

**PROCEEDING  
SNIT08**



**SEMINAR NASIONAL  
INDUSTRI DAN TEKNOLOGI  
2008**

**ISBN: 978-979-25-7941-3**

**PROCEEDING**

**SNIT08**

**SEMINAR NASIONAL INDUSTRI  
DAN TEKNOLOGI  
2008**

**POLITEKNIK BENGKALIS**

**Bengkalis-Riau  
03-04 Desember 2008**

**Editor  
ZULKIFLI, S.Si., M.Sc**

**Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
Politeknik Bengkalis**

**PB Press**

Published by  
PB Press  
Kampus Politeknik Bengkalis-Bengkalis 28761

**SEMINAR  
NASIONAL INDUSTRI DAN TEKNOLOGI [SNIT] 2008  
POLITEKNIK BENGKALIS**

Copyright@2008 by PB Press

Dilarang keras mengutip, menjiplak, memfotocopy atau memperbanyak baik sebagian atau seluruh isi proceeding ini serta memperjual-belikan tanpa izin tertulis dari PB Press.

ISBN: 978-979-25-7941-3

**PROCEEDING**

**SNIT08**

**SEMINAR NASIONAL INDUSTRI DAN TEKNOLOGI [SNIT] 2008  
POLITEKNIK BENGKALIS**

**Penanggung jawab**

Ir. M. Milchan, MT  
Adam, ST

**Komite Program (Dewan Pakar)**

Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng (ITS)  
Prof. Soenarto, M.Sc., MA., Ph.D (UNY)  
Dr. Yanuar, M.Si (UNRI)  
Dr. Mashadi, M.Si (UNRI)  
Dr. Ir. Sunaryo (UI)  
Dr. Ir. Priyono Eko Sanyoto, DEA (Poltek Batam)  
Dr. Ir. Fauzri Fahimuddin, M.Eng (PNJ)  
Ir. Purnomo, Ph.D (UGM)  
Ir. Trimaijon, MT (UNRI)  
Ir. Joke Pratilastiarso, MT (PENS-ITS)  
Ir. Syaifuddin Abdullah, MT (PCR)  
Ir. Dedid Cahya Happyanto, MT (PENS-ITS)  
Ir. Suhendrik Anuar, MT (Poltek N Padang)  
Ir. Farid Rizana, MT (UNPAS)  
Ir. Adly Havendri, MT (UNAND)  
Ir. Emri Juliharnis, MT (Pemda Kab. Bengkalis)  
Drs. Petrus Pratomo, M.Eng (POLBAN)  
Drs. Ir. Afrizal Nursi, MT., B.Sc (PNJ)  
Drs. Moeljono, SP-1 (POLBAN)  
Drs. Iwan Mulyana, MBA (P3D)  
Drs. Sidik Ruswanto, ST., M.Sc (PNJ)  
VS Tripriyono, SE., MM (POLINES)  
Iman Satria, ST., MT (UBH)  
Aries Pratiarso, ST., MT (PENS-ITS)  
Adri Maldy Subardjah, M.Sc (POLBAN)  
Erwin Martianis, ST (PB)  
Teguh Widodo, S.Sos (PB)  
Khairuddin Syah, ST (PB)  
Johnny Custer, ST (PB)  
Guswandi, ST (PB)

**Ketua Pelaksana**

Zulkifli, S.Si., M.Sc

**Komite Pelaksana (dewan Pelaksana)**

Beni Syahputra, S.Si  
Akmal Indra, S.Pd  
Indrawan Sukmana, ST  
Alfansuri, ST., M.Sc  
Malik Ahmad, S.Pd., M.Ed  
Darsono, S.Si  
Kasmawi, S.Kom  
M. Sabri, S.Pd  
Oni Febriani, ST  
Aida Suzana, A.Md

**Informasi**

[www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)  
Phone: 0766-7008877  
Fax: 0766-21893, 0766-7008878

**Kontak Person**

Zulkifli (08127649574)  
Beni Syahputra (081298819)  
Akmal Indra (08126859793)



4.	<b>Imran</b> <i>Pembuatan produk kunci chuck bor dengan sistem dimensi pada bevel gear modul 1,5 mm dengan sudut poros 900</i>	160-165
5.	<b>Ibnu &amp; Suhardiman</b> <i>Studi eksperimental perilaku retak pada plaster gipsum yang dikenai beban impact</i>	166-170
6.	<b>Hendriko</b> <i>Effect of cutting edge preparation on surface roughness when turning hardened steel</i>	171-175
7.	<b>Deki Prima &amp; Syahrizal</b> <i>Analisa pengaruh media pendingin terhadap pengelasan elektroda rb-26 aws e 6013 dengan pengujian bending</i>	176-180
8.	<b>Muharnis</b> <i>Analisa perbandingan katodik protection dengan menggunakan metode wilsonwalton dimet dengan metode pendekatan</i>	181-187
9.	<b>Razali</b> <i>Kajian pengaruh tebal pelat, radius penekukan dan parameter pengelasan (SMAW) terhadap sifat mekanik</i>	188-194
10.	<b>Indrawan Suksama, Kamaruddin, Ruddi Hartoni &amp; Azizen Supardi</b> <i>Desain, simulasi dinamik, analisis kekuatan dan pembuatan prototipe mesin pengupas kopi</i>	195-204
11.	<b>Iman Satria</b> <i>Analisis respons dinamik kendaraan roda dua dengan metode multibody dyanamic (studi kasus pada sepeda motor honda karisma 125x)</i>	205-214
12.	<b>Iman Satria</b> <i>Perencanaan sistem penggerak sistem pemindah daya dan sistem kemudi pada mobil buggy untuk satu penumpang</i>	215-223

#### IV. BIDANG SIPIL

(Struktur, Transfortasi, Geoteknik, Pengairan, Arsitektur dan Planologi)

1.	<b>Beni Syahputra</b> <i>Analisis kapasitas ideal (faktual dan prediksi) fasilitas pelabuhan sungai duku pekanbaru</i>	224-230
2.	<b>Guswandi</b> <i>Pengaruh penggunaan kulit kerang sebagai pengganti sebagian agregat kasar terhadap kuat tekan beton</i>	231-234

**ANALISIS RESPONS DINAMIK KENDARAAN RODA DUA  
DENGAN METODE MULTIBODY DYNAMIC  
(STUDI KASUS PADA SEPEDA MOTOR HONDA KARISMA 125X)**

**Iman Satria**

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bung Hatta  
Jl. Gajah Mada No. 19 Olo Nanggalo, Padang 25134

**Abstract**

*Growth of transportation in Indonesia which these days mount at full speed specially vehicle of motorbike, which this vehicle have ridden easy and high mobility, that rural goodness and also urban in so many condition of road. To be able to see how to behavior of dynamics of suspension motions behind motorbike of Honda Charisma 125 X, we need to study and analysis vibration that happened at back suspension. This research is conduct to analysis dynamics suspension behind motorbike of Honda Charisma 125X using method of Multibody System. With this methods result of obtained analysis will be more accurate. To finish differential equation of motion used with Method of Rungge-Kutta, because this method have correctness which high enough, modestly and easy to application into computer program*

*Keyword: Multibody Dynamics, Rungge-Kutta*

## 1. PENDAHULUAN

Untuk melihat perilaku dinamik dari suspensi kendaraan pada saat jalan normal, bertanggung dan bergelombang, untuk itu harus dilakukan pengujian. Pengujian tersebut dapat dilakukan melalui simulasi.

Dilihat dari keadaan yang sesungguhnya bahwa masih banyak kendaraan yang mempunyai suspensi yang tidak layak pakai khususnya sepeda motor, tetapi masih juga digunakan, untuk itu dilakukan analisa dinamik suspensi tersebut terhadap berbagai kondisi jalan. Dengan menggunakan pemrograman MATLAB, perhitungan secara numerik dapat dilakukan dengan cepat dan teliti. Selain itu dengan animasi, permasalahan dalam suspensi dapat dilihat dan diamati.

### Rumusan Masalah

Bertitik tolak dari latar belakang masalah maka penulis menyimpulkan sebagai berikut :

- a. Dimana kenyamanan dari sepeda motor tergantung dari kestabilan suspensi sepeda motor itu sendiri pada saat sistim tersebut diberi beberapa gaya (gangguan). Maka dari itu perlu dilakukan analisa terhadap frekwensi suspensi tersebut apabila diberi beberapa gangguan.
- b. Dengan menggunakan pemrograman MATLAB, perhitungan secara numerik dapat dilakukan dengan cepat dan teliti. Selain itu dengan animasi, permasalahan dalam bidang getaran dapat lebih dimengerti

## 2. PEMODELAN MATEMATIKA

Untuk merencanakan dan menganalisa suatu sistem, seringkali kita harus memodelkan sistem tersebut sehingga dapat dianalisa. Proses pemodelan bertujuan untuk memahami keadaan fisik yang sebenarnya dari suatu sistem. Pada pemodelan fisik dari suspensi belakang seperti gambar dibawah ini, persamaan differensial geraknya dicari dengan pendekatan multibody sistem.

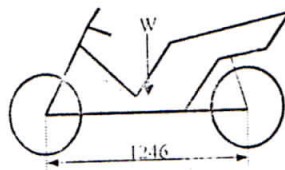
Gambar 1.  
Model sederhana suspensi belakang sepeda motor



2.1. Mencari Titik Berat Kendaraan

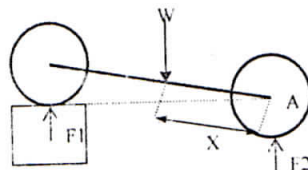
Untuk mencari titik berat sepeda motor, penulis melakukan eksperimen yaitu menimbang salah satu roda sepeda motor. disini penulis menimbang roda depan sepeda motor)

Gambar 2.  
Skema sepeda motor



Diketahui :  
Massa kendaraan = 98.6 kg  
Jarak sumbu roda = 1246 mm

Gambar 3.  
Skema penimbangan sepeda motor dengan sudut elevasi



Motor ditimbang dengan sudut  $14^\circ$  ( $\tan \alpha = 25/124.6 \rightarrow \alpha \approx 14^\circ$ )

Massa roda depan dan rangka diperoleh 43 kg (F1), sehingga kita memperoleh massa roda belakang dan rangka (F2) = 55.6 kg

$$\Sigma MA = 0$$

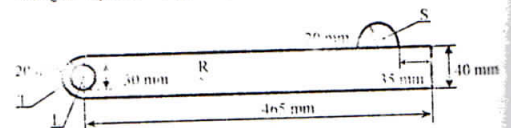
$$F1.1246.\cos(14) + Wk . X . \cos(14) = 0$$

$$-43.1246.\cos(14) + 98.6 . X . \cos(14) = 0$$

$$X = 543.4 \text{ mm}$$

2.2. Mencari Momen Inersia Lengan Ayun

Gambar 4.  
Lengan Ayun (Swing arm)



- Empat persegi panjang ( $I_R$ )  
 $I_R = b^3/12$   
 $= 465(40^3)/12 = 2,48 . 10^6 \text{ mm}^4$
- Semi lingkaran ( $I_S$ )  
 $I_S = \pi r^4/8$   
 $= 3.14.(20^4)/8 = 0,0628 . 10^6 \text{ mm}^4$
- Semi lingkaran ( $I_T$ )  
 $I_T = \pi r^4/8$   
 $= 3.14.(20^4)/8 = 0,0628 . 10^6 \text{ mm}^4$
- Lingkaran ( $I_L$ )  
 $I_L = \pi r^4/4$   
 $= 3.14.(15^4)/4 = 0,0397 . 10^6 \text{ mm}^4$

Beberapa sifat geometri lengan ayun dapat terlihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1.  
Sifat Geometri Lengan Ayun

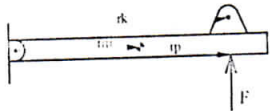
Benda	I (10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> )	A(luas) (10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> )	d (mm)	Ad <sup>2</sup> (10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> )
Persegi panjang ( $I_R$ )	2,48	18,6	20	7,44
1/2 Lingkaran ( $I_S$ )	0,0628	0,628	48,5	1,477
1/2 Lingkaran ( $I_T$ )	0,0628	0,628	20	0,107
Lingkaran ( $I_L$ )	0,0397	0,7065	20	-0,283
$\Sigma$ (Jumlah)	3,568			8,742



$$\begin{aligned}
 I_R &= \bar{I}_R + (\Delta d^2)_R \\
 I_S &= \bar{I}_S + (\Delta d^2)_S \\
 I_T &= \bar{I}_T + (\Delta d^2)_T \\
 I_L &= \bar{I}_L + (\Delta d^2)_L \\
 I_{zz} &= \sum \bar{I} + \sum \Delta d^2 \\
 I_{zz} &= (3,568 + 8,742) \\
 &= 12,31.10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

### 2.3. Pemodelan Matematik Suspensi Belakang Sepeda Motor dengan Sistem Multibody

Gambar 5.  
Model lengan ayun



Pada pemodelan matematik ini kita menggunakan metoda multibody sistem yang mana kita akan mendapat persamaan gerak yang lebih real (nyata)

- Jumlah dari benda (Link)  
 $N = 1$   
Indeks  $k$  mempunyai nilai  
 $k = 1$
- Derajat kebebasan (Dof)  
 $n = 1$
- $I(k)$  array untuk sistem multibody

$\Gamma_0(k)$	1
$\Gamma_1(k)$	0

- Matriks Transformasi

$$[S^{10}] = \begin{bmatrix} c1 & s1 & 0 \\ -s1 & c1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[S^{10}] = \begin{bmatrix} c1 & -s1 & 0 \\ s1 & c1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

dimana :  $s1 = \sin O1$  dan  $c1 = \cos O1$

- Koordinat Umum

$O1$  adalah koordinat yang hanya digunakan untuk menggambarkan gerak dari manipulasi lengan (*link*). Pada bab 2 kita diperkenalkan prosedur partisi untuk mewakili koordinat rotasi dan translasi seperti berikut:

$$\{x\}^T = [0 \quad 0 \quad x_3]$$

dimana  $x_3 = O1$  dan  $x_3$  merupakan indikasi rotasi dari lengan ayun

- Turunan terhadap waktu dari matrik transformasi

$$[\dot{S}^{10}] = \begin{bmatrix} -s1 & c1 & 0 \\ -c1 & -s1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \dot{x}_3$$

- Kecepatan Sudut Parsial (*Partial Angular Velocities*)

$$[\omega^1] = [I_{3,3}]$$

- Kecepatan Sudut (*Angular Velocities*)

$${}^N \bar{\omega}^1 = \{x\}^T [\omega^1] \{\bar{n}\}$$

$${}^N \bar{\omega}^1 = [0 \quad 0 \quad \dot{x}_3] [I_{3,3}] \begin{bmatrix} \bar{n}_1 \\ \bar{n}_2 \\ \bar{n}_3 \end{bmatrix}$$

$$= \dot{x}_3 \bar{n}_3$$

Seperti yang diharapkan, kecepatan sudut adalah fungsi sederhana  $x_3$

- Turunan terhadap waktu dari kecepatan sudut parsial (*Time Derivative of*

Partial Angular Velocity ) adalah sebagai berikut :

$$[\dot{\phi}^1] = [0_{3 \times 3}]$$

( $0_{3 \times 3}$  adalah matriks zero)

- Percepatan Sudut (Angular Acceleration)

Dari persamaan (2.11.1) referensinya :

$${}^r \ddot{\alpha}^1 = \left( \dot{x}^1 \right)' [\dot{\phi}^1] + \left( \dot{x}^1 \right)' [\dot{\phi}^1] \left( \dot{x}^1 \right)$$

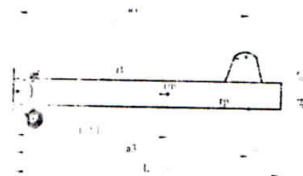
$${}^r \ddot{\alpha}^1 = \left[ \begin{matrix} 0 & 0 & \dot{x}_3 \end{matrix} \right] [0_{3 \times 3}] + \left[ \begin{matrix} 0 & 0 & \dot{x}_3 \end{matrix} \right] [0_{3 \times 3}] \left[ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ \dot{x}_3 \end{matrix} \right]$$

$$= \dot{x}_3 \ddot{x}_3$$

- Vektor Benda (Body Vektor)

Vektor posisi dari  $q$  dan  $r$  adalah sebagai berikut

Gambar 6.  
Model lengan ayun yang mana terdapat gaya-gaya yang bekerja



$$\{q\} = 0$$

$$\{r\} = [l/2 \ 0 \ 0]^T$$

$$\{r^k\} = [a_1 \ a_2 \ 0]^T$$

$$\{r^m\} = [a_3 \ -a_4 \ 0]^T$$

- Skew Matriks (Their Skew Matrices)

Skew matriks dari vektor  $q$  dan  $r$  adalah:

$$[Srm] = l/2 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[Srk] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & a2 \\ 0 & 0 & -a1 \\ -a2 & a1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[Srk] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -a4 \\ 0 & 0 & -a3 \\ a4 & a3 & 0 \end{bmatrix}$$

- Kecepatan Parsial Matriks (Partial Velocity Matrices)

Dari persamaan (2.9.25), dimana  $\left\{ \begin{matrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} \dot{g} \\ \dot{h} \end{matrix} \right\} = 0$ , sehingga kita mendapatkan

$$\{v^1\} = \begin{bmatrix} [S_{i2}] \dot{S}^{10} \\ [S_{q1}] \dot{S}^{10} \\ \vdots \\ [S_{qj}] \dot{S}^{10} \\ [S_{rj}] \dot{S}^{10} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\{v^m\} = [Srm] \dot{S}^{10}$$

$$= l/2 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ -s1 & c1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\{v^k\} = [Srk] \dot{S}^{10}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & a2 \\ 0 & 0 & -a1 \\ -a2 & a1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c1 & s1 & 0 \\ -s1 & c1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & a2 \\ 0 & 0 & -a1 \\ -a2c1 - a1s1 & -a2s1 + a1c1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\{v^p\} = [Srp] \dot{S}^{10}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & a2 \\ 0 & 0 & -a1 \\ -a2 & a1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c1 & s1 & 0 \\ -s1 & c1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & -a4 \\ 0 & 0 & -a3 \\ a4c1 - a3s1 & a4s1 + a3c1 & 0 \end{bmatrix}$$

dimana:  $[\Omega^1] = \dot{S}^{10} [S^{10}]$

$$[\Omega^{10}] = [S^{10}] [S^{10}] = x^3 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

karena itu, turunan dari kecepatan parsial matriks adalah sebagai berikut

$$[\dot{S}^m] = [S^m] [\Omega^{10}] [S^{10}] = \ell/2 \cdot x^3 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -c1 & -s1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[\dot{S}^k] = [S^k] [\Omega^{10}] [S^{10}] = x^3 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -ak1+a2s1 & -as1+c2s1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[\dot{S}^p] = [S^p] [\Omega^{10}] [S^{10}] = x^3 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -a3s1-a4s1 & -a3s1+a4c1 & 0 \end{bmatrix}$$

• Kecepatan Sudut Skew Matriks (Angular Velocity Skew Matrices)

Dari persamaan (2.3.16), skew matriks untuk  $\bar{\omega}$  adalah:

$$[\bar{\omega}]^k = \begin{bmatrix} 0 & -a_3 & a_2 \\ a_3 & 0 & -a_1 \\ -a_2 & a_1 & 0 \end{bmatrix}$$

$[\Omega_x^{01}]$  adalah skew matriks dari

$$\{x\}^T [\omega^1]$$

$$\{x\}^T [\omega^1] = [0 \ 0 \ x^3] [I] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ x^3 \end{bmatrix}$$

$$[\Omega_x^m] = x^3 \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [\Omega^{10}]$$

$$[\Omega^{10}] = [S^{10}] [S^{10}] = x^3 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

kita dapat mencari matriks [W], yang mana matriks [W] ditransformasikan ke (y) dan turunan (xdot).

$$\{y\} = [0 \ 0 \ x^3]$$

$$\{\dot{x}\} = [0 \ 0 \ x^3]$$

dari persamaan diatas, didapat matriks [W]

$$[V^m] = \{x\} \{y\}^T$$

$$[V^k] = [V^m]$$

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

• Kecepatan pusat massa (Mass Center Velocities)

$$\bar{V}^m = \{y\}^T [V^m] \{\bar{n}\} = \{x\}^T [V^k] [V^m] \{\bar{n}\}$$

$$= 1/2 \ell x^3 (s1\bar{n}1 - c1\bar{n}2)$$

$$\bar{V}^k = \{y\}^T [V^k] \{\bar{n}\} = \{x\}^T [V^r] [V^k] \{\bar{n}\}$$

$$= [0 \ 0 \ x^3] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & a2 \\ 0 & 0 & -a1 \\ -a2s1-a3s1 & -a2s1+a4c1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{n}_1 \\ \bar{n}_2 \\ \bar{n}_3 \end{bmatrix}$$

$$= -x^3 (n1a2c1 + n1a3s1 + n2a2s1 - n2a4c1)$$

$$\bar{V}^p = \{y\}^T [V^p] \{\bar{n}\} = \{x\}^T [V^r] [V^p] \{\bar{n}\}$$

$$= [0 \ 0 \ x^3] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -a3c1-a4s1 & -a3s1+a4c1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{n}_1 \\ \bar{n}_2 \\ \bar{n}_3 \end{bmatrix}$$

$$= x^3 (n1(a4 - a3s1) + n2(a4s1 + a3c1))$$

• Percepatan Pusat Massa (Mass Center Accelerations)

$$\bar{a}^m = (\{y\}^T [V^m] + \{y\}^T [V^m]) \{\bar{n}\}$$

$$= 1/2 \ell x^3 (s1\bar{n}1 + c1\bar{n}2) - 1/2 \ell x^3 (c1\bar{n}1 + s1\bar{n}2)$$

$$\bar{a}^k = (\{y\}^T [V^k] + \{y\}^T [V^k]) \{\bar{n}\}$$

$$= [x^3 (-a2c1 - a1s1) + x^3 (-a1x^3c1 + a2x^3s1)] \bar{n}1 + [x^3 (-a2s1 + a1c1) + x^3 (-a1x^3s1 - a2x^3c1)] \bar{n}2$$

$$\bar{a}^p = (\{y\}^T [V^p] + \{y\}^T [V^p]) \{\bar{n}\}$$

$$= [x^3 (a4c1 - a3s1) + x^3 (-a3x^3c1 - a4x^3s1)] \bar{n}1 + [x^3 (a4s1 + a3c1) + x^3 (-a3x^3s1 + a4x^3c1)] \bar{n}2$$

- Persamaan Gerak (*Equations of Motion*) Matriks Massa

$$[U] = \sum_{i=1}^n m_i \{v_i^T \ddot{X}_i^T\} + \sum_i [\omega^T] I_{i,w} \{\dot{\omega}^T\}$$

$$[a] = m_i \{v_{i,w}^T \ddot{w}^T\} + [\omega^T] I_{i,w} \{\dot{\omega}^T\}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/4 m_1 l_1^2 s^2 + 1/4 m_1 l_1^2 c^2 + 1/12 m_1 l_1^2 \end{bmatrix}$$

$$a_{(3,3)} = 1/4 m_1 l_1^2 s^2 + 1/4 m_1 l_1^2 c^2 + 1/12 m_1 l_1^2$$

Jadi hasil matriks massa (a) terdiri dari energi kinetik translasi yaitu berupa percepatan tangensialnya dan energi kinetik rotasi yaitu berupa percepatan sudut dari lengan ayun tersebut.

$$[U] = \sum_{i=1}^n m_i \{v_i^T \ddot{X}_i^T\} + \sum_i [\omega^T] I_{i,w} \{\dot{\omega}^T\}$$

$$[U] = m_i \{v_{i,w}^T \ddot{w}^T\} + [\omega^T] I_{i,w} \{\dot{\omega}^T\}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[U] = \sum_i [\omega^T] I_{i,w} \{\dot{\omega}^T\}$$

$$[c] = [c] \ddot{X}_i^T \{v_i^T \dot{\omega}^T\}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- Gaya gravitasi (fg)

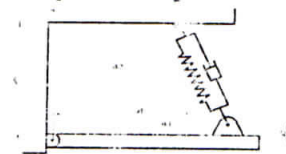
$$[f/g] = [0 \quad -m \cdot g \quad 0]$$

$$[f/g] = (V_{w\_m}) \cdot [f/g]$$

- Gaya pegas (fk)

Gambar 7.

Model lengan ayun untuk menentukan posisi pegas dan peredam



$$rk1 = [a1 \quad a2 \quad 0]$$

$$rk2 = [a5 \quad a6 \quad 0]$$

$$P1 = ([rk1]^T [S10]) \cdot [a]$$

$$P2 = rk2$$

$$C = (P1 - P2)$$

$$F_{kf} = ([C] - C_0)k \cdot [C] \rightarrow$$

$$\{F_{2k}\} = -\{F_{2k}\}$$

Jadi gaya pegas

$$fk = [v_w^{k1}] \{F_{2k}\} + [v_w^{k2}] \{F_{2k}\}$$

$$fk = ([v_w^{k1}] - [v_w^{k2}]) \{F_{2k}\} \rightarrow$$

$[v_w^{k2}]$  nilainya = 0, karena kecepatan pusat massa benda 0/fk (diam)

- Gaya peredam (fc)

$$F_{kf} = (V_{mk1}) \cdot c \cdot [C]$$

Dimana kecepatan pusat massa pegas di benda 1 dan benda 0 adalah

$$v_{mk1} = \{x\}^T [v_w^{k1}] \{n\}$$

$$v_{mk2} = \{x\}^T [v_w^{k2}] \{n\}$$

$$fc = [v_w^{k1}] \{F_{2k}\} + [v_w^{k2}] \{F_{2k}\} = ([v_w^{k1}] - [v_w^{k2}]) \{F_{2k}\} \rightarrow [v_w^{k2}]$$

nilainya = 0, karena kecepatan pusat massa benda 0/fk (diam), Gaya P pada ban (fp)



$$F_p = P \cdot [S10] \cdot [\cos \alpha ; \sin \alpha ; 0]$$

$$f_p = [Vw\_p] \cdot [F1]$$

- Gaya gabungan (f)

$$\{f\} = \sum_k \left[ \frac{1}{w} \right] \{f_k\} + \sum_k \left[ \frac{1}{w} \right] \{M_k\}$$

$$\{f\} = \begin{bmatrix} 0 \\ -m \cdot 1g \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow f_l \text{ gaya gravitasi}$$

$$F_{kl} = \begin{bmatrix} (-a2s1 + a1c1 - a5 + l_0)k \\ (a1s1 + a2c1 - a6 + l_0)k \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow F_{kl} \text{ gaya pegas}$$

$$f_d = \begin{bmatrix} x \cdot 3(a2c1 + a1s1) \\ x \cdot 3(a2s1 - a1c1) \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow F_d \text{ gaya peredam}$$

$$F_p = \begin{bmatrix} P \cdot c1 \cdot \alpha - P \cdot s1 \cdot \alpha \\ P \cdot s1 \cdot \alpha - P \cdot c1 \cdot \alpha \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow F_p \text{ pada ban belakang}$$

$$\{f\} = \frac{1}{w} \{f_l\} + \frac{1}{w} \{F_p\} + \frac{1}{w} \{F_{kl}\} + \frac{1}{w} \{F_d\}$$

$$f_g = [-1/2/c1m \cdot 1g]$$

$$f_p = [a5Ps(\alpha) + a4Pc(\alpha)]$$

$$f_k = \{((c2a1 - c1s1) \cdot x \cdot (c2a1 + c1s1)) \cdot c + ((c2a1 + c1s1) \cdot x \cdot (c2s1 + c1c1)) \cdot c\}$$

$$f_d = \{(-c2a1 - c1s1) \cdot (-c2s1 + c1c1 - c1s1) \cdot k + (-c2a1 - c1c1) \cdot (c1s1 + c2c1 - a6 + l_0) \cdot k\}$$

substitusikan ke {f}, sehingga kita dapat

$$f_{31} = a3Ps\alpha + a4c\alpha - ka2s1l_0 + ka2s1c6 - k1s1l_0 + k1s1c5 - ka2c1l_0 + ka2c1a5 - 1/2 \cdot c1 \cdot m \cdot 1g - x \cdot 3 \cdot c1 \cdot a2^2 - x \cdot 3 \cdot c1 \cdot a1^2 + k \cdot a1 \cdot l_0 - k \cdot a1 \cdot c6$$

- Persamaan gerak

Jadi persamaan gerak akhir didapat seperti berikut, dimana matriks (b) dan matriks (c) nilainya = 0, sehingga

$$\begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ x \cdot 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{1,1} \\ f_{2,1} \\ f_{3,1} \end{bmatrix}$$

$$[a_{3,3}] \{\ddot{y}\} = [f_{3,1}]$$

$$\left[ \frac{1}{4m_1 c_1^2 s_1^2 + 1/4m_1 c_1^2 c_1^2 + 1/12m_1 c_1^2} \right] \{\ddot{y}\} = \left[ \frac{c_1 a_3 P s \alpha + a_4 c \alpha - k a_2 s_1 l_0 + k a_2 s_1 c_6 - k a_1 s_1 l_0 + k a_1 s_1 c_5 - k a_2 c_1 l_0 + k a_2 c_1 a_5 - 1/2 \cdot c_1 \cdot m \cdot 1g - x \cdot 3 \cdot c_1 \cdot a_2^2 - x \cdot 3 \cdot c_1 \cdot a_1^2 + k a_1 l_0 - k a_1 c_6}{k a_2 c_1 a_5 - 1/2 \cdot c_1 \cdot m \cdot 1g - x \cdot 3 \cdot c_1 \cdot a_2^2 - x \cdot 3 \cdot c_1 \cdot a_1^2 + k a_1 l_0 - k a_1 c_6} \right]$$

### Metode Runge-Kutta

Bila suatu sistem dinamik dieksitasi oleh eksitasi non periodik  $F(t)$  yang tiba-tiba, maka respon terhadap eksitasi ini disebut respon transien karena biasanya osilasi keadaan tunak tidak diproduksi. Untuk menghitung respon getaran dengan gaya pengekstiasi yang tidak dapat dinyatakan oleh fungsi analitik sederhana, maka diperlukan sebuah metode penyelesaian matematika yang sesuai. Metode Runge-Kutta membantu kita dalam memecahkan suatu persamaan diferensial apabila persamaan tersebut tidak dapat diintegrasikan dalam bentuk tertutup.

Perhitungan Runge-Kutta dikenal karena perhitungan ini dapat dimulai sendiri dan hasilnya mempunyai ketelitian yang baik. Dalam metode Runge-Kutta persamaan diferensial orde kedua mula-mula direduksi menjadi dua persamaan orde pertama. Sebagai contoh, persamaan diferensial untuk sistem satu derajat kebebasan, dapat ditulis sebagai (Thomson, 1992, hal 122)

$$\ddot{x} = \frac{1}{m} [F(t) - kx - c\dot{x}] = f(x, \dot{x}, t) \quad (13)$$

Dengan mengambil  $\dot{x} = y$ , persamaan diatas direduksi menjadi dua persamaan orde pertama sebagai berikut:

$$\dot{x} = y$$

$$\dot{y} = f(x, y, t)$$

$x$  dan  $y$  sekitar  $x_0$  dan  $y_0$  dapat dinyatakan dalam deret Taylor.

Dengan mengambil pertambahan waktu  $h = \Delta t$  (Thomson, 1992, hal 122)

$$x = x_i + \left(\frac{dx}{dt}\right)_i h + \left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)_i \frac{h^2}{2} + \dots \quad (14)$$

$$y = y_i + \left(\frac{dy}{dt}\right)_i h + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)_i \frac{h^2}{2} + \dots \quad (15)$$

Dari pada menggunakan persamaan ini, turunan pertama dapat diganti dengan kemiringan (slope) rata-rata dan mengabaikan turunan orde yang lebih tinggi. (Thomson, 1992, hal 123)

$$x = x_i + \left(\frac{dx}{dt}\right)_{rata} h \quad (16)$$

$$y = y_i + \left(\frac{dy}{dt}\right)_{rata} h \quad (17)$$

Bila aturan Simpson digunakan, maka kemiringan rata-rata dalam selang  $h$  menjadi (Thomson, 1992, hal 123)

$$\left(\frac{dy}{dt}\right)_{rata} = \frac{1}{6} \left[ \left(\frac{dy}{dt}\right)_i + 4 \left(\frac{dy}{dt}\right)_{i+h/2} + \left(\frac{dy}{dt}\right)_{i+h} \right] \quad (18)$$

Metode Runge-Kutta sangat mirip dengan perhitungan diatas, kecuali bahwa suku tengah persamaan diatas dipecah menjadi dua suku dan empat nilai  $x$ ,  $y$ , dan  $f$  dihitung untuk tiap titik, i seperti berikut:

Tabel 2.  
Metode Runge Kutta

$T$	$X$	$y = \dot{x}$	$f = \ddot{x} = \ddot{y}$
$T_1 = t_i$	$X_1 = x_i$	$Y_1 = y_i$	$F_1 = f(T_i, X_i, Y_i)$
$T_2 = t_i + \frac{h}{2}$	$X_2 = x_i + Y_1 \frac{h}{2}$	$Y_2 = y_i + F_1 \frac{h}{2}$	$F_2 = f(T_2, X_2, Y_2)$
$T_3 = t_i + \frac{h}{2}$	$X_3 = x_i + Y_2 \frac{h}{2}$	$Y_3 = y_i + F_2 \frac{h}{2}$	$F_3 = f(T_3, X_3, Y_3)$
$T_4 = t_i + h$	$X_4 = x_i + Y_3 h$	$Y_4 = y_i + F_3 h$	$F_4 = f(T_4, X_4, Y_4)$

Disanpaikan pada Seminar Industri dan Teknologi [SNIT] 2008  
Bengkalis, 03-04 Desember 2008

Besaran-besaran ini selanjutnya digunakan dalam formula pengulangan berikut (Thomson, 1992, hal 123)

$$x_{i+1} = x_i + \frac{h}{6} [Y_1 + 2Y_2 + 2Y_3 + Y_4]$$

$$y_{i+1} = y_i + \frac{h}{6} [F_1 + 2F_2 + 2F_3 + F_4] \quad (19)$$

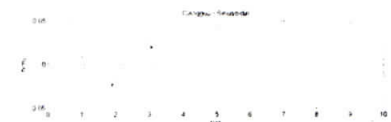
dimana dikenal bahwa keempat nilai  $Y$  dibagi dengan 6 menyatakan suatu kemiringan rata-rata  $dx/dt$  dan keempat nilai  $F$  dibagi 6 menghasilkan rata-rata  $d^2x/dt^2$  seperti yang didefinisikan oleh persamaan (19).

### 3. HASIL SIMULASI

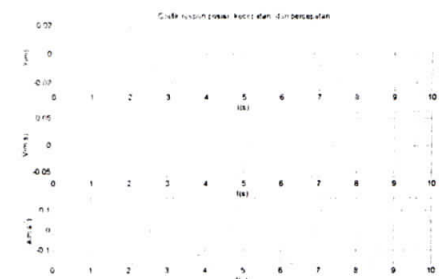
#### 3.1. Analisa Respon Dinamik

##### a) Gangguan Sinusoidal

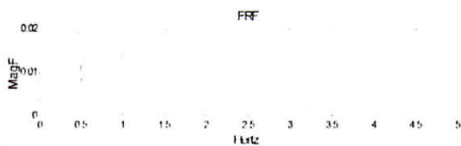
Gambar 8.  
Gangguan jalan untuk roda belakang sepeda motor pada kecepatan 10 km/jam



Gambar 9.  
Grafik respon suspensi belakang sepeda motor pada kecepatan 10 km/jam

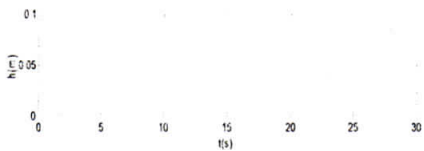


Gambar 10.  
Grafik FRF suspensi belakang sepeda motor pada kecepatan 10 km/jam

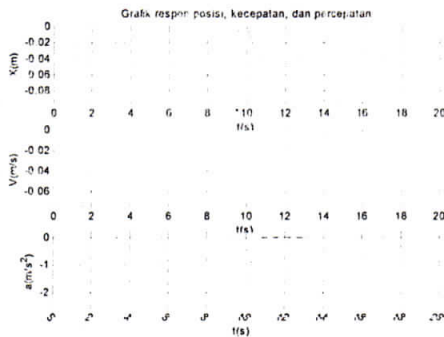


b) Gangguan Step

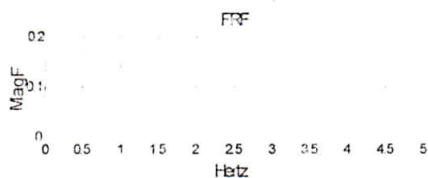
Gambar 11.  
Grafik Gangguan berupa Fungsi step



Gambar 12.  
Grafik respon suspensi belakang sepeda motor

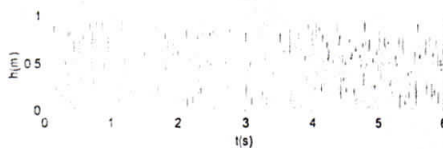


Gambar 13.  
Grafik FRF suspensi belakang sepeda motor

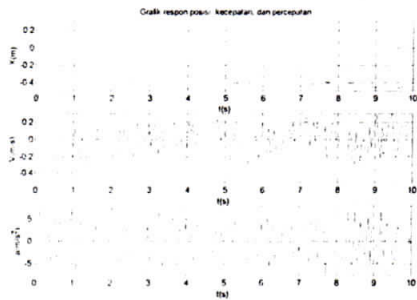


c) Gangguan Random

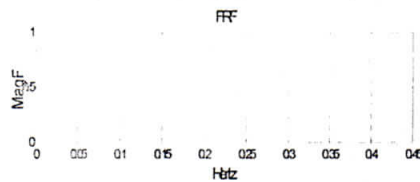
Gambar 14.  
Gangguan jalan untuk suspensi berupa fungsi random



Gambar 15.  
Grafik respon suspensi belakang sepeda motor dengan fungsi random



Gambar 16.  
Grafik FRF suspensi belakang sepeda motor



4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB yang dilakukan terhadap suspensi belakang sepeda motor yang dimodelkan sebagai suatu sistem benda jamak (*Multibody System*), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- [a] Pemodelan sistem merupakan suatu hal yang paling penting dalam suatu analisa respon dinamik. Suspensi belakang sepeda motor dalam pemodelan ini memiliki 1 derajat kebebasan.



- [b] Dengan memodelkan suspensi belakang sepeda motor dengan pendekatan *multibody system* (MBS), hasil analisa yang diperoleh akan lebih baik karena kita dapat melihat keadaan yang sesungguhnya (*real*) dari gerakan-gerakan yang terjadi pada lengan ayun dan pegas sepeda motor.
- [c] Pada grafik analisa respon dinamik sistem dengan model gangguan fungsi sinusoidal terlihat perpindahan vertikal pada suspensi belakang sepeda motor relative lebih kecil dari amplitudo gangguan yang diberikan, berarti sistem suspensi yang terpasang bekerja dengan baik.
- [d] Dengan membuat model gangguan berupa fungsi step, kita dapat melihat dengan lebih jelas bagaimana getaran yang terjadi pada suspensi belakang sepeda motor. Perpindahan vertikal maksimum yang terjadi pada suspensi belakang sepeda motor sebesar 0,03 meter, sedangkan tinggi step yang diberikan sebesar 0,1 meter.
- [e] Respon yang dihasilkan oleh gangguan oleh model gangguan berupa fungsi *random* merupakan respon transien, karena fungsi *random* merupakan eksitasi non periodik.
- [f] Dari grafik respon posisi untuk setiap model gangguan yang diberikan, terlihat bahwa perpindahan vertikal yang terjadi pada suspensi belakang sepeda motor relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan gangguan yang diberikan. Ini membuktikan kepada kita bahwa sistem suspensi yang dipasang pada sepeda motor bekerja dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andrew D. D. 1992. *Vibration for Engineers*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Popov, E. P. 1993. *Mechanics of Materials*. Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.

Farid, M. L. A. 1992. *Computational Methods in Multibody Dynamics*. Prentice Hall, New Jersey.

Kurniawan, A. 2004. *Pemodelan dan Analisis Respon Dinamik Gerbang Kereta Api Wisata*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Bung Hatta.

Satria, I. 1999. *Pemodelan Sistem Dinamik Pada Suspensi Kendaraan*. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung.

Parviz E. N. 1988. *Computer-Aided Analysis of Mechanical Systems*. Second Edition, Prentice Hall International.

Thomson, W.T. 1986. *Teori Getaran Dengan Penerapan*. Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.

Thomas W.H. & Wahyu A.P. *Analisis Dan Desain Kontrol Dengan Matlab*. Penerbit Andi, Yogyakarta