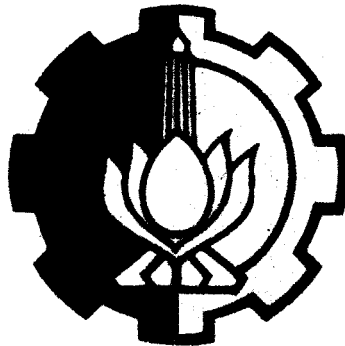


530/US/H/93 ✓

PERPUSTAKAAN	
I T	
NO	20 NOV 1992
369 / TA	

TUGAS AKHIR
TL. 1701

**PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN SILINDER
TERHADAP KOEFISIEN DRAG DAN INERTIA
KARENA BEBAN HIDRODINAMIS**

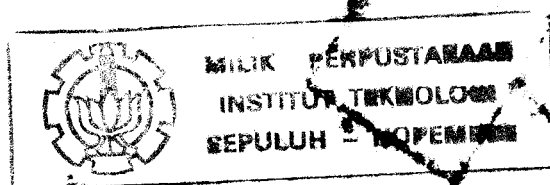


fete
620.112.92
Djo
P-1
1091.

OLEH :

DJOKO PRIDJANARTO
4854300053

**PROGRAM STUDI TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1991**





FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN

TUGAS - AKHIR

No. : 04/1112.H4.PTK/M/90

MATA KULIAH : TUGAS AKHIR 8. (delapan) MS
NOMOR MATA KULIAH : TL.1701
NAMA MAHASISWA : Djoko Frijdjanarto
NOMOR POKOK : 4854300053
TANGGAL DIBERIKAN TUGAS : 10 April 1990
TANGGAL SELESAI TUGAS : 31 Desember 1990
DOSEN PEMBIMBING : Ir. Soegiono

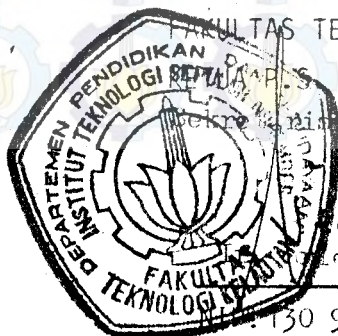
TEMA/URAIAN/DATA-DATA YANG DIBERIKAN :

J u d u l : PENGARUH KEKAMPARAN TERBUKAAN SELINDIR TERHADAP KOMPISIMEN
DRAG DAN INERPIA KARENA BEBAN HIDRODINAMIS.

SURABAYA, 14 April 1990

DIBUAT RANGKAP 4 :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dekan (mohon dibuatkan SK)
3. Dosen Pembimbing.
4. Arsip Kajur.



FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN

130 937 969.

LEMBAR PENGESAHAN

Surabaya, Pebruari 1991

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing

Ace

Paul

(Ir. Soegiono)

(P. Indiyono)
4 Feb. 1991

Telah direvisi, Surabaya 25 Pebruari 1991

Mengetahui/menyetujui

Dosen Pembimbing



(Ir. Soegiono)

Ace
Paul

P. Instruksi
9 Maret 1991

ABSTRAK

Tugas ini didasarkan atas hasil eksperimen yang dilakukan di Lab. Hidrodinamika FTK ITS untuk menentukan pengaruh kekasaran permukaan silinder terhadap koefisien drag dan inertia karena beban hidrodinamis. Eksperimen dilakukan dengan menarik benda uji dari posisi diam sampai mencapai kecepatan konstan di air yang tenang (still water) pada angka Reynold berkisar $8,1.E3$ sampai $8,1.E4$.

Kekasaran relatif (k/D) adalah $1/50$. Kekasaran permukaan silinder merata sepanjang pipa uji dengan menggunakan pasir (fully sand roughened cylinder).

Dari hasil eksperimen menunjukkan bahwa pengaruh kekasaran permukaan silinder terhadap koefisien drag dan inertia karena beban hidrodinamis akan terlihat pada angka Reynold yang tinggi.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan rasa syukur kehadirat Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul : "*Pengaruh kekasaran permukaan silinder terhadap koefisien drag dan inertia karena beban hidrodinamis*". Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat bagi setiap mahasiswa Program Studi Teknik Lautan-Fakultas Teknologi Kelautan ITS untuk menyelesaikan studinya.

Tugas Akhir yang penulis laksanakan ini menggunakan metode percobaan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Percobaan dilaksanakan dengan menggunakan fasilitas Laboratorium Hidrodinamika-Fakultas Teknologi Kelautan ITS.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, perkenankanlah penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Yth. Bapak Ir. Soegiono, selaku Dosen Pembimbing, Dosen Wali dan juga selaku Ketua Program Studi Teknik Kelautan-Fakultas Teknologi Kelautan ITS.
2. Yth. Bapak Ir. Soewefy, M.Eng, selaku Dekan dan Kepala Laboratorium Konstruksi Fakultas Teknologi Kelautan ITS.
3. Yth. Bapak Ir. J.J. Soedjono, M.Sc, selaku Kepala Laboratorium Hidrodinamika Teknik Lautan-FTK ITS.

4. Yth. Bapak Ir. P. Adrianto, selaku Kepala Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan-FTK ITS.
5. Yth. Bapak Ir. Arief Soeroso, M.Sc, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lautan FTK ITS.
6. Yth. Bapak Ir. Paulus Indiyono, M.Sc, selaku asiaten pembimbing Tugas Akhir.
7. Yth. segenap karyawan Lab. Hidrodinamika dan Lab. Konstruksi FTK-ITS.
8. Yang tercinta Bapak dan Ibu dan saudaraku yang telah banyak memberikan bantuan moril maupun material.
9. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik kelautan-FTK ITS khususnya angkatan '85.

Kritik dan saran yang konstruktif dari pembaca yang budiman sebagai upaya penyempurnaan hasil penelitian ini selalu penulis harapkan.

Akhirnya penulis berharap semoga hasil penelitian ini dapat menambah khasanah pengetahuan kita. Amin.

Surabaya, Desember 1991

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR NOTASI	v
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang Masalah	I.1
I.2. Metodologi dan Langkah Pengujian	I.2
I.3. Batasan Masalah	I.3
I.4. Tujuan Penelitian	I.4
I.5. Skala Model	I.5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1. UMUM	II.1
II.2. PERSAMAAN MORISON	II.7
BAB III PERALATAN PERCOBAAN	
III.1. Peralatan didalam benda uji	
III.1.1. Strain gauge dalam benda uji.....	III.1
III.1.2. Pipa Uji	III.4
III.2. Peralatan di Laboratorium Hidrodinamika	

III.2.1. Kolam uji III.8
II .2.2. HP. Personal Computer III.9
III.2.3. Amplifier III.9
III.2.4. Pencatat Grafik (Strip Chart Recorder). III.10
III.2.5. Kalibrasi Beban III.10
III.2.6. Kereta Tarik III.12
III.2.7. Test Diagram III.13

BAB IV PELAKSANAAN dan ANALISA PENELITIAN

IV.1. Pelaksanaan Penelitian
IV.1.1. Data Kecepatan Kereta IV.1
IV.1.2. Kontrol Penarik Kereta IV.2
IV.1.3. Langkah-langkah Percobaan dan Analisa
1.3.a.Data IV.5
1.3.b.Langkah-langkah Idealisasi IV.6
1.3.c.Gaya-gaya IV.6
1.3.d.Perhitungan IV.6
1.3.e.Pembacaan pada Strip chart IV.7
1.3.f.Force Record IV.8

BAB V PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN

V.1. Pembahasan V.1
V.2. Kesimpulan V.2

BAB VI USULAN PENELITIAN LANJUT VI.1

DAFTAR PUSTAKA

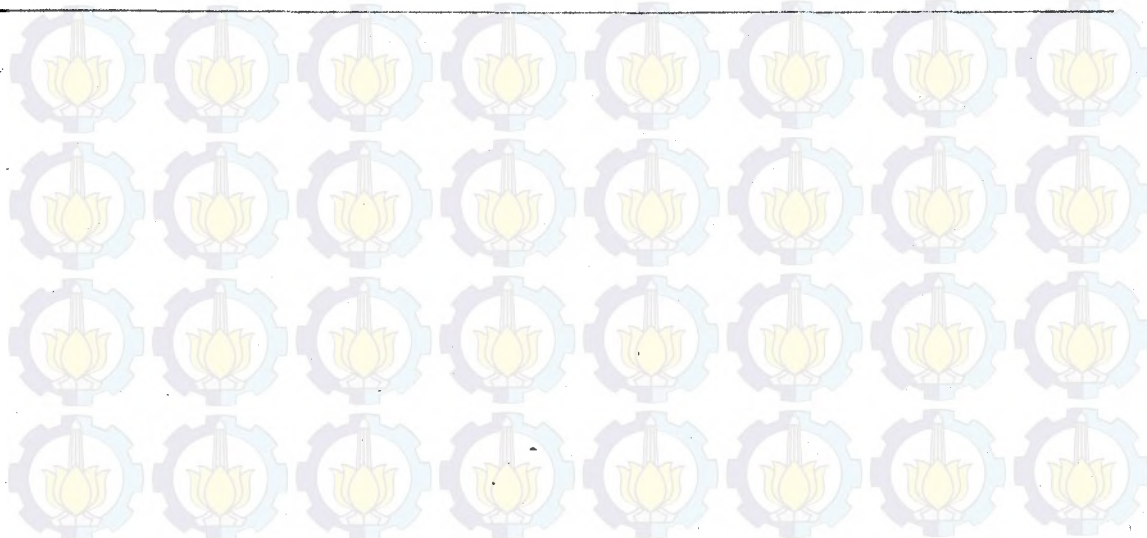
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar II.1.1. Koefisien Drag Silinder kasar sebagai fungsi Re	II.3
Gambar II.1.2. Koefisien Drag dan Inertia sebagai fungsi Re untuk Silinder Kasar, $K=20$	II.5
Gambar II.1.3. Koefisien Drag dan Inertia sebagai fungsi Re untuk Silinder Kasar, $K= 100$	II.6
Gambar II.1.4. Koefisien Drag dan Inertia untuk Silinder Halus dan Kasar	II.7
Gambar II.2.1. Hubungan Kecepatan, Percepatan dan gaya	II.9
<hr/>	
Gambar III.1.1. Variasi Pemasangan Rangkaian Strain Gauge	III.2
Gambar III.1.2. Pemasangan Strain Gauge pada Plat Uji	III.3
Gambar III.1.3. Pipa Uji	III.5
Gambar III.2.1. Penampang Memanjang Kolam Uji dan Posisi Benda Uji	III.8
Gambar III.2.2. Sistem Kalibrasi Beban	III.12
Gambar III.2.3. Test Diagram	III.13

Gambar IV.1.	C_D Sebagai Fungsi Re , $k/D = 1/50$...	IV.11
Gambar IV.2.	C_f Sebagai Fungsi Re , $k/D = 1/50$...	IV.12
Gambar IV.3.	C_D dan C_f Sebagai Fungsi Re	IV.13
Gambar IV.4.	Hubungan F_D dengan Re	IV.14
Gambar IV.5.	Hubungan F_f dengan Re	IV.15
Gambar IV.6.	Hubungan F_D dan F_f dengan Re	IV.16
Gambar IV.7.	Hubungan F_D dengan Kecepatan	IV.17
Gambar IV.8.	Hubungan F_f dengan Kecepatan	IV.18
Gambar IV.9.	Hubungan F_D dan F_f dengan Kecepatan	IV.19

Gambar VI.1.	Kekasaran Permukaan Silinder dengan Piramid	VI.2
Gambar VI.2.	Kekasaran Permukaan Silinder dengan binatang/tumbuhan laut	VI.2
Gambar VI.3.	Pengaruh Distribusi Kekasaran yang tidak merata terhadap arah gaya (arus)	VI.3



DAFTAR NOTASI

a : komponen percepatan tarik kereta/ arus,

C_D, C_I : koefisien drag dan inertia

D : diameter pipa uji

F_T, F_D, F_I : gaya total, gaya drag dan gaya inertia

g : angka grafitasi bumi

L : panjang pipa uji

k/D : kekasaran relatif

ρ : massa jenis fluida (air tawar)

ν : angka viskositas kinematis (air tawar)

U : kecepatan tarik kereta/ arus

B A B I PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Konstruksi bangunan lepas pantai (offshore structures) yang digunakan untuk drilling dan production platform yang paling tepat dipergunakan dikawasan lepas pantai Indonesia adalah "*Jacket Type Steel Fixed Platform*". Hal ini dipandang paling tepat berdasarkan faktor-faktor : dampak terhadap lingkungan, kedalaman laut, teknologi pembangunannya serta faktor ekonomis.

Jenis platform dilihat dari fungsi dan peralatan yang ada pada deck module terdiri dari :Well Head Platform, Living Quarter Platform, Process Platform serta platform penunjang lainnya.

Fixed Jacked Offshore Structure adalah suatu konstruksi bangunan lepas pantai yang dibangun dengan pipa-pipa baja yang bervariasi dimensi dan posisinya, yang mana sebagian besar dari konstruksi ini berada dibawah permukaan air.

Konstruksi bangunan lepas pantai diharapkan dapat beroperasi dalam kurun waktu sekitar 20 sampai 25 tahun, hal ini didasarkan karena selang waktu tersebut kandungan minyak

dan gas di dalam suatu reservoir sudah tidak menguntungkan lagi secara ekonomis. Dalam kurun waktu ini tentu saja konstruksi yang ada dibawah permukaan air laut ditempeli oleh marine growth.

Dengan adanya marine growth yang menempel pada permukaan konstruksi yang berbentuk tubular, maka akan menimbulkan kekasaran permukaan dan ini tentu saja akan menambah diameter efektif dari konstruksi tersebut. Hal ini tentu saja akan mempengaruhi besarnya beban hidrodinamis yang diderita oleh konstruksi tersebut. Dari pemikiran ini maka timbul pertanyaan, sejauh mana pengaruh kekasaran permukaan terhadap koefisien drag dan koefisien inertia ?. Untuk membuktikan ini, maka penulis melakukan penelitian terhadap pipa halus dan pipa yang permukaannya diberi kekasaran di Laboratorium Hidrodinamika, Fakultas Teknologi Kelautan-ITS.

I.1. METODOLOGI DAN LANGKAH PENGUJIAN

Penelitian ini menggunakan media eksperimen di Laboratorium Hidrodinamika untuk mendapatkan tujuan yang dikehendaki dan juga pemahaman studi kepustakaan.

Pada Tugas Akhir ini, perkiraan besarnya beban hidrodinamis akibat arus yang diterima pipa uji didapatkan dari " murni percobaan " dengan kata lain tidak dilakukan perhitungan secara teoritis. Untuk mendapatkan besarnya beban

yang diterima pipa uji, dengan jalan menarik pipa uji pada posisi vertikal di tanki percobaan yang permukaan perairannya tenang (tidak bergelombang). Dari besarnya beban yang di dapat dari percobaan tersebut dapat untuk menentukan besarnya C_d (koefisien drag) dan C_I (koefisien inertia).

I.3. BATASAN MASALAH

Dalam penyelesaian penelitian ini, beberapa batasan-batasan yang mesti penulis lakukan yang sesuai dengan keterbatasan waktu, biaya maupun pengetahuan penulis yang ada. Beberapa batasan-batasan yang perlu dilakukan selama penelitian ini diantaranya adalah :

1. Pipa yang digunakan sebagai benda uji terbuat dari PVC (poli vynil chlorida) dengan diameter 0,0889 meter (3,5 inchi atau 3 dim).
2. Penelitian dilakukan hanya dengan satu tingkat kekasaran saja, yaitu $1/50$ diameter pipa (1,778 mm).
3. Kedudukan pipa didalam kolam uji dianggap dalam keadaan rigid (kaku) dalam artian tidak ada respon dinamis dan fixed.
4. Pipa uji yang diukur dianggap bekerja pada kedalaman tertentu dimana pengaruh gelombang akibat ditariknya pipa diabaikan , sehingga gaya hidrodinamis yang bekerja pada

- pipa uji hanya gaya akibat arus saja.
5. Dianggap bahwa sudut datang arus terhadap garis sumbu yang menghubungkan kedua titik pusat pipa selalu nol derajat, dengan kata lain arus yang mengenai pipa datangnya selalu dari satu arah saja yaitu arah normal bidang pipa.
 6. Karena keterbatasan fasilitas laboratorium Hidrodinamika yang tidak mempunyai pembangkit atau pembuat arus, maka dilakukan uji tarik dengan kecepatan tertentu, dimana kecepatan arus sebanding dengan kecepatan kereta pembawa pipa uji.
 7. Kecepatan arus atau tarik kereta adalah konstan.
 8. Beban arus yang bekerja pada pipa dianggap merata sepanjang permukaan pipa uji.

I.4. TUJUAN PENELITIAN

Eksperimen yang dilaksanakan dalam rangka Tugas Akhir ini bertujuan untuk :

1. Mencari besarnya koefisien drag (C_d) dan koefisien inerti (C_I) pada pipa halus karena menerima beban hidrodinamis akibat arus.
2. Mencari besarnya koefisien drag dan koefisien inerti pada pipa kasar karena menerima beban hidrodinamis akibat arus.
3. Membandingkan hasil pada point 1 dan 2 untuk mengetahui pengaruh kekasaran permukaan pipa terhadap koefisien drag

dan koefisien inerti akibat beban hidrodinamis.

I.5. SKALA MODEL

Untuk mengetahui pengaruh kekasaran permukaan silinder terhadap C_D dan C_f karena beban hidrodinamis, selain dilakukan di Laboratorium juga dapat dilakukan di lepas pantai (field Eksperiment). Karena penelitian di lapangan itu banyak sekali kendalanya misalnya memerlukan biaya yang mahal, waktu yang lama, dan juga keterbatasan peralatan yang mendukung. Maka dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika.

Upaya untuk mendekati keadaan sebenarnya dilapangan maka dilakukan dengan membuat model uji. Diameter silinder (D) di konstruksi Jacket dan Semi-submersible kebanyakan berkisar antara $0,5 < D < 10$ m dan kekasaran relatifnya (k/D) berkisar antara $10^{-5} < k/D < 10^{-1}$.⁽⁵⁾ Dalam eksperimen ini sebagai pembanding diameter silinder dilapangan adalah 8,89 m sedang diameter model uji adalah sebesar 0,0889 m. Jadi dalam eksperimen ini skala modelnya adalah 1/100. Ketebalan kekasaran yang digunakan adalah 1,778 mm untuk pipa uji, untuk kondisi sebenarnya 17,78cm.

B A B II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. UMUM

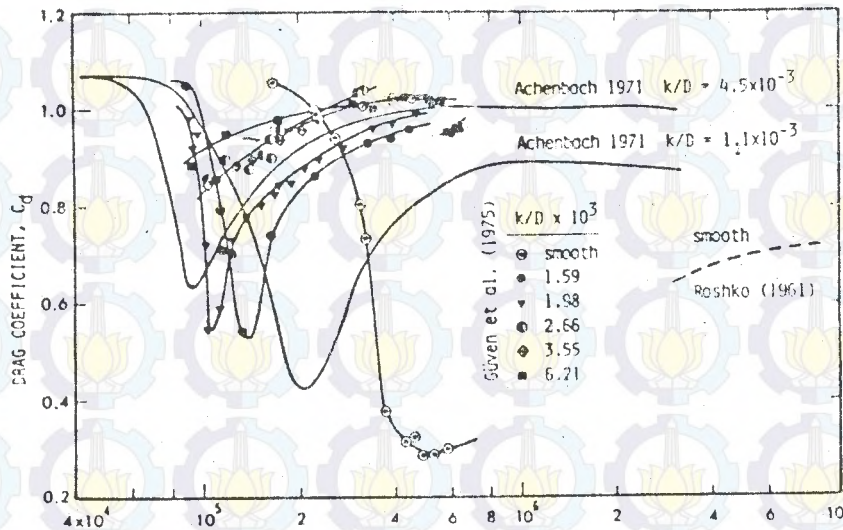
Pada Tugas Akhir ini, penulis melakukan serangkaian percobaan di Laboratorium Hidrodinamika Fakultas Teknologi Kelautan-ITS untuk mengetahui pengaruh kekasaran permukaan silinder terhadap koefisien drag dan inertia karena beban hidrodinamik. Dalam percobaan ini penulis mengambil langkah langkah pengujian terhadap pipa model (pipa uji dengan permukaan halus dan kasar) dengan memberikan beban hidrodinamis akibat arus.

Penelitian ilmiah atas pengaruh kekasaran permukaan pada sirkular silinder sudah banyak dilakukan oleh para ilmuwan, khususnya ilmuwan dari negara-negara barat. Pada penelitian ini penulis melakukan adaptasi dari beberapa penelitian yang berkaitan dengan pengaruh kekasaran permukaan pada sirkular silinder, tetapi pada penelitian ini dilakukan modifikasi yang disesuaikan dengan kondisi tempat penelitian, yaitu kondisi Laboratorium Hidrodinamika FTK- ITS.

Pembahasan mengenai pengaruh kekasaran permukaan dan faktor-faktor lain pada aliran yang melewati sirkular silinder telah dipresentasikan oleh "Engineering Sciences Data Unit" (ESDU) (1970).

Fage dan Warsap (1929)⁽⁸⁾ adalah yang pertama kali menyelidiki pengaruh dari turbulen kisi-kisi, tripping wires dan kekasaran permukaan pada silinder yang melewati sirkular silinder. Untuk memberi kekasaran permukaan silinder, Fage dan Warsap menggunakan kertas gosok dengan tingkat kekasaran yang berbeda-beda dan dengan memasang tripping wires didaerah boundary layer. Pada angka Reynold Super Critical ($5 \cdot 10^5$ - $3 \cdot 10^6$) koefisien drag pada silinder kasar bertambah besar sampai menghambat aliran boundary layer.

Achenbach (1968)⁽⁸⁾ membuat pengukuran tekanan dan gesekan permukaan pada angka Reynold sampai $3 \cdot 10^6$. Dari pengukuran menunjukkan, bahwa pada Re yang besar koefisien drag tidak tergantung Re. Koefisien drag tergantung dari kekasaran relatif (k/D), seperti yang terlihat pada Gh.II.1.1. Achenbach juga menemukan bahwa dengan bertambahnya kekasaran mengakibatkan semakin tingginya gesekan permukaan dan ini menyebabkan membesarnya tahanan dari boundary layer.



GB. II. 1. 1. Koefisien drag silinder kasar sebagai fungsi Re .

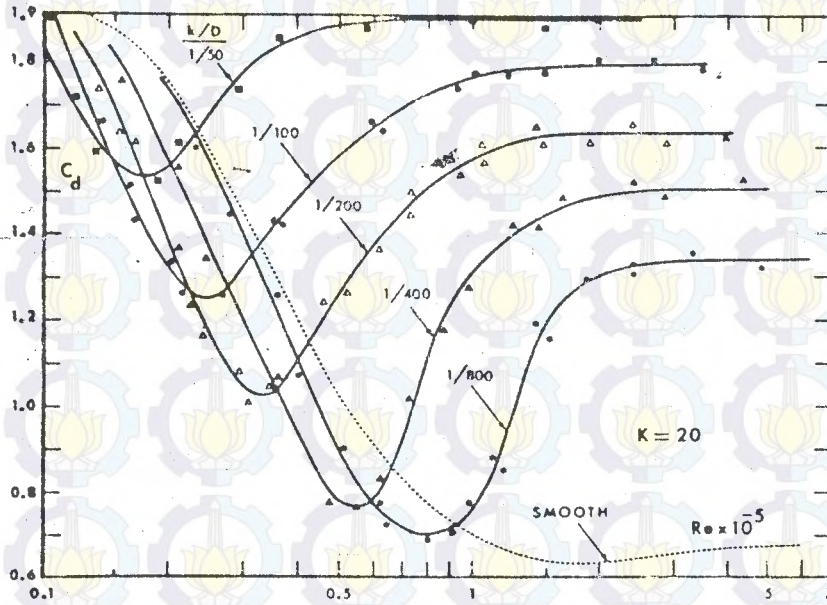
Batham (1973)⁽⁸⁾, telah membuat report eksperimen mengenai pengaruh kekasaran permukaan silinder dengan distribusi yang merata ($k/D = 2,17 \cdot 10^{-3}$).

Guven (1975)⁽⁸⁾, melakukan penelitian untuk membandingkan antara pipa halus dan pipa kasar untuk mengetahui pengaruh dari kekasaran permukaan. Guven menggunakan kertas gosok yang ada dipasaran untuk memperkasar permukaan silinder. Dari hasil penelitiannya salah satu kesimpulannya bahwa kekasaran mempunyai pengaruh yang kuat pada sirkular silinder pada Re yang tinggi.

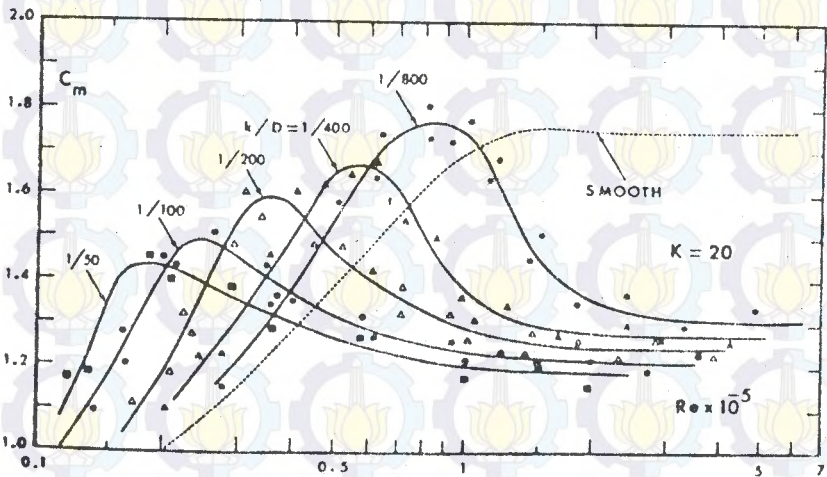
Miller (1977)⁽⁵⁾, menyelidiki pengaruh kekasaran permukaan karena marine growth diterowongan angin (wind tunnel) pada aliran steady. Ia menyimpulkan bahwa pengaruh kekasaran akibat marine growth dan kekasaran permukaan karena pasir dengan kekasaran yang sama, mempunyai koefisien drag

yang sama. Koefisien drag yang didapat dari hasil penggetesan pada aliran steady yang melewati silinder dengan kekasaran, dapat digunakan untuk aliran bergelombang bila beban drag lebih dominan.

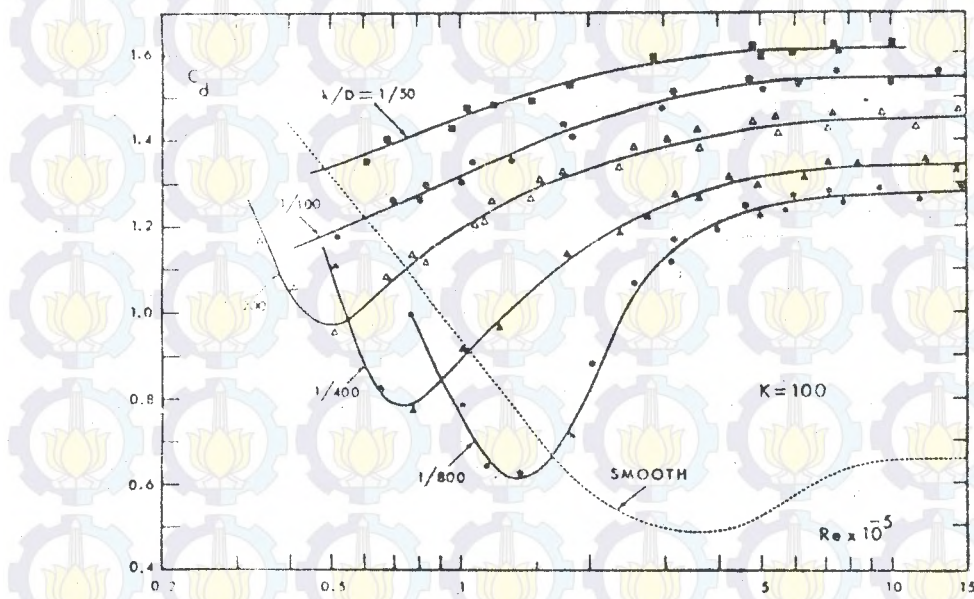
Sarpkaya (1976b, 1977a)⁽⁸⁾ melakukan serangkaian percobaan dengan kekasaran yang dibuat dari pasir pada aliran harmonik. Sebagian hasilnya seperti terlihat pada Gb.II.2. dan Gb.II.3. untuk dua harga K ($K = 20$ dan $K = 100$) sebagai fungsi dari Re . Masing-masing kurva dari hasil eksperimen dihubungkan dengan beberapa kekasaran relatif (k/D), dimana k adalah tebal kekasaran dari permukaan kulit pipa dan D adalah diameter rata-rata dari pipa. Dari percobaan ini terlihat bahwa pada angka Reynold (Re) yang sangat rendah adanya kekasaran permukaan silinder tidak menyebabkan perbedaan harga dari koefisien drag yang cukup berarti dibandingkan dengan silinder halus. Tetapi dengan bertambahnya angka Reynold maka harga koefisien drag untuk permukaan silinder kasar turun dengan drastis sampai mencapai daerah kritis, kemudian naik kembali dengan tajam sampai mendekati konstan pada angka Reynold post supercritical ($>3 \cdot 10^6$). Seperti yang terlihat pada Gb.II.2. dan Gb.II.3, bahwa pada saat C_d mencapai harga kritis ternyata harga C_f justru naik sampai maksimum kemudian turun mendekati konstan pada harga Re yang semakin besar.



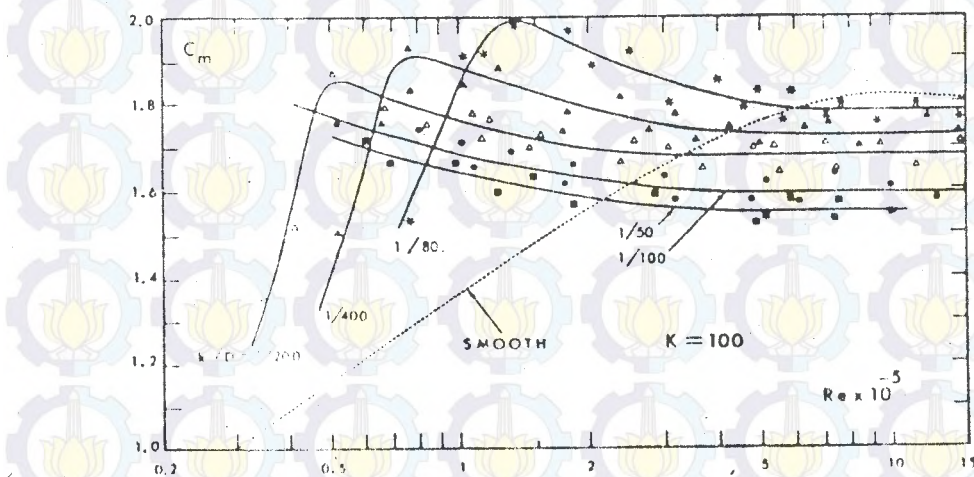
Gb. II. 1 2. a. Koefisien drag sebagai fungsi Re untuk silinder kasar, $K=20$. (B)



Gb. II. 1 2. b. Koeff Inertia sebagai fungsi Re untuk silinder kasar, $K=20$. (B)



GB. II. 1 3. a. Koefisien drag sebagai fungsi Re untuk silinder kasar, $K=100$. (B)



gb. II. 1 3. b. Koefisien inertia sebagai fungsi Re untuk silinder kasar, $K=100$. (B)

A. Theophanatos dan J. Wolfram (10,11), melakukan serangkaian eksperimen untuk menentukan koefisien drag dan inertia untuk silinder dengan marine fouling. Hasil eksperimennya seperti terlihat di gambar II.1.4.

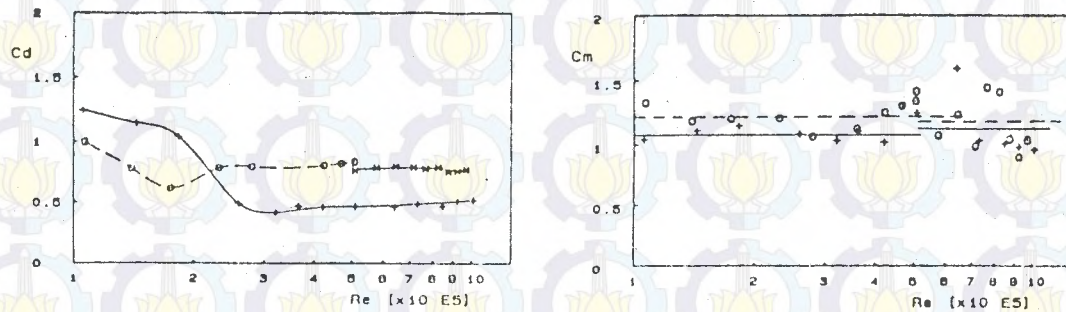


Fig. 6-- C_d and C_m of smooth (+) and roughened (o) cylinders

Gb II.1.4. Koefisien drag dan inertia untuk silinder halus dan kasar.

II.2. PERSAMAAN MORISON

Untuk mengetahui pengaruh kekasaran permukaan silinder terhadap koefisien drag dan inertia karena beban hidrodinamis, maka digunakan rumus Morison. Rumus Morison ini digunakan untuk menghitung besarnya gaya horisontal persatuan panjang pada pipa vertikal. Ekspresi matematis dari rumus Morison tersebut adalah sebagai berikut ;⁽³⁾

$$F_T = F_D + F_I$$

dimana :

$$F_D = 1/2 C_D \rho D U |U|$$

dan

$$F_I = 1/4 C_I \rho \pi D^2 a$$

Dari ekspresi matematis pada persamaan diatas terlihat bahwa gaya horisontal terbagi atas dua komponen utama, yaitu :

a. Gaya Drag (Drag Force)

Gaya ini disebabkan karena adanya pengaruh viskositas air, gaya ini berbanding lurus dengan kwadrat kecepatan relatif partikel air terhadap silinder kearah horisontal.

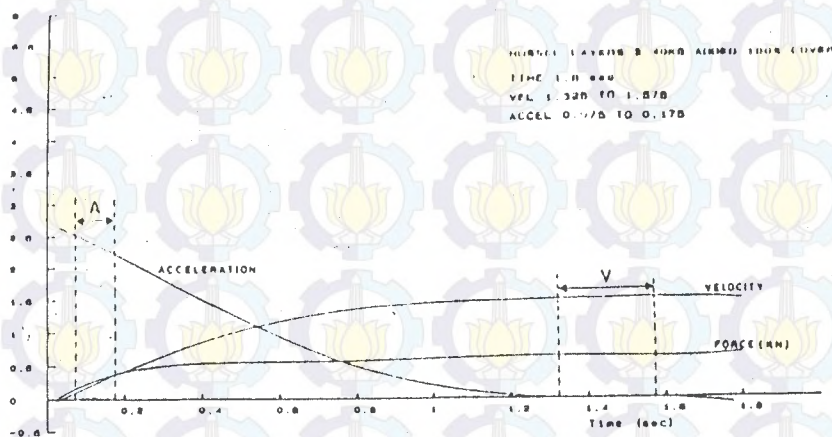
b. Gaya Inertia (Inertia force)

Gaya ini tidak tergantung adanya viskositas air, gaya ini terdiri dari dua bagian pokok, yaitu :

- Hydrodynamic added mass atau hydrodynamic virtual mass silinder dalam gerakannya, yaitu bagian air yang ikut terbawa gerakan silinder. Added mass ini menaikkan massa nyata dari silinder sehingga menaikkan gaya yang melawan gerakan.

Inertia force pada silinder yang tidak bergerak bagian ini timbul karena air harus mengalir melewati silinder sehingga dengan demikian mengakibatkan penyimpangan garis air. Penyimpangan ini menyebabkan naiknya gradien tekanan terhadap percepatan partikel air.

Seperti yang terlihat pada Gb.II.3.1.^(10,11) menunjukkan kurva hubungan antara kecepatan, percepatan dan gaya untuk setiap run (tarikan) yang digunakan untuk menghitung koefisien drag dan koefisien inertia.



GB. II. 2. 1. Hubungan kecepatan, percepatan dan gaya

Untuk menghitung besarnya koefisien drag, maka gaya yang digunakan adalah pada saat kecepatan mencapai konstan atau dimana percepatannya nol. Dari rumus Morison diatas, besarnya koefisien drag dapat ditentukan, yaitu :

$$F_T = F_D + F_I, \text{ dimana } F_I = 0$$

$$F_T = F_D = 1/2 \rho C_D D U |U| L$$

sehingga:

$$C_D = F_D / 0,5 \rho D U |U| L$$

Sedang untuk menghitung besarnya koefisien inerti, maka gaya yang digunakan adalah pada saat kereta mulai ditarik (kereta mengalami percepatan) dimana kecepatannya kecil sekali atau diabaikan, Percepatan yang digunakan adalah percepatan rata-rata dari kecepatan tarik kereta setiap run. Pada daerah ini kecepatannya adalah kecil sekali /diabaikan, sehingga komponen gaya dragnya adalah kecil sekali/diabaikan. Koefisien inerti dari silinder yang mengalami percepatan di air kolam uji yang tenang (still water) dapat ditentukan :

$$F_T = F_D + F_I, \text{ dimana } F_D = 0$$

$$F_I = 0,25 C_I \rho \pi D^2 a L$$

sehingga :

$$C_I = F_I / (0,25 \rho \pi D^2 a L)$$

dimana :

F_T, F_D, F_I : adalah gaya total, gaya drag, gaya inertia

C_D, C_I : adalah koefisien drag dan inertia

D : adalah diameter pipa uji halus = 0,0889 m
dan pipa kasar = 0,0889+(2. 1,778) m

L : adalah panjang pipa uji = 1,08 m

ρ : adalah massa jenis air tawar = 1000 kg

g : angka grafitasi bumi = 9,81 m/dt²

U : komponen kecepatan tarik kereta , m/dt

a : komponen percepatan tarik kereta, m/dt²

B A B III

PERALATAN PERCOBAAN

Peralatan yang menunjang percobaan ini meliputi peralatan didalam benda uji itu sendiri dan peralatan di Laboratorium Hidrodinamika FTK-ITS. Peralatan didalam benda uji yang utama adalah strain gauge, sedangkan peralatan dilaboratorium Hidrodinamika yang menunjang percobaan ini meliputi; kolam uji, HP personal computer, amplifier, strip chart recorder, kereta tarik, kalibrasi beban dan peralatan penunjang lainnya.

III.1. PERALATAN DI DALAM BENDA UJI

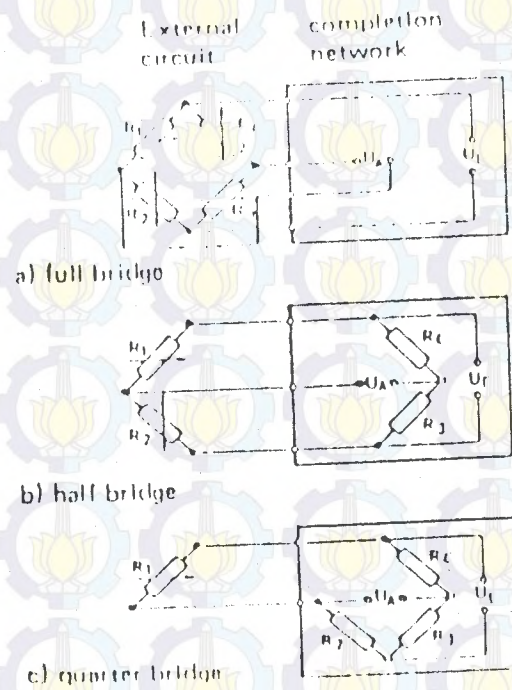
III.1.1. Strain Gauge dalam benda uji

Strain gauge yang dipasang didalam benda uji berfungsi sebagai detektor utama besar gaya melintang terhadap sumbu tegak pipa, yaitu suatu alat yang dapat menunjukkan besarnya perubahan panjang suatu elemen yang elastis.

Didalam percobaan ini pada masing-masing ujung yaitu ujung atas dan ujung bawah pipa uji dipasang 4 strain gauge yang dirangkai secara '*full bridge*'. Rangkaian full bridge adalah rangkaian yang mengikuti prinsip '*jembatan*

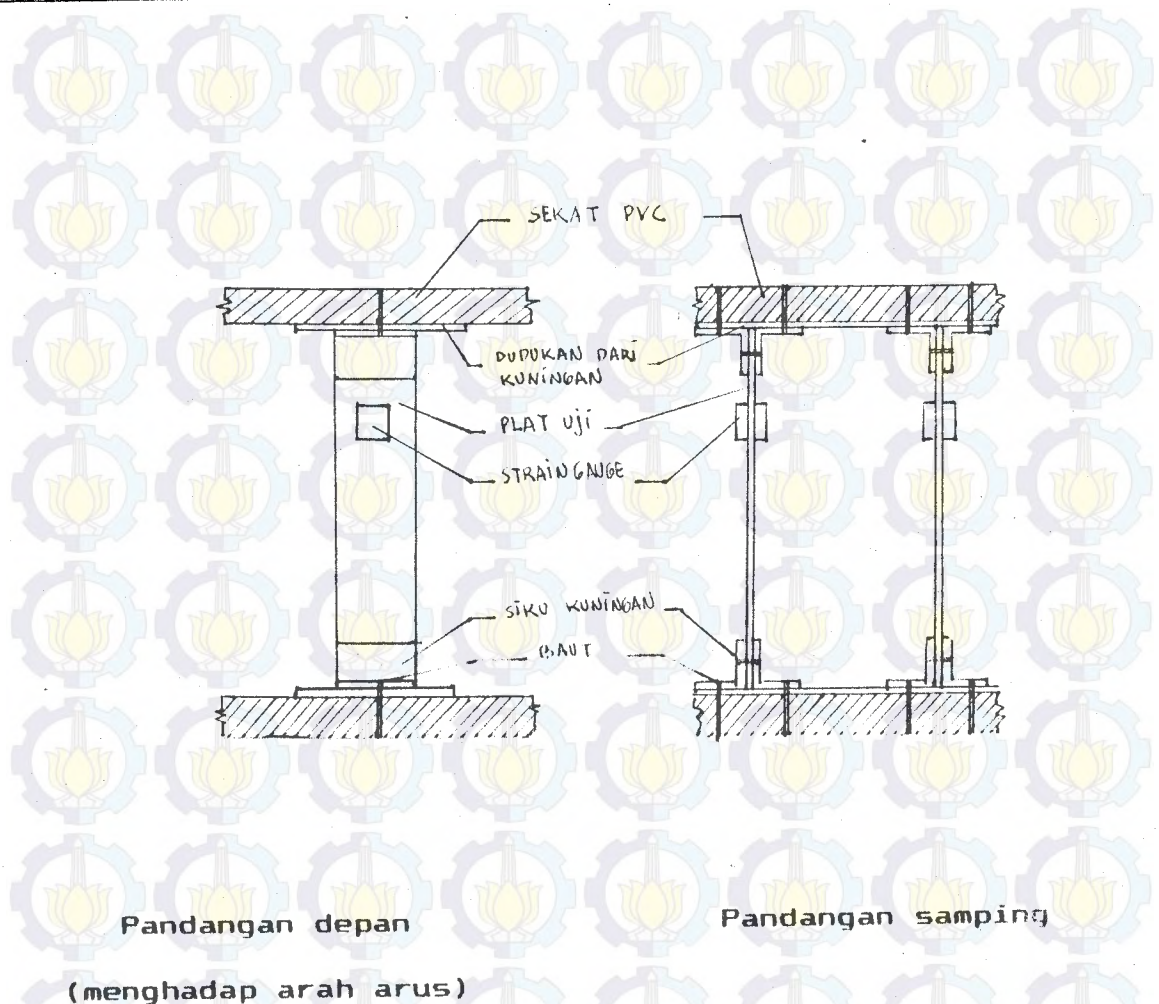
wheatstone dimana ke empat tahanannya berada diluar amplifier.

Pemasangan strain gauge ada tiga variasi seperti terlihat pada gambar III.1.1, sedangkan cara pemasangan strain gauge pada plat uji seperti terlihat pada gambar III.1.2.



gb. III. 1. 1.

VARIASI PEMASANGAN RANGKAIAN STRAIN GAUGE



Ob. III. 1. 2.

PEMASANGAN STRAIN GAUGE PADA PLAT Uji

Prinsip kerja strain gauge untuk mengukur besarnya perubahan beban yang diakibatkan oleh beban arus dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Strain gauge dipasang pada plat uji, dimana plat uji

berhubungan dengan pipa uji (Gb.III.1.2).

2. Pada waktu pipa uji posisi vertikal menerima gaya horizontal akibat arus, gaya ini terdistribusi pada plat uji dimana strain gauge dipasang.
3. Akibat beban yang diterima plat uji, plat uji mengalami regangan. Prinsip ini mengikuti 'Hukum Hooke', yaitu bila suatu elemen menerima beban gaya, maka elemen tersebut akan mengalami perubahan panjang yang dinyatakan dengan 'angka strain'. Angka strain menunjukkan perbandingan panjang antara perubahan panjang pada elemen terhadap panjang elemen semula.
4. Regangan plat uji menyebabkan perubahan tahanan pada strain gauge.
5. Besarnya perubahan tahanan pada strain gauge dikirim ke amplifier untuk diperbesar sinyalnya.
6. Dari amplifier besarnya perubahan tahanan yang telah diperbesar sinyalnya dikirim ke strip chart recorder, sehingga besarnya perubahan tahanan dapat terbaca di strip chart.
7. Besarnya simpangan yang terbaca di strip chart merupakan besarnya gaya yang diterima oleh pipa uji.

III.1.2. Pipa uji

Guna mendapatkan hasil yang diharapkan seperti yang tertulis di dalam BAB I (tujuan penelitian), maka untuk

Keterangan Gb.III.1.3:

1. Sambungan
2. Sekat
3. Plat uji
4. Strain gauge
5. Kabel

Penjelasan Gb.III.1.3.

1. Sambungan

Penyambungan antara dua bagian yang terpisah digunakan las-lasan plastik. Sambungan diusahakan sekuat mungkin karena sekat yang disambungkan pada pipa harus mampu menahan beban (tidak boleh bergerak) pada waktu diadakan pengujian.

2. Sekat

Pada ujung pipa yang berlubang (bagian atas dan bawah) ditutup dengan penyekat yang terbuat dari PVC yang sebelumnya sudah diratakan. Penyekat ini dilas dengan las plastik (PVC) pada pipa utama atau juga pada tempat penjepit pipa sehingga bisa menutup dengan kuat pada ujung pipa PVC (atas dan bawah).

3. Plat uji

Plat uji digunakan untuk melekatkan strain gauge, plat uji terbuat dari plat kuningan karena mempunyai sifat elastis yang baik dan sifat anti korosif yang baik. Plat uji dihubungkan secara engsel dengan penyekat (pada sisi pipa utama), sedang pada sisi tempat penjepit penyekat dihubungkan fixed.

4. Strain Gauge

Strain gauge dilekatkan pada plat uji dengan menggunakan lem khusus, badan strain gauge berhubungan dengan plat uji sedangkan kedua kaki strain gauge disambung ke kabel yang dihubungkan ke amplifier. Pada saat terakhir pemasangan, strain gauge dilapisi silikon sebagai lapisan kedap air (water proof).

5. Kabel

Sistim perkabelan pada benda uji menghubungkan strain gauge dengan amplifier. Kabel yang digunakan adalah kabel yang khusus untuk strain gauge. Kabel yang keluar hendaklah dilewatkan pada salah satu ujung pipa (atas), sehingga tidak menimbulkan gangguan yang berarti.

Keterangan : Untuk benda uji dengan pipa kasar, maka pada pipa utama (108 cm) diberi bahan untuk memperkasar permukaan. Bahan yang digunakan untuk ini adalah pasir coarse.

III.1.3. Penopang pipa uji

Penopang pipa uji terbuat dari pipa gas yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menahan beban akibat berat pipa ujinya maupun akibat beban arus pada waktu pengujian. Penopang pipa uji dibuat sekaku mungkin sesuai dengan asumsi

yang diambil yaitu pipa dalam kondisi fixed. Bentuk fisik penopang benda uji seperti Gb.III.2.1.

III.2. PERALATAN LABORATORIUM HIDRODINAMIKA

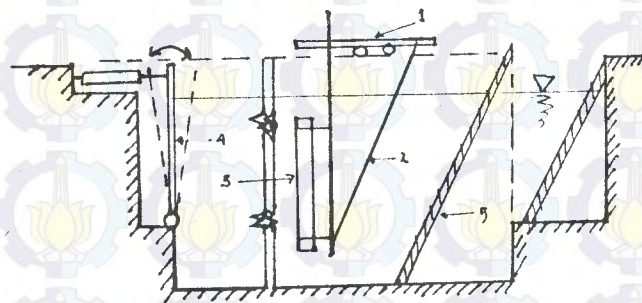
III.2.1. Kolam Uji

III.2.1.i. Kolam Uji

Kolam uji ini merupakan tempat untuk mendapatkan simulasi arus laut. Kolam uji di Laboratorium Hidrodinamika FTK-ITS, memiliki ukuran sebagai berikut :

Panjang kolam	: 55,00 meter
lebarkolam	: 3,00 meter
Tinggikolam	: 2,00 meter
Saratkolam	: 1,85 meter (saat percobaan berlangsung)
Jenis fluida	: air tawar

Bentuk potongan memanjang kolam uji seperti terlihat dalam gambar III.2.1.



keterangan gambar :

1. kereta
2. penopang pipa uji
3. pipa uji
4. flap gelombang
5. damper/peredam

ab. III. 2. 1.

PENAMPANG MEMANJANG KOLAM UJI

DAN POSISI BENDA UJI

III.2.2. H.P. Personal Computer

Untuk menjalankan kereta tarik sesuai dengan kecepatan tarik yang diminta, maka digunakan komputer HP. Personal Computer.

III.2.3. Amplifier

Seperti yang telah penulis uraikan didepan, tentang pemakaian strain gauge dalam jembatan wheatstone sebagai pengukur daripada harga strain atau sebaliknya sebagai pendeteksi gaya. Untuk mendeteksi ini perlu satu alat yang membangkitkan signal-signal tegangan input yang dibutuhkan oleh rangkaian jembatan wheatstone dan alat yang berguna untuk menangkap signal kembalinya, alat yang digunakan ini dinamakan Amplifier pengukur harga strain gauge.

Signal-signal atau tegangan yang dikembalikan dari sistem rangkaian sangat kecil, sehingga perlu pembesaran yang cukup untuk dapat kita melihatnya, baik dalam bentuk digital (digital indication), melalui volt meter (analogue indication) atau melalui strip chart recorder.

Dalam percobaan ini, amplifier yang digunakan adalah dari "HBM type KWS 3072" dengan rangkaian yang penulis gunakan adalah *full bridge*. Visualisasinya menggunakan Strip chart recorder.

III.2.4. Pencatat Grafik (Strip Chart Recorder)

Alat ini mempunyai enam buah channel analog yang masing-masing channel mampu memvisualisasikan satu buah input dan membutuhkan tenaga listrik kurang lebih 140 watt. Strip chart recorder yang digunakan adalah type "Gould 2600 Series Recorder" yang mempunyai spesifikasi utama sebagai berikut :

- Jarak channel : 100 mm
- Lebar trace : 5 mm/dt kecepatan kertas
- Kecepatan kertas : 5, 10, 25, 100, 200 mm/dt ditambah seperseratusdari kecepatan tersebut.
- Panjang kertas : 83 m
- Lebar kertas : 380 mm
- Pembagian per channel : 50 bagian pada 50 mm
- Simpangan kertas : +/- 0,25 mm
- Signal limiter : dapat diatur secara elektrik dan mekanis
- Power consumption : 160 VA + 50 VA per channel

Catatan : Strip Chart Recorder dapat dilihat dalam lampiran 1

III.2.5. Kalibrasi Beban

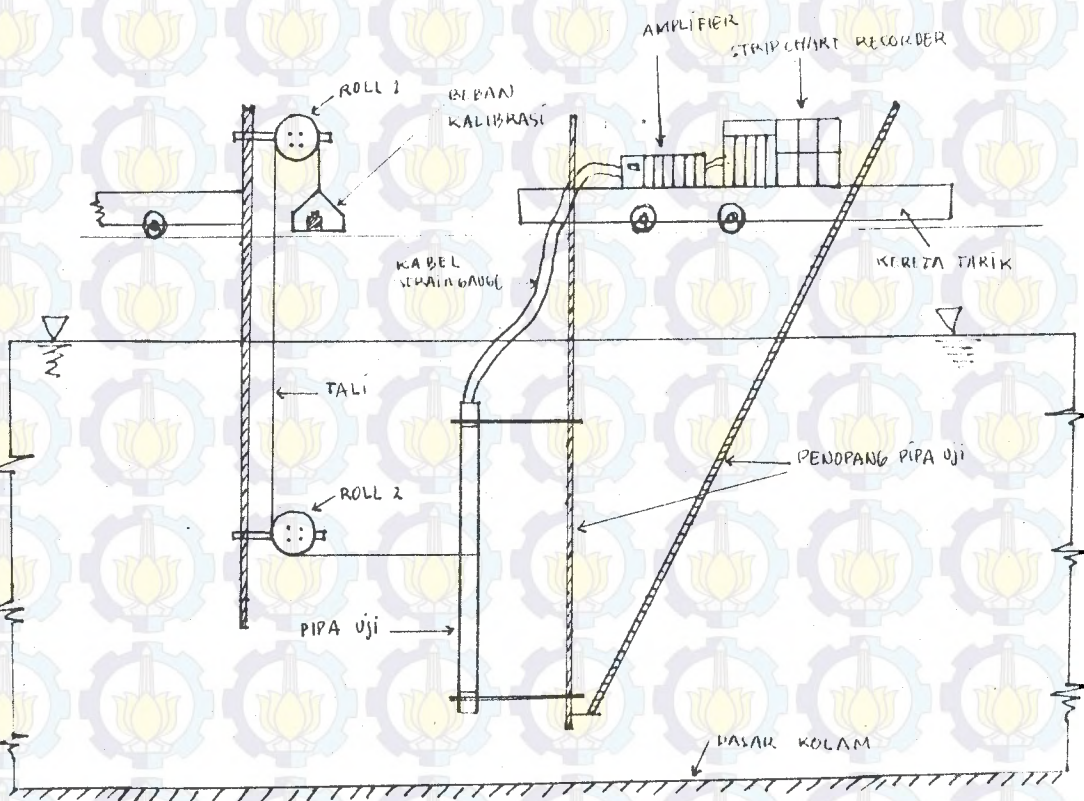
Mengingat kalibrasi diatas air memberikan hasil yang lain dibanding dengan kalibrasi setelah benda uji dimasukkan kedalam air, maka dalam percobaan ini dilakukan

kalibrasi didalam air. Penyebab ketidak samaan ini terutama karena adanya kemungkinan terjadinya beban-beban baik tarik maupun tekan pada sistem pemegangan benda uji , misalnya karena pengikatan pada kereta tarik.

Kalibrasi di dalam air ini dengan menggunakan tali plastik kecil, roll kalibrator dan pipa tahan karat pemegang roll (Gb.III.2.2).

Langkah pengerjaan kalibrasi beban, sebagai berikut:

1. Pasang tali plastik kecil tepat ditengah memanjang dari pipa uji. Tali plastik dikaitkan tegak lurus terhadap sumbu tegak pipa uji pada roll ke satu lalu tali ditarik dan dikaitkan pada roll kedua.
2. Amplifier di 'on' kan, setelah itu dipilih penguatan secukupnya, dilakukan pengecekan dengan menekan tombol 'check signal'. Kondisi amplifier adalah 'full bridge'.
3. Bersamaan dengan langkah no.1, strip chart recorder dihidupkan dan dipilih skala yang sesuai, yaitu dengan memutar tombol pada voltages full scale (vfs).
4. Diberikan beban berat yang merupakan beban kalibrasi.
5. Dengan mengikatkan tali tepat pada titik tengah memanjang pipa, maka beban kalibrasi pada kedua ujung sistem detektor gaya adalah sebesar beban kalibrasi pada roll kedua dibagi dua.

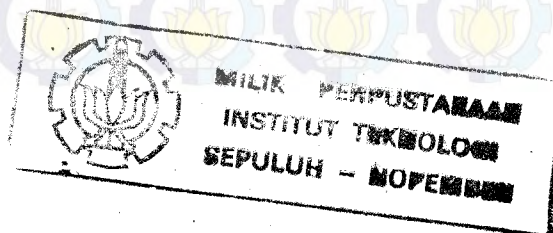


gb. III. 2. 2.

SISTEM KALIBRASI BEBAN

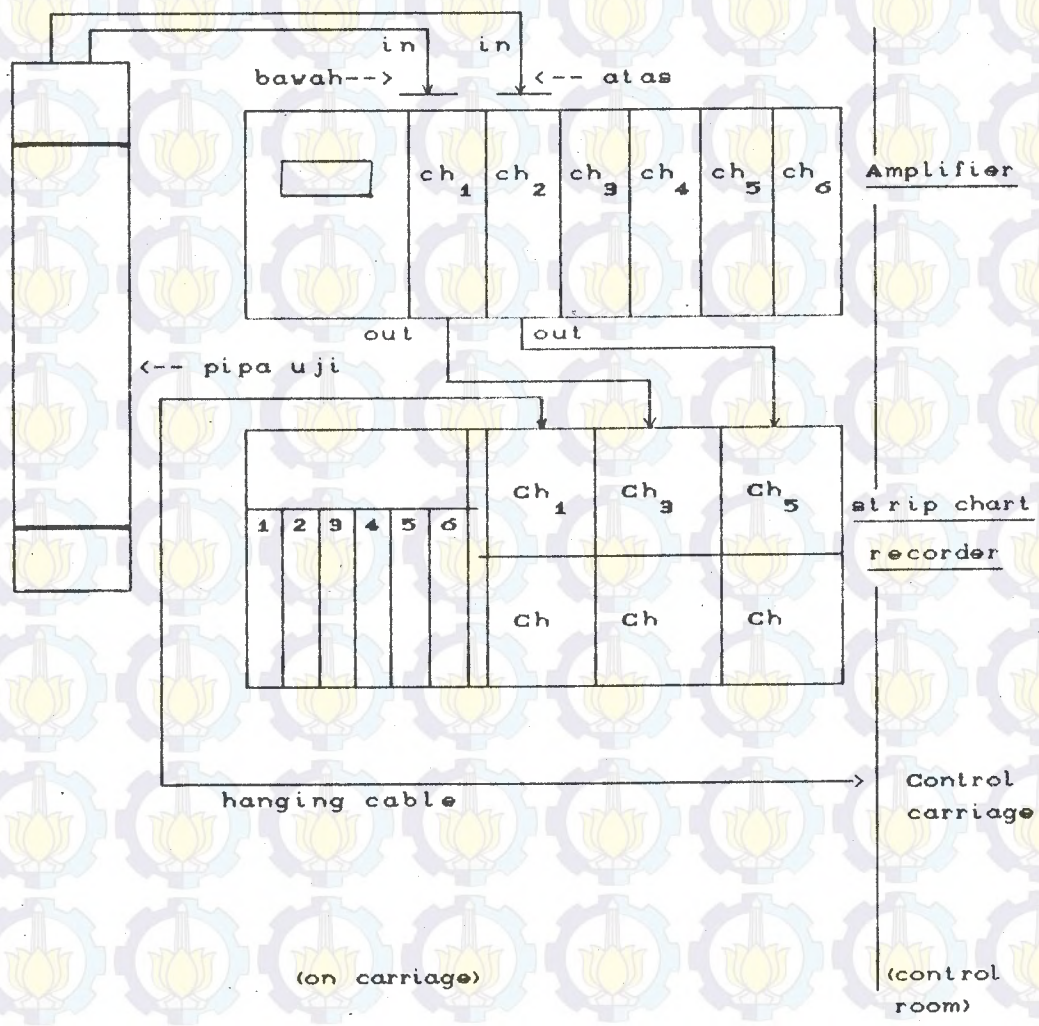
III.2.6. Kereta Tarik

Kolam uji di Laboratorium Hidrodinamika FTK-ITS mempunyai dua buah kereta tarik, dimana salah satunya dapat digerakkan dari ruang kontrol (ini yang digunakan dalam



percobaan). Kereta ini dapat berjalan diatas rel yang terbuat dari alumunium yang dipasang pada kedua sisi memanjang dari kolam uji. Pengoperasian kereta tarik ini menggunakan motor sinkron sehingga dapat dikatakan tidak memerlukan kecepatan awal. Kecepatan tarik kereta dapat diatur sesuai kebutuhan.

III.2.7. Test Diagram



Keterangan diagram :

Dari diagram diatas terlihat ada dua bagian yang terpisah, yaitu bagian yang terletak diatas kereta/on carriage dan bagian yang terletak di ruang kontrol/control room.

A. Bagian yang terletak dikereta/on carriage:

Dari diagram terlihat ada dua kabel strain gauge yang keluar dari pipa uji. Kabel yang masuk ke *amplifier* pada ch_1 adalah kabel yang berasal dari rangkaian strain gauge bawah dari pipa uji dan dari ch_1 (channel 1) dihubungkan ke ch_3 dari *strip chart recorder* (pencatat grafik). Sedang kabel yang masuk ke *amplifier* pada ch_2 berasal dari rangkaian strain gauge atas pipa uji dan dihubungkan ke ch_5 dari *strip chart recorder*.

B. Bagian yang terletak di ruang kontrol/ control room:

Dari ruang kontrol, untuk mengontrol kecepatan tarik kereta (control carriage). Kabel strain gauge dari ruang kontrol dihubungkan ke ch_1 dari *strip chart recorder*.

Penampakan visual di kertas grafik/strip chart:

Channel 1 : merupakan data kecepatan tarik kereta.

Channel 3 : merupakan data gaya yang bekerja pada rangkaian strain gauge bawah pipa uji.

Channel 5 : merupakan data gaya yang bekerja pada rangkaian strain gauge atas pipa uji.

III.2.8. Kekasaran Permukaan

Dalam eksperimen ini kekasaran permukaan silinder uji dengan menggunakan pasir yang ditempelkan merata sepanjang silinder uji dengan menggunakan cat. Untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang diinginkan, maka pasir yang akan ditempelkan di silinder uji harus diukur dulu besar diameternya dengan menggunakan ayakan. Dari hasil ayakan ini digunakan untuk memberi kekasaran pada silinder uji.

BAB IV PELAKSANAAN DAN ANALISA PENELITIAN

Setelah semua persiapan penelitian selesai dilakukan maka langkah selanjutnya adalah pelaksanaan penelitian itu sendiri. Pelaksanaan penelitian yang penulis lakukan di Laboratorium Hidrodinamika Fakultas Teknologi Kelautan ITS dilakukan pada tanggal 18 Januari 1991 sampai tanggal 20 Januari 1991. Adapun kegiatan yang menyangkut penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

IV.1. PELAKSANAAN PENELITIAN

IV.1.1. Data kecepatan arus

Setelah melalui pertimbangan dan keterbatasan kemampuan fasilitas kecepatan tarik Lab.Hidrodinamika FTK-ITS maka penulis pilih beberapa parameter besarnya kecepatan arus/tarik kereta yang akan digunakan dalam percobaan. Besarnya parameter-parameter yang telah dipilih ini lalu diberikan pada komputer mikro HP 86 B untuk mengontrol kecepatan tarik kereta.

Besarnya kecepatan tarik kereta/arus berkisar mulai dari 0,1 m/dt sampai dengan 1.0 m/dt atau bilangan

Reynold mulai $8,1 \cdot 10^3$ sampai $8,1 \cdot 10^4$ seperti terlihat di tabel IV.1.

data	kcepatan arus/tarik (m/dt)	Re ($n = 0,011 \text{ cm}^2/\text{dt}$)
1.	0,10	$8,1 \cdot 10^3$
2.	0,15	$1,2 \cdot 10^4$
3.	0,20	$1,6 \cdot 10^4$
4.	0,25	$2,0 \cdot 10^4$
5.	0,30	$2,4 \cdot 10^4$
6.	0,40	$3,2 \cdot 10^4$
7.	0,50	$4,5 \cdot 10^4$
8.	0,60	$4,9 \cdot 10^4$
9.	0,80	$6,5 \cdot 10^4$
10.	1,00	$8,1 \cdot 10^4$

tabel IV.1.

IV.1.2. Kontrol Penarik Kereta (Towing Carriage)

Kontrol yang harus dilakukan dalam persiapan percobaan terhadap kereta tarik antara lain :

1. Pasang tali pengaman.
2. Seseorang harus berjaga didekat "Power switch"/Main switch (saklar hitam) dan siap untuk memutar switch off bila

- diminta oleh operator.
3. Nyalakan lampu kuning pada power panel (main power) agar menyala semua.
 4. Kontrol unit panel "saklar merah" di 'on' kan.
 5. Stabilizer "stabiline" di 'on' kan.
 6. Signal Voltage "Racal Dana" dihidupkan.
 7. "Ref-Signal" pada operator box dinolkan.
 8. Motor kontrol pada kereta dihidupkan .

Untuk gerakan maju :

- tekan tombol "Forward"
- "Ref-signal" dalam satu gerakan cepat diputar sampai kecepatan yang diinginkan
- "Ref-signal" di 'nol' kan kembali setelah kereta berhenti

Untuk gerakan mundur :

- tekan tombol "Ready" pada operator box
- tekan "Reverse" pada operator box
- putar 'ref-signal" sesuai dengan kecepatannya yang diminta
- 'Ref-signal' di 'nol' kan kembali setelah kereta berhenti.

Catatan :

Pengereman mendadak dilakukan dengan menekan tombol merah

pada operator box atau pada dinding tembok. Penekanan dilakukan sekali saja, karena kalau tidak maka pengereman menjadi tidak berfungsi lagi.

Dengan telah siapnya pipa uji dan semua peralatan yang menunjang percobaan, maka telah siaplah percobaan ini dilaksanakan.

IV.1.3. Langkah-langkah percobaan

Pada penelitian ini dilakukan beberapa variasi kecepatan tarik kereta/arus untuk menarik pipa uji halus dan pipa uji kasar. Pada masing-masing pipa uji (baik pipa uji halus maupun pipa uji kasar) dilakukan percobaan tarik dengan variasi kecepatan tarik yang berbeda-beda sesuai dengan tabel IV.1.

Dari input kecepatan (tabel IV.1) yang diberikan keruang kontrol penarik kereta, ternyata output kecepatan tariknya mengalami perubahan seperti tabel di bawah ini (tabel IV.2).

data	Kecepatan arus/tarik (pipa kasar) (m/dt)	Kecepatan arus/tarik (pipa halus) (m/dt)
1.	0,121	0,106
2.	0,147	0,138
3.	0,218	0,221
4.	0,276	0,255
5.	0,321	0,310
6.	0,427	0,424
7.	0,535	0,516
8.	0,628	0,651
9.	0,849	0,829
10.	1,073	1,072

tabel IV.2.

Dalam menganalisa hasil eksperimen yang telah penulis lakukan, maka dilakukan teknik-teknik penyelesaian dalam perhitungan yaitu sebagai berikut :

A. DATA :

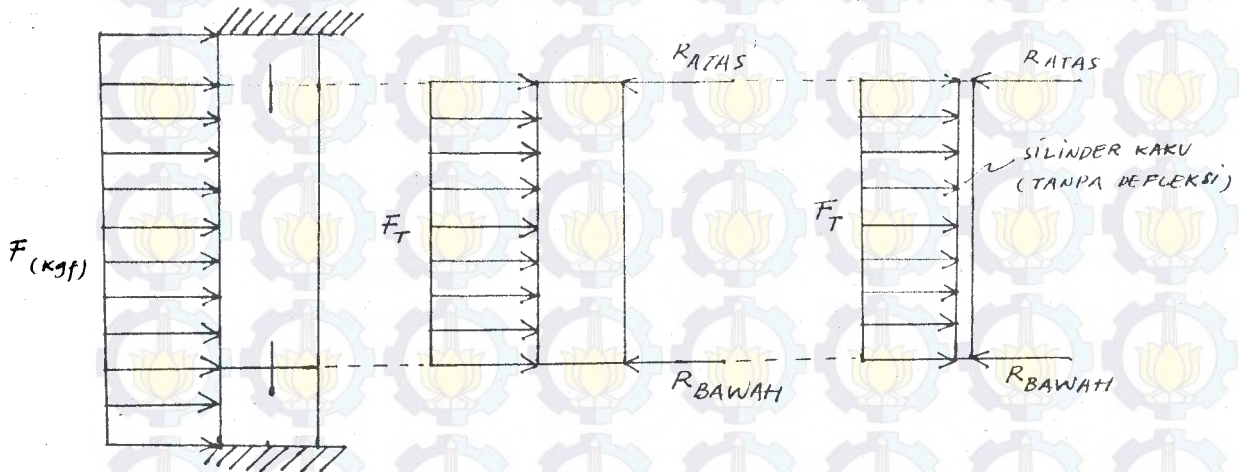
- Diameter pipa halus : 0,0889 m

- Diameter pipa kasar : $0,0889 \text{ m} + (2 \times 1,778) \text{ mm}$
= 0,0925 m

- Panjang pipa uji : 1,08 m

- ρ air tawar : 1000 Kg/m³
- g : 9,81 m/det²

B. LANGKAH-LANGKAH IDEALISASI :



C. GAYA-GAYA :

Gaya yang bekerja pada pipa uji dianggap beban merata, jadi:

- $R_{atas} = R_{bawah}$
- $F_T = R_{atas} + R_{bawah}$

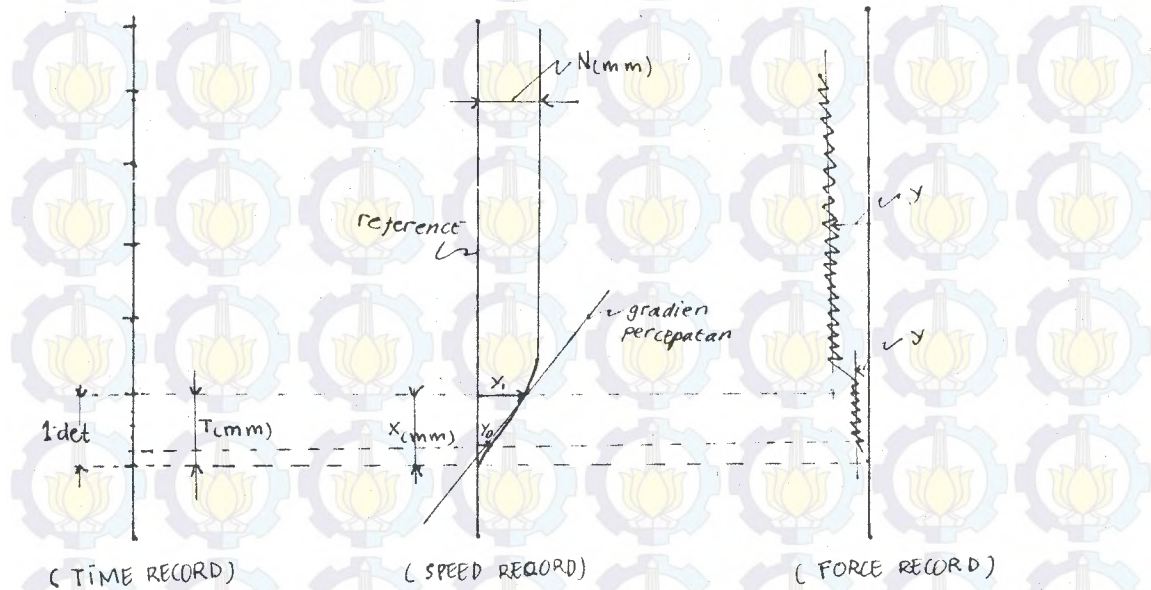
D. PERHITUNGAN :

$$F_D = 1/2 C_D \rho D U |U| L \quad \text{KN}$$

$$F_I = 1/4 C_I \rho \pi D^2 a L \quad \text{KN}$$

$$a = \frac{U_1 - U_0}{t_1 - t_0} = \frac{U_1 - U_0}{\Delta t} \quad \text{m/det}^2$$

E. PEMBACAAN PADA STRIP CHART :



Keterangan :

- $m = U/N$; U= kec. tarik kereta konstan
- N= banyaknya simpangan di kertas

Dari sini didapat: $1mm \approx \dots m/det$

- $U_0 = m y_0$ (m/det)
- $U_1 = m y_1$ (m/det)
- $n = \frac{1 \text{ det}}{T \text{ mm}}$; didapat $1mm \approx \dots det$
- $\Delta t = n \times$ (detik)
- $a = \frac{U_1 - U_0}{t_1 - t_0} = \frac{U_1 - U_0}{\Delta t}$ m/det²

F. FORCE RECORD :

Dari hasil kalibrasi yang dilakukan dengan pembebanan 0,5 Kg, 1 Kg, dan 1,5 Kg menjadi acuan dalam menentukan besarnya gaya yang diterima oleh pipa uji.

Misalnya:

Pada saat kalibrasi ini volt full scale (CVFS) menunjukkan 1 volt. Kalibrasi bebannya 1,5 Kg di kertas grafik menunjukkan simpangan dari garis reference (acuan) sebesar 9,4 mm (9,4 buah kotak kecil di kertas grafik). Ini berarti $1 \text{ mm} \approx 0,16 \text{ Kgf}$ atau $1 \text{ Kgf} \approx 6,25 \text{ mm}$.

Hasil eksperimen dapat dilihat pada tabel IV.3, IV.4 dan IV.5

Pipa halus :

DATA	V (m/dt)	y1 (mm)	V1 (m/dt)	yo (mm)	Vo (m/dt)	Δt (dt)	a (m/dt)	Fi (Kgf)	Fd (Kgf)
1	0,106	3,75	0,0993	1,25	0,0331	0,6	0,1104	0,06	0,11
2	0,152	3,75	0,0993	2,00	0,0530	0,4	0,1150	0,07	0,22
3	0,221	5,00	0,1324	2,00	0,0530	0,4	0,1987	0,12	0,46
4	0,225	10,5	0,2781	5,25	0,1391	3,6	0,0386	0,23	0,56
5	0,310	5,75	0,1523	0,00	0,0000	0,8	0,1904	0,14	0,77
6	0,424	4,75	0,1258	0,00	0,0000	0,6	0,2007	0,17	1,22
7	0,516	12,75	0,3377	6,25	0,1656	1,2	0,1435	0,13	1,47
8	0,651	21,75	0,5765	7,50	0,1987	3,0	0,1258	0,14	2,17
9	0,829	23,00	0,6092	6,50	0,1722	3,0	0,1457	0,15	2,99
10	1,072	23,00	0,6092	7,70	0,2002	3,0	0,1445	0,16	4,42

tabel IV.3

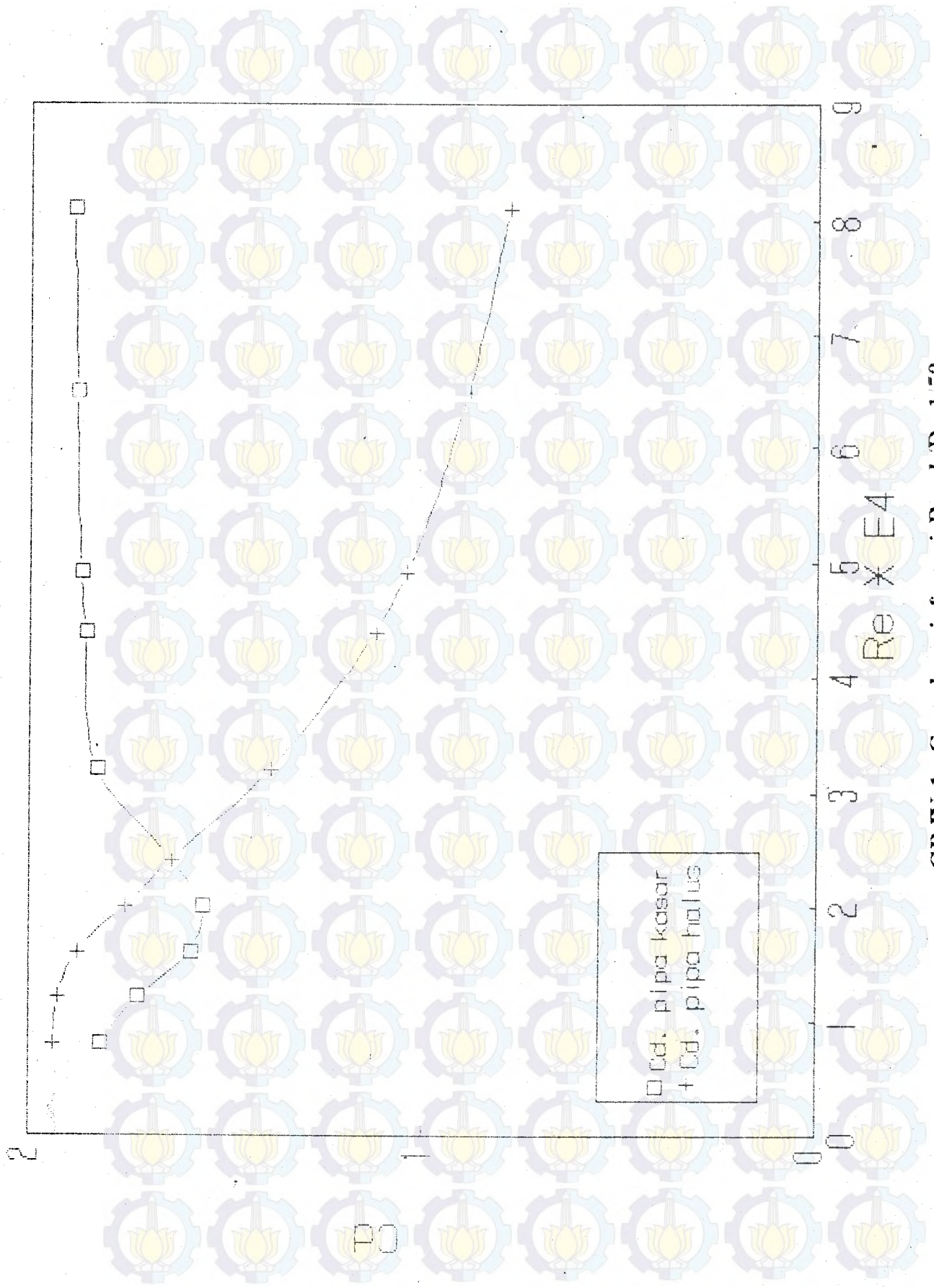
Pipa kasar :

DATA	V (m/dt)	y1 (mm)	V1 (m/dt)	yo (mm)	Vo (m/dt)	Δt (dt)	a ₂ (m/dt)	Fi (Kgf)	Fd (Kgf)
1	0,121	5,00	0,1330	1,00	0,0266	0,7	0,1520	0,11	0,14
2	0,147	4,00	0,1064	1,50	0,0399	0,7	0,0950	0,07	0,19
3	0,218	4,00	0,1064	1,00	0,0266	0,6	0,1330	0,14	0,38
4	0,276	5,25	0,1397	2,25	0,0599	0,3	0,2660	0,28	0,61
5	0,321	5,25	0,1397	2,00	0,0532	0,4	0,2160	0,23	0,86
6	0,427	5,00	0,1330	1,00	0,0266	0,7	0,1520	0,15	1,69
7	0,535	19,75	0,5254	6,00	0,1596	3,6	0,1016	0,09	2,71
8	0,628	8,50	0,5084	0,00	0,0000	4,6	0,1105	0,11	3,76
9	0,849	10,50	0,6992	0,00	0,0000	4,2	0,1665	0,15	6,91
10	1,073	15,00	1,0059	0,00	0,0000	5,2	0,1934	0,17	11,12

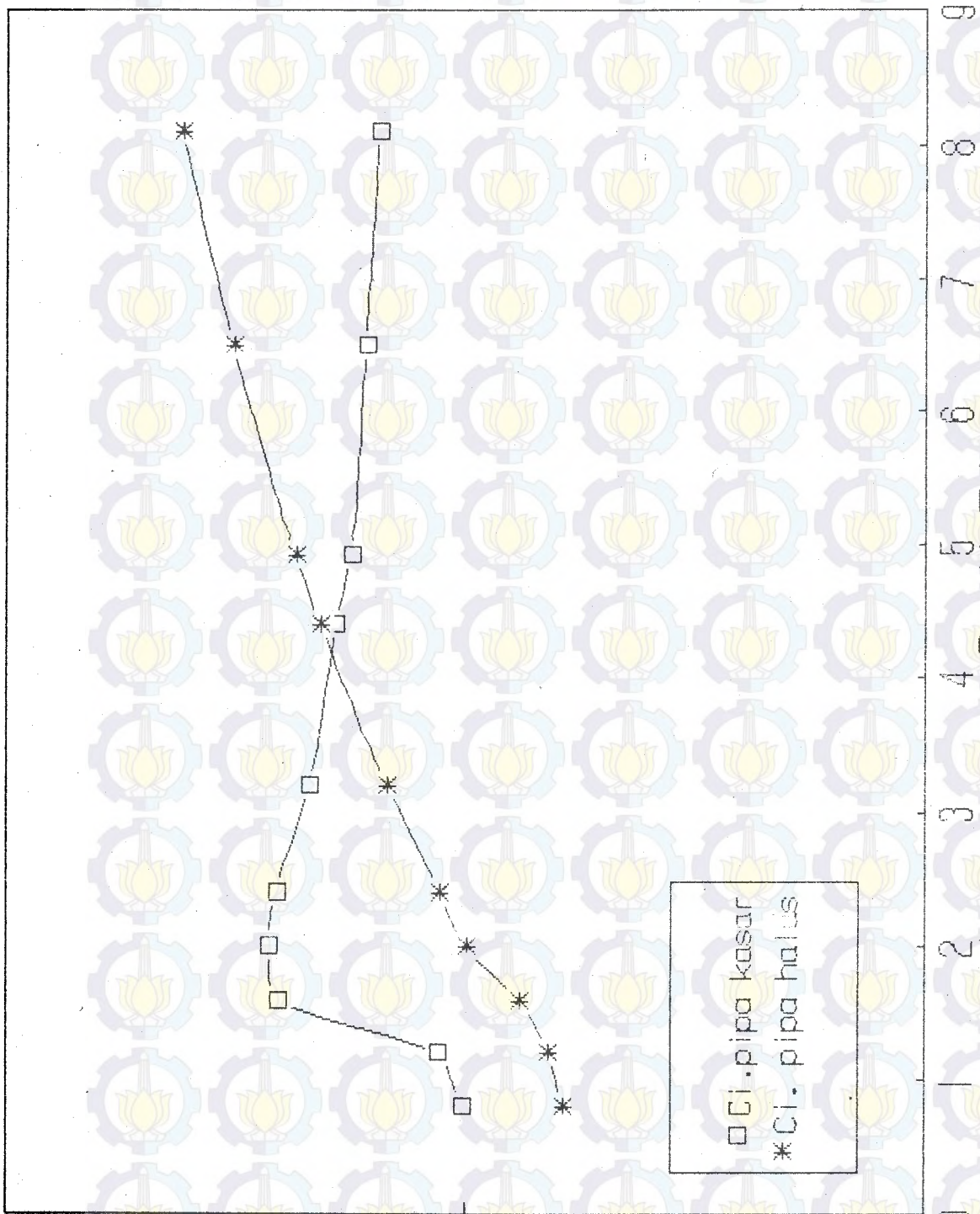
tabel IV.4

DATA	Re	Fd		Fi		Pipa kasar		Pipa halus	
		halus	kasar	halus	kasar	Cd	Ci	Cd	Ci
1	8,1E3	0,11	0,14	0,06	0,11	1,820	1,010	1,940	0,790
2	1,2E4	0,22	0,19	0,07	0,07	1,725	1,060	1,930	0,821
3	1,6E4	0,46	0,38	0,12	0,14	1,590	1,410	1,880	0,883
4	2,0E4	0,56	0,61	0,23	0,28	1,560	1,430	1,760	1,000
5	2,4E4	0,77	0,86	0,14	0,23	1,640	1,415	1,640	1,056
6	3,2E4	1,22	1,69	0,17	0,15	1,830	1,342	1,389	1,172
7	4,4E4	1,47	2,71	0,13	0,09	1,860	1,283	1,126	1,320
8	4,9E4	2,17	3,76	0,14	0,11	1,872	1,254	1,045	1,373
9	6,5E4	2,90	6,01	0,15	0,15	1,884	1,221	0,890	1,510
10	8,1E4	4,22	11,12	0,16	0,12	1,893	1,192	0,786	1,620

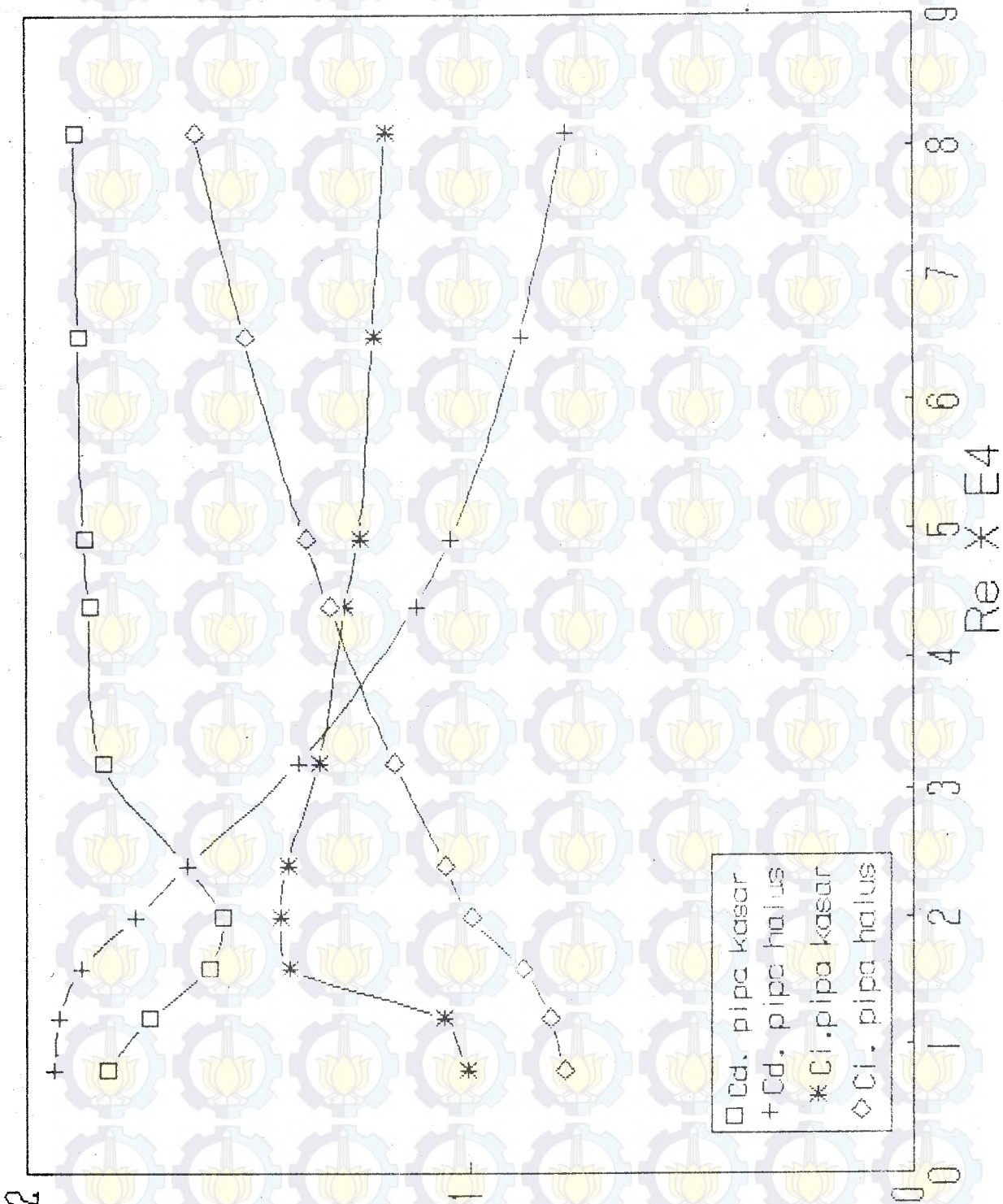
tabel IV.5



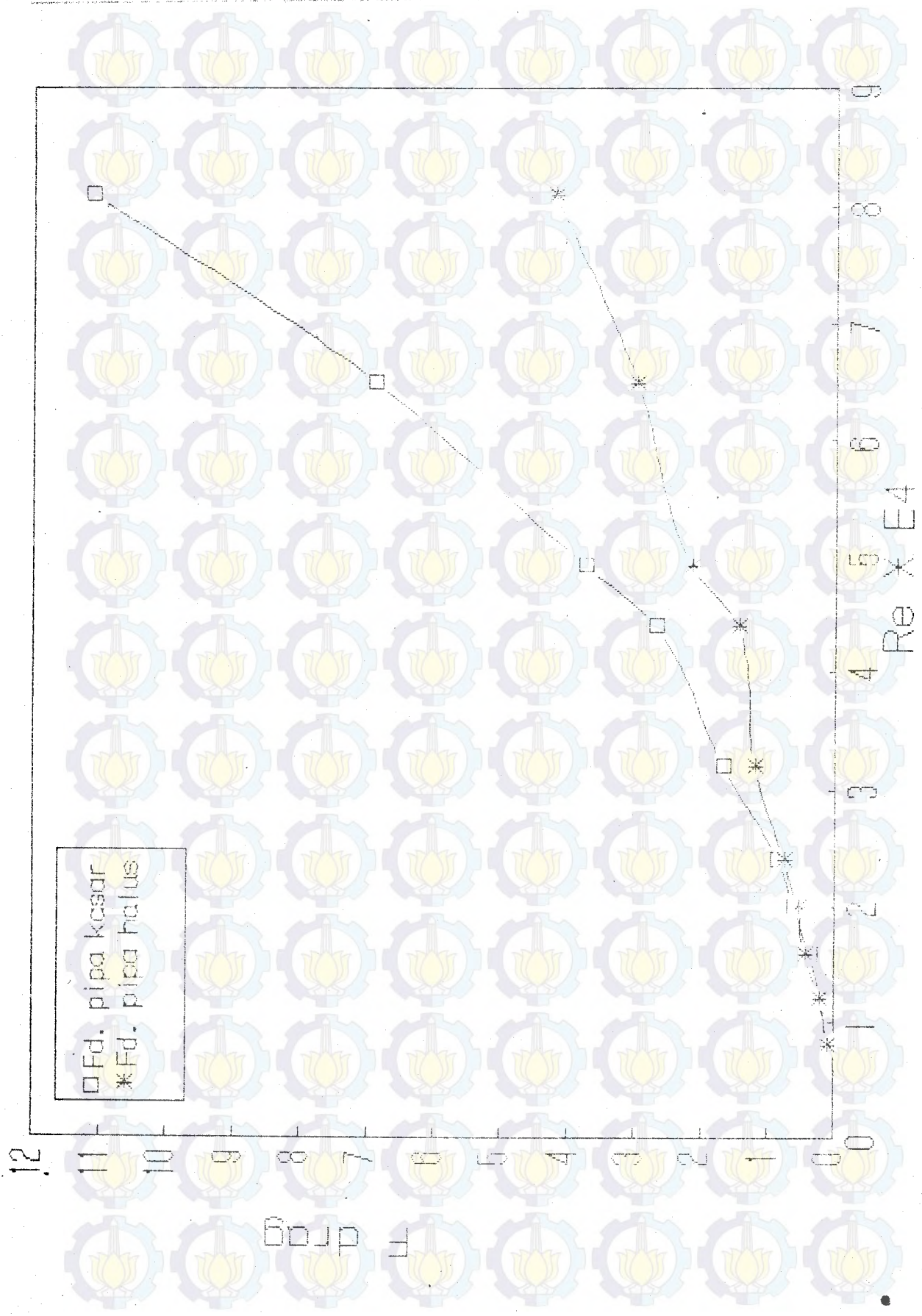
GB.IV.1. C_d sebagai fungsi Re , $kD=150$



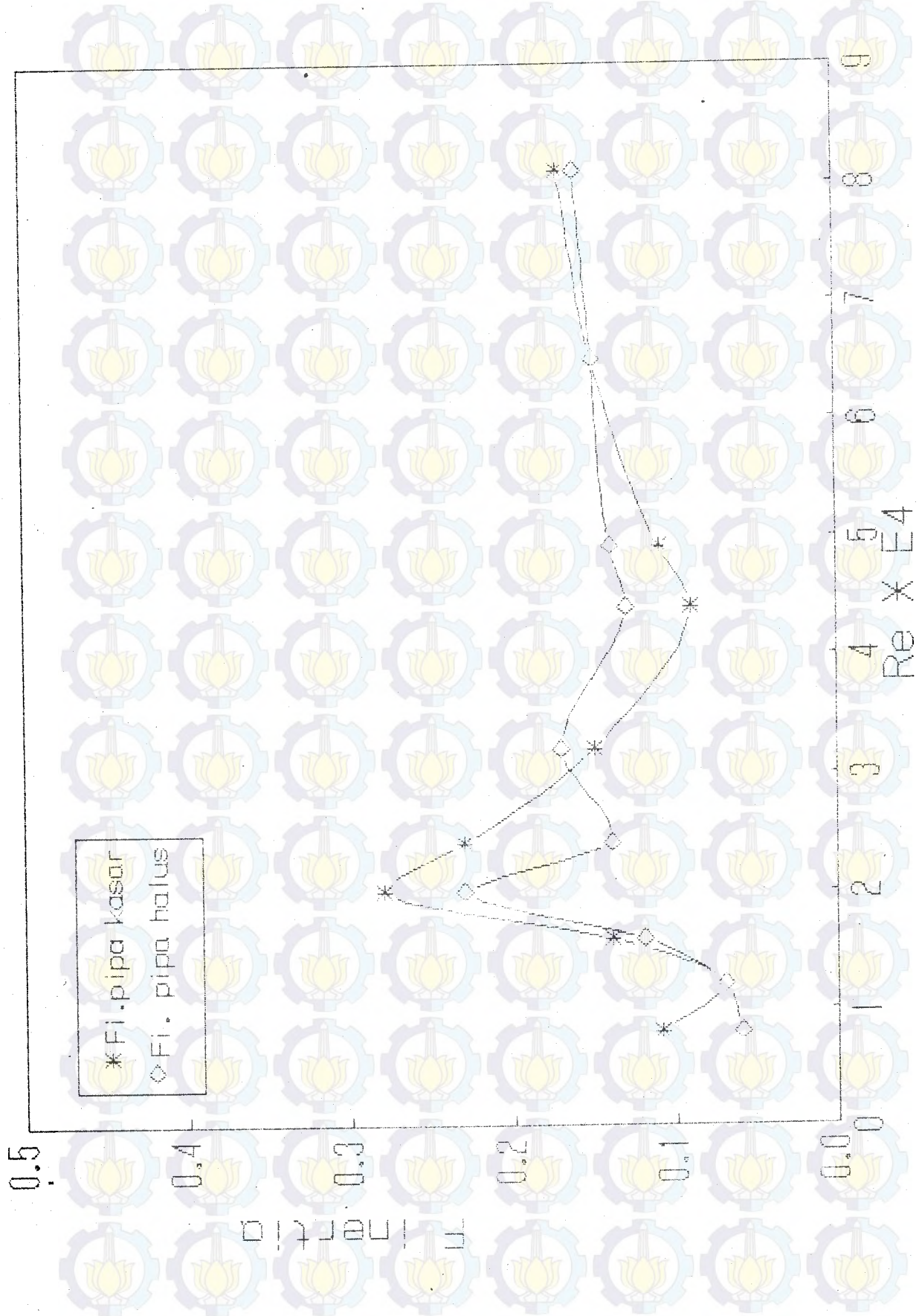
GB.IV.2. Ci sebagai fungsi Re. k/D=1.50



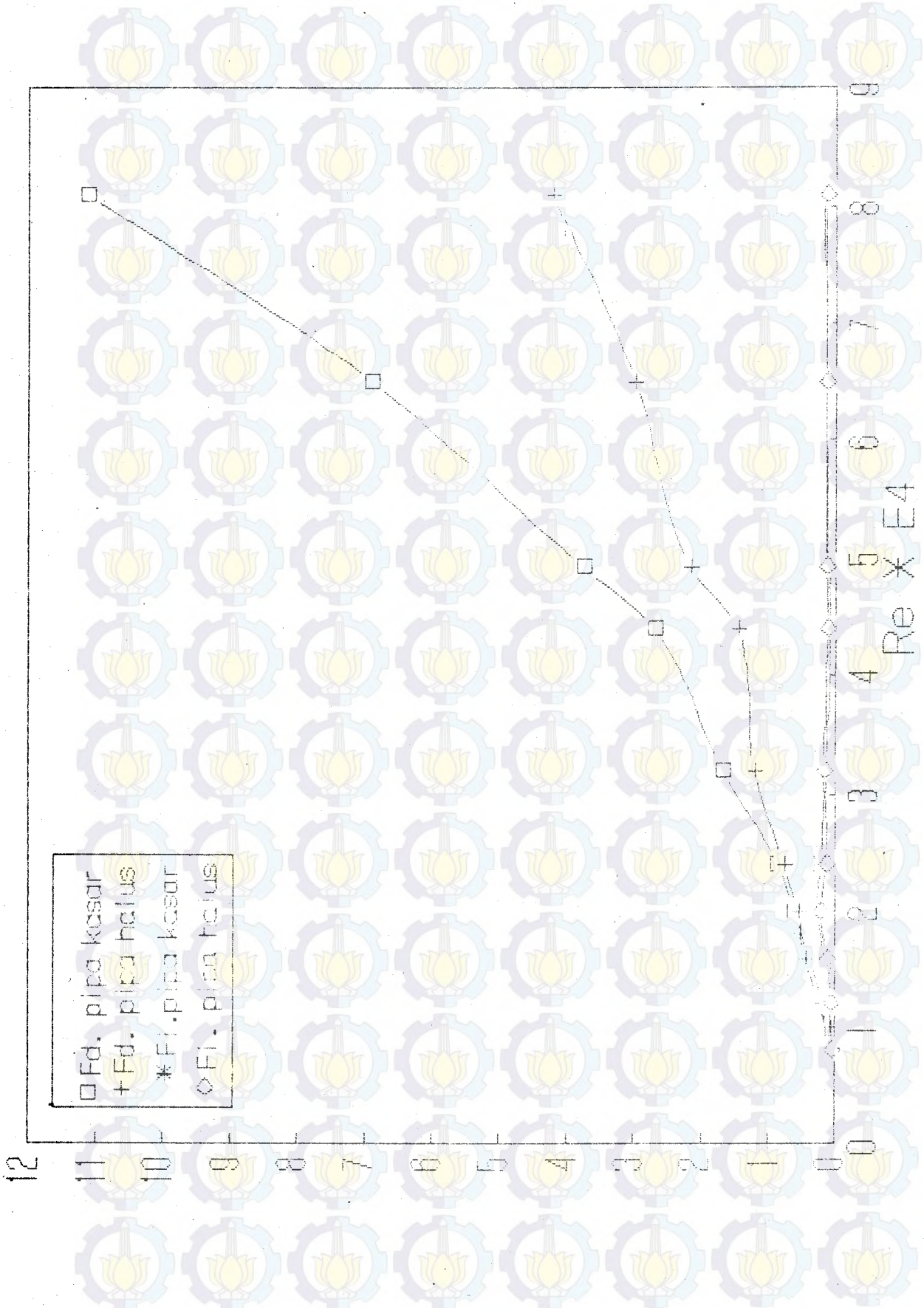
GB.IV.3. C₂ dan C₁ sebagai fungsi Re. kD=1/50



GB.IV.4. Hubungan Fd dengan Re



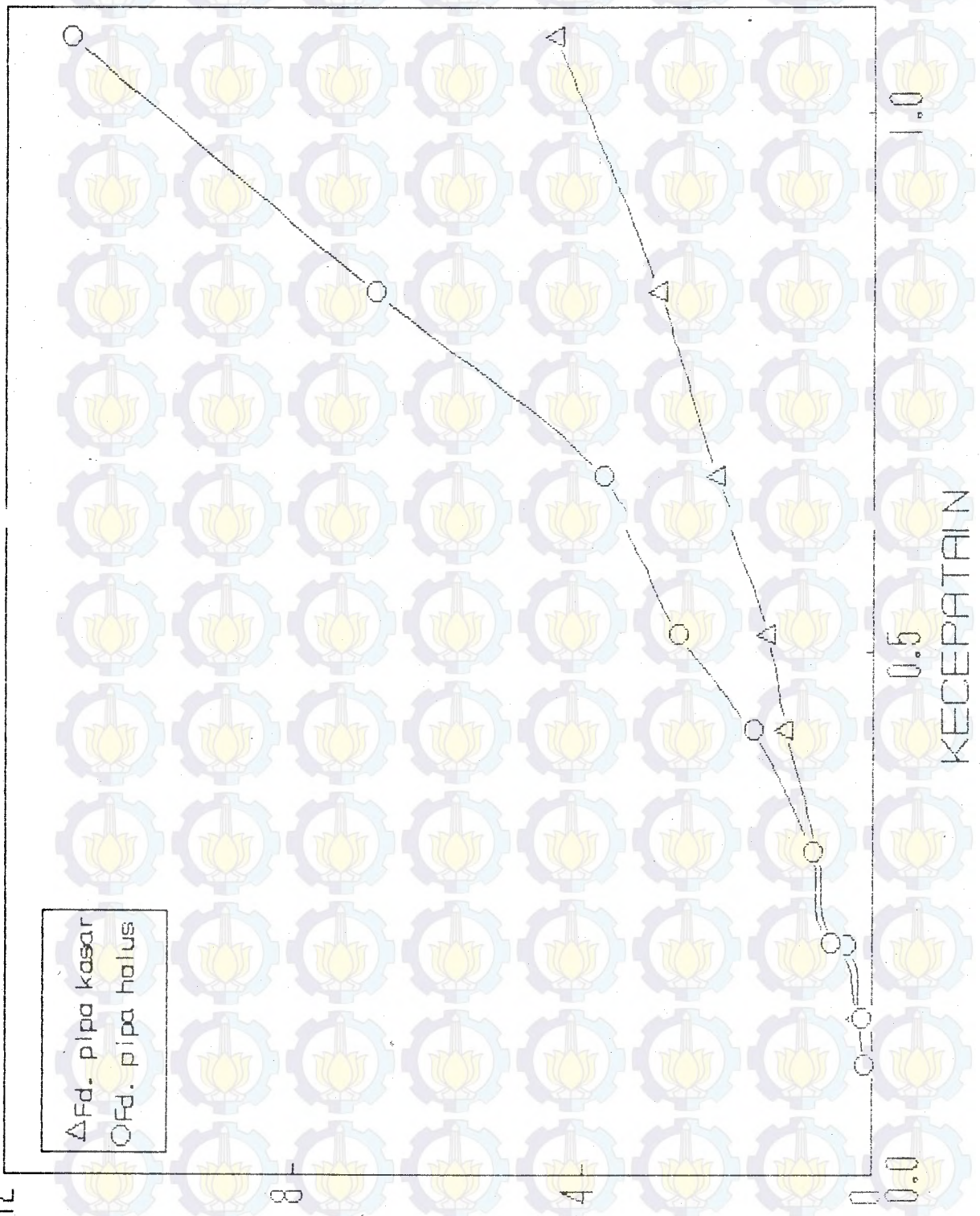
GB.IV.5. Hubungan F_f dengan Re

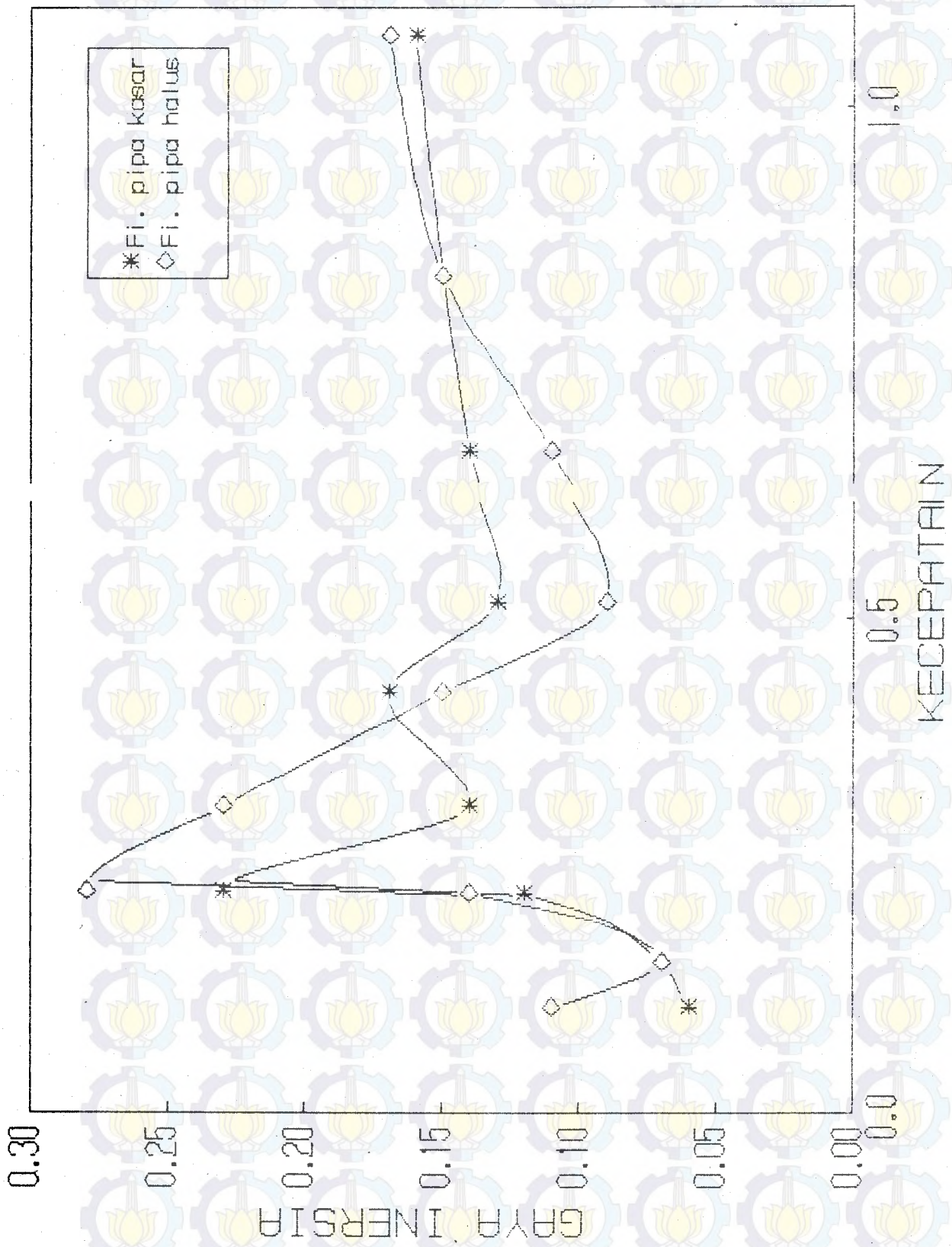


GB.IV. 6. Hubungan F dan F dengan Re. k/D=L/50

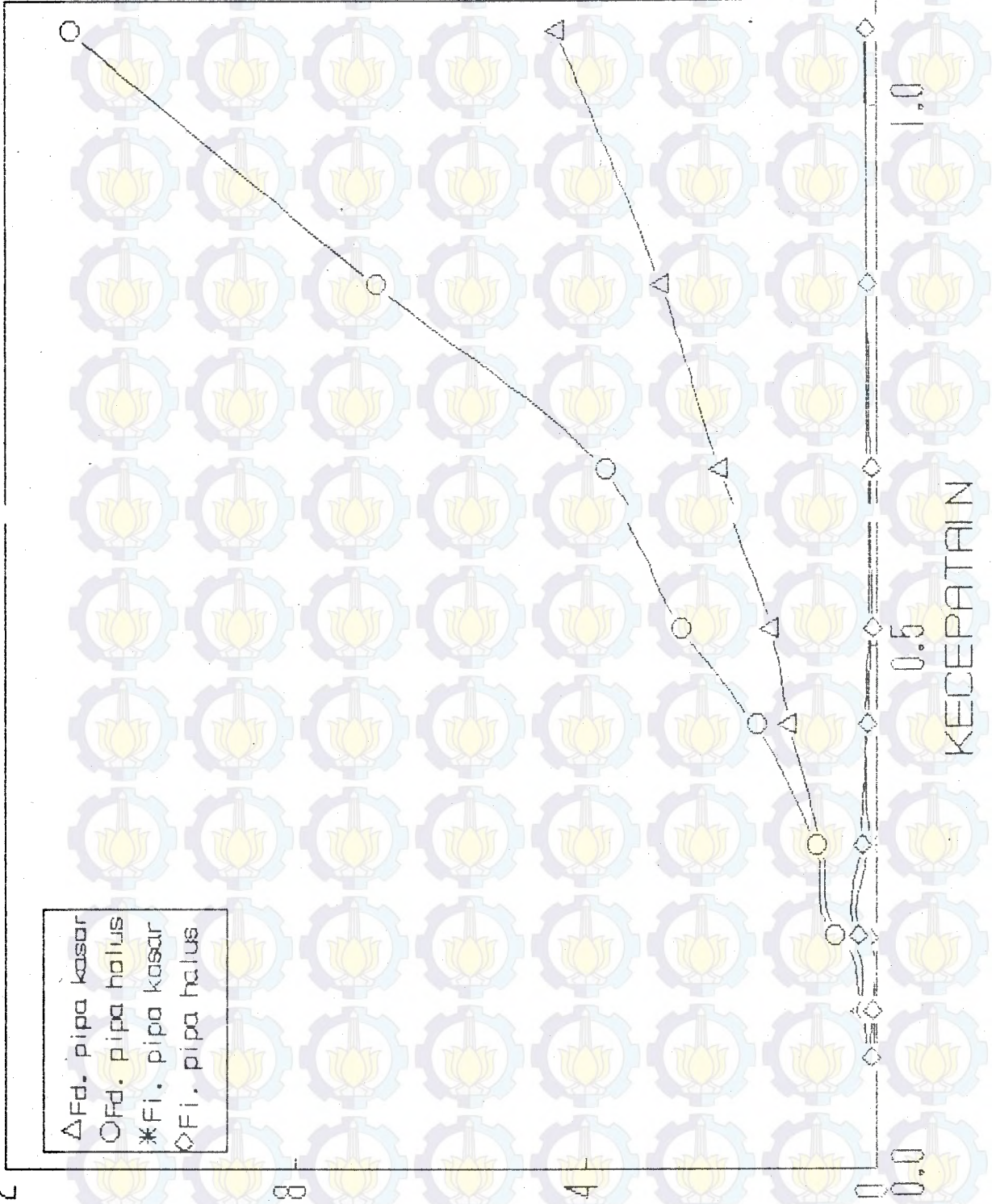
GAYA DRAG

Δ Fd. pipa kasar
 \circ Fd. pipa halus





- △ Fd. pipa kasar
- Fd. pipa halus
- * Fi. pipa kasar
- ◇ Fi. pipa halus



BAB V PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN

Sebagaimana yang telah penulis utarakan daripada tujuan penelitian ini (Bab II), maka penulis berusaha untuk menyajikan hasil daripada penelitian seperti dalam bentuk tabel IV.3, IV.4 dan tabel IV.5. Disamping itu penulis juga menyajikan dalam bentuk grafik seperti dalam Gb.IV.1-9 (Bab IV). Dari hasil penyajian data ini maka perlu pembahasan untuk mendapatkan kesimpulan daripada tujuan penelitian ini, yaitu " Pengaruh kekasaran permukaan silinder terhadap koefisien drag dan inertia karena beban hidrodinamis ".

V. I. PEMBAHASAN

1. Seperti yang ditunjukkan dari hasil penelitian penulis Gb.IV.1. (C_D sebagai fungsi Re , $k/D = 1/50$) dan dari beberapa riset^(4,5,6,8,10,11) yang telah meneliti drag dialiran steady. Dari hasil penelitian penulis menunjukkan bahwa untuk silinder kasar, C_D naik dengan tajam pada Re mulai $\pm 2,0 E4$ (Sarpkaya, Re mulai $\pm 2,02 E4$ untuk $k/D=1/50$). Sedang harga C_D silinder halus ternyata turun tiba-tiba dengan tajam. Penambahan C_D silinder kasar ini dapat ditandai dengan adanya penambahan wake. Bila silinder bergerak di air tenang (still water) wake terbentuk

dibelakangnya. Fluida di dalam wake adalah "sepanjang penarikan" (pulled along) dengan silinder, sehingga arah fluida berlawanan dengan arah gerak silinder. Untuk arah aliran wake ini menyebabkan bertambahnya kecepatan relatif dari fluida dan sebagai akibatnya menaikkan C_D silinder kasar.

2. Menurut Achenbach (1968) bahwa dengan Re yang semakin besar, C_D tidak lagi tergantung Re melainkan tergantung kekasaran relatif (k/D). Adanya kekasaran mengakibatkan naiknya gesekan permukaan dan ini menyebabkan membesarnya tahanan dari lapisan batas (boundary layer).

3. Bila kita bandingkan hasil daripada Gb.IV.1. dengan GB.IV.2 atau pada GB.IV.3, maka akan terlihat bahwa pada saat C_D silinder kasar mencapai harga kritis ternyata C_D silinder kasar mencapai harga maksimum kemudian turun sampai mendekati konstan pada harga Re yang semakin besar. Bila hasil ini kita bandingkan dengan hasil penelitian Sarpkaya (Gb.II.1.2) maka akan terlihat adanya kecenderungan yang sama dengan hasil yang penulis dapat.

V. II. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini maka dapatlah penulis simpulkan bahwa :

1. Dengan semakin naiknya Re maka C_D silinder kasar lebih besar daripada C_D silinder halus, seperti terlihat di tabel IV.5 atau di Gb.IV.1 dan Gb.IV.3.

2. Dengan semakin naiknya Re maka C_x silinder kasar justru sebaliknya semakin turun dibanding dengan C_x silinder halus, seperti terlihat di tabel IV.5 atau di Gb.IV.2 dan Gb.IV.3.

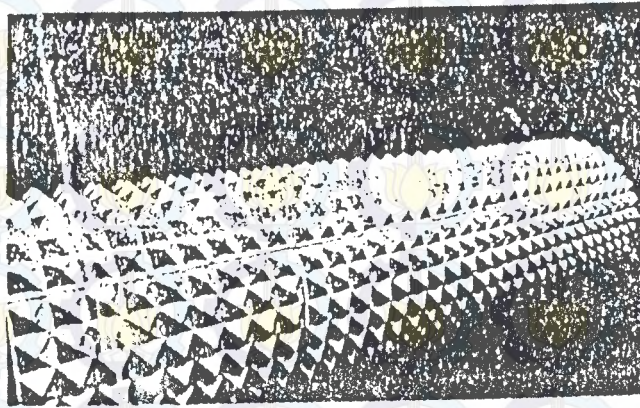
Dari hasil kesimpulan diatas menunjukkan kepada kita bahwa memang ada keterkaitan antara kekasaran permukaan silinder terhadap koefisien drag dan inertiya karena beban hidrodinamis. Pengaruh kekasaran permukaan akan terlihat pada angka Reynold yang besar, kesimpulan ini sesuai dengan kesimpulan yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti yang telah penulis utarakan di depan.

BAB VI
USULAN PENELITIAN LANJUT.

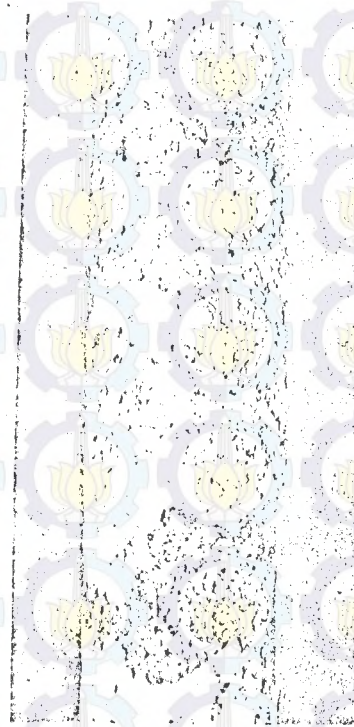
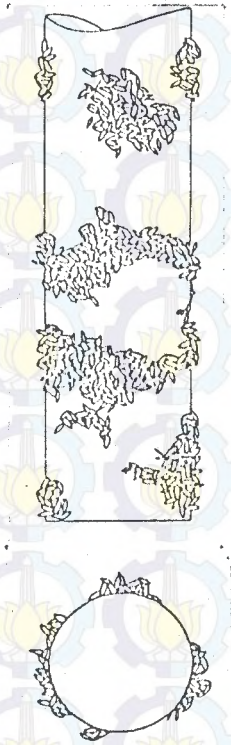
Dari pengalaman yang penulis hadapi selama penelitian maka ingin penulis mengusulkan penelitian lanjut mengenai pengaruh kekasaran permukaan silinder terhadap C_D dan C_x karena beban hidrodinamis, yaitu :

1. Penelitian kekasaran permukaan silinder dengan menggunakan model piramid. Gb.VI.1.
2. Penelitian kekasaran dengan menggunakan binatang/tumbuhan laut dengan distribusi yang tidak merata. Gb.VI.2.
3. Pengaruh distribusi kekasaran yang tidak merata di silinder terhadap arah gaya (arus). Gb.VI.3.

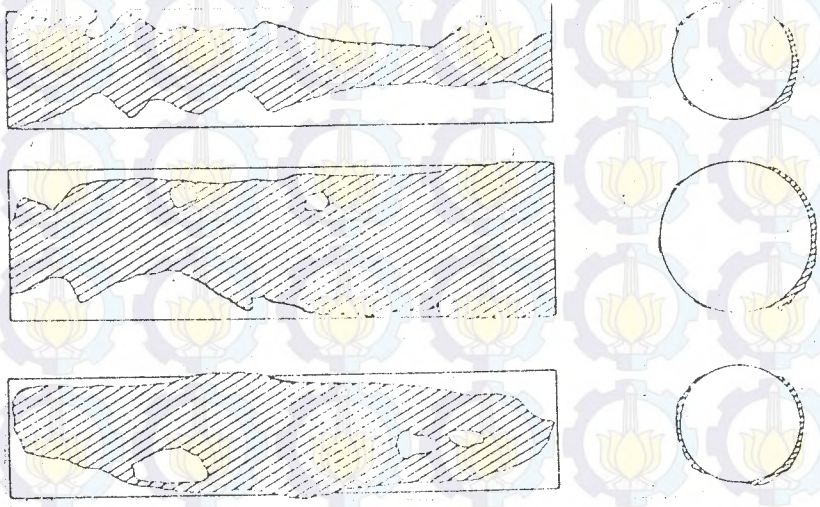
Semoga dengan usulan penelitian ini dapat membantu pembaca untuk memikirkan langkah selanjutnya atau paling tidak dapat dijadikan langkah awal dalam menentukan objek penelitian lain yang ada kaitannya dengan usulan diatas.



GB. VI. 1. Kekasaran permukaan silinder dengan piramid



GB. VI. 2. Kekasaran permukaan silinder dengan binatang/tumbuhan laut.

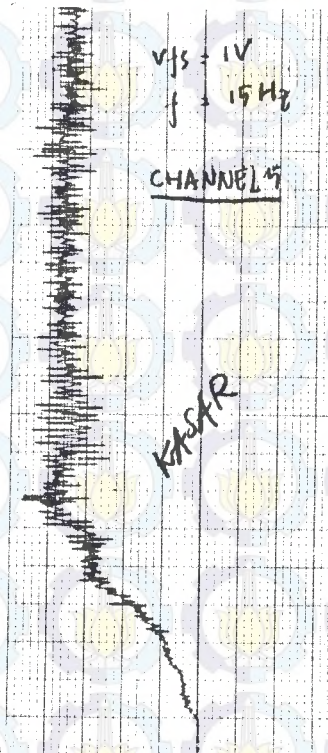
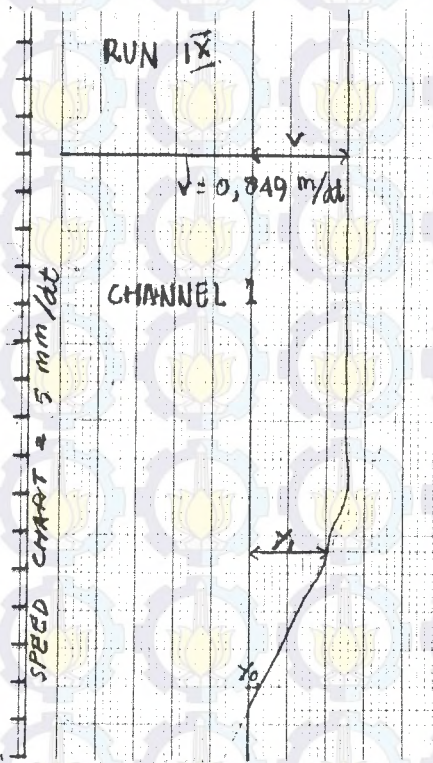


Gb. VI. 3. Pengaruh distribusi kekasaran yang tidak merata terhadap arah gaya (arus).

DAFTAR PUSTAKA

1. Amoseas Indonesia Inc, " *Anoa Platform and Subsea Pipelines Project Design Basic Report* ", May 1980
2. Brebbia C.A and Walker S, " *Dynamic Analysis Offshore Structures* ", Butterworth and Co Ltd, 1979
3. Dawson, T.H., *Offshore Structural Engineering* ,Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1983
4. Garrison, C.J., " *A Review of Drag and Inertia Force On Circular Cylinders*", OTC 3760, Houston, Tex., May 5-8, 1980, pp 205-211
5. Miller, B.L. 1976, *The hydrodynamic Drag of Roughened Circular Cylinders*, The Naval Architect, Journal of the Royal Institution of Naval Architects.
6. Nath, J.H, " *Hydrodynamics Coeffisien for Macro Roughnessess* ", Proceedings of 1981 Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1981 OTC 3989
7. Teng H. Hsu, " *Applied Offshore Structural Engineering* ", Gulf Publishing Company Book Division, Houston, London, Paris, Tokyo
8. Sarpkaya, T and Isaacson, M, " *Mechanich of Wave Forces on Offshore Structures*", Van Nostrand Reinhold Co

9. Tim Peneliti Mahasiswa Teknik Lautan, "*Gaya Hidrodinamik yang Bekerja pada Vertikal dan Horizontal Pipe Untuk Bangunan Lepas Pantai*", Laporan penelitian Ilmiah Ko-Kurikuler, Program Studi Teknik Lautan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Surabaya
10. Wolfram,J, and Theophanatos,A," *The Effects of Marine Fouling on the Fluid Loading of Cylinders : Some Experimental Results*", Proceedings of The Offshore Technology Conference, OTC 4954, Vol 2.1985
11. Wolfram,J, and Theopanatos,A," *Hydrodynamic Loading on Macro-Roughened Cylinders of Various Aspect Ratios*", Proceeding of the Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, August 1989, Vol 111

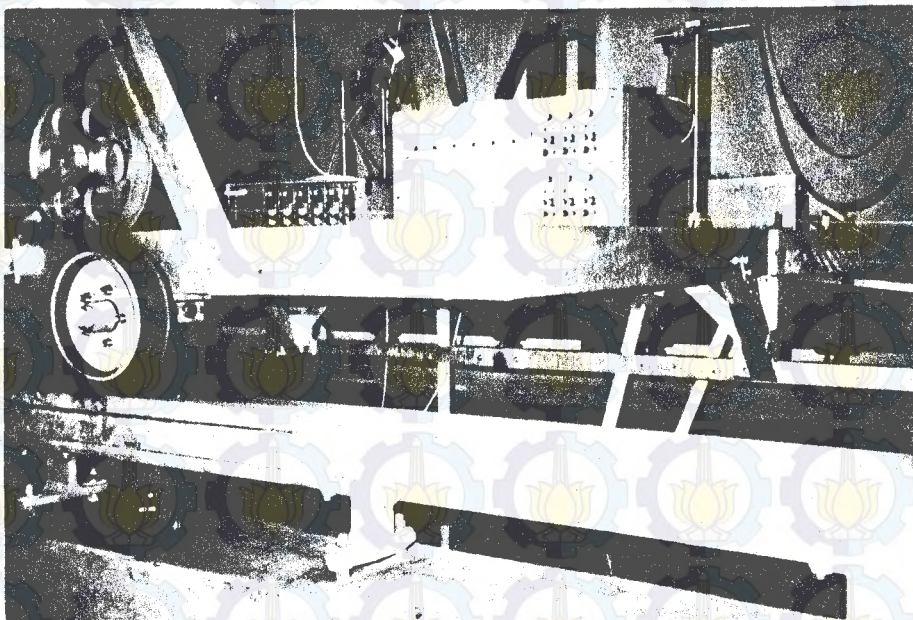


Grafik kecepatan tarik kereta

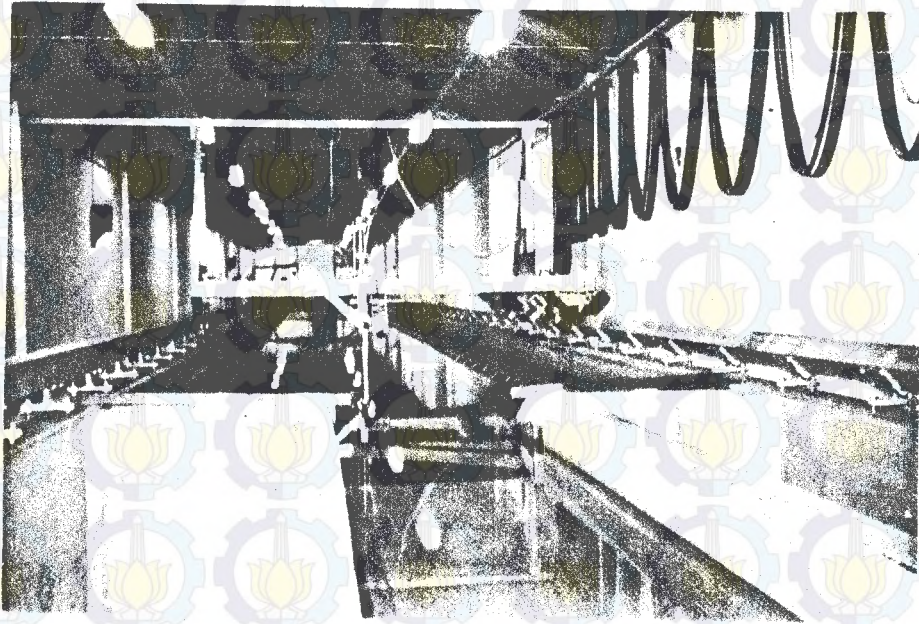
Grafik gaya hidrodinamis



Posisi pipa uji dikolam



Amplifier dan Strip Chart Recorder diatas kereta tarik



- a. kereta tarik
(atas)
- b. pipa uji
(bawah)

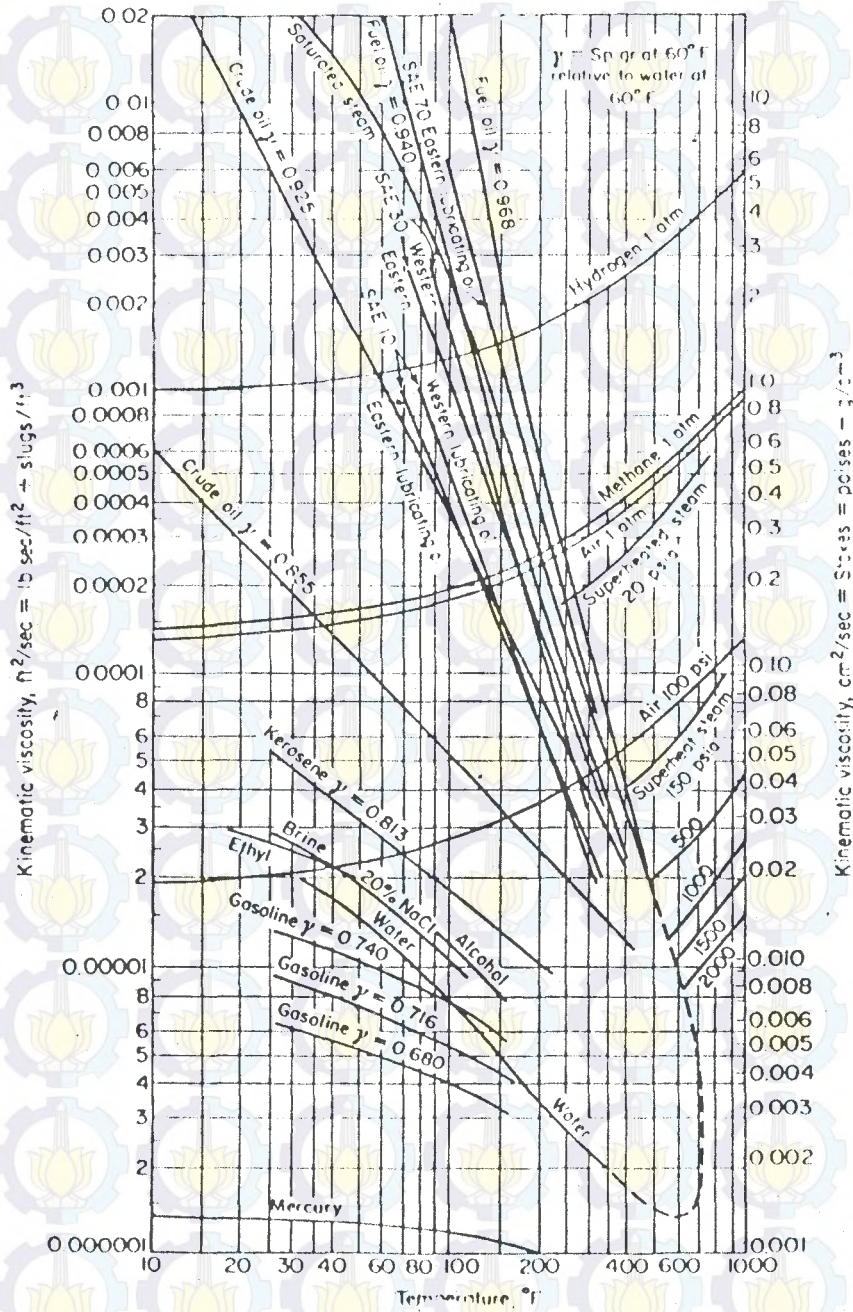


Kegiatan visualisasi



Ruang kontrol (control room)

Handwritten signature or mark.



Grafik Kekentalan Kinematis

C234567

C*****

C PROGRAM MENGHITUNG PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN SILINDER
C TERHADAP COEFISIEN INERTIA & COEFISIEN DRAG
C KARENA BEBAN HIDRODINAMIS

C OLEH
C DJOKO PRIDJANARTO
C 4854300053

C DOSEN PEMBIMBING
C IR. SOEGIONO

C PROGRAM STUDI TEKNIK KELAUTAN
C FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
C INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
C SURABAYA

C*****

100 FORMAT(/23X, 'PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN SILINDER')
WRITE(*,200)

200 FORMAT(/24X, 'TERHADAP COEFISIEN DRAG DAN INERTIA')
WRITE(*,300)

300 FORMAT(/28X, 'KARENA BEBAN HIDRODINAMIS')
C WRITE(*,400)

400 FORMAT(/22X, '-----')

C MEMBACA NILAI
C READ(*,*)DPK,GIK,GDK,AK,VK

C MEMPROSES DATA
PHI=3.141592654
LPIPA=1.08
RHO=1.E3

c DO 10 I=1,10
CIK=4.*GIK/(RHO*PHI*DPK**2*AK*LPIPA)
CDK=2.*GDK/(RHO*DPK*VK**2*LPIPA)

c 10 CONTINUE

c DO 20 I=1,10
READ(*,*)DPH,GIH,GDH,AH,VH
CIH=4.*GIH/(RHO*PHI*DPH**2*AH*LPIPA)
CDH=2.*GDH/(RHO*DPH*VH**2*LPIPA)

c 20 CONTINUE
WRITE(*,10)

10 FORMAT('-----')
WRITE(*,9)

9 FORMAT(1X,CI KASAR',2X,'CD KASAR', 'CI HALUS', 'CD HALUS')
WRITE(*,210)

210 FORMAT('-----')

19 WRITE(*,19)CIK,CDK,CIH,CDH
STOP
END

PENGARUH KEABARAN PERMUKAAN SILINDRIS
 TERHADAP KOEFISIEN DRAG DAN INERTIA
 PADA ALIRAN TURBULEN

PANJANG PIPA KASAR = 1,00 m
 PANJANG PIPA HALUS = 1,00 m
 STAMPER PIPA KASAR = 0,0925 m
 DIAMETER PIPA HALUS = 0,0090 m

NO	CI PIPA KASAR	CI PIPA HALUS	CO PIPA KASAR	CO PIPA HALUS
1	1,0101	0,7905	1,8201	1,9432
2	1,0603	0,8214	1,7254	1,8701
3	1,1102	0,8831	1,6501	1,8334
4	1,1704	1,0000	1,5500	1,7512
5	1,1151	1,0545	1,6441	1,6401
6	1,2421	1,1724	1,8700	1,7868
7	1,2331	1,3200	1,8501	1,1251
8	1,2537	1,3750	1,8724	1,2440
9	1,2214	1,5101	1,8842	0,8911
10	1,1923	1,6200	1,8931	0,7827