

PENGARUH UNSPRUNG MASS PADA SEPEDA MOTOR DENGAN SISTEM TRANSMISI CONTINUOUS VARIABLE TRANSMISSION (CVT)

Rahmadya Trias Handayanto

Abstract

For many years, engineers have been using programming language for calculating their designs. That languages are Fortran, C++, Basic and other console program and also Visual Basic, Visual C++, Delphi, Java and other GUI based program. After they have finished, sometimes they found inappropriate result, so they must re-calculate again. We could not only say that our design was right or wrong, designer must know what is the best result from our calculation based on nice, comfort, smooth and safety. In this paper I try to choose which programming language that support both numerical computation and simulation at the same time.

With MATLAB I try to show the simple coil spring design of two derees of freedom of suspension system and at the same time simulate the result by step response, impulse response, root locus and bode diagram. With this simple script we can compare CVT transmission with manual transmission in motorcycle related to unsprung mass effect.

Pendahuluan

Jenis kendaraan roda empat dapat dilihat dari jenis yang diangkut, apakah barang atau penumpang. Sedangkan untuk sepeda motor, hampir semuanya yang diangkut adalah penumpang, sehingga aspek kenyamanan menjadi utama. Walaupun ada jenis sepeda motor yang menonjolkan aspek "sport", tapi saat ini fakta membuktikan bahwa yang laris adalah tipe motor yang nyaman dan mudah digunakan. Tiap tahun, data penjualan motor matic terus meningkat, sehingga hampir semua produsen (Honda, Yamaha dan Suzuki) memasarkan

sepeda motor matic.

Keunggulan sepeda motor bertransmisi automatic (sering disebut matic) adalah nyaman pengendalannya. Kelemahannya mungkin hanya satu yaitu konsumsi bahan bakar yang lebih boros namun tetap lebih irit dibanding motor dua langkah.

Selain dari sisi transmisi yang automatic, ternyata motor matic memiliki struktur yang berbeda dengan motor manual. Letak mesin yang menyatu dengan sasis utama pada motor manual dipindah menyatu ke roda pada motor matic. Dampak yang nyata adalah susunan sprung dan unsprung

yang berbeda komposisi beratnya.

Ruang Lingkup

Tulisan ini hanya membatasi analisa pada pengaruh sprung dan unsprung mass saja, sebagai akibat dari struktur CVT yang meletakkan engine di luar dari sistem sasis utama. Kemudian simulasi hanya terbatas pada masukan tangga.

Tinjauan Pustaka

Teori getaran melihat suatu sistem menjadi tiga komponen yaitu: massa, pegas dan peredam. Untuk getaran pada kendaraan, kecuali kereta api, sistem dibagi menjadi dua derajat kebebasan dengan dua massa dan dua pegas.

Massa utama adalah massa yang terletak antara suspensi kendaraan dengan pengemudi, diberi istilah Sprung Mass. Berbeda dengan motor bertransmisi manual, motor matic unsprung mass-nya lebih besar karena bobot mesin sebagian besar berada pada unsprung mass.

Massa tambahan adalah massa yang terletak di bawah suspensi kendaraan tetapi di atas roda, diberi istilah Unsprung Mass.

Pegas utama merupakan rangkaian suspensi kendaraan yang terdiri dari pegas dan peredam (terkadang ditambah tabung udara). Sedangkan pegas tambahan merupakan pegas akibat udara pada ban. Untuk pegas tambahan biasanya harga redamannya diabaikan.

Berbeda dengan kendaraan

roda empat yang memiliki modus getaran yawing, pitching dan bouncing, pada kendaraan roda dua hanya ada dua modus yaitu bouncing (gerak naik turun) dan gerak coupling. Namun dalam tulisan ini hanya dianalisa perbedaan yang nyata akibat unsprung mass, yaitu bouncing saja.

Masukan yang digunakan sebagai uji coba suatu suspensi ada tiga yaitu impulse, step dan sinusoidal. Tetapi kebanyakan yang diuji adalah masukan step. Karena jarang dijumpai di lapangan bentuk jalanan yang sinusoidal (kecuali kasus khusus pada off road pada motocross).

Analisa Statika Struktur

Statika struktur merupakan dasar pertama dalam menganalisa getaran mekanis. Dalam analisa ini ditinjau pembobotan terhadap struktur bangunan mesin dari kendaraan. Teori analisa statika struktur digunakan dalam menghitung berat Sprung dan Unsprung Mass. Yang membedakan antara motor manual dengan matic adalah letak mesinnya. Pada motor matic letak mesin menyatu dengan roda belakang yang disangga ke sasis utama lewat engsel. Maka ada perbandingan antara bobot mesin yang diterima roda dengan mesin yang diterima sasis.

Teorema Getaran

Dibanding getaran akustik, getara mekanis lebih mudah karena variabel yang jelas (konstanta pegas, peredam dan massa).

Untuk mengetahui kualitas suspensi suatu kendaraan, telah dibuat berbagai macam model analisa. Kendaraan roda dua memiliki jumlah derajat kebebasan yang lebih sedikit dibanding dengan kendaraan roda empat. Roll (perputaran dengan sumbu-x yang searah laju kendaraan) tidak ditemukan, jadi hanya ada pitch (perputaran dengan sumbu -y) dan bounce (gerak naik turun).

Untuk mempelajari karakteristik getaran kendaraan, persamaan gerak tiap massa didasarkan pada hukum II Newton. Frekuensi alami dan perbandingan amplitudo ditentukan berdasarkan principle modes getaran sistem. Jika eksitasi sistem diketahui, responnya dapat diketahui dengan menyelesaikan persamaan gerak. Makin banyak derajat kebebasan, analisisnya makin kompleks sehingga dibutuhkan bantuan komputer dalam menganalisis getarannya.

Namun bisa saja untuk penyederhanaan, analisa hanya difokuskan pada gerak utama kendaraan. Untuk mengetahui karakteristik suspensi, khususnya pengaruh sprung dan unsprung mass, model seperti gambar di bawah ini.

Pengaruh Unsprung Mass

Umumnya pengurangan terhadap berat unsprung mass meningkatkan kenyamanan kendaraan karena frekuensi resonansi menjadi lebih tinggi dan peredam akan lebih efektif dalam mengurangi amplitudo. R. Schilling (Newnes, 1976: 239) me-

nyatakan bahwa untuk short bumps, penambahan berat unsprung mass dapat mengurangi perbandingan amplitudo, mengurangi "harshness". Tetapi untuk gelombang input dengan panjang gelombang tinggi, kondisinya akan menjadi buruk. Kemajuan yang telah dicapai saat ini adalah mengurangi kekakuan ban radial. Tetapi makin kecil kekakuan, kekakuan lateralnya juga berkurang, sehingga nilai kekakuan optimumnya perlu dipertimbangkan lebih jauh.

Pembahasan

Analisa suspensi kendaraan dengan komputer telah banyak dilakukan. Keuntungannya adalah kemampuan komputer untuk mengkalkulasi perhitungan pada model kendaraan yang kompleks. Misalnya riset yang dilakukan di universitas Delf Belanda (Newnes, 1976: 242) terhadap berbagai konfigurasi pegas dan peredam dengan analisa responnya yang lengkap.

Gambar di bawah ini memperlihatkan sistem dua derajat kebebasan massa, pegas dan peredam. Model matematisnya adalah sebagai berikut:

Dari hukum II Newton diperoleh persamaan:

$$\ddot{y}_2 + c_s(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k(y_2 - y_1) = 0 \quad (1)$$

$$m\ddot{y}_1 - c_s(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - k_s(y_1 - y_2) - c_s(\dot{y}_1 - \dot{u}) - k_1 - u = 0 \quad (2)$$

Dengan mengambil kondisi awal (kecepatan dan perpindahan) = nol, diperoleh persamaan – persamaan transformasi laplace:

$$(Ms^2 + c_x + k_x)Y_2(s) - (c_x + k_x)Y_1(s) = 0 \quad (3)$$

$$(ms^2 + (c_f + c_r)s + k_f + k_r)Y_1(s) - (c_f s + k_f)Y_2(s) - (c_r s + k_r)U(s) = 0 \quad (4)$$

Dengan mengeliminasi $Y_1(s)$ diperoleh transfer function:

$$\frac{Y_2(s)}{U(s)} = \frac{c_f c_r s^2 + (c_f c_r + c_x c_r + k_f k_r)s + k_f k_r}{M m s^4 + c_x (M + m) s^3 + [M(k_f + k_r) + k_x m + c_f c_r + c_x c_r - c_r^2] s^2 + k_f c_r s + k_f k_r} \quad (5)$$

Karena redaman ban (ct) dianggap nol, persamaan menjadi lebih sederhana:

$$\frac{Y_2(s)}{U(s)} = \frac{k_f c_r s + k_f k_r}{M m s^4 + c_x (M + m) s^3 + [M(k_f + k_r) + k_x m] s^2 + k_f c_r s + k_f k_r} \quad (6)$$

Dengan:

- kt = kekakuan pegas ban
- ks = Kekakuan Suspensi Total
- cs = Harga redaman suspensi
- M = Sprung Mass
- m = Unsprung Mass
- Y2(s) = Output yang dialami pengendara
- U(s) = Masukan

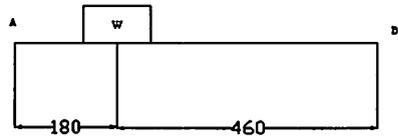
Fungsi Alih Motor Matic

Untuk perbandingan pengaruh sprung dan unsprung mass, pertama – tama dianalisa terlebih dahulu motor dengan CVT engine. Sebagai contoh diambil suzuki skywave nr sr II. Dengan rincian data sebagai berikut:

DIMENSI:

Panjang Keseluruhan mm	1.935
Lebar Keseluruhan mm	670
Tinggi Keseluruhan mm	1.070
Jarak Antara As Roda mm	1.285
Jarak Mesin ke Tanah mm	140
Berat Kendaraan kg	113
Berat Mesin kg	40

Posisi mesin CVT yang berada di luar sasis utama merubah komposisi unsprung mass dari motor konvensional. Untuk unsprung mass, dihitung berdasarkan distribusi gaya antara sasis dengan roda belakang.



Gambar 1 Distribusi Berat Mesin

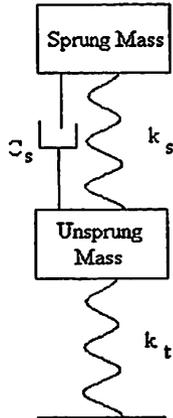
Titik A menyangga sasis sedangkan titik B menyangga roda. Jadi berat mesin (W) yang diterima sasis dan roda adalah:

Gaya penyangga di titik A akan me-

$$F_A = \frac{460}{(180 + 460)} \times W = \frac{460}{640} \times 40.g = 28,75 \text{ g Newton}$$

$$F_B = \frac{180}{(180 + 460)} \times W = \frac{180}{640} \times 40.g = 11,53 \text{ g Newton}$$

nambah komponen Sprung Mass sedangkan gaya penyangga pada B menambahkan komponen unsprung Mass. Sehingga Sprung Mass dan Unsprung Mass berturut – turut sebesar 96,75 dan 84,53 kg. Dengan asumsi berat roda 5 kg. Gambar di bawah ini melukiskan diagram benda bebas suspensi belakang Suzuki Sky Wave.



Gambar 2 Diagram Benda Bebas Suspensi Belakang Dengan data:

M	= 96,75 kg
m	= 16,53 kg
ks	= 30.000 N/m
Cs	= 14.000 N.s/m
Ct	= 0 (diabaikan)
kt	= 600.000 N/m

Dengan memasukan nilai di atas ke dalam persamaan (6) diperoleh fungsi alih:

$$\frac{Y_2(s)}{U(s)} = \frac{8,4 \times 10^6 s + 1,8 \times 10^{10}}{1599,3s^4 + 1582000s^3 + 61448400s^2 + 8,4 \times 10^6 s + 1,8 \times 10^{10}}$$

Fungsi Alih Motor Non-Matic

Untuk memudahkan membandingkan pengaruh Unsprung Mass, maka dibuat seandainya letak mesin pada sasis seperti motor non-matic, sehingga data-datanya adalah sebagai berikut:

M	= 108 kg
m	= 5 kg
ks	= 30.000 N/m
Cs	= 14.000 N.s/m
Ct	= 0 (diabaikan)
kt	= 600.000 N/m

Respon Terhadap Masukan Tang-

$$\frac{Y_2(s)}{U(s)} = \frac{8,4 \times 10^6 s + 1,8 \times 10^{10}}{540s^4 + 1582000s^3 + 68190000s^2 + 8,4 \times 10^6 s + 1,8 \times 10^{10}}$$

ga

Berikut ini script M-files dengan bahasa MATLAB yang melukiskan analisa dengan notasi sistem kontrol:

```
function pegas(M,m,ks,kt,cs)
a=kt*cs;
b=ks*kt;
c=M*m;
d=cs*(M+m);
e=(M*(ks+kt))+(ks*m);
f=kt*cs;
g=ks*kt;
G=tf([a b],[c d e f g])
step(G)
```

Dengan mengetikkan pada command window untuk motor matic:

```
>> pegas(96.75,16.53,30000,600000,14000)
```

Dilanjutkan dengan mengitik:

```
>>hold;
Current plot held,
Demikian juga untuk motor non-matic dengan menginput pada command window:
>>pegas(108,5,30000,600000,14000)
Dihasilkan respon grafik:
```

Pembahasan

Setelah didapat respon dalam bentuk grafik maka dapat dianalisa perbandingan kinerja antara sistem suspense matic dan non-matic. Hal-hal yang perlu dianalisa antara lain overshoot, Gambar 3 Respon fungsi Step motor matic & non-matic dengan program MATLAB

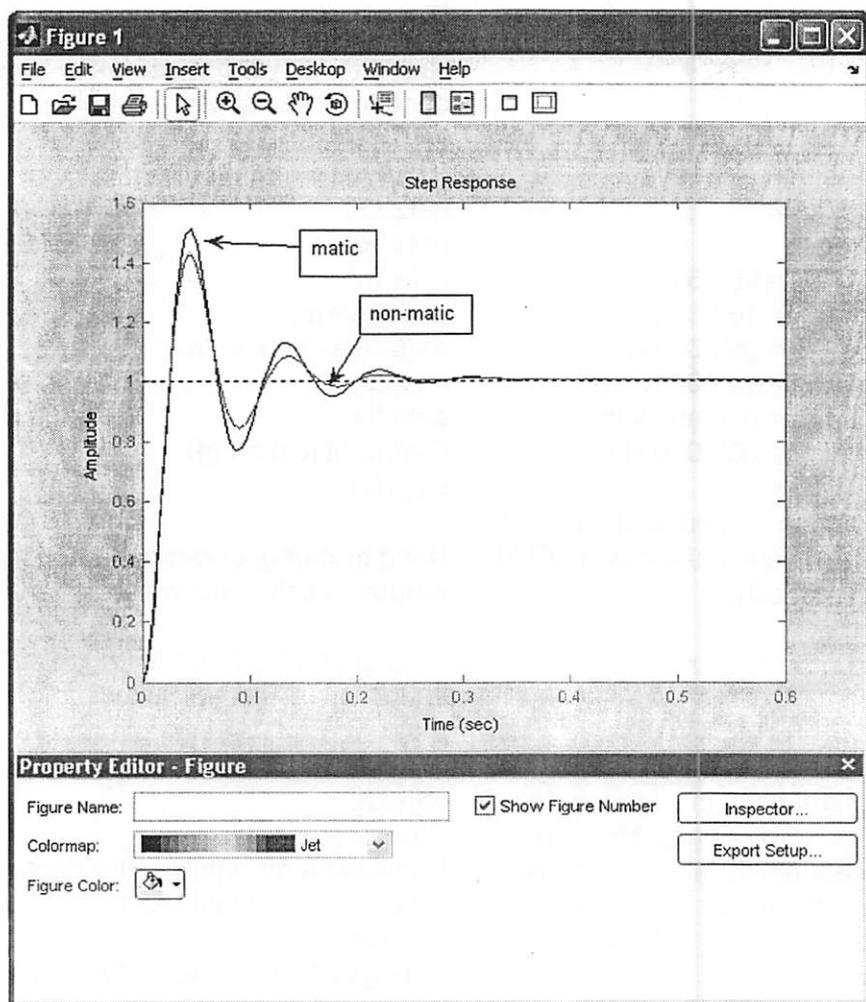
respon time serta harshness.

Overshoot

Overshoot adalah berapa persen kenaikan dari kondisi stabilnya. Pada gambar 3:

Untuk matic overshootnya sekitar $((1,5 - 1)/1) \times 100\% = 50\%$.

Untuk non matic, overshootnya sekitar



$((1,4 - 1)/1) \times 100\% = 40 \%$.

Jadi motor non-matic lebih baik dibanding motor matic karena harga overshootnya lebih tinggi.

Respon Time

Adalah seberapa cepat sistem mencapai kondisi kestabilannya. Pada gambar 3 dilihat waktu yang diperlukan sistem menyentuh garis 1 (biasanya 99% dari hasil akhir).

Untuk matic respons timenya sekitar 0,2 detik

Untuk non-matic respon timenya sekitar 0,26 detik.

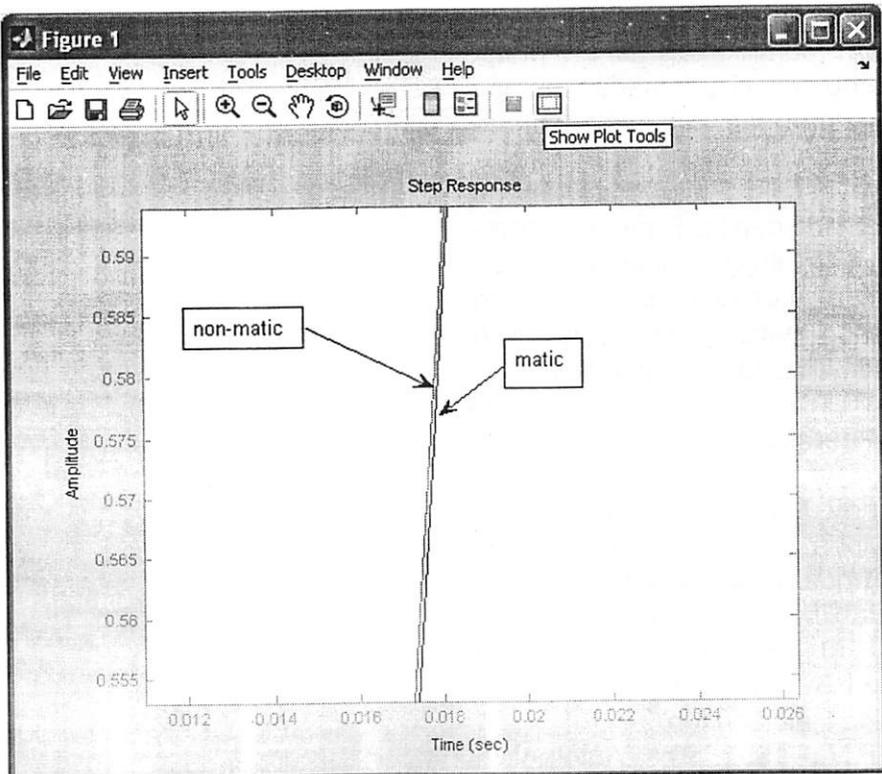
Gambar 4 Hasil pembesaran gambar 3 untuk melihat tingkat harshness

Jadi motor non-matic lagi-lagi lebih baik kinerjanya.

Harshness

Harshness adalah kekasaran suatu suspensi dalam merespon. Harshness diindikasikan seberapa cepat sistem merespon suatu gangguan, makin cepat berarti tingkat harshness-nya makin tinggi. Biasanya sistem dengan unsprung mass kecil (motor non-matic) lebih harshness dibanding unsprung mass yang besar (matic).

Untuk masalah harshness, motor matic lebih baik dibanding dengan motor non-matic.



Kesimpulan

Dari hasil analisa dapat ditarik kesimpulan bahwa motor matic dan non-matic memiliki karakter yang berbeda dari sisi suspensi akibat letak engine-nya. Letak engine yang berbeda mempengaruhi komposisi sprung dan unsprung mass yang pada gilirannya mempengaruhi juga respon terhadap gangguan yang terjadi. Dari tiga indikator yakni overshoot, respon time dan harshness, suspensi non-matic lebih baik dibanding matic, kecuali masalah harshness, matic sedikit lebih kebal terhadap gangguan (harshness lebih kecil).

Saran

Walaupun memiliki kelemahan, motor matic perlu dianalisa terhadap mampu redam getaran mesin bagi pengendaranya. Terutama motor keluaran suzuki (skywave, spin dan skydrive) karena antara engine dan sasis memiliki peredam di engselnya sehingga getaran mesin tidak begitu terasa dibanding motor non-matic yang seolah-olah pengendara duduk di atas mesin.

Daftar Pustaka

- Artamonov, M.D, V.A. Ilarianov, M.M. Merin, 1976, Motor Vehicles Fundamental and Design, Mir Publihers: Moscow.
- Gajic, C., M. Lelic, 1996, Modern Control System Engineering, Prentice Hall: London.
- Heldt, P.M., 1952, The Automotive

Chassis (Without Power Plant), NYACK: New York.

Newness, Butterworth, 1976, Handbook of Automotive Design, Butterworth and Co.: London.

Niemann, G., 1978, Machine Elements Design and Calculation in Mechanical Engineering, Springer – Verlag: UK.

Surdia, Tata, 1995, Pengetahuan Bahan Teknik, Pradnya Paramita: Jakarta.

Wong, J.Y., 1978, Theory of Ground Vehicle, John Willey and Sons: Kanada.