

PRAKTIKUM MEKANIKA FLUIDA

MODUL 1

KESETIMBANGAN BENDA TERAPUNG

Rev: Kardhana 01-09/2018

No Kelompok					
Nama Asisten					
Tanggal praktikum					
Tanggal masuk laporan*					
Nama	NIM	A*	B*	C*	Nilai*
**					

* Diisi oleh asisten; ** Ketua Kelompok

Lembar Kerja:

Petunjuk Modul: Lembar 1

Form Pengamatan: Lembar 2

Form Pengolahan Data Praktikum: Lembar 3

Form Analisa Data: Lembar 4

Dasar Teori: Lembar 5,6

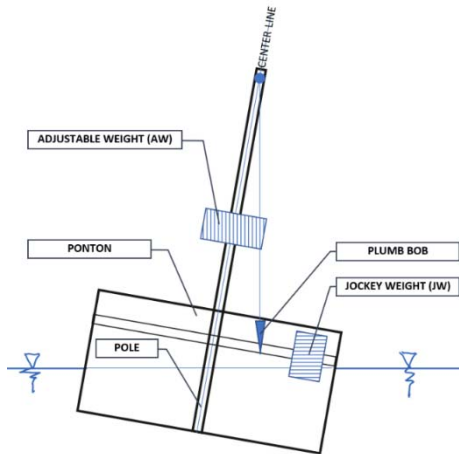


Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung

1. Petunjuk Modul

A. Pengantar

Benda apung memiliki tiga kondisi kestabilan: stabil, tidak stabil, dan netral. Apabila benda apung mengalami gangguan maka benda mulai mengalami ayunan dengan poros di titik metasentris (M). Titik ini ditentukan berdasarkan perpotongan antara **garis centerline** saat diam dan **garis vertical** titik apung saat mengayun. **Garis centerline** adalah garis yang memotong titik berat (G) dan titik apung (B) saat benda apung diam. Pada saat benda apung mengalami gangguan, B akan bergeser lateral ke B'. Apabila kita buat garis vertical memotong B' maka garis tersebut akan memotong garis centerline di M. Jika M di atas titik G (GM positif) maka benda stabil karena terdapat lengan momen yang menimbulkan *restoring momen*, jika M di bawah G (GM negative) maka lengan momen yang ada menimbulkan *overturning momen* sehingga benda tidak stabil. Sedangkan jika GM=0 maka benda netral.



B. Tujuan

1. Menentukan tinggi metasentris dan stabilitas benda apung
2. Membandingkan hasil pengukuran dan analisis.
3. Memahami prinsip stabilitas benda apung

C. Peralatan dan Bahan

1. Ponton tinggi metasentris
2. Mistar Baja
3. Selotip
4. Timbangan
5. Dudukan ponton
6. Wadah Air
7. Modul 1
8. Alat tulis

D. Prosedur Praktikum

1. Timbang berat Ponton. Lepaskan Jockey Weight (JW) dan Adjustable Weight (AW) & timbang beratnya.
2. Ukur dimensi ponton dengan mistar baja, ukur tinggi tiang/pole (Z), ukur jarak sumbu JW dengan dasar. Set dasar ponton sebagai titik C dengan **sumbu ordinat adalah centerline. (Form 2.1)**
3. Pasangkan JW pada posisi tengah dan AW pada posisi dasar.
4. Tentukan tinggi titik berat total ponton dan tinggi AW ke titik C:
 - a. Selotip plumb bob pada posisi normalnya
 - b. Angkat ponton dan simpan posisi tiang pada dudukan ponton. Geser-geser ponton sampai stabil (tidak jatuh). Tandai posisi ini sebagai titik G.
 - c. Ukur dan catat jarak vertical dari C ke titik G dan centroid AW (CG dan Y) **(Form 2.2)**
5. Letakan ponton di dalam air, lepaskan selotip plumb bob.
6. Amati simpangan dan kondisi kestabilannya. Geser JW ke kiri (negative) & kanan (positif) masing-masing **4 kali**; tunggu sampai stabil, catat posisi JW (X) dan skala simpangannya (S). **(Form 2.2)**
7. Ulang prosedur 4-6 untuk posisi *adjustable weight (AW)* yang berbeda sebanyak **5 kali**.

E. Prosedur Pengolahan Data dan Analisa (Pelajari Lembar 5 dan 6)

E1. Sketsa dan Pengolahan Data Praktikum

1. Gambar sketsa letak dan dimensi dari alat. Tandai AW (Y), JW(Y₁), C, G, Titik M, B, sudut ayun (θ), dan B' di koordinat (X_s, Y_s) dari C. **(Form 2.3)**
2. Gambar Bagan alir prosedur praktikum **(Form 2.3)**
3. Hitung sudut ayun (θ) = $\arctan(S/Z)$ dalam radian **(Form 3.1)**
4. Hitung X_s dan Y_s **(Form 3.2)**
5. Buat grafik CG vs dX_s/d θ . Tulis analisisnya **(Form 3.3)**
6. Perkirakan lokasi M dari grafik di atas. **Diskusikan** dan tulis resume pengolahan datanya. **(Form 3.4)**

E2. Analisa Data

1. Menghitung momen inersia (I_{yy}), periksa panjang dan lebar yg berkesesuaian.
2. Menghitung volume tercelup (V)
3. Menghitung kedalaman tenggelamnya ponton
4. Menghitung titik B dan G_o dari C
5. Menentukan titik M dengan pers 1 dan 4.
6. **Diskusikan** dan buat kesimpulan komprehensif dari hasil praktikum & analisa data dalam menentukan M dan prinsip kestabilan benda apung. **(Form 4.2)**

F. Penilaian dan Lain Lain

Penilaian terdiri dari A: Kualitas laporan untuk mencapai tujuan; B: Pelaksanaan eksperimen dan kerapian kerja; C: Kerjasama Tim. Nilai 0 untuk Plagiarisme. Buat salinan modul ini setelah dilengkapi untuk semua anggota kelompok sebagai arsip/catatan. Modul asli yang telah dilengkapi diberikan ke asisten sebagai laporan. Form di isi rapi dengan tulisan tangan. Jika form yang ada kurang, tulisan dapat dilanjutkan di balik lembar kerjanya.

2. Form Pengamatan

Form 2.1 Berat dan Dimensi Komponen Ponton

Berat Ponton (W) : _____ gram	Panjang Ponton (L) : _____ mm
Berat Adjustable Weight (W_A): _____ gr	Lebar Ponton (B) : _____ mm
Berat Jockey Weight (W_J) : _____ gram	Tinggi Ponton* (H) : _____ mm
Tinggi tiang** (Z) : _____ mm	Tinggi Jockey weight* (y_1) : _____ mm
	Posisi 0 adjust weight* (y) : _____ mm

Keterangan: *tinggi dihitung dari dasar ponton; **tinggi dari skala simpangan ke pusat tali

Form 2.2 Pengamatan Posisi Jockey Weight & Simpangannya

No	y (mm)	CG (mm)	Posisi Jockey Weight (mm) & Simpangan (mm)							
			X negatif		Netral	X positif				
1										
2										
3										
4										
5										

Form 2.3 Sketsa Pengamatan dan bagan alir praktikum

--	--

3. Form Pengolahan Data Praktikum

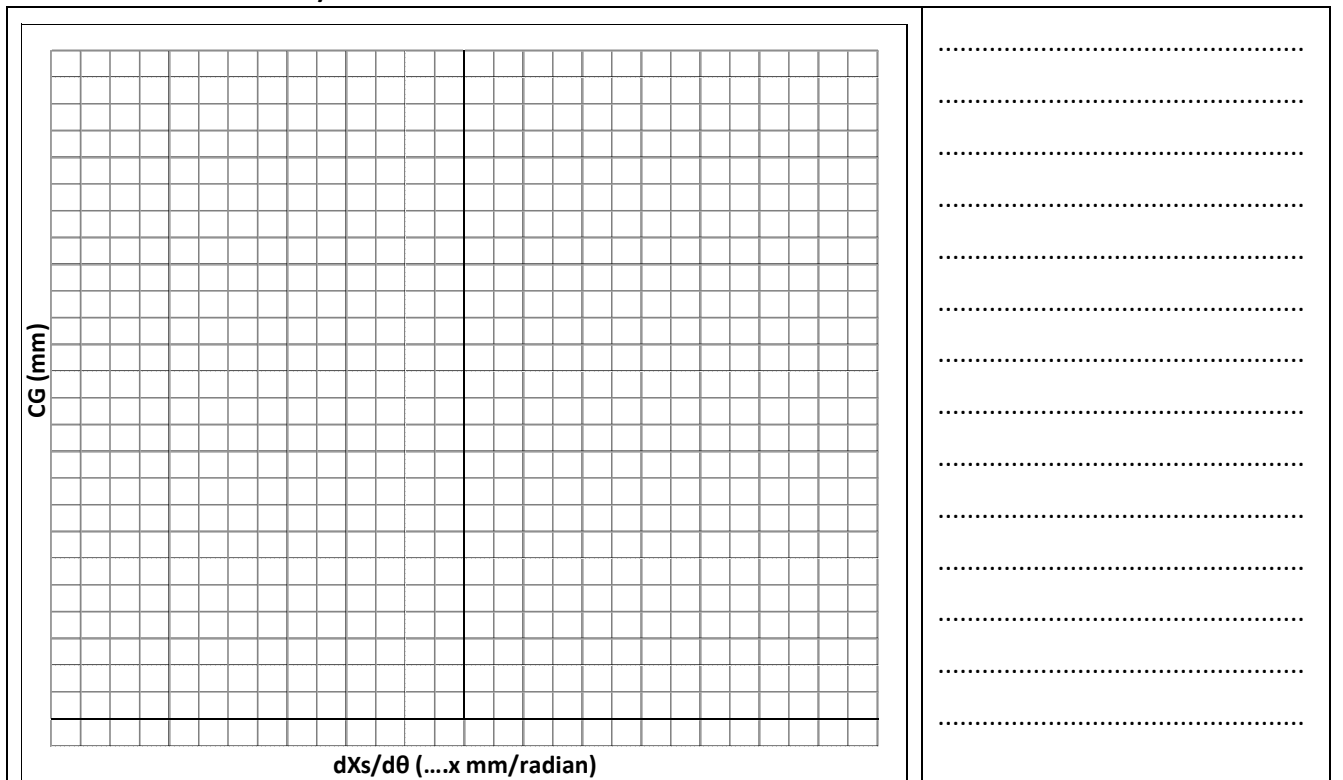
Form 3.1 Perhitungan Sudut Guling berdasarkan form 2.1

No	y (mm)	CG (mm)	Sudut Guling							
			X negatif			Netral	X positif			
1										
2										
3										
4										
5										

Form 3.2 Perhitungan Xs dan Ys berdasarkan form 2.1

No	y (mm)	Ys (mm)	Xs (mm)							
			X negatif			Netral	X positif			
1										
2										
3										
4										
5										

Form 3.3 Grafik CG vs $dXs/d\theta$ dan Analisa



Form 3.4 Resume Pengolahan Data

.....

.....

.....

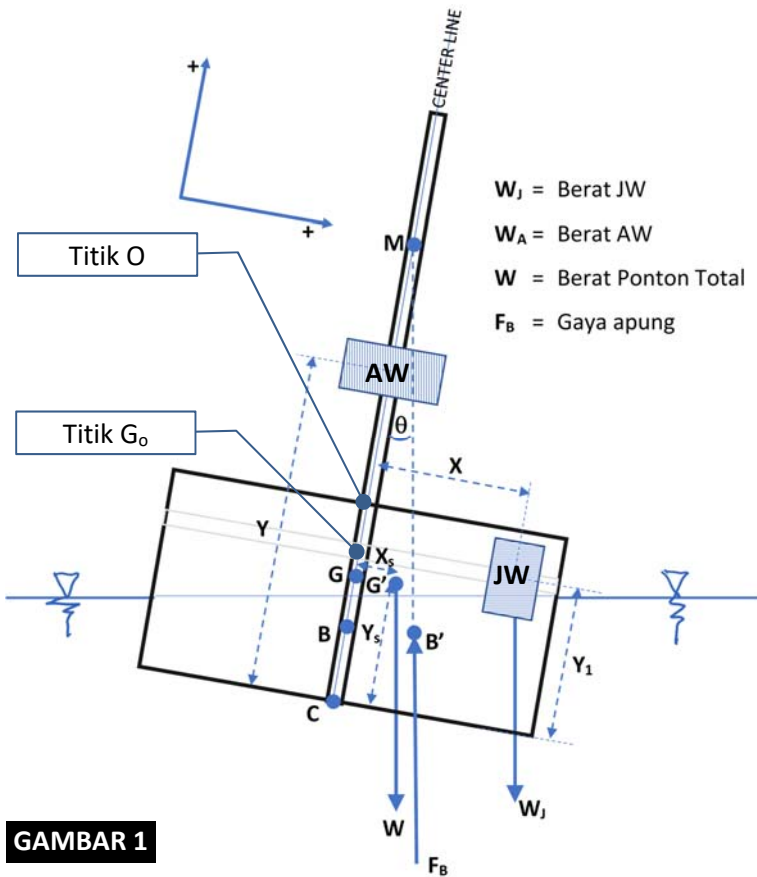
.....

.....

5. Dasar Teori

5.1 Menentukan M dengan eksperimen

Pada suatu benda apung, posisi M sangat ditentukan oleh volume fluida yang dipindahkan dan bentuknya karena mereka menentukan posisi B dan B'. Tetapi posisi center of gravity (G) digunakan untuk menentukan M. Pertanyaan utama yaitu dimana M pada suatu kondisi JW adalah yang akan di jawab secara empiris. Pendekatan yang digunakan adalah konsep **gradien stabilitas**:

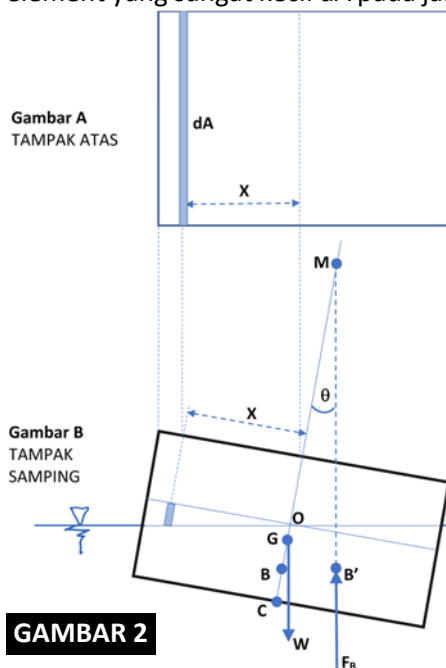


GAMBAR 1

AW ke atas maka ada suatu kondisi dimana G berimpit dengan M dan ponton akan berada pada kondisi netral (*meta stable*). Pada kondisi ini gradien stabilitas = 0. Dengan *sample* data yang dikumpulkan dari eksperimen, kita dapat memperkirakan dimana M sama dengan G pada saat $\frac{dX_s}{d\theta} = 0$

5.2 Menentukan M dengan analitis

Pada saat ponton ini mengapung, besar ponton (W) sama dengan besar $F_B = \gamma V$. Pada kondisi JW di tengah (kondisi awal) maka posisi B dan G berada pada satu garis yaitu center line. Untuk menentukan tinggi metacentris GM, tinjau element yang sangat kecil dA pada jarak x dari O. Untuk sudut yang kecil dimana $\theta = \tan \theta = \sin \theta$, maka tinggi elemen



GAMBAR 2

- W_J = Berat JW
- W_A = Berat AW
- W = Berat Ponton Total
- F_B = Gaya apung

utamanya yaitu dimana M pada suatu kondisi JW adalah yang akan di jawab secara empiris. Pendekatan yang digunakan adalah konsep **gradien stabilitas**:

$$\frac{dX_s}{d\theta} \dots\dots\dots(\text{pers 1})$$

Dimana X_s dan Y_s adalah koordinat centroid terhadap C. Komponen dX_s adalah perbedaan absis G dan G' ($=X_s$) sedangkan $d\theta$ adalah θ .

$$X_s = \frac{W_J X}{W - W_J} \dots\dots\dots(\text{pers 2})$$

$$Y_s = \frac{W_A Y + W_J Y_1 + (W - W_A - W_J) \bar{y}}{W} \dots\dots\dots(\text{pers 3})$$

Dimana \bar{y} adalah tinggi titik berat ponton dari C tanpa JW dan AW. Menentukan \bar{y} melibatkan banyak komponen ponton, akan lebih mudah jika posisi Y_s ditentukan dengan pengukuran.

Pada suatu kondisi ponton stabil pada posisi JW dan AW tertentu, diperoleh nilai X_s dan sudut ayun θ tertentu. Pada posisi JW sama (X_s sama), menggeser posisi AW ke arah atas akan menggeser G ke atas, memperbesar Y_s dan θ sehingga gradien stabilitas menjadi lebih kecil. Kestabilan pada kondisi ini dapat diobservasi kurang dari sebelumnya, yang di tandai dengan jarak G-M lebih kecil. Jika kita terus menggeser

dapat dinyatakan dengan $x\theta$. Sehingga volume element menjadi:

$$dV = (x\theta)dA$$

Gaya buoyancy di atas element:

$$dF_B = \gamma(x\theta)dA$$

Momen dF_B (momen akibat pergerakan di ujung) terhadap O:

$$\int x \cdot dF_B = \int x\gamma(x\theta)dA = (\gamma\theta) \int x^2 dA \dots\dots\dots$$

$$\int x \cdot dF_B = (\gamma\theta)I_{yy} \dots\dots\dots$$

I_{yy} = Momen Inersia

maka kesetimbangan momen gaya buoyancy:

$$F_B BB' = \gamma V (BM\theta)$$

Untuk keseimbangan, momen akibat pergerakan = perubahan momen gaya buoyancy

$$\gamma\theta I_{yy} = \gamma V (BM\theta)$$

$$BM = \frac{I_{yy}}{V} \dots\dots\dots(\text{pers 4})$$

$$GM = BM - BG \dots\dots\dots(\text{pers 5})$$

Untuk ponton ini maka I_{yy} adalah $1/12 \times L \times B^3$ (pers 6)

Karena ponton memiliki 3 dimensi panjang, perhatian perlu diberikan untuk menentukan mana L dan B untuk arah ayunan yang di kaji.

5.3 Menentukan M untuk ponton miring (Diskusi Lanjut)

Ketika JW di geser maka ponton akan bergerak miring dan posisi B dan G akan bergeser lateral ke B' dan G' dengan sudut ayun θ . Untuk saat yang singkat (lihat gambar 1), F_B dan W tidak dalam 1 garis vertikal sehingga terjadi momen putar di M. Jika M berada di atas G' maka momen yang terjadi adalah berlawanan arah jarum jam sehingga ponton akan berusaha kembali ke kondisi stabil (restoring momen). Setelah kondisi stabil, jika kita pisahkan W_J dari W dimana $W_o = W - W_J$ (berat ponton tanpa JW) maka titik tangkap W_o akan berada di center line yang miring yaitu di G_o . sehingga untuk $\sum M_M = 0$, maka:

$$G_o M = \frac{W_J X + W_J G_o O \tan \theta}{W_o \sin \theta + W_J \tan \theta} \dots\dots\dots(\text{pers 7})$$

Dimana:

$G_o O$ = jarak antara G_o dan poros JW.

W_o = berat ponton tanpa W_J

Untuk memperoleh $G_o M$ maka kita wajib menentukan lokasi G_o dimana

$$C G_o = \frac{W_A Y + (W - W_A - W_J) \bar{y}}{W - W_J} \dots\dots\dots(\text{pers 8})$$

Sama kondisinya dengan pers 3, maka menentukan G_o lebih mudah dengan pengukuran karena faktor \bar{y} . Dengan pers 7 maka dapat ditentukan titik M untuk suatu kemiringan tertentu.

Pustaka

Crowe et al., Engineering Fluid Mechanics, 2009 (Ebook)

HM 150.06 Stability of a Floating Body-Metacentric Height Apparatus: Instruction Manual, G.U.N.T, 1997