

KELAYAKAN PEGAS DAUN DALAM PENERIMAAN BEBAN OPTIMAL

DARYONO

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang

E-mail: daryono_umm@yahoo.com

ABSTRAK

Sampai saat ini banyak kendaraan darat yang menggunakan suspensi model pegas daun. Jenis suspensi ini terdiri dari beberapa susunan lempeng. Penelitian ini difokuskan sebatas test laboratorium saja dan tidak menggunakan pengujian lapangan atau eksperimen karenanya hasil atau kesimpulan yang diperoleh bersifat teoritis. Besarnya harga frekuensi natural dari semua mode getaran berdasarkan hasil modal analisis diperoleh harga diatas 100 Hz yang melampaui batas aman baik dari segi kemandirian desain konstruksi suspensi itu sendiri maupun bagi keamanan penumpangnya. Tetapi dengan menggunakan simulasi harmonik dengan input frekuensi sebesar 1 Hz samapi dengan 10 Hz dihasilkan besarnya simpangan atau amplitudo getar tidak lebih dari 20 mm yang masih masuk batas aman untuk kenyamanan penumpang atau manusia berdasarkan diagram kenyamanan menurut Jane Way. Hal inilah yang menyebabkan masih terpakainya suspensi jenis pegas daun untuk kendaraan darat oleh masyarakat pengguna otomotif.

Kata kunci: pegas daun, suspensi, keamanan, kenyamanan

ABSTRACT

Nowdays a lot of vehicle still used suspension Leaf spring either in front or in rear suspension. Commonly, his suspension consist of several peace of springs that called leaf spring. This research is focus on laboratory work without experimental test. As a result only theoretical conclusion. Natural frequency by modal analysis show that all mode are more than 100 Hz. It is very dangerous value of safety passengers and the suspension its self. But with harmonik simulation between 1 until 10 Hz input frequency will be resulted no more than 20 mm amplitude. This is the range where passenger still get comfortability according to Jane way diagram of comfort ability. Consequently a lot of people or automotive engineer still use this kind of suspension.

Key words: leaf spring, suspension, safety, comfort

PENDAHULUAN

Penggunaan pegas daun sebagai suspensi kendaraan untuk transportasi darat masih relevan eksistensinya yang mana hampir 85% suspensi untuk kendaraan truck menggunakan model suspensi pegas daun (Fu, 2002). Jika dilihat dari konstruksi dan kondisi pemasangan suspensi pegas daun ini menunjukkan adanya suatu keunikan yaitu pada susunan pegas yang melengkung dengan radius kelengkungan tertentu sampai lapisan yang paling akhir (Norman, 2002). **Demikian pula jika ditinjau** dari segi jumlah pemakain yang begitu relevan jumlahnya menunjukkan bahwa memang ada suatu keistimewahan yang tersembunyi pada konstruksi pegas daun atau "Leaf Spring" sebagai suspensi kendaraan darat ini. Namun belum ada suatu desain yang paling bagus mengenai berapa jumlah susunan lempeng pegas yang akan memberikan kualitas

kenyamanan maupun keamanan yang paling baik (Shankar, 2006).

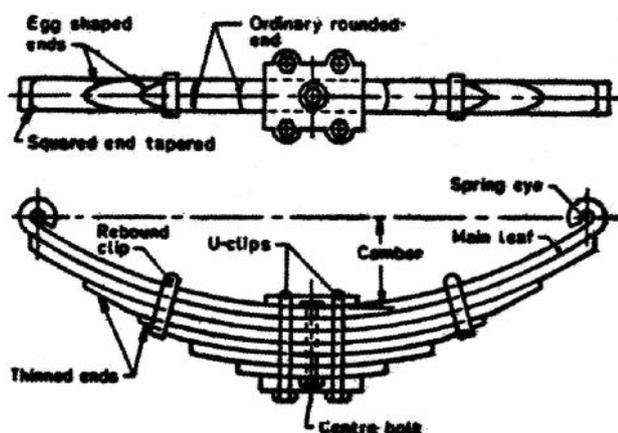
Beberapa penelitian yang berkaitan dengan hal ini antara lain optimasi gelagar tumpuan sederhana dengan menggunakan ANSYS' 5.4 mengungkapkan bahwa hasil optimasi menunjukkan bahwa dengan model lengkung dari geometri awal beberbentuk segi empat memberikan kekuatan yang sama dengan contour penuh. (Wijayanto dan Daryono, 2002). Dilanjutkan dengan studi karakteristik variasi gelagar dengan profil segi empat" menyatakan bahwa dengan radius kelengkungan tertentu ternyata memberikan kekuatan gelagar yang lebih tinggi dibanding model gelagar tanpa kelengkungan atau gelagar lurus untuk profil dan volume material yang sama (Miftahurrozi dan Daryono, 2005). Demikian juga penelitian tentang Studi Penggunaan Pegas daun sebagai suspensi mobil Kijang menyimpulkan

bahwa dengan model susunan seperti pada susunan kendaraan roda empat lainnya diperoleh harga tegangan maksimum yang terjadi masih di bawah batas harga kekuatan ijin bahan (Tomy dan Daryono, 2005).

Pada kesempatan ini akan dikaji karakteristik pegas daun akibat pembebanan dinamis dengan tujuan untuk mempelajari karakteristik dinamik yang berupa besar frekuensi dan amplitudo getaran pada kendaraan roda empat sehingga menghasilkan kenyamanan yang bisa diterima oleh manusia/ penumpang sesuai dengan kekuatan atau batas keamanan bahan pegas yang dimodelkan.

METODE

Pegas daun yang umumnya digunakan pada mobil adalah bentuk semi-eliptikal seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pegas daun ini terbentuk dari sejumlah pelat-pelat (berbentuk seperti daun). Daun-daun ini biasanya mempunyai ciri dilengkungkan sehingga daun-daun itu akan melayani untuk melentur menjadi lurus oleh karena kerja beban.



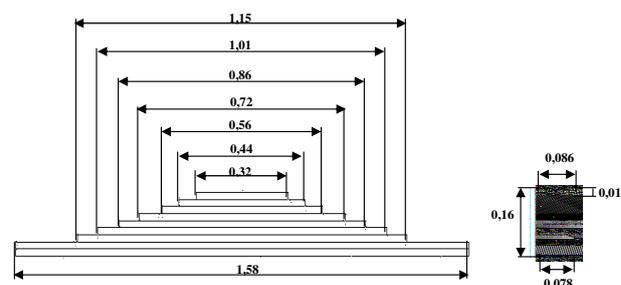
Gambar 1. Pegas Daun Semieliptikal

Daun-daun itu disatukan bersama oleh sabuk seperti gelang yang disusutkan melingkarinya pada posisi tengah atau dengan baut yang menembusnya di tengah. Sabuk tersebut menggunakan efek kuat dan kokoh, oleh karena itu panjang efektif pegas untuk melentur akan menjadi panjang keseluruhan pada pegas dikurangi lebar dari sabuk. Dalam hal sabuk tengah (*centre bolt*), dua per tiga jarak di antara pertengahan sabuk-U (*U-bolt*) akan dikurangi dari panjang keseluruhan pegas agar mendapatkan panjang efektif. Pegas ditumpukkan pada rumah poros dengan menggunakan sabuk-U.

Daun yang lebih panjang dikenal sebagai daun utama (*main leaf* atau *master leaf*) dengan ujung dibentuk menyerupai lubang mata yang mana di

pasang dengan baut untuk mengikat pegas pada tumpuannya. Biasanya pada mata tersebut, pegas disematkan pada sengkang (*shackle*), yang juga diberikan bantalan yang terbuat dari bahan anti gesekan seperti perunggu (*bronze*) atau karet (*rubber*). Daun pegas yang lainnya dikenal sebagai *graduated leaves*. Agar mencegah terjadinya gesekan atau desakan pada daun yang berbatasan, ujung-ujung dari *graduated leaves* diatur dalam bermacam-macam bentuk seperti diperlihatkan oleh gambar 1.

Daun utama akan melawan beban-beban lentur vertikal dan juga beban-beban yang disebabkan bagian samping kendaraan dan torsi, oleh karena adanya tegangan disebabkan oleh beban-beban ini, sudah menjadi kebiasaan memberikan dua daun dengan panjang penuh dan blok bantalan pada daun tersusun (*graduated leaves*) seperti ditunjukkan pada gambar 1. Jepitan pantul (*rebound clips*) diletakkan pada posisi pertengahan panjang pegas, sehingga susunan daun-daun juga ikut andil menghantarkan tegangan pada daun panjang penuh (*full length leaves*) ketika pegas memantul.



Gambar 2. Dimensi Pegas Daun (*Leaf Spring*)

Data-data spesifikasi *Dumptruck* sebagai berikut:

Merk Kendaraan: Nissan Type: CWB 520 HDN,
Berat bersih *Dumptruck*: 12.600 kg

Berat muatan *Dumptruck*: 17.400 kg, Panjang Chasis: 7,025 m, Lebar Chasis 1,256 m

Panjang *Dump*: 5 m, Dimensi panjang pegas daun *Dumptruck*:

Pegas No. 1: 1,58 m,

Pegas No. 2: 1,58 m,

Pegas No. 3: 1,15 m,

Pegas No. 4: 1,01 m,

Pegas No. 5: 0,86 m,

Pegas No. 6: 0,72 m,

Pegas No. 7: 0,56 m,

Pegas No. 8: 0,44 m,

Pegas No. 9: 0,32 m

Lebar Pegas Daun *Dumptruck*: 0,086 m,

Tebal Pegas Daun *Dumptruck*: 0,018 m

Bahan Pegas: Baja DIN 17222,

Modulus elastisitas (E): $20,6 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$
 Tegangan ijin (σ_p): $67 \cdot 10^9 - 2,16 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$,
 Density (ρ): 7850 Kg/m^3
 Angka poisson (ν): 0,34

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam metode penelitian ini mendapatkan data spesifikasi pegas dan kendaraan dari survei lapangan, maka dilakukan perhitungan beban maksimum yang harus diterima oleh pegas kemudian dilakukan pembuatan model dengan program ANSYS 6.0. Dalam pemodelan ini model yang dibuat berupa benda solid (3D). Dalam hal ini komponen-komponen suspensi belakang tidak digabungkan (*add*) melainkan hanya disambung (*Glue*) sehingga walaupun satu kesatuan (*solid*) tetapi masih dapat dipisah-pisah dengan memberikan nama pada tiap-tiap bagian yang telah dibuat tanpa memengaruhi hasil dari analisis.

Selanjutnya dilakukan uji modal analisis untuk mengetahui besar frekuensi natural yang terjadi pada model kemudian selanjutnya dilakukan uji harmonik analisis untuk mendapatkan besar distribusi tegangan dan distribusi defleksi pada masing-masing mode getaran yang terjadi. Selanjutnya akan dicari hubungan besar defleksi dan frekuensi natural yang terjadi untuk mendapatkan kualitas kenyamanan menurut standart *Jane way* sedangkan besar tegangan maksimum dikoreksi dengan kekuatan ijin bahan pegas yang disediakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan menggunakan *Software Ansys 6.0*. Perbandingan hasil analisis pegas daun suspensi belakang *dumptruck* disajikan di Tabel 1.

Analisa hasil simulasi ANSYS 6.0 dengan modal analisis diperoleh untuk kondisi pegas daun yang dimodelkan diperoleh 5 modus getar dengan besar frekuensi maksimum yang ditimbulkan oleh kontruksi pegas rata-rata diatas 100 Hz. Jika kondisi ini betul-betul terjadi saat mobil berjalan

maka tegangan maksimum yang akan terjadi pada lempengan pegas nomor empat diatas yaitu sebesar setara dengan $71,6 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan besarnya lendutan maksimum yang terjadi adalah sebesar 0,067 m atau sama dengan 67 mm, maka material yang tidak aman karena jauh melebihi kekuatan ijinnya juga akan memberikan efek yang sangat tidak nyaman bagi penumpangnya berdasarkan standart *Jane way*.

Kenyataannya eksitasi sistem suspensi untuk kendaraan roda empat ini salah satunya berupa profil jalan yang dalam penelitian kali ini dimodelkan sebagai fungsi sinusoidal akibat suatu tanjakan atau karena mobil harus melewati suatu celah jalan yang rusak dengan lebar celah tertentu. Sehingga dalam simulasi berikutnya atau pada langkah berikutnya mensimulasikan sistem suspensi pegas daun ini dalam kondisi gerakan harmonik dengan input frekuensi mulai sebesar 1 Hz sampai harga frekuensi maksimum akibat perubahan laju kecepatan kendaraan saat mau melewati profil jalan yang identik dengan fungsi sinusoidal tersebut. Dalam penelitian ini kami mengasumsikan bahwa kendaraan akan melewati profil sinusoidal ini tiap jarak lintasan 1 km sehingga jika kendaraan atau mobil benar-benar melaju dengan kecepatan 100 Km/jam, maka untuk menempuh jarak lintasan sepanjang 10 km akan terjadi pengulangan eksitasi sebanyak 10 kali dan besarnya frekuensi eksitasi sebagai input untuk gerak harmonik ini menjadi: $10/(10/100)$ kali/jam atau setara 1,65 Hz.

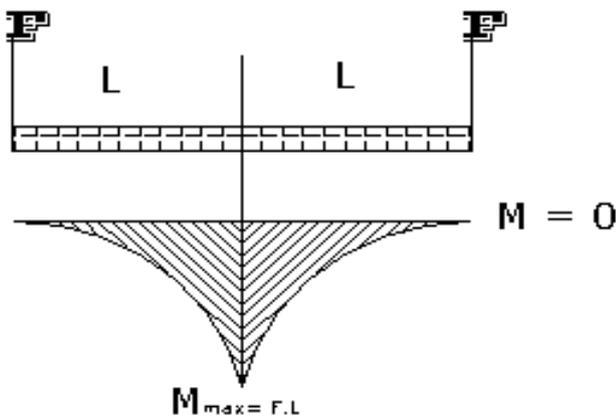
Untuk itu dalam simulasi ini kami membatasi besarnya frekuensi input pada mana mobil melewati profil jalan sinusoidal ini mulai dari 1 Hz sampai dengan batas nyaman menurut *Jane way*, walaupun kondisi reilnya masih berada di bawah harga frekuensi yang diinputkan. Hasil simulasi *harmonic analisis* menunjukkan bahwa amplitudo dan besarnya depleksi yang terjadi masih berada dalam ambang batas keamanan dan kenyamanan penumpang atau

Tabel 1. Hasil Analisis Pegas Menggunakan *Software Ansys 6.0*

	Tegangan Maksimum (Pa)	Tegangan Minimum (Pa)	Defleksi Maksimum (m)	Defleksi Minimum (m)
Pegas 1	$0,151 \cdot 10^9$	2095	$0,344 \cdot 10^{-3}$	0
Pegas 2	$0,7 \cdot 10^8$	$0,778 \cdot 10^7$	$0,345 \cdot 10^{-3}$	0
Pegas 3	$0,545 \cdot 10^8$	783047	$0,346 \cdot 10^{-3}$	0
Pegas 4	$0,746 \cdot 10^8$	934541	$0,347 \cdot 10^{-3}$	0
Pegas 5	$0,74 \cdot 10^8$	$0,397 \cdot 10^7$	$0,349 \cdot 10^{-3}$	0
Pegas 6	$0,731 \cdot 10^8$	$0,565 \cdot 10^7$	$0,351 \cdot 10^{-3}$	0
Pegas 7	$0,703 \cdot 10^8$	$0,573 \cdot 10^7$	$0,353 \cdot 10^{-3}$	0
Pegas 8	$0,619 \cdot 10^8$	$0,455 \cdot 10^7$	$0,355 \cdot 10^{-3}$	0
Pegas 9	$0,62 \cdot 10^8$	$0,432 \cdot 10^7$	$0,357 \cdot 10^{-3}$	0

manusia. yang terjadi. Demikian juga hasil simulasi dengan *harmonik analisis* ini menunjukkan bahwa harga tegangan maksimum yang terjadi pada tiap lempengan pegas masih berada dibawah harga kekuatan ijin bahan. Dengan demikian baik secara statis maupun dinamis pemakaian pegas daun sebagai suspensi kendaraan roda empat ini masih memenuhi syarat.

Melihat dari jumlah lempengan pada konstruksi pegas daun yang dianalisa maupun yang dipakai pada umumnya bahwa jumlah lempengan akan berpengaruh pada karakteristik suspensi. Hal ini memang benar adanya, mengingat walaupun dengan lima lempengan ternyata pada lempengan pegas tertentu yang justru menerima atau terjadi tegangan maksimum yang cukup besar disbanding pada lempengan yang lain. Karena itu dengan menganalisa atau memperhatikan hasil simulasi konstruksi susunan pegas dengan lima lempengan bisa dianalogkan bahwa untuk kondisi kendaraan yang sama serta dengan konstrain yang sama pula bisa dipastikan akan memberikan efek yang berbeda atau bahkan jauh berbeda jika jumlah susunan atau lempengan pegas dikurangi. Hal ini bisa dijelaskan dengan besarnya momen maksimum yang terjadi pada posisi tengah.



Gambar 3. Bidang Momen pada Model Pegas yang Dijepit di Tengah

Dengan demikian, semakin banyak susunan mestinya akan sanggup menahan atau memberika momen tahanan yang lebih kuat pula. Tetapi karena konstrin ruang dan biaya produksi yang ada, maka dengan sembilan lempengan ini kiranya kondisinya sudah menguntungkan baik ditinjau dari segi keamanan maupun biaya produksinya.

Ditinjau dari besarnya ampiltudo dan besarnya frekuensi eksitasi yang terjadi pada system suspensi diatas yang besarnya 1–6 Hz, maka menurut standart kenyamanan dari *Jane way* besarnya ampiltudo haruslah berada pada range 0 s/d 50 mm.

Sehingga dari hasil simulasi harmonik diatas bisa dikatakan bahwa pemakaian suspensi pegas daun pada poros belakang kendaraan roda empat ini masih memebrikan kenyamanan bagi penumpangnya.

Standar Kenyamanan menurut *Janeway*

Kenyamanan penumpang pada kendaraan darat telah dirumuskan oleh *Jane way* yang mendasarkan kenyamanan penumpang ini pada hubungan laju kecepatan, percepatan terhadap amplitude dan frekuensi getar yang terjadi. Pada umumnya tingkat kenyamanan tersebut didasarkan pada tiga level frekuensi yaitu masing-masing pada frekuensi level pertama pada 1–6 Hz, kedua pd frekuensi 6–20 Hz dan level ketiga pada frekuensi 20–60 Hz. Untuk level frekuensi 1–6 Hz harga maksimum dari Jerk atau besarnya percepatan getaran persatuan waktu tidak boleh melebihi 12,6 m/dt³ atau sebesar 496 in/detik³. Kalau getaran system dianggap atau dimodelkan sebagai getaran harmonik atau mengikuti fungsi sinusoidal: $x = A \sin \omega t$, maka harga jerk adalah:

$$\frac{d^3 x}{dt^3} = A\omega^3 \cos\omega t$$

Harga jerk akan maksimum jika harga $\cos\omega t = 1$, Jerk maks. = $A\omega^3$. Analog untuk percepatan dan kecepatan maksimum yang diturunkan dari persamaan perpindahan $x = A \sin \omega t$ di atas akan diperoleh:

– Untuk percepatan maksimum =

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -A\omega \sin \omega t = A\omega^2$$

– Untuk kecepatan maksimum =

$$\frac{dx}{dt} = A\omega \cos\omega t = A\omega$$

Yang mana untuk level frekuensi dari 1–6 Hz, besarnya amplitudo maksimum adalah:

$$A_1 = \frac{12,6}{\omega^3} \frac{m}{\left(\frac{rad}{dt^3}\right)} = \frac{12,6}{(2,3,14)^3} = 0,0508 \text{ m} = 2 \text{ in.};$$

$$(1 \text{ Hz} = 2\pi \text{ rad/dt})$$

Untuk level 2 mulai frekuensi 6–20 Hz besarnya percepatan maksimum yang diijinkan pada batas nyaman adalah: 0,33 m/dt². maka ampiltudo

maksimum yang diturunkan dari hubungan ini adalah:

$$A_2 = \frac{0,33}{\omega^2} \frac{\text{m}}{\text{rad}^2/\text{dt}^2} = \frac{0,33}{(2,3,14)^2} = .0,008..m$$

Untuk level frekuensi 20–60 Hz, besarnya amplitudo maksimum yang diijinkan didasarkan pada kecepatan maksimum yang diijinkan yaitu sebesar 2,7 mm/dt atau sekitar 0,105 in/dt, maka besar amplitudo maksimum yang diijinkan adalah:

$$A_3 = \frac{2,7}{\omega} \frac{\text{m}}{\text{rad}/\text{dt}} = \frac{2,7}{6,28} \text{mm} = 0,43 \text{mm}$$

Ditinjau dari besarnya ampiltudo dan besarnya frekuensi eksitasi yang terjadi pada system suspensi diatas yang besarnya 1–6 Hz, maka menurut standart kenyamanan dari *Jane way* besarnya amplitudo haruslah berada pada range 0 s/d 50 mm. Sehingga dari hasil simulasi harmonik diatas bisa dikatakan bahwa pemakaian suspensi pegas daun pada poros belakang kendaraan roda empat ini masih memberikan kenyamanan bagi penumpangya.

SIMPULAN

Dari penelitian, didapatkan bahwa harga frekuensi natural dari hasil modal analisis adalah untuk gerakan menyamping 115.Hz, untuk gerakan keatas dan ke bawah 149 Hz, untuk gerakan ke depan dan ke belakang 283 Hz, dan gerakan satu posisi 189 Hz. Dengan analisa harmonik mulai frekuensi 1–6 Hz diperoleh besarnya lendutan maupun tegangan maksimum masih dibawah harga yang diijinkan untuk material pegas yang dipakai.

DAFTAR PUSTAKA

- Fu, Cebon, 2002. Analysis of truck suspension data base, International Journal of Vehicle Design Heavy Vehicle System. National Taiwan University.
- Khurmi, G., 1982. Text Book of Machine Design. New Delhi.
- Miftahurrozi, D., 2003. Optimasi Kelengkungan Lempengan Pegas Daun. UMM.
- Nanang, T.S., 2004. Distribusi tegangan pegas Daun pada Dump Truck, UMM.
- Norman, E.D., 2002. Mechanical Behavior of Material International Student Edition.
- Shankar, V., 2006. Mono Composite Leaf Spring for Light Weight Vehicle. Journal material Science.
- Tomy, Daryono, 2005. Analisa Kekuatan Pegas Daun kendaraan Kijang, Technical Report, Graduate Student, UMM.
- Wijayanto, B. dan Daryono, 2002. Optimasi Gelagar Technical Report, Graduate student. UMM.