



Gambar III.1 : Konfigurasi dari sistem water jet JT 950

2. MODE OPERASI

Arah dari aliran air laut yang melewati saluran bow thruster sesuai dengan tujuan dari arah gerakan kapal. Dalam melakukan gerakan merapat atau memutar di daerah pelabuhan bow thruster bisa membantu sehingga bisa mempercepat proses operasi di pelabuhan.

Ada beberapa macam operasi dari sistem bow thruster :

1. Gerakan kapal ke sisi kanan (thrust menuju ke sisi kiri) :

- katub pengatur sisi kiri terbuka
- katub pengatur sisi kanan tertutup
- katub penambah propulsi maju tertutup.

2. Gerakan kapal ke sisi kiri (thrust menuju ke sisi kanan) :

- katub pengatur sisi kanan terbuka
- katub pengatur sisi kiri tertutup
- katub penambah propulsi maju tertutup.

3. Gerakan kapal maju :

- katub pengatur sisi kiri tertutup
- katub pengatur sisi kanan tertutup
- katub penambah propulsi maju terbuka.

4. Pada kondisi pelayaran / thrust kondisi netral :

- katub pengatur sisi kanan terbuka
- katub pengatur sisi kiri terbuka
- katub penambah propulsi maju tertutup.

I.3. UKURAN - UKURAN UTAMA DAN SPESIFIKASI

KAPAL UNITED TANKERS

Ukuran-ukuran utama dan spesifikasi teknis dari kapal United tankers adalah sebagai berikut :

Pemesan : United Tanker A.B. Swedia
Konsultan : Skipskonsulent A.S. Norway
Klass : DNV
Builder : PT DOK KODJA BAHARI Unit IV
Diabangun : Maret 1993 - sekarang (1996)
Loa : 133,80 m
B : 23,00 m
D : 12,40 m
d : 8,40 m
 Δ : 18 767 ton
Cb : 0,70883
Vs : 13,70 Knots

Main engine :

Manufacturer : MAN B&W

Jumlah : 1 buah

Out put : 7 440 kW

Gear Box :

Pembuat : Renk Tacke

Model : HSU 1000 C

Jumlah : 1 buah

Out put : 131 Rpm

Propeller :

Pembuat : KaMeWa

Jumlah : 1 Buah

Pitch : Variabel

Putaran : 131 Rpm

Diameter : 5,40 m

Generator set :

Jumlah : 4 buah

Pembuat : Yanmar

Out-put: 4 x 850 kVA/1000 Rpm

Cargo pump :

Jumlah : 6 buah

Kapasitas : 2700 m³/jam

4x600 m³/jam dan 2x150 m³/jam

Bow Thruster :

Pembuat : Omnidruster

Tipe : Water Jet thruster

Model : JT 950

Jumlah : 1 buah

Out Put: 588 kW (800 Hp)

BAB IV

ANALISA PERMASALAHAN

BAB IV

ANALISA PERMASALAHAN

IV.1. PERHITUNGAN THRUST UNTUK BOW THRUSTER

Data-data ukuran utama kapal :

Nama Kapal : United Tanker

Jenis kapal : Chemical Tanker

Lpp : 133,80 m

B : 23 m

D : 12,40 m

d : 8,40 m

Δ : 18 767 ton

CB : 0,7083

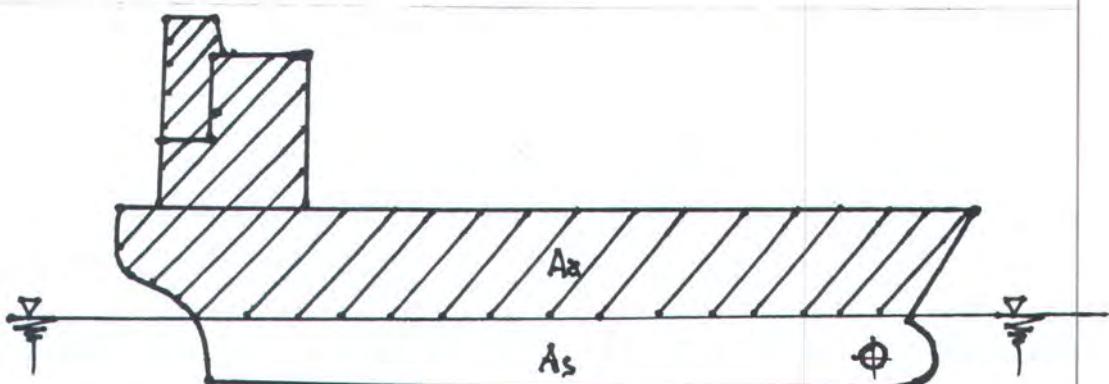
V_s : 13,70 Knots

IV.1.1. LUASAN PROYEKSI DAERAH MEMANJANG DI BAWAH GARIS AIR.

Bila kapal dipriyeksikan secara memanjang akan didapatkan suatu daerah luasan seperti gambar : IV.1 di bawah ini. Dengan asumsi bahwa gaya-gaya yang disebabkan oleh tahanan angin, tahanan air, tahanan gelombang dan arus, serta tahanan karena peralatan thruster, bekerja pada pada titik berat luasan permukaan kapal tersebut, maka dapat dicari besarnya thrust dari masing - masing gaya

tersebut. Untuk mencari luasan daerah memanjang kapal, di bedakan dalam 2 kelompok, yaitu :

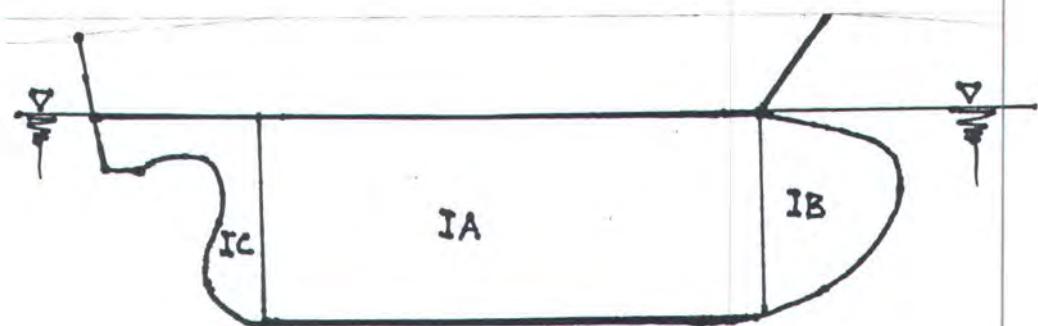
1. Luasan daerah memanjang di bawah permukaan air (A_s)
2. Luasan daerah memanjang di atas permukaan air (A_a).



Gambar IV.1 : Proyeksi luas permukaan kapal secara memanjang.

IV.1. 1. LUASAN PROYEKSI DAERAH MEMANJANG DI BAWAH GARIS AIR.

Luasan proyeksi permukaan kapal di bawah garis air dari kapal United Tankers seperti gambar IV.2 di bawah ini.



Gambar IV.2 : luasan proyeksi permukaan kapal di bawah air.

I.a. Luasan utama (IA) :

$$\begin{aligned}
 L_{IA} &= p \times l \\
 &= 12\,600 \cdot 8\,400 \text{ mm}^2 \\
 &= 1\,058\,400\,000 \text{ mm}^2 \\
 &= 1\,058,40 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

I.b. Luasan daerah Boulbous Bow (IB).

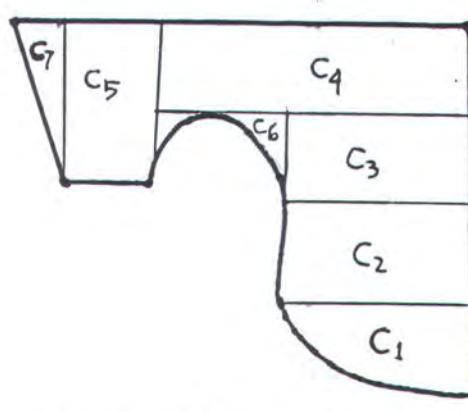
Luasan daerah boulbous bow untuk mempermudah perhitungan diasumsikan sebagai luasan 2 segitiga siku-siku seperti gambar di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 L\Delta &= \frac{1}{2} a \cdot t \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 4\,800 \cdot 4\,200 \text{ mm}^2 \\
 &= 10\,080\,000 \text{ mm}^2 \\
 &= 10,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{IB} &= 2 \cdot L\Delta \\
 &= 2 \cdot 10,08 = 20,16 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

I.C. Luasan daerah stern yang tercelup air (IC) :

Daerah stern yang tercelup dalam air luasan tidak beraturan, untuk mencari luasan tersebut perlu dipotong-potong sehingga mendekati luasan yang sebenarnya. Luasan tersebut didekati seperti potongan di bawah ini :



Gambar IV.3 : luasan daerah stern

$$\begin{aligned}
 L_{IC,1} &= \frac{1}{2} a \cdot t \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 2800 \cdot 2800 \text{ mm}^2 \\
 &= 3920000 \text{ mm}^2 \\
 &= 3,92 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{IC,2} &= p \cdot l \\
 &= 2400 \cdot 2400 \text{ mm}^2 \\
 &= 5670000 \text{ mm}^2 \\
 &= 5,67 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{IC,3} &= p \cdot l \\
 &= 2800 \cdot 2400 \text{ mm}^2 \\
 &= 6720000 \text{ mm}^2 \\
 &= 6,72 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{IC,4} &= p \cdot l \\
 &= 5200 \cdot 1200 \text{ mm}^2 \\
 &= 6,24 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{IC,5} &= p \cdot l \\
 &= 3400 \cdot 3600 \text{ mm}^2 \\
 &= 8,84 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{IC,6} &= \frac{1}{2} a \cdot t \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 2400 \text{ mm}^2 \\
 &= 1,44 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{IC,7} &= \frac{1}{2} a \cdot t \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 600 \cdot 2600 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,78 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

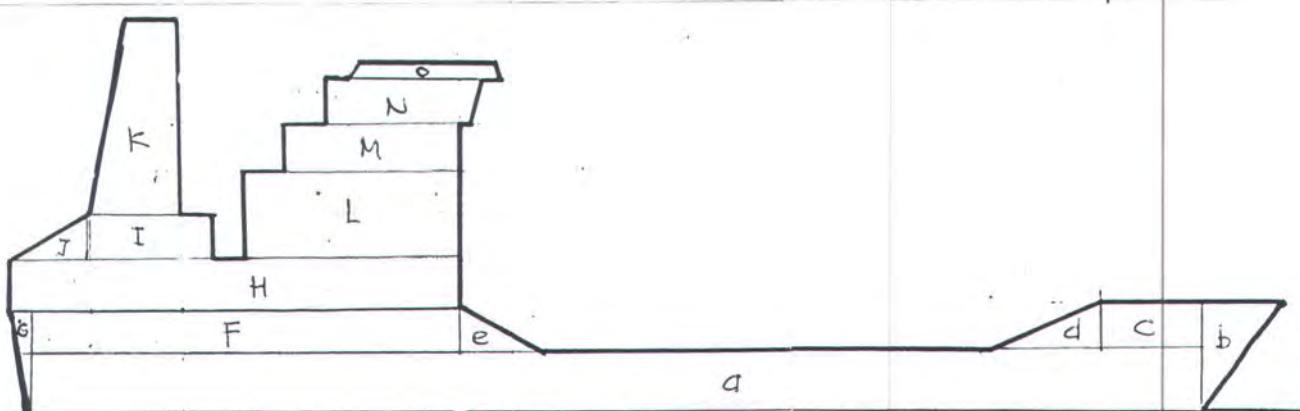
$$\begin{aligned}
 L_{IC} &= L_{IC.1} + L_{IC.2} + L_{IC.3} + L_{IC.4} + L_{IC.5} + L_{IC.6} + L_{IC.7} \\
 &= 3,92 + 4,80 + 6,72 + 6,24 + 8,84 + 0,78 \\
 &= 31,30 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi luas total permukaan di bawah air : (As)

$$\begin{aligned}
 As &= 1058,48 + 20,16 + 31,30 \\
 &= 1109,94 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

IV.1.2. LUASAN DAERAH DIATAS PEMUKAAN AIR

Untuk mencari luasan daerah permukaan diatas air dipotong - potong menjadi luasan-luasan kecil yang merupakan pendekatan, sehingga mudah dalam perhitungannya, seperti gambar di bawah ini :



Gambar IV.4 : Luasan daerah di atas permukaan air.

II.A. Luasan Utama (II.A)

$$L = p \cdot l$$

$$= 137,18 \cdot 4 \text{ m}^2$$

$$= 548,72 \text{ m}^2$$

II.B. Luasan haluan atas (II.B):

$$L = \frac{1}{2} a \cdot t$$

$$= \frac{1}{2} 5\,600 \cdot 8\,200 \text{ mm}^2$$

$$= 22,96 \text{ m}^2$$

II.C. Luasan (II.C):

$$L = p \cdot l$$

$$= 4\,000 \cdot 130\,000 \text{ mm}^2$$

$$= 52,00 \text{ m}^2$$

II.D. Luasan (II.D) :

$$L = \frac{1}{2} a \cdot t$$

$$= \frac{1}{2} 14\,400 \cdot 4\,000 \text{ mm}^2$$

$$= 57,60 \text{ m}^2$$

Luasan (II.E) :

$$L = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3\,000 \cdot 5\,600 \text{ mm}^2$$

$$= 8,40 \text{ m}^2$$

luasan (II.F) :

$$L = p \cdot l$$

$$= 29\,600 \cdot 3\,000 \text{ mm}^2$$

$$= 88,80 \text{ m}^2$$

luasan (II.G) :

$$L = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1\,400 \cdot 7\,000$$

$$= 4,90 \text{ m}^2$$

luasan (II.H) :

$$L = p \cdot l$$

$$= 3\,200 \cdot 31\,000 \text{ mm}^2$$

$$= 99,20 \text{ m}^2$$

luasan (II.I) :

$$L = p \cdot l$$

$$= 7200 \cdot 2600 \text{ mm}^2$$

$$= 18,72 \text{ m}^2$$

luasan (II.J) :

$$L = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t$$

$$= 11400 \cdot 2600 \text{ mm}^2$$

$$= 14,82 \text{ m}^2$$

luasan (II.K) :

$$L_{K1} = p \cdot l$$

$$= 10000 \cdot 4000 \text{ mm}^2$$

$$= 40 \text{ m}^2$$

$$L_{K2} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1600 \cdot 10000 \text{ mm}^2$$

$$= 8 \text{ m}^2$$

$$L_K = L_{K1} + L_{K2}$$

$$L_K = 40 + 8 = 48 \text{ m}^2$$

luasan (II.L) :

$$L = p \cdot l$$

$$= 15000 \cdot 5200 \text{ mm}^2$$

$$= 78 \text{ m}^2$$

luasan (II.M) :

$$L = p \cdot l$$

$$= 12800 \cdot 2600 \text{ mm}^2$$

$$= 33,28 \text{ m}^2$$

luasan (II.N) :

$$L = p \cdot l$$

$$= 11000 \cdot 2600 \text{ mm}^2$$

$$= 28,60 \text{ m}^2$$

luasan (II.O) :

$$L = p.l$$

$$= 7\,400 \cdot 1\,000 \text{ mm}^2$$

$$= 7,40 \text{ m}^2$$

Jadi luas permukaan atas air (Aa) :

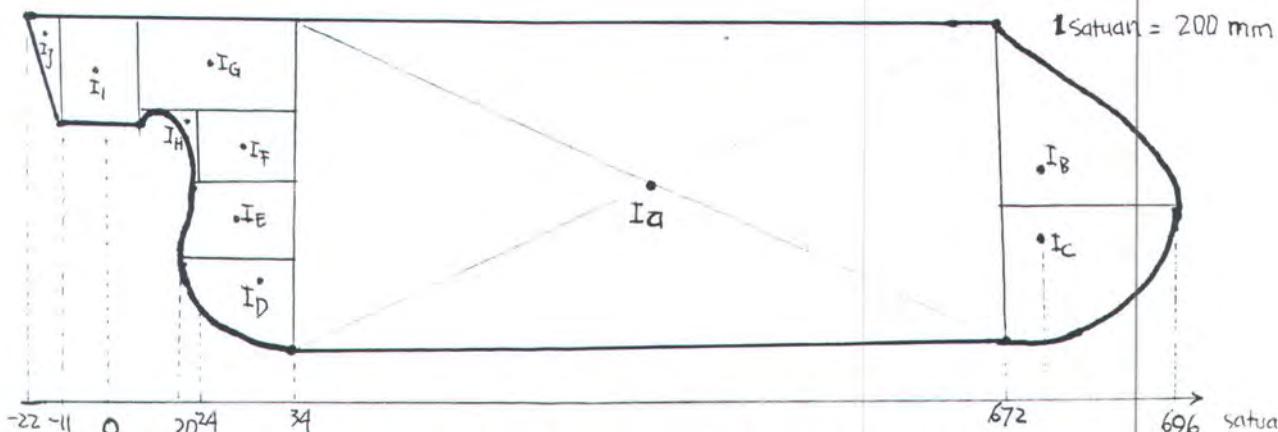
$$\begin{aligned} Aa &= \Pi_a + \Pi_b + \Pi_c + \Pi_d + \Pi_e + \Pi_f + \Pi_g + \Pi_h + \Pi_i + \Pi_j + \Pi_k + \Pi_l + \Pi_m + \Pi_n \\ &\quad + \Pi_o \\ &= 548,72 + 22,96 + 52 + 57,60 + 8,40 + 88,80 + 4,90 + 99,20 + 18,72 \\ &\quad + 14,82 + 48 + 78 + 33,28 + 28,60 + 7,4 \\ &= 1111,40 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

IV.2. MENCARI TITIK BERAT LUASAN PERMUKAAN MEMANJANG

Gaya-gaya yang bekerja pada permukaan kapal akan bertumpu pada suatu titik pusat tekan pada luasan permukaan proyeksi kapal secara memanjang. Titik pusat tekan luasan proyeksi bidang memanjang kapal merupakan pusat dari gaya-gaya yang bekerja pada permukaan kapal. Mencari titik berat secara bertahab dibagi dalam dua bagian, yaitu :

1. bagian di bawah air
2. bagian di atas air

TITIK BERAT DIBAWAH PERMUKAAN AIR :



Gambar IV.5 : luasan proyeksi dibawah permukaan air

$$I_a = \frac{672 - 34}{2}$$

$$= 319 \text{ satuan}$$

$$= 63,80 \text{ m}$$

$$I_b = 672 + \frac{696 - 672}{3}$$

$$= 680 \text{ satuan}$$

$$= 136 \text{ m}$$

$$I_c = I_b = 680 \text{ satuan}$$

$$= 136 \text{ m}$$

$$I_d = 34 - \frac{34 - 20}{3}$$

$$= 29,33 \text{ satuan}$$

$$= 5,866 \text{ m}$$

$$I_e = \frac{34 - 20}{2}$$

$$= 27 \text{ satuan}$$

$$= 5,40 \text{ m}$$

$$I_f = 24 + \frac{34 - 24}{2}$$

$$= 29 \text{ satuan}$$

$$Lg = 8 + \frac{34-8}{2}$$

$$= 13 \text{ satuan}$$

$$= 2,60 \text{ m}$$

$$Lh = 8 + \frac{24-8}{3}$$

$$= 18,67 \text{ satuan}$$

$$= 3,734 \text{ m}$$

$$Li = \frac{8-11}{2}$$

$$= -1,5 \text{ satuan}$$

$$= 0,30 \text{ m}$$

$$Lj = -11 - \frac{-22-(-11)}{3}$$

$$= -14,67 \text{ satuan}$$

$$= 2,934 \text{ m}$$

maka titik berat luasan bidang proyeksi memanjang dibawah permukaan air X :

$$X_1 = \frac{\sum X_i A_i}{\sum A_i}$$

$$= \frac{(63,80 \times 1058,40) + 2 \times (20,16 \times 136) + (5,866 \times 3,92) + (5,40 \times 4,80) + (6,72 \times 5,80)}{1058,40 + (2 \times 20,16) + 3,92 + 4,80 + 6,72}$$

$$+ \frac{(2,60 \times 6,24) + (3,734 \times 1,44) + (-1,5 \times 8,84) + (-29,34 \times 0,78)}{6,24 + 1,44 + 8,84 + 0,78}$$

$$= \frac{73\ 082,27}{1\ 131,46}$$

$$= 64,59 \text{ m}$$

Titik berat luasan bidang diatas garis air (II)

$$X_{II,A} = \frac{671 - 18}{2}$$

$$= 326,5 \text{ satuan}$$

$$= 65,30 \text{ m}$$

$$X_{\text{II}B} = 671 + \frac{669-671}{3}$$

= 680,33 satuan

= 65,30 m

$$X_{\text{II}C} = 606 + \frac{671 - 606}{2}$$

= 638,5 satuan

= 127,70 m

$$X_{\text{II}D} = 534 + 2 \left[\frac{606-534}{3} \right]$$

= 582 satuan

= 116,40 m

$$X_{\text{II}E} = 130 + \left[\frac{158-130}{3} \right]$$

= 139,33 satuan

= 278,66 m

$$X_{\text{II}F} = \frac{130-18}{2}$$

= 56 satuan

= 11,20 m

$$X_{\text{II}G} = -18 - \left[\frac{-25-18}{3} \right]$$

= -20,33 satuan

= -4,07 m

$$X_{\text{II}H} = \frac{130-25}{2}$$

= 52,5 satuan

= 10,50 m

$$X_{\text{II}I} = 18 + \left[\frac{68-32}{2} \right]$$

= 36 satuan

= 7,20 m

$$X_{\text{II}} = 32 - \left[\frac{32-25}{3} \right]$$

$$= 29,67 \text{ satuan}$$

$$= 5,93 \text{ m}$$

$$X_{\text{IIIK1}} = 40 + \left[\frac{60-40}{2} \right]$$

$$= 50 \text{ satuan}$$

$$= 10 \text{ m}$$

$$X_{\text{IIIK2}} = 32 + \left[\frac{40-32}{3} \right]$$

$$= 34,67 \text{ satuan}$$

$$= 6,93 \text{ m}$$

$$X_{\text{III}} = 55 + \left[\frac{130-55}{2} \right]$$

$$= 92,5 \text{ satuan}$$

$$= 18,5 \text{ m}$$

$$X_{\text{IIM}} = 66 + \left[\frac{130-66}{2} \right]$$

$$= 98 \text{ satuan}$$

$$= 19,60 \text{ m}$$

$$X_{\text{IN}} = 83 + \left[\frac{138-83}{2} \right]$$

$$= 110,5 \text{ satuan}$$

$$= 22,10 \text{ m}$$

$$X_{\text{IO}} = 100 + \left[\frac{137-100}{2} \right]$$

$$= 112,33 \text{ satuan}$$

$$= 22,47 \text{ m}$$

maka titik berat luasan penampang memanjang permukaan kapal diatas permukaan air adalah :

$$X_{\text{II}} = \frac{\sum X_i \cdot A_i}{\sum A}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{[548,72 \times 65,3] + [22,96 \times 136,07] + [52 \times 127,70] + [57,60 \times 116,40]}{548,72 + 22,96 + 52 + 57,60} \\
 \\
 &+ \frac{[8,40 \times 27,87] + [88,80 + 11,20] + [4,90 \times -4,07] + [99,20 \times 10,50]}{8,40 + 88,80 + 4,90 + 99,20} \\
 \\
 &+ \frac{[18,72 \times 7,2] + [14,82 \times 5,93] + [8 \times 6,93] + [40 \times 10] + [78 \times 18,5]}{18,72 + 14,82 + 8 + 40 + 78} \\
 \\
 &+ \frac{[33,28 \times 19,60] + [28,60 \times 22,10] + [7,40 \times 22,47]}{33,28 + 28,60 + 7,40} \\
 \\
 &= \frac{58\ 115,48}{1\ 111,4} \\
 \\
 &= 52,29 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi titik berat luasan proyeksi gabungan permukaan bawah air dan atas air adalah terletak :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{X_I A_I + X_{II} A_{II}}{A_I + A_{II}} \\
 \\
 &= \frac{64,59 \times 1131,46 + 52,29 \times 1111,40}{1131,46 + 1111,40} \\
 \\
 &= \frac{13\ 1196,11}{2\ 242,86} \\
 \\
 &= 58,50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

IV.1.3. PERHITUNGAN TAHANAN

1. TAHANAN ANGIN

$$R_A = K_a \times A_a \times V_a^2$$

dimana :

K_a = koefisien tahanan angin

$$= \text{diambil } 0,0735 \left(\frac{\text{Kg.sec}}{\text{m}^4} \right)$$

A_a = Luasan proyeksi permukaan memanjang kapal di atas

permukaan air

$$= 1\ 111,4 \text{ m}^2$$

V_a = Kecepatan angin relatif terhadap gerakan kapal.

$$= 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \text{ (rata-rata).}$$

jadi :

$$R_A = 0,0725 \times 1\ 111,4 \times 10^2$$

$$= 8\ 168,8 \text{ Kg}$$

2. TAHANAN GESEK

$$R_w = 0,01212 \times A_w \times [(V_w + V_s)^2 + 0,33 \times (V_w + V_s)]$$

dimana :

A_w = Luas permukaan basah (WSA)

$$= 1,7 \times d \times L + \frac{\Delta}{d} \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(Formula Denny)}$$

$$= 1,7 \times 8,40 \times 133,80 + \frac{18767}{8,40}$$

$$= 4144,83 \text{ m}^2$$

V_w = kecepatan gelombang dan arus

$$= 2 \text{ kts} = 1,03 \text{ m/sec}$$

V_s = kecepatan kapal pada saat pengoperasian thruster manuver di pelabuhan

$$= 0,30 \text{ m/s (rata-rata)}$$

jadi :

$$R_w = 0,1212 \times 4144,83 \times [(1,03 + 0,30)^2 + 0,33(1,03 + 0,30)]$$

$$= 1109,09 \text{ Kg}$$

3. TAHANAN BENTUK

$$R_v = 73,20 \times A_s \times (V_s + V_w)^2$$

dimana :

A_s = Luasan proyeksi permukaan memanjang di bawah air

$$= 1131,46 \text{ m}^2$$

V_s dan V_w sama dengan item atas.

maka :

$$R_v = 73,20 \times 1131,46 \times (0 + 0,30)^2$$

$$= 7454,06 \text{ Kg}$$

4. TAHANAN KARENA PERALATAN THRUSTER

$$R_p = 26,40 \times D_s^2 \times (V_w + V_s)^2$$

dimana :

D_s = diameter tunnel

$$= 1,80 \text{ m}$$

V_w dan V_s sama dengan item atas.

maka :

$$R_p = 26,40 \times 1,80^2 \times (1,03 + 0,30)^2$$

$$= 151,31 \text{ Kg}$$

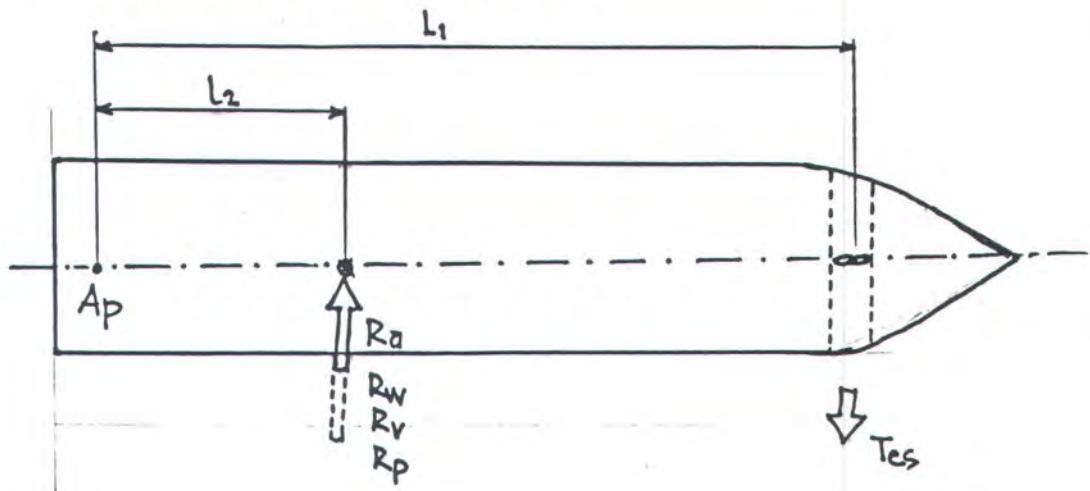
Jadi tahanan total R_T :

$$\begin{aligned} R_T &= R_a + R_w + R_v + R_p \\ &= 8\,168,80 + 1\,109,09 + 7\,454,24 + 151,31 \\ &= 16\,750,44 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

IV.4. MENCARI THRUST BOW THRUSTER

Dengan asumsi bahwa instalasi bow thruster pada kapal akan di pakai untuk melakukan manuver tambahan dengan titik pusat memutar terletak pada sumbu AP dan gaya - gaya yang disebabkan oleh tahanan air, tahanan angin, tahanan gelombang dan arus, serta tahanan dari peralatan thruster yang bekerja pada badan kapal bekerja pada titik berat permukaan proyeksi kapal, maka dapat dibuat suatu

permodelan seperti gambar IV.6 di bawah ini, dimana letak dan arah gaya - gayanya bekerja pada luasan permukaan kapal tersebut.



Gambar IV.6: Sket gaya yang bekerja pada kapal.

Dari sistem kesetimbangan di atas dapat dibuat suatu persamaan :

$$L_1 \times T_{es} \geq l_2 \times (R_a + R_w + R_v + R_p)$$

$$T_{es} \geq \frac{l_2 \times (R_a + R_w + R_v + R_p)}{L_1}$$

$$T_{es} \geq \frac{l_2 \times (R_T)}{L_1}$$

$$T_{es} \geq \frac{58,50 \times 16\,750,44}{126,20}$$

$$T_{es} \geq 7\,764,67 \text{ Kg}$$

Dalam perhitungan thrust diatas perlu dipertimbangkan losses dari gaya-gaya hidrodinamik dengan beberapa faktor koreksi, antara lain :

1. Faktor koreksi karena letak ketinggian tunel dari dasar kapal (Bottom keel) (η_1):

Sebagai parameter perbandingan jarak ketinggian dari dasar kapal (Bottom keel) ke pusat tunnel (A) dengan diameter dari tunel Ds, maka dengan bantuan grafik pada lampiran di belakng ini didapatkan faktor koreksi

$$A = 2\ 567 \text{ mm}$$

$$Ds = 1\ 800 \text{ mm}$$

$$\frac{A}{Ds} = \frac{2\ 567}{1\ 800} = 1,43$$

dengan bantuan grafik : 1 pada lampiran di atas didapatkan :

$$\eta_1 = 1,01$$

2. Faktor koreksi karena panjang tunel (η_2)

Dengan parameter perbandingan panjang tunnel dengan diameter tunnel maka didapatkan :

$$Bs = 8\ 471 \text{ mm}$$

$$Ds = 1\ 800 \text{ mm}$$

$$\frac{Bs}{Ds} = \frac{8\ 471}{1\ 800}$$

$$= 4,71$$

dengan bantuan dari grafik :2 pada lampiran didapatkan :

$$\eta_2 = 0,986$$

3. Koreksi bentuk tunnel (η_3)

Dengan memperhatikan effisiensi dan losses dari tunnel perlu dibuat suatu kelengkungan pada ujung-ujung tunnel.

$$R = 20 \text{ Cm}$$

$$Ds = 1800 \text{ mm}$$

maka :

$$\frac{R}{Ds} = \frac{200}{1800}$$

$$= 0,111$$

Dari grafik 3 pada lampiran di dapatkan :

$$\eta_3 = 1,026$$

4. Koreksi dari bentuk haluan (η_4)

Dari bentuk haluan kapal united Tankers membentuk sudut $\theta = 80^\circ$ terhadap permukaan dasar kapal (permukaan air).

Maka dengan grafik 4 didapatkan :

$$\eta_4 = 0,979$$

5. Koreksi dari kisi-kisi pelindung (η_5)

Jumlah kisi-kisi pelindung (n) = 6 buah, dari grafik di lampiran dapat dicari :

$$\eta_5 = 0,936$$

6. Koreksi dari kedalaman tunnel (η_6)

Kedalaman tunel (I) dari permukaan garis air 5,80 m.

maka :

$$\frac{I}{Ds} = \frac{5,80}{1\,800}$$

$$= 3,2$$

Dari grafik : 6 pada lampiran didapatkan :

$$\eta_6 = 1,00$$

Maka thrust effektif yang bekerja pada permukaan kapal :

$$T_{eff} = \frac{T_{es}}{\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5 \times \eta_6}$$

$$T_{eff} = \frac{7\,764,67}{1,01 \times 0,986 \times 1,026 \times 0,979 \times 0,979 \times 1}$$

$$T_{eff} = 8\,301,29 \text{ kg}$$

Jadi kebutuhan thrust yang harus dipasang pada kapal, dengan mengambil faktor keamanan sebesar 20 % didapatkan thrust :

$$T = 1,2 \times T_{eff}$$

$$= 1,2 \times 8\,301,29$$

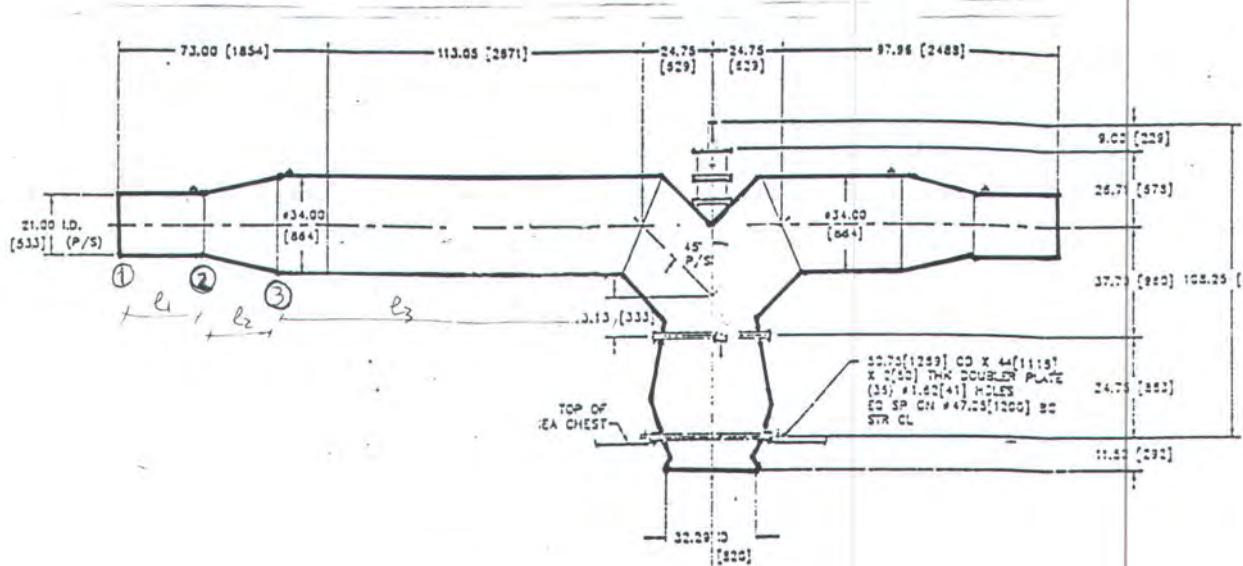
$$= 9\,961,55 \text{ Kg}$$

$$\approx 10\,000 \text{ Kg}$$

IV.2. PERHITUNGAN DAYA POMPA

IV.2.1. PERHITUNGAN HEAD LOSS

Dalam perhitungan head loss dilakukan pada saluran yang terpanjang, sehingga head loss yang didapatkan merupakan head loss yang maksimum. dengan head loss yang maksimum tersebut akan mampu mengatasi keperluan daya dari sistem water jet thruster ke sisi kanan atau ke sisi kiri.



Gambar IV.7 : Sistem water jet thruster

Sistem dari Bow thruster dengan tipe water jet thruster pada kapal United Tankers dapat dilihat seperti pada gambar IV.7 di atas. Air masuk (water inlet) dari dasar kapal dihisap oleh propeller melewati kisi-kisi pengaman kemudian melewati percabangan dengan sudut 45° , setelah itu melewati saluran datar menuju ke sisi kanan dan sisi kiri. Di ujung saluran terdapat nozzle untuk menambah momentum air.

kanan dan sisi kiri. Di ujung saluran terdapat nozzle untuk menambah momentum air. Head loss yang terjadi pada aliran tertutup terdiri dari atas dua macam yaitu :

1. Head loss mayor (H_L)
2. Head loss minor (H_M)

A. Head Loss Mayor

Dari perhitungan thrust di atas didapatkan $T = 10\ 000 \text{ Kg}$ ($98\ 000 \text{ N}$). Jadi kecepatan aliran air yang melalui ujung nozzle adalah :

$$T = \rho \cdot Q \cdot V_J \quad \dots \dots \dots ^*$$

$$= \rho \cdot A_J \cdot V_J^2$$

$$V_J = \sqrt{\frac{T}{\rho \cdot A_J}}$$

$$= \sqrt{\frac{98\ 000}{1025 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,534^2}}$$

$$= 7,97 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan aliran air di ujung tunnel (V_{jet}) = 7,97 m/s

Dari hukum Kontinuitas didapatkan bahwa :

$$A_1 V_1 = A_3 V_3$$

$$V_3 = \frac{A_1 V_1}{A_3}$$

* Manoeuvring Technical manual 1993, Bab I, hal 3

$$V_3 = \frac{[\frac{1}{4} \times 0,534^2] \cdot 7,97}{\frac{1}{4} \times 0,864^2}$$

$$V_3 = 3,05 \text{ m/s}$$

A1. Head loss mayor sepanjang l_1 :

Jika saluran tunel diasumsikan terbuat dari bahan commercial steel, dari tabel 4 untuk $D = 0,534 \text{ m}$ atau $1,75 \text{ ft}$, dengan faktor kekasaran pipa $\epsilon = 0,00015 \text{ ft}$, maka :

$$\frac{\epsilon}{D} = 8 \cdot 10^{-5}$$

$$Re = \frac{V_1 D}{\nu}$$

$$= \frac{7,97 \cdot 0,534}{9,33 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 4,5 \cdot 10^5$$

Dari tabel 3, didapatkan friction faktor :

$$f = 0,0215$$

maka :

$$H_{L1} = f \frac{L V_1^2}{D 2g}$$

$$= 0,0215 \frac{0,7655}{0,534} \times \frac{7,97^2}{2,98}$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

A2. Head loss mayor sepanjang l_2 :

Dari tabel 4 :

$$s = 0,00015 \text{ ft}$$

$$D = \frac{0,864+0,534}{2} = 0,699 \text{ m} = 2,29 \text{ ft}$$

$$\frac{e}{D} = \frac{0,00015}{2,29} = 6,5 \cdot 10^{-5}$$

$$Re = \frac{V_{23} \times D}{\nu} \quad V_{23} = \frac{6,33+2,42}{2} = 5,48 \text{ m/s}$$

$$= \frac{5,48 + 0,699}{9,33 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 4 \cdot 10^5$$

Dari tabel 4 pada lampiran didapatkan :

$$f = 0,0222$$

maka head loss mayor pada saluran pipa 2 :

$$H_{L2} = f \frac{l_2 V^2}{D 2g}$$

$$= 0,0222 \frac{0,622}{0,699} \frac{5,48^2}{2,9,8}$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

A3. Head loss mayor sepanjang pipa l_3 :

$$l_3 = 3349,2 + 890 + 1508 = 5747,2 \text{ mm}$$

$$D = 0,864 \text{ m} = 2,85 \text{ ft}$$

Dari tabel 4 : didapatkan faktor kekasaran pipa :

$$\epsilon = 0.00015 \text{ ft}$$

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,00015}{2,85} = 5 \cdot 10^{-5}$$

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V_3 D}{\nu} \\ &= \frac{3,05 \cdot 0,864}{9,33 \cdot 10^{-6}} \\ &= 3 \cdot 10^5 \end{aligned}$$

Dari tabel 4 pada lampiran didapatkan :

$$f = 0,024$$

maka head loss :

$$\begin{aligned} H_{L3} &= f \frac{l_3}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \\ &= 0,024 \frac{5,7472}{0,864} \cdot \frac{3,05^2}{2,98} \\ &= 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

Head loss mayor total $H_{L\text{TOTAL}}$:

$$\begin{aligned} H_{L\text{TOTAL}} &= H_{L1} + H_{L2} + H_{L3} \\ &= 0,1 + 0,03 + 0,08 \\ &= 0,21 \text{ m} \end{aligned}$$

B. Head loss minor (H_M) :

B1. Head loss minor karena saluran keluar.

Pada saluran keluaran terdapat lengkungan dengan radius R, jadi termasuk dalam tipe Rounded Exit dimana harga K dari tabel pada lampiran, K = 1. Jadi :

$$V_1 = 7,97 \text{ m}$$

$$K = 1$$

$$H_{M1} = K \frac{V_1^2}{2g}$$

$$= 1 \frac{7,97^2}{2,98} = 3,19 \text{ m}$$

B2. Head loss minor karena nozzle :

Nozzle dipakai untuk menambah kecepatan air keluar, sehingga dapat memperbesar perbedaan momentum air.

Untuk $C_v = 0,95 - 0,99$, diambil harga $C_v = 0,975$

$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{\pi R_2^2}{\pi R_3^2} = 0,62$$

maka :

$$(1 - \frac{A_2}{A_3}) = 1 - 0,62^2 = 0,62$$

sehingga :

$$H_{M2} = \left[\left(\frac{1}{C_v} - 1 \right) \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_3} \right) \right) \right] \frac{V_{23}^2}{2.g}$$

$$= \left[\left(\frac{1}{0,975^2} - 1 \right) \left(1 - (0,62)^2 \right) \right] \frac{5,48^2}{2,98} = 1,48 \text{ m}$$

B3. Head loss minor karena belokan 45° :

Dari tabel 8 koeffisien losses karena belokan dengan sudut 45°, K = 0,42

maka :

$$H_{M3} = K \frac{V^2}{2.g}$$

$$= 0,42 \frac{3,05^2}{2,9,8} \\ = 0,14 \text{ m}$$

B4. Karena percabangan :

D = 864 mm

K = 0,5 (dari tabel pada lampiran).

jadi :

$$H_{M4} = K \frac{V^2}{2.g}$$

$$= 0,5 \frac{3,05^2}{2,9,8} \\ = 0,24 \text{ m}$$

B5. Karena saluran pemasukan (entrance side) :

Dalam mendesain tunnel dengan memperhatikan effisiensi thrust dan losses, pada saluran pemasukan dibuat kelengkungan dengan radius sebesar

R = 20 cm

D = 534 mm

$\frac{R}{D} = 0,375$ dari tabel 8.20 didapatkan harga K = 0,28

maka :

$$H_{MS} = 0,28 \frac{3,05^2}{2,9,8}$$

$$= 0,13 \text{ m}$$

B6. Karena saringan inlet :

Dari tabel pada lampiran didapatkan harga koeffisien losses karena saringan yaitu $K = 0,54$.

jadi :

$$H_{M6} = K \frac{V^2}{2.g}$$

$$= 0,54 \frac{3,05^2}{2,9,8}$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

B7. Karena saringan pada saluran outlet :

Dari tabel pada lampiran didapatkan harga koeffisien losses karena saringan yaitu $K = 0,54$.

jadi :

$$H_{L7} = K \frac{V^2}{2.g}$$

$$= 0,5 \frac{3,05^2}{2,9,8}$$

$$= 1,6 \text{ m}$$

B8. Karena peralatan thruster :

Dengan asumsi bahwa losses karena peralatan thruster sama seperti losses pada katub setengah terbuka maka didapatkan $K = 2,06$.

Jadi ;

$$H_{M8} = K \frac{V^2}{2.g}$$

$$= 2,06 \frac{3,05^2}{2,9,8} \\ = 0,98 \text{ m}$$

Head loss minor total ($H_{M\text{TOTAL}}$) :

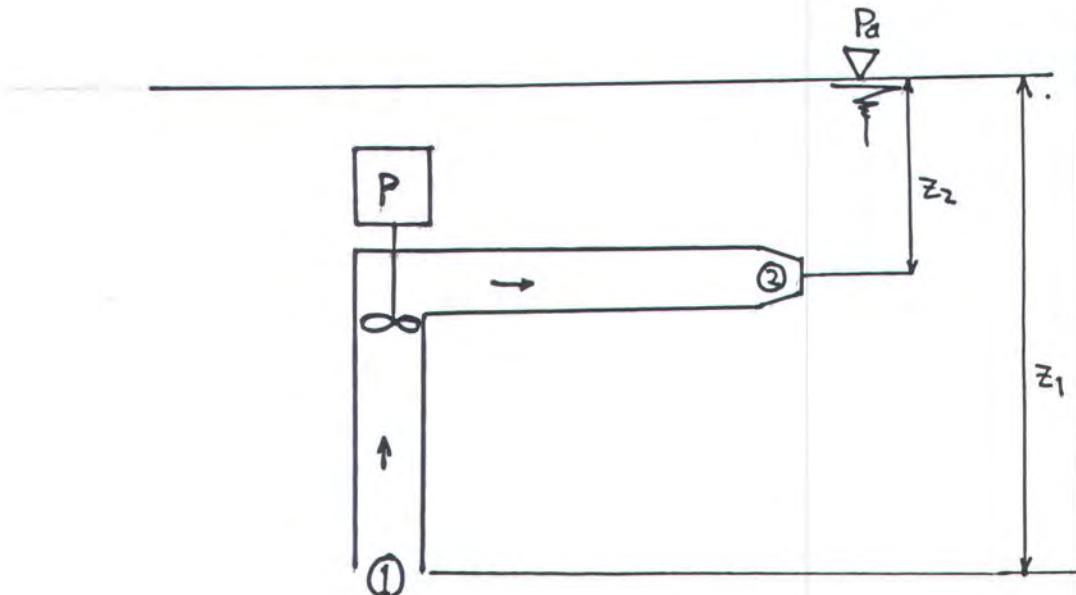
$$H_{M\text{TOTAL}} = H_{M1} + H_{M2} + H_{M3} + H_{M4} + H_{M5} + H_{M6} + H_{M7} + H_{M8} \\ = 3,19 + 1,48 + 0,14 + 0,24 + 0,13 + 0,25 + 0,16 + 0,98 \\ = 7,87 \text{ m}$$

Jadi Head loss total H_{LT} :

$$H_{LT} = H_{L\text{TOTAL}} + H_{M\text{TOTAL}} \\ = 0,98 + 7,87 \\ = 8,85 \text{ m}$$

IV.2.2. PERHITUNGAN DAYA POMPA

Dari sistem instalasi bow thruster dengan tipe water jet seperti gambar di bawah ini dapat dibuat suatu persamaan energi :



Gambar IV.8 : Skema sistem water jet.

Jadi :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2.g} + Z_1 + H_{\text{pompa}} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2.g} + Z_2 + H_{LT}$$

Dari persamaan energi di atas, maka head pompa dapat di cari :

$$\text{Head pompa} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + H_{LT} + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + (Z_2 - Z_1)$$

Dimana :

P_1 = tekanan pada sisi pemasukan (entrance side)

$$= P_0 + \rho g Z_1 = 101\ 325 + (1025.9,8 \cdot -8,70)$$

$$= 13\ 933,5 \text{ Pa}$$

P_2 = tekanan di sisi keluaran (nozzle jet):

$$= P_0 + \rho g Z_2 = 101\ 325 + (1025.9,8 \cdot -6,14)$$

$$= 39\ 648,7 \text{ Pa}$$

jadi :

$$H_{\text{pompa}} = \frac{7,97^2 - 3,05^2}{2,9,8} + 8,85 + \frac{39\ 648,7 - 13\ 933,5}{1025,9,8} - 6,14 - (-8,70) \\ = 16,74 \text{ m}$$

Maka daya pompa dapat dicari dengan persamaan :

$$P_p = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{\text{pompa}}}{\eta_m}$$

Effisiensi mekanis dari pompa thruster berkisar antara 0,60 - 0,825, Untuk jenis axial pump effisiensinya : 0,63.*

jadi :

$$P_p = \frac{1025,9,8 \cdot (\frac{\pi}{4} \times 0,534^2 \times 7,97) \cdot 16,74}{0,63} \\ = \frac{308\ 148,46}{0,63} \\ = 489\ 124,54 \text{ W}$$

Daya dari motor penggerak pompa harus mampu pula mengatasi energi yang hilang pada sistem transmisi, sehingga daya yang dibutuhkan oleh pompa tetap terpenuhi sesuai dengan kebutuhan pompa untuk sistem instalasi jet thruster. Oleh karena itu perlu adanya faktor koreksi untuk daya yang dikeluarkan oleh motor penggerak pompa.

Jadi daya motor penggerak pompa P_D :

$$P_D = \frac{P_p}{\eta_G \eta_K}$$

dimana : η_G = effisiensi roda gigi = 0,95

η_K = effisiensi kopling = 0,95

* * Manoeuvring Technical Manual 1993, Bab I, hal 46

Maka daya motor penggerak pompa :

$$P_D = \frac{489\ 124,54}{0,95 \cdot 0,95}$$

$$= 541\ 966 \text{ W} \approx 542 \text{ kW}$$

Dari perhitungan daya motor penggerak diatas dengan memberikan faktor keamanan sebesar 5 %, dengan tujuan untuk menghindari penurunan daya karena : keausan reduction gear, keausan kopling, penurunan effisiensi propeller, dan karena losses tunnel yang bertambah.

Jadi :

$$P = 542 \times 5 \%$$

$$= 569,1 \text{ kW}$$

Jadi daya penggerak pompa sistem instalasi Bow thruster tipe water jet 569,1 kW.

IV.3. PERBANDINGAN KECEPATAN MEMUTAR

A. Untuk tipe water jet thruster

Dari perhitungan thrust untuk sistem bow thruster pada kapal United tankers dengan daya penggerak 588 kW atau 800 hp, didapatkan besarnya thrust $T = 9887,44 \text{ Kgf} = 96\ 896,12 \text{ N}$. Dengan asumsi bahwa kapal pada kecepatan nol (diam) melakukan gerak memutar dengan sumbu putar terletak pada titik a, maka dapat dicari besarnya kecepatan memutar kapal (ψ). Letak titik pusat memutar

kapal (a) untuk sistem instalasi bow thruster terletak dibelakang bidang tengah kapal (*midship section*) :

$$a = \frac{2 \cdot i^2}{L_{pp}} \quad \dots \dots \dots \quad ^1)$$

dimana :

$$i = 0,25 L_{pp} \text{ sampai } 0,30 L_{pp}. \quad (\text{diambil } 0,275 L_{pp})$$

$$= 0,275 \times 133,80 \text{ m}$$

$$= 36,795 \text{ m}$$

Jadi ;

$$a = \frac{2 \times 36,795^2}{133,80}$$

$$= \frac{2707,75}{133,80}$$

$$= 20,24 \text{ m}$$

Letak pusat memutar kapal terletak 20,24 m di belakang bidang tengah kapal (*midship section*).

¹) Maneuvering Technical Manual 1993, Bab I,hal 9

$$T = 98\,000 \text{ N}$$

$$L_{pp} = 133,80 \text{ m}$$

$$d = 8,40 \text{ m}$$

Dari data-data di atas dengan pertolongan diagram desain thruster pada lampiran, dapat dicari besarnya perbandingan thrust dengan permukaan memanjang kapal di bawah permukaan air (f) :

$$f = 0,08 \text{ kN/m}^2$$

$$= 80 \text{ N/m}^2$$

Kecepatan memutar kapal (ψ) :

$$\psi = \frac{k}{L_{pp}} \cdot \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

$$= \frac{190^0}{133,80} \times \sqrt{\frac{80}{1025}}$$

$$= 0,397 ^0/\text{s}$$

$$= 23,80 ^0/\text{menit.}$$

Jadi kecepatan memutar kapal dengan memakai instalasi bow thruster dengan tipe water jet thruster mampu dipakai untuk memutar dengan kecepatan $23,80 ^0/\text{menit.}$

B. Tipe Tunel Propeller

Pada daya penggerak sistem instalasi bow thruster dengan tipe tunnel propeller thruster dengan daya sebesar 800 Hp dari produksi Hydromarine di dapatkan data-data sebagai berikut :

Daya : 800 Hp

Diameter : 200,67 Cm.

Putaran : 290 Rpm

Thrust : 11 200 kg"

Kecepatan memutar kapal (ψ) dengan bow thruster dengan tipe tunnel propeller :

$$T = 11\,200 \text{ Kgf}$$

$$= 109\,760 \text{ N}$$

Perbandingan thrust dengan luasan permukaan memanjang kapal (f) :

$$f = \frac{T}{L_{pp} \times D}$$

$$= \frac{109\,760}{133,8 \times 8,40}$$

$$= 97,48 \text{ N/m}^2$$

Kecepatan memutar kapal (ψ) :

$$\psi = \frac{k}{L_{pp}} \cdot \sqrt{\frac{f}{\rho}}$$

$$= \frac{190^0}{133,80} \cdot \sqrt{\frac{97,48}{1025}}$$

$$= 0,44^0/\text{s}$$

$$= 26,40^0/\text{menit}$$

Jadi kecepatan memutar kapal bila memakai tipe tunnel propeller sebesar $= 26,40^0/\text{menit}$.

BAB V

PEMBAHASAN MASALAH

BAB V

PEMBAHASAN MASALAH

V.1. THRUST PADA BOW THRUSTER

V.1.1 THRUST TERPASANG PADA KAPAL

Dari analisa perhitungan kebutuhan thrust untuk menambah kemampuan manuver kapal, bila kapal sedang memasuki atau meninggalkan pelabuhan, atau pada saat-saat kapal sedang melewati perairan yang sempit dan memerlukan manuver yang cepat, awak kapal bisa mengoperasikan bow thruster untuk memperbaiki kemampuan manuvernya.

Dari analisa yang dilakukan di depan bahwa kapasitas bow thruster yang sebaiknya dipasang pada kapal United Tankers adalah sebesar 9 961,55 Kg. Dari data terpasang di kapal didapatkan bahwa kapal United Tankers memasang instalasi bow thruster dengan thrust 10 000 Kg. Terdapat perbedaan thrust :

$$10\,000 - 9\,961,55 = 38,45 \text{ Kg}$$

Perbedaan kapasitas thrust terpasang pada kapal United Tankers tersebut sebesar 38,45 Kg atau :

$$\frac{38,45}{10\,000} \times 100 \% = 0,39 \%$$

Jadi dari perhitungan thrust dengan kapasitas thrust yang terpasang terdapat selisih kurang 0,5 %. Dari selisih yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa formula

yang dipakai untuk memperkirakan kapasitas thrust pada bow thruster yang digunakan oleh pemilik kapal (United Tankers A.B. Swedia) dengan galangan kapal Mitsui (Jepang) tidak beda jauh (hampir sama), bahkan bisa jadi formula yang dipakai sama persis, karena perbedaannya sangat kecil sekali, yaitu 0,39 % atau kurang dari 0,5 %.

Perbedaan thrust ini mungkin juga dikarenakan keadaan di pasaran. Thrust yang telah direncanakan bila dicari di pasaran dengan kapasitas thrust yang sama persis jarang sekali ada. Di pasaran yang tersedia adalah dengan kapasitas-kapasitas tertentu. Jadi dalam melekukan pemilihan bow thruster untuk dipasang dikapal, perlu mempertimbangkan berapa kebutuhan thrust yang direncanakan, kemudian desainer mencari di pasaran dengan kapasitas thrust sama. Bila di pasaran dicari dengan kapasitas thrust yang sama persis tidak dijumpai, maka perlu diadakan pemilihan thrust dengan kapasitas yang lebih besar dengan range yang terdekat.

Tetapi ternyata kalau di pasaran yang ada kapasitasnya kurang dari yang direncanakan dan itu ternyata yang paling dekat dengan yang diperhitungkan, sebaiknya dipertimbangkan lagi dalam memilihnya. Hal ini dikarenakan akan berpengaruh sekali dengan unjuk kerja peralatan yang di pilih. Bisa jadi peralatan tersebut kapasitasnya setelah dipasang tidak memenuhi dengan kapasitas yang telah direncanakan. Kalau perbedaannya sangat kecil, mungkin kapasitas yang dihasilkan bisa sesuai dengan yang direncanakan tetapi peralatan tersebut untuk menghasilkan

thrust sebesar itu perlu dioperasikan secara maksimum terus, hal ini akan mempercepat keausan dan memperpendek umur peralatan yang telah dipasang.

Untuk itu dalam memilih suatu pelatan sebaiknya harus lebih besar dengan yang direncanakan, hal ini akan menguntungkan sekali. Disatu sisi bila terjadi penurunan unjuk kerja dari peralatan yang telah dipasang, kelebihan kapasitasnya akan mampu menutup kekurangannya, di sisi lain dengan terjadi kelebihan kapasitas yang dipilih akan menjadikan peralatan yang terpasang tidak perlu dioperasikan pada titik yang maksimum, sehingga akan memperpanjang umur mesin.

Jadi dari perhitungan thrust yang dibutuhkan 9 961,55 Kg, setelah dicari di pasaran kemungkinan tidak ada, dan yang tersedia di pasaran kapasitasnya 10 000 Kg. Jadi kapal United Tankers memasang thrust untuk sistem instalasi bow thruster 10 000 Kg (10 ton) sesuai dengan analisa di depan.

V.1.2 PERENCANAAN THRUST PADA KAPAL

Dalam merencanakan kapasitas thrust yang akan dipasang di kapal, pertama-tama dicari luasan proyeksi kapal secara memanjang dimana luasan proyeksi akan dibedakan menjadi dua bagian, yaitu luasan proyeksi kapal di atas permukaan air dan luasan proyeksi memanjang di bawah permukaan air, hal ini juga akan membantu sekali setelah akan menghitung tahanan yang akan terjadi pada kapal tersebut.

Setelah itu dicari titik pusat tekan dari luasan proyeksi kapal secara memanjang terhadap sumbu memanjang. Kemudian dicari tahanan yang bekerja pada kapal yang akan dipasang instalasi bow thruster. Tahanan (gaya-gaya) yang bekerja pada kapal antara lain disebabkan oleh : tahanan angin, tahanan viskositas, tahanan bentuk, serta tahanan dari peralatan bow thruster itu sendiri. Dari analisa yang dilakukan didepan ternyata tahanan angin merupakan faktor penyebab yang paling dominan diantara tahanan visksitas, tahanan bentuk, dan tahanan dari peralatan thruster. Kalau dalam perhitungan thrust untuk keperluan pendorongan kapal (propulsi kapal) tahanan yang paling dominan adalah tahanan gesekan. Jadi terdapat perbedaan dalam menentukan thrust pada sistem instalasi bow thruster dengan sistem propulsi kapal.

Perbedaan besarnya tahanan kapal yang dominan pada perhitungan thrust untuk sistem propulsi dengan sistem bow thruster di karenakan pada saat kapal melakukan manuver, misal pada saat mau merapat di pelabuhan, tahanan gesekan yang terjadi pada kapal sebagian besar masih dibebankan pada propeller utama yang digerakkan oleh main engine, dan sebagian saja tahanan gesekan yang harus ditanggung oleh sistem bow thruster.

Disamping itu bila ditinjau dari sudut pandang torsi, semakin jauh/panjang dari lengannya suatu gaya terhadap titik pusat gaya maka torsinya akan semakin semakin besar pula. Jika gaya yang terjadi pada permukaan kapal, titik pusat dari tunnel dianggap sebagai sebagai titik pusat gaya, maka lengan gaya dari gaya angin

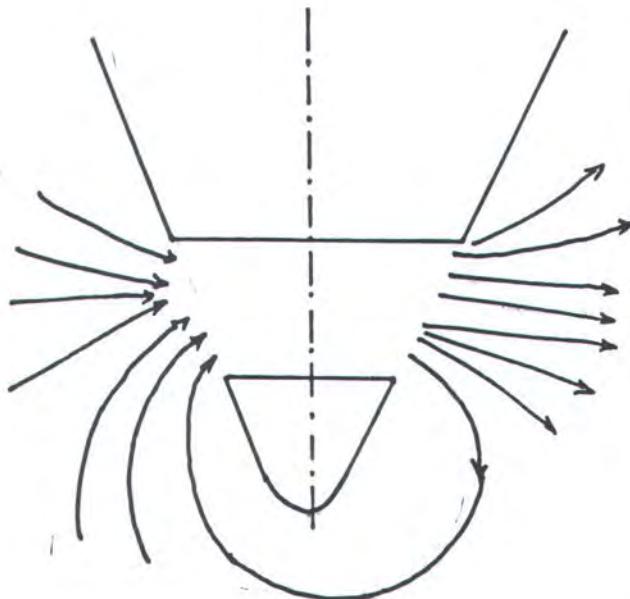
semakin panjang, dan gaya dari tahanan air memiliki lengan yang pendek. Jadi dengan adanya gaya gesekan yang terbebaskan pada propulsi utama dan secara tinjauan torsi, maka gaya angin menimbulkan tahanan yang paling dominan dalam menentukan thrust pada bow thruster.

V.1.3 DESAIN BOW THRUSTER

Dalam mendesain instalasi bow thruster tidak boleh sembarangan tetapi perlu perencanaan yang cermat, karena akan mempengaruhi effisiensi dan unjuk kerja dari instalasi bow thruster tersebut. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam mendesain sistem instalasi bow thruster antara lain :

1. Letak tunel terhadap dasar kapal.

Letak minimal pusat pusat bow thruster terhadap dasar kapal minimal sama dengan diameter dari tunnel. Bila jarak dari pusat tunnel ke dasar kapal kurang dari ukuran diameter tunnel, maka akan terjadi penurunan effisiensi. Hal ini bisa terjadi disebabkan oleh aliran air yang keluar dari semburan ujung tunnel akan terhisap kembali oleh ujung hisapan tunnel. Jadi diusahakan minimal jarak dari pusat tunnel ke dasar sama dengan diameter tunnel, agar diperoleh thrust yang optimal.



Gambar V.1 : Aliran air yang terhisap lagi.

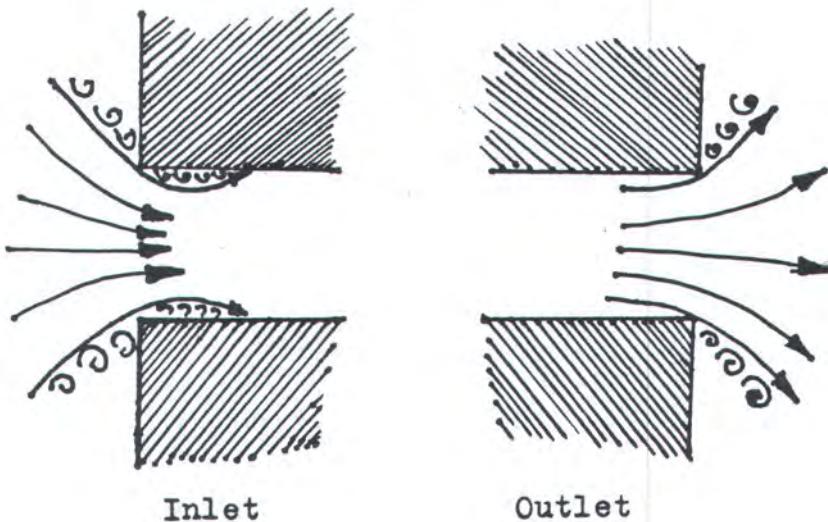
2. Panjang tunnel

Tunnel yang dipakai sebagai saluran untuk menghisap air laut dari sebelah kiri dan disemburkan di sebelah kanan (sebaliknya) perlu perencanaan untuk memperoleh thrust yang paling optimal. Semakin panjang tunnel yang dipakai untuk sistem instalasi bow thruster akan semakin jelek unjuk kerjanya, hal ini disebabkan oleh losses gesekan air laut yang melewati tunnel tersebut. Apalagi bila semakin kasar dari bahan yang dipakai untuk tunnel, akan bertambah jelek thrust yang dihasilkan, ini disebabkan terjadinya losses gesekan .

3. Radius dari saluran inlet dan outlet

Ujung-ujung tunnel (inlet dan outlet) dibikin kelengkungan dengan radius R dimana desainer bisa menentukan pilihannya sendiri sesuai dengan keinginannya, tetapi dengan pertimbangan untuk menghasilkan

thrust yang paling optimal. Radius kelengkungan minimal 5 % dari diameter tunnel, bila kurang akan mengurangi effisiensi dari thrust yang ditimbulkan. Tujuan dari membuat kelengkungan pada ujung-ujung tunnel adalah untuk memperbaiki sistem aliran air yang keluar atau yang masuk pada sistem bow thruster. Bila tidak diberi kelengkungan akan terjadi gejolak aliran di saluran inlet dan outlet sehingga akan menimbulkan losses, yang akan mengurangi thrust yang terjadi.

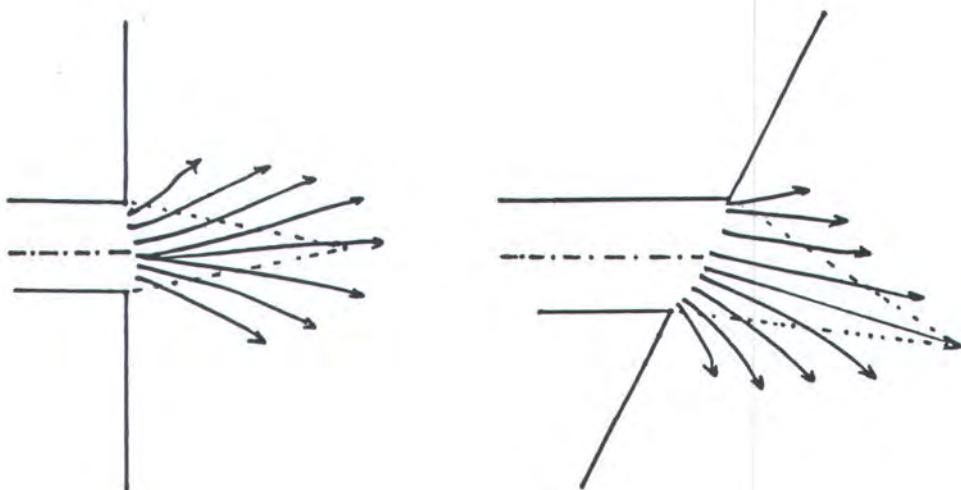


Gambar V.2 : Losses pada saluran inlet dan outlet

4. Bentuk haluan

Bentuk dari haluan dimana instalasi dari bow thruster dipasang akan sangat mempengaruhi thrust yang dihasilkan. Instalasi dari bow thruster untuk menghasilkan thrust yang optimal bila terletak pada bidang yang tegak lurus terhadap lambung kapal. Bila lambung kapal memiliki sudut

yang semakin kecil terhadap dasar kapal ($< 90^\circ$) effisiensinya akan semakin berkurang, hal ini disebabkan oleh thrust yang dihasilkan arahnya akan menyebar sehingga effektif thrustnya akan berkurang.



Gambar V.3 : (a) Thrust effektif, (b) thrust yang menyebar

5. Saringan (kisi-kisi)

Untuk melindungi sistem instalasi bow thruster terutama dari benda-benda yang keras yang bisa merusak peralatan instalasi bow thruster (misal : propeller) tunnel perlu dipasang kisi-kisi pengaman sehingga benda-benda yang melewati tunnel tidak bisa lewat dan tidak akan merusak peralatan sistem instalasi sehingga peralatan bisa beroperasi dengan jangka waktu yang panjang (awet).

Tetapi pemasangan kisi-kisi ini akan berpengaruh terhadap thrust yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan kisi-kisi tersebut akan merintangi dan menghambat aliran air yang melewati tunnel sehingga akan menimbulkan losses.

6. Kedalaman tunnel

Kedalaman tunnel dari permukaan air minimal sama dengan diameter tunnel, bila kurang akan terjadi gejala *efek air drawing*. Efek ini terjadi kerena pada saat instalasi bow thruster beroperasi, bila kedalamannya tidak mencukupi maka permukaan air laut akan turun sehingga akan terjadi penghisapan udara melewati tunnel sehingga akan menurunkan kapasitas thrust yang terjadi. Untuk menghindari bahaya *air drawing* tersebut dapat dilakukan dengan menempatkan tunnel pada kedalaman minimal sama dengan diameter tunnel.

V.2. DAYA POMPA

Dari perhitungan thrust yang dibutuhkan pada kapal, dapat dicari berapa kapasitas daya motor penggerak pompa. Untuk mencari dari motor penggerak bow thruster didapatkan dari thrust pada ujung saluran tunnel dicari berapa kecepatan aliran air yang melewatkinya. Dari aliran air yang melewati saluran keluaran tunnel

bisa dicari losses-lossesnya yang terjadi pada tunnel tersebut. Setelah losses-lossesnya diketahui, dihitung losses totalnya.

Dari sistem instalasi yang direncanakan dapat dihitung head dari pompa yang yang dibutuhkan. Dengan mengalikan debit aliran massa air laut yang melewati tunnel dengan head pompa didapatkanlah daya effektif motor penggerak pompa. Karena sistim transmisi antara pompa dan motor penggerak melewati berbagai tahapan dan hal ini akan menimbulkan pengurangan-pengurangan daya (losses), untuk itu daya effektifnya perlu di koreksi dengan beberapa faktor, antara lain : karena effisiensi kopling, effisiensi gigi reduksi (gear box) dan effisiensi mekanismenya sendiri.

Perhitungan daya pompa pada kapal United Tankers didapatkan daya sebesar 569,1 kW, dari data terpasang di kapal sebesar 588 kW. Jadi terdapat perbedaan daya :

$$588 - 569,1 = 18,9 \text{ kW}$$

atau :

$$\frac{18,9}{588} \times 100\% = 3,2\%$$

Selisih daya perhitungan dengan daya terpasang 3,2 % ini memungkinkan disebabkan oleh kapasitas yang tersedia di pasaran yang besarnya sama persis tidak ada, untuk itu dalam pemilihan disesuaikan dengan kapasitas yang tersedia di

pasaran dan tentu saja desainer mengikuti ukuran yang sudah ada dari produsen bow thruster.

Dalam pemilihan instalasi bow thruster itu sendiri, desainer dalam menentukan pilihan berdasarkan kapasitas thrust yang diinginkan bukan berdasarkan pada kapasitas daya motor penggeraknya. Dari data teknik yang diberikan oleh produsen bow thruster memang sudah menyediakan kapasitas thrust dan kapasitas daya motor penggeraknya sekaligus, tetapi dalam pemilihan bow thruster yang menjadi acuan utama adalah kapasitas dari thrust yang dihasilkan.

V.3 PERBANDINGAN KECEPATAN MEMUTAR

Dengan mengambil kapasitas daya motor penggerak yang sama, perbandingan kecepatan memutar kapal United Tankers pada kecepatan nol (diam), bila dipasang instalasi bow thruster dengan tipe water jet thruster dibandingkan dengan tipe tunnel maka didapatkan hasil :

a. Tipe Water Jet Thruster

Dari analisa didapatkan bahwa, water jet thruster dari Omnitruster dengan tipe JT 950 untuk daya 588 kW (800 hp) menghasilkan thrust sebesar 10 000 Kg (98 000 N). Dari perhitungan di depan bahwa kecepatan manuver (Ψ) kapal United Tankers setelah dipasang instalasi bow thruster dengan daya 800 hp, kecepatan memutarnya

menjadi $0,39^{\circ}/s$ atau $23,80^{\circ}/\text{menit}$. Jadi kecepatan memutar kapal tanpa daun kemudi mampu manuver dengan kecepatan $23,8^{\circ}/\text{menit}$.

b. Tipe Tunnel

Penghasil Bow thruster dewasa ini sangat banyak, produsen tersebut menawarkan produknya dengan berbagai tipe dan kapasitas yang bermacam-macam. Dengan mengambil daya yang sama 800 hp, tipe tunnel dari Hydromarine ternyata menghasilkan thrust 11 200 Kg atau 109 760 N. Dari kapasitas thrust tersebut mampu memberikan kecepatan manuver kapal sebesar $0,44^{\circ}/s$ atau $26,40^{\circ}/\text{menit}$. Jadi jika kapal di pasang bow thruster tipe tunnel dengan daya 800 hp mampu manuver memutar $26,40^{\circ}/\text{menit}$ tanpa menggunakan daun kemudi.

Dari analisa di atas untuk daya yang motor penggerak yang sama, perbedaan kecepatan manuver memutarnya :

$$26,40 - 23,80 = 2,60^{\circ}/\text{menit}$$

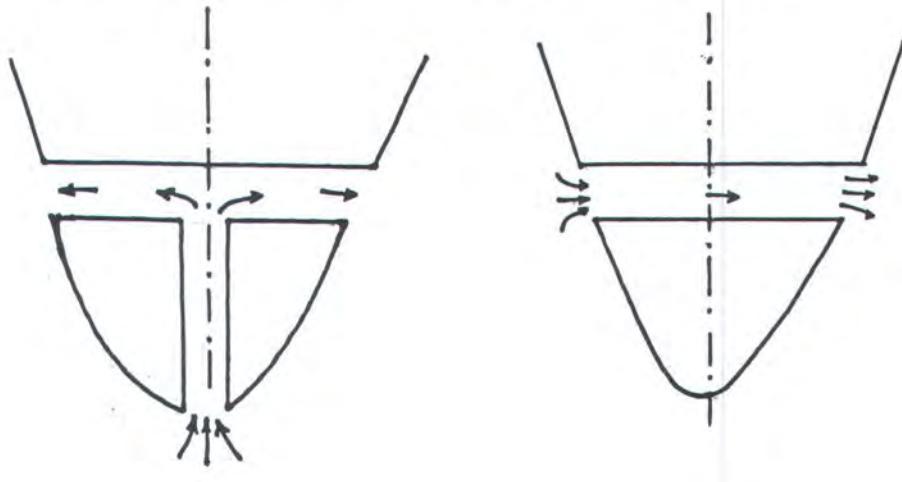
Jadi tipe tunnel memberikan kecepatan memutar $2,60^{\circ}/\text{menit}$ lebih cepat dari tipe water jet thruster untuk daya motor penggeraknya 800 hp.

Perbedaan kecepatan $2,60^{\circ}/\text{menit}$ tersebut dikarenakan :

1. Sistem Instalasi

Dari instalasi bow thruster untuk kedua sistem tersebut sekali, untuk water jet air laut dihisap dari dasar kapal, kemudian disemprotkan ke sisi

kiri atau sisi kanan. Sebelum disemprotkan melewati nozzle pada ujung-ujung tunnelnya. Kalau pada sistem tunnel air dihisap disebelah kiri dan disemprotkan di sebelah kanan (sebaliknya).



Gambar V.4 : Instalasi bow thruster. (a) WJT, (b) Tunnel

Dari gambar di atas nampak aliran air yang dilalui oleh sistem water jet thruster lebih panjang dari pada sistem tunnel, sehingga untuk daya yang sama sistem water jet thruster akan menghasilkan thrust yang lebih kecil.

2. Losses yang terjadi

Karena instalasi water jet thruster memiliki saluran untuk aliran air yang lebih panjang dibandingkan dengan instalasi tipe tunnel maka losses karena gesekan antara tunnel dengan air laut tentu akan lebih besar (losses mayornya). Untuk menghisap air dari dasar kapal ke pusar tunnel

yang mendatar dengan ketinggian 2,567 m, water jet tersebut memerlukan tekanan yang cukup besar agar air bisa naik dari dasar ke pusat tunnel yang datar. sedangkan untuk tipe tunnel air dihisap dan dikeluarkan pada ketinggian yang sama, jadi tidak perlu menaikkan air 2,567 m seperti pada water jet.

Pada ujung-ujung dari water jet terdapat nozzle untuk mempercepat aliran air yang melewatkannya agar lebih cepat, tetapi untuk mempercepat aliran air tersebut dibutuhkan daya yang relatif besar, sedangkan pada tipe tunnel tidak dibutuhkan. Jadi losses karena gesekan, untuk menaikkan air 2,567 m, dan nozzle pada sistem water jet yang menyebabkan thrustnya lebih kecil jika dibandingkan dengan tipe tunnel untuk kapasitas daya yang sama.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tanpa thrust dari daun kemudi, pemakaian bow thruster sebagai alat bantu manuver tambahan pada kapal United Tankers dengan tipe water jet thruster dengan kapasitas sebesar 10 ton memakai daya motor penggerak 588 kW (800 hp) mampu menambah kecepatan manuver $23,8^{\circ}$ /menit.
2. Secara teknis perbandingan kecepatan memutar kapal United Tankers memakai bow thruster tipe water jet thruster jika dibandingkan dengan tipe tunnel untuk daya motor penggerak yang sama, tipe tunnel menunjukkan kecepatan memutar yang lebih bagus dibandingkan tipe water jet.

SARAN

Karena keterbatasan waktu dan kemampuan penulis, maka dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak parameter-parameter yang berpengaruh terhadap pertimbangan dan perhitungan daya dari sistem bow thruster yang belum

tercakup, untuk itu penulis menyarankan para rekan-rekan mahasiswa / para peminat dalam kajian bow thruster pada umumnya untuk melanjutkan penulisan TA ini tentang :

1. Pengaruh jarak tunnel terhadap ujung haluan.
2. Jarak geb antara tunnel dengan ujung propeller.
3. Kemungkinan pemasangan terowongan pasif yang meliputi :
 - pengaruh diameter.
 - jarak antara terowongan pasif dengan tunnel thruster.
 - jumlah terowongan pasif

DAFTAR PUSTAKA

1. Dipl. Ing. J. Brix," Manoevring Technical manual ", Manoevring Technical Institute, Diekbarg, Hamburg, 1993.
2. -----," Marine Maneoeuvring System ,Operasition and Service Manual " , California, 1994
3. Y. Suzuki, " Technical Information ", Jica Expert, 1996.
4. -----," KaMeWa Tunnel Thruster ",Technical Data , PT PAL ,1993
5. -----," Bow Thruster ", Hidromarine Technical Data, PT PAL, 1993
6. -----," Bow Thruster ", Schottle Technical Data, PT PAL, 1995
7. Frank M. White," Mekanika Fluida ", edisi ke-2, jilid I, penerbit Erlangga, 1988.
8. Sv. Aa. Harvald," Tahanan dan Propulsi Kapal ", Technical University of Denmark, penerbit Airlangga University Press,1992
9. Harrington L. Roy," Marine Engineering ", the society of Architechture and Marine Engineering, New York, 1992
- 10.Teguh Sastrodiwongso, MSE," Propulsi Kapal " FTK ITS, 1982

LAMPIRAN

尚、同種船2-重野実績馬力、計算値等はありません。

たゞ 45000 D/W ton の G/A と注文書をみると、

$$L_{OA} = 198 \text{ m}$$

$$L_{PP} = 187 \text{ m}$$

$$B = 31 \text{ m}$$

$$d = 19.2 \text{ m}$$

$$\text{Draft } 12.3 \text{ m}$$

} の船2-

の2つ目 thruster は

AP ^約 182.8 m 2-B.L. = 2.5

or stern thruster が 2 つあります。

thruster の要因は 2 つ 17.3 ton ,

AC 1110 kW, dia = 2200 mm × 4 翼

2-LT。但し、本船の 2 フラスターは Bow と stern に 2 つあります。

この様な計画が 2 つある理由です。船主の指定らしい。

この船2-はコリジョン BHD が前 2 フラスターが 2 つある、コリジョン BHD が直進が生じない様に工夫されています。

これは「かわのプロペラ」の効率の表です。効率の部分のみ参考用に付く。

サイビス型スクリュー推力換算計算

船体形状が推力に影響する要因として、

1. 船底深さの影響
2. トンネル長さの影響
3. トンネル入口Rの影響
- 4.両端傾斜壁の影響
5. グリッドの影響
6. 吃水深さの影響

が考えられ、夫々の効率を補正する必要があり、下記にそれぞれの効率を示す。

1. 船底深さの影響 (Fig. 1より) TCA-90 (TCA-90)

$$A/D = \frac{2400}{1560} = 1.54 \quad \eta_A = 1.12 \quad (1.12)$$

2. トンネル長さの影響 (Fig. 2より)

$$B/D = \frac{2200}{1560} = 1.41 \quad \eta_B = 1.0 \quad (1.0) \quad 1.0$$

3. トンネル入口Rの影響 (Fig. 3より)

$$R/D = \frac{50}{1560} = 0.03 \quad \eta_R = 1.01 \quad (1.01) \quad 0.97$$

4. 両端傾斜壁の影響 (Fig. 4より)

$$Q = 80 \quad \eta_Q = 0.98 \quad (0.98) \quad 0.98$$

5. グリッドの影響 (Fig. 5より)

3重 $\eta_G = 0.96 \quad (0.96) \quad 0.96$

6. 吃水深さの影響 (Fig. 6より)

$$L/D = \frac{2900}{1592} = 1.82 \quad \eta_L = 1.0 \quad (1.0) \quad 1.0$$

以上に実機だけ各式を乗せることができます。

$$T_x = T_H \cdot \eta_A \cdot \eta_B \cdot \eta_R \cdot \eta_Q \cdot \eta_G \cdot \eta_L$$

したがって $T_x = \text{実機力}$ (kgf)

$T_H = \text{公称推力 (kgf)}$

$$T_x = \frac{9.8}{1592} \times 1.12 \times 1.0 \times 1.01 \times 0.98 \times 0.96 \times 1.0 \\ = 9.9 \text{ kgf} \quad (8.7)$$

0.92

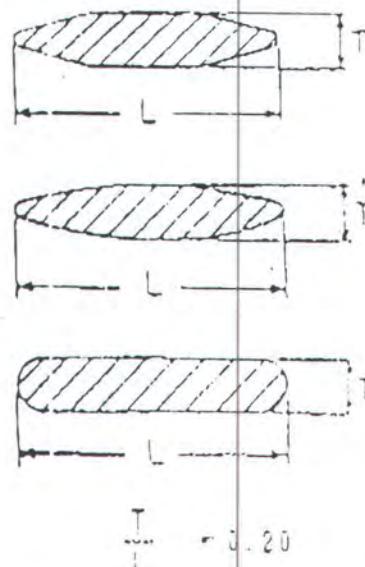
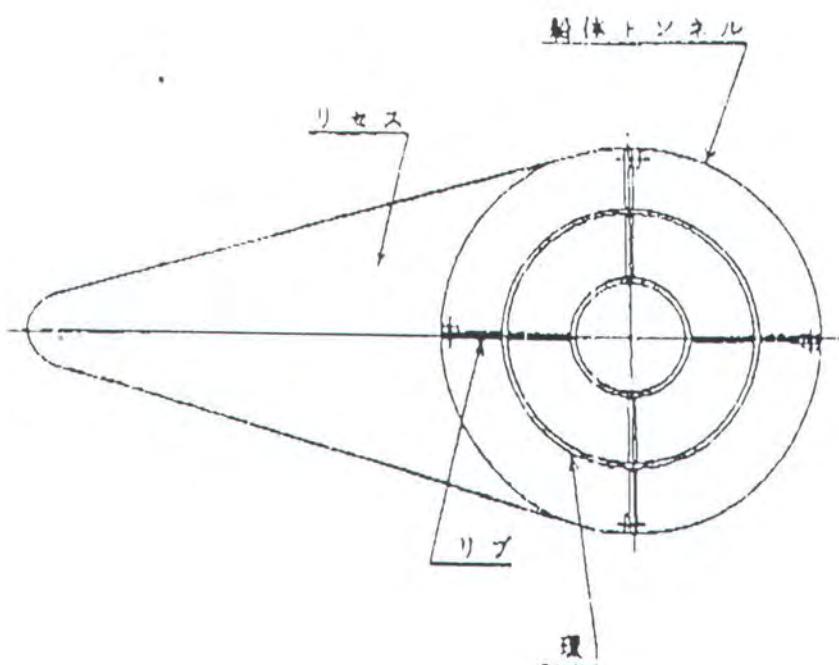
(220400)

8. プロペラ保護用格子の形状

格子は、単に波木や厚壁物によるプロペラの横軸防止上役割するだけではなくて目的は余りないようです。形状は、水流の抵抗をできるだけ少なくする事が望ましく、下図のような内壁の物が流体抵抗は少ないようです。

環は下図に示しますように、トンネルの直径に応じ設置付けられます。できるだけ少ない方が直く、環及びリブの断面形状も下図のように水流の抵抗にならないように考慮して下さい。

尚、格子とプロペラの間隔は、できる限り離した方が水流通過時の振動、騒音に対し有利です。



環及びリブの断面形状

注) 1 環の枚数は、トンネル径 800mm 以下で一重、800mm~1400mmで 2 重、1400mm~2100mm で 3 重を推奨します。上図は 2 重を示します。

尚、格子を船体へ取付ける方法は、メンテナンス口を考慮して M16~M20 の SUS ポルトで取付で下さい。

Gb. B.1 : Koefisien gesek aliran dalam pipa.

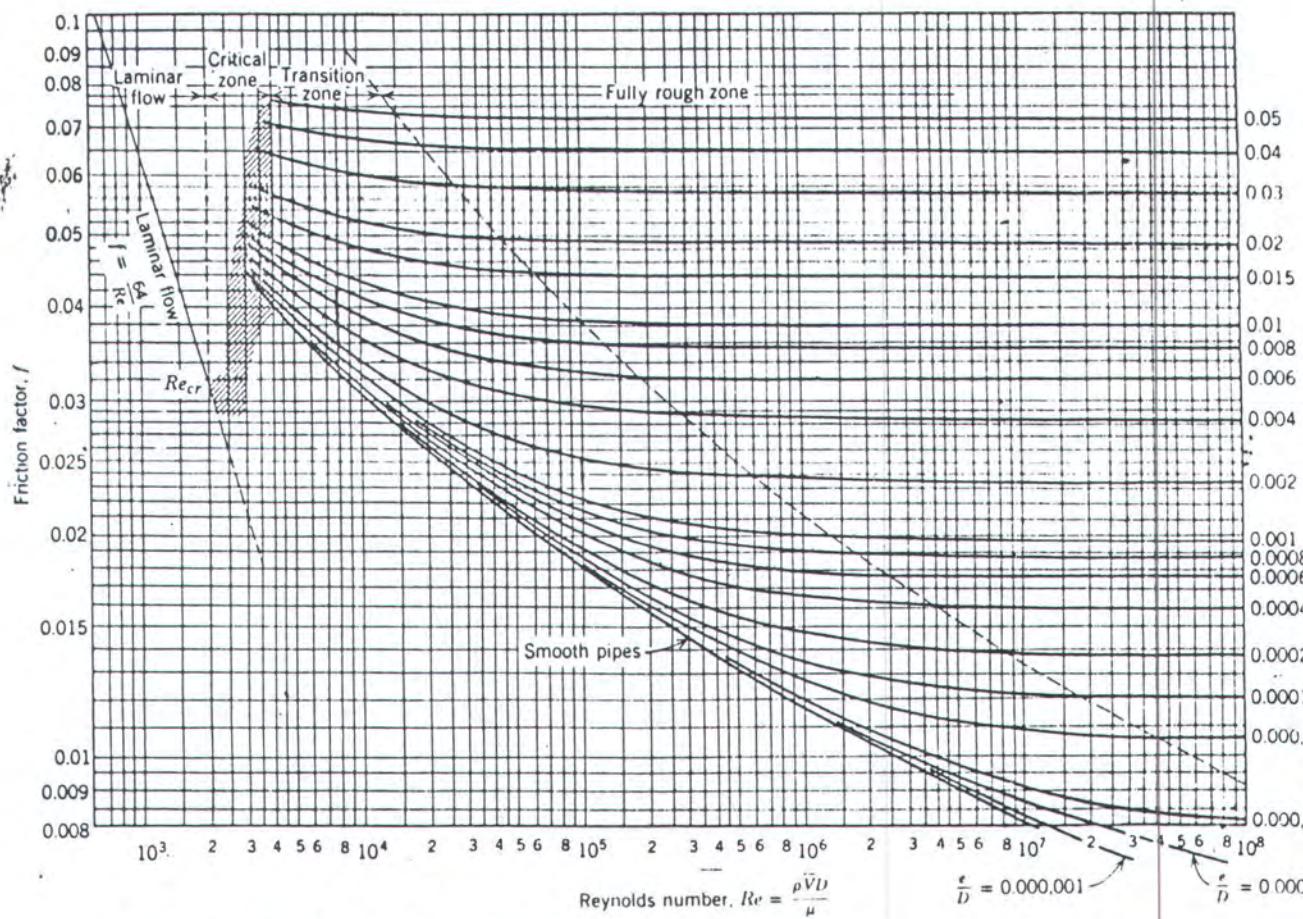
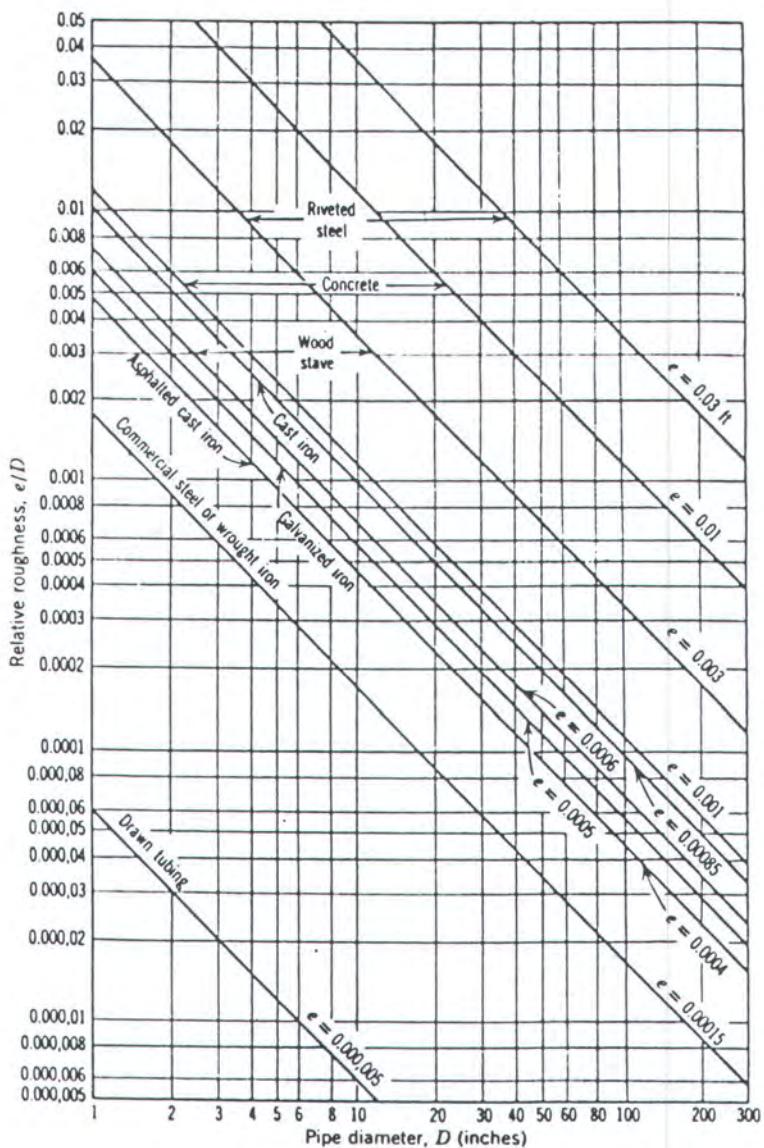


Fig. 8.14 Friction factor for fully developed flow in circular pipes. (Data from [4], used by permission.)

Gb. B.2 : Kekasaran relatif pipa.



Tabel B.1 :
KEKASARAN RATA-RATA PIPA-PIPA KOMERSIAL

Bahan (dalam keadaan baru)	ϵ	
	ft	mm
Baja keling	0,003-0,03	0,9-9,0
Beton	0,001-0,01	0,3-3,0
Bilah tahang-kayu	0,0006-0,003	0,18-0,9
Besi cor	0,00085	0,26
Besi bersalut-seng	0,0005	0,15
Besi-cor beraspal	0,0004	0,12
Baja komersial atau besi tempa	0,00015	0,046
Tabung/pipa tarik	0,000005	0,0015
Kaca	"Halus"	"Halus"

Tabel B.2 : Panjang Equivqlen katub dan fitting.

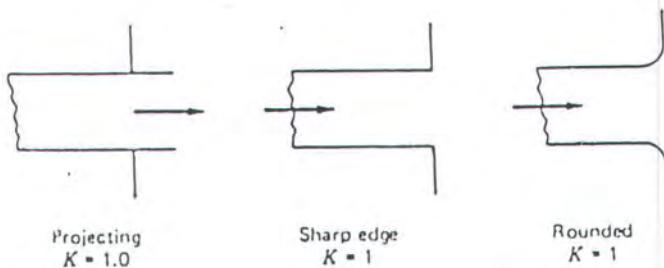
Fitting Type	Equivalent Length,* L_e/D
Valves (fully open)	
Gate valve	8
Globe valve	340
Angle valve	150
Ball valve	3
Lift check valve: globe lift	600
: angle lift	55
Foot valve with strainer: poppet disk	420
: hinged disk	75
Standard elbow: 90°	30
: 45°	16
Return bend, close pattern	50
Standard tee: flow through run	20
: flow through branch	60

* Based on $h_{l_e} = f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{V}^2}{2}$

Tabel B.3 : Koefisien Losses pada pemasukan pipa

Inward projecting $K = 0.78$	Sharp edge $K = 0.5$	Flush
		r/d 0.02 0.04 0.06 0.10 0.15 K 0.28 0.24 0.15 0.09 0.04

Tabel B.4 : Koefisien losses pada keluaran pipa.



Tabel B.5 : Koefisien losses pada fitting.

Fitting	k	L/D
Globe valve, wide open	10	350
Angle valve, wide open	5	175
Close-return bend	2.2	75
T, through side outlet	1.8	67
Short-radius elbow	0.9	32
Medium-radius elbow	0.75	27
Long-radius elbow	0.60	20
45° elbow	0.42	15
Gate valve, wide open	0.19	7
half open	2.06	72