

OPTIMASI KINERJA SUSPENSİ UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN DENGAN VARIASI TEKANAN BAN DAN BERAT PADA KENDARAAN INNOVA 2000 CC

Gunawan¹,

Prodi Teknik Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal
Jl Semeru No. 3 Kota Tegal

ABSTRAK

Perkembangan teknologi kendaraan tidak hanya mengurangi tingkat emisi dan tingkat konsumsi bahan bakar saja namun peningkatan kenyamanan kendaraan sangat penting. Kenyamanan adalah parameter utama yang menentukan kualitas kendaraan. Kriteria getaran untuk tubuh manusia berdasarkan standar internasional ISO 2631(1974) dimana kendaraan transportasi dengan frekuensi 1–80 Hz. Salah satu bagian penting kendaraan yang berpengaruh besar terhadap keamanan dan kenyamanan kendaraan adalah sistem suspensi. Setelah dilakukan pengujian nilai amplitudo tertinggi 2,06 dan terendah 1,75. Hasil nilai getaran optimasi sebesar $10,780 \leq Y \leq 12,220$. $\omega = 12,57 \text{ rad/s}$. $\Omega_n = 12,7 \text{ rad/s}$, $f_n = 2,02 \text{ Hz}$, rasio redaman $\xi = 0,210$, $\delta = 0,163$. Perbandingan amplitudo ini mempunyai standar jika perbandingan frekuensi eksitasi (ω) dengan frekuensi pribadi (ω_n) lebih kecil dari $\sqrt{2} = 1,414$ maka amplitudo kendaraan bisa lebih besar dari amplitudo eksitasi jalan. Sebaliknya jika harga perbandingan tersebut lebih besar dari $\sqrt{2} = 1,414$ maka amplitudo getaran kendaraan lebih kecil dari amplitudo eksitasi jalan, kondisi inilah yang diharapkan pada kendaraan sehingga dampak getaran pada tubuh manusia tidak besar.

Kata Kunci : ISO 2631(1974), optimasi, tekanan ban, berat kendaraan, amplitudo.

ABSTRACT

The development of vehicle technology not only reduces the level of emissions and fuel consumption levels alone but increase vehicle comfort is very important. Convenience is the main parameter that determines the quality of the vehicle. Criteria vibration to the human body based on international standards ISO 2631 (1974) in which the transport vehicle with a frequency of 1-80 Hz. One of the important parts of vehicles which have great impact on the safety and comfort of the vehicle is the suspension system. After testing the highest amplitude value of 2.06 and the lowest was 1.75. Results of the optimization of the value of vibration $10.780 \leq Y \leq 12.220$. $\omega = 12.57 \text{ rad / s}$. $\Omega_n = 12.7 \text{ rad / s}$, $f_n = 2,02 \text{ Hz}$, damping ratio $\xi = 0.210$, $\delta = 0.163$. This amplitude comparison has standard if the comparison frequency excitation (ω) with the natural frequency (ω_n) is smaller than $\sqrt{2} = 1.414$ then the vehicle may be greater amplitude than the amplitude of the excitation path. Conversely, if the price comparison is greater than $\sqrt{2} = 1.414$ then the vehicle vibration amplitude smaller than the amplitude of the excitation path, this is the condition expected at the vehicle so that the impact of vibration on the human body is not great.

Keywords: ISO 2631 (1974), optimasion, tire pressure, vehicle weight, amplitude

PENDAHULUAN

Kenyamanan adalah parameter utama yang menentukan kualitas kendaraan. Salah satu kriteria kenyamanan bagi penumpang kendaraan yang terkena getaran vertikal adalah kriteria Janeway yaitu Society of Automotive Engineering (SAE) yang diwujudkan dalam manual ride and vibration. Kriteria getaran untuk tubuh manusia berdasarkan standar internasional ISO 2631(1974) dimana kendaraan transportasi dengan frekuensi 1–80 Hz. Salah satu bagian penting kendaraan yang berpengaruh besar terhadap keamanan dan kenyamanan kendaraan adalah sistem suspensi. Sistem suspensi berfungsi untuk menyerap getaran yang ditimbulkan oleh kondisi jalan yang tidak rata maupun menjaga stabilitas kendaraan pada berbagai kondisi jalan dalam rangka mereduksi oskilasi pada kendaraan (rolling, pitching, bouncing dan yawing) yang sangat berpotensi menimbulkan kecelakaan. Sistem suspensi terbagi menjadi dua bagian, yaitu sistem suspensi pasif dan sistem suspensi aktif. Sistem suspensi pasif memiliki konstanta peredaman dengan nilai konstan sehingga tingkat kenyamanan berubah mengikuti kondisi permukaan jalan. Sedangkan suspensi aktif merupakan tipe suspensi yang memiliki proses pengendalian. Kinerja suspensi baik pasif maupun aktif sangat ditentukan dari desain, kualitas komponen suspensi, kondisi ban serta komposisi berat kendaraan (masa terpegas dan masa tidak terpegas). Masa terpegas (sprung mass) adalah masa yang ditopang pegas yaitu bodi dan berat (penumpang dan barang didalamnya), sedang masa tidak terpegas (unsprung mass) adalah bagian di bawah pegas yaitu poros ban dan roda.

Analisa dan prediksi dari perilaku dinamik (dynamics behavior) dari sistem suspensi ditandai oleh gerakan vibrasi. Getaran sistem suspensi ini berisolasi terhadap posisi keseimbangan yang mempengaruhi kenyamanan dan keamanan berkendaraan. Sistem suspensi ini sendiri sangat kompleks untuk dianalisa, disini lain diperlukan kemampuan untuk memprediksi perilaku sistem suspensi itu sendiri. Pengembangan sebuah model matematis yang diasumsikan memenuhi syarat dalam menggambarkan sistem suspensi dengan banyak derajat kebebasan (multi degree of freedom). Permodelan dinamik merupakan gambaran nyata dari getaran pada kendaraan yang sebenarnya sehingga mudah dalam mempelajari dan analisis. Obyek dalam penelitian ini adalah mobil kijang innova 2000 cc th 2005, dengan Suspensi depan Double Whisbone, ukuran ban 205/65R15, berat aksel depan 820 kg dan berat Aksel belakang 1035 kg.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan mengkombinasikan enam variabel dan lima level serta menggunakan metode Industriel Taguchi. Matrik orthogonal Taguchi digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen dan kombinasi yang optimal.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara langsung pada saat pengujian dengan menggunakan alat uji suspensi

1. Alat dan bahan yang digunakan

Tabel 1. Bahan Penelitian

No	Jenis Bahan	Merek	Spesifikasi	Jumlah
1	Kantong Pasir		50 Kg	6 kantong

Tabel 2. Alat Penelitian

No	Jenis Alat	Merk	Spesifikasi	Jumlah
1	Unit Kendaraan	Toyota Innova	2000 cc	1 unit
2	Suspensi Tester	Beissbarth TL600		1 unit

Alat dan bahan

Bahan yang digunakan:

Kantong Pasir adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan barang, tetapi dipenelitian ini saya gunakan untuk menyimpan pasir agar dapat mengetahui pembebanan yang terjadi pada suspensi kendaraan, pada bagian depan dan belakang bila kendaraan diisi penuh dengan penumpang.

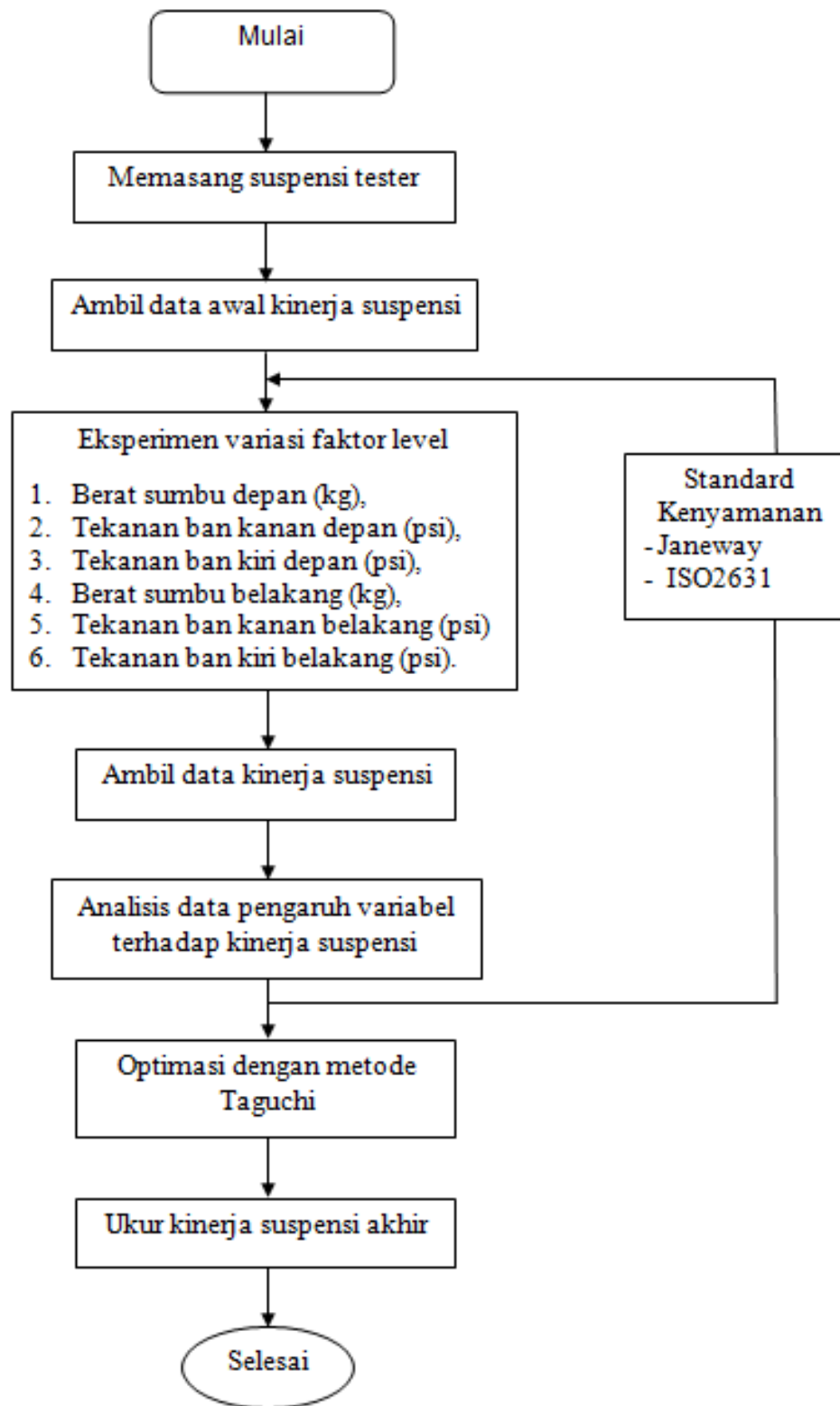
Alat penelitian

Kendaraan yang digunakan adalah satu buah kijang innova 2000 cc. Dimana dilakukan pengujian untuk mengetahui pembebanan yang terjadi pada kendaraan dengan menggunakan suspensi tester. Serta mengoptimalkan kemampuan chassis dengan dilakukan pengujian dengan menggunakan metode Taguchi. Taguchi merupakan pengujian eksperimental dimana untuk mengetahui pembebanan yang sesuai dengan kendaraan.

Kombinasi Faktor dan Variabel yang akan diteliti

Notasi	Variabel	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
A	Berat sumbu depan (kg)	820	870	920	970	1020
B	Tekanan ban kanan depan (psi)	19	23	27	31	35
C	Tekanan ban kiri depan (psi)	19	23	27	31	35
D	Berat sumbu belakang (kg)	1035	1085	1135	1185	1235
E	Tekanan ban kanan belakang (psi)	19	23	27	31	35
F	Tekanan ban kiri belakang (psi)	19	23	27	31	35

2. Bagan Alur Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa data pada penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap pengumpulan data dan tahap pengolahan data. Pengumpulan data meliputi kegiatan pembebanan sumbu depan dan belakang serta pemberian tekanan ban depan dan belakang kanan-kiri. Tahap kedua adalah pengolahan data meliputi pengelompokan data analisis variasi, identifikasi faktor-level, identifikasi faktor-level dominan dan memperkirakan hasil yang optimum.

Faktor dan level setelah dimasukkan ke dalam tabel matrik Taguchi menunjukkan uji kinerja suspensi berdasarkan tabel eksperimen Taguchi dengan 25 kali percobaan, A,B,C,D,E,dan F merupakan faktor pengujian sedang tingkat atau level yang akan diuji ditunjukkan pada kolom dan baris dengan ditunjukkan angka 1 sampai dengan 5 yang artinya ada 5 level pengujian. Dari matrik Taguchi di atas diperoleh hasil seperti tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3. Matrik taguchi L25(6^5) array

Eks	A	B	C	D	E	F	Hasil (Hertz)
1	820	19	19	1035	19	19	15,5
2	820	23	23	1085	23	23	14
3	820	27	27	1135	27	27	14
4	820	31	31	1185	31	31	14
5	820	35	35	1235	35	35	14
6	870	19	23	1135	31	35	13
7	870	23	27	1185	35	19	13
8	870	27	31	1235	19	23	13
9	870	31	35	1035	23	27	13,5
10	870	35	19	1085	27	31	13,5
11	920	19	27	1185	35	19	14
12	920	23	31	1235	19	23	14,5
13	920	27	35	1035	23	27	14,5
14	920	31	19	1085	27	31	13,5
15	920	35	23	1135	31	35	14
16	970	19	31	1235	19	23	16
17	970	23	35	1035	23	27	14
18	970	27	19	1085	27	31	14
19	970	31	23	1135	31	35	14
20	970	35	27	1185	35	19	15
21	1020	19	35	1035	23	27	14
22	1020	23	19	1085	27	31	13,5
23	1020	27	23	1135	31	35	15,5
24	1020	31	27	1185	35	19	13,5
25	1020	35	31	1235	19	23	14,5

Keterangan:

Faktor A : Berat sumbu depan (kg)

Faktor B : Tekanan ban kanan depan (psi)

Faktor C : Tekanan ban kiri depan (psi)

Faktor D : Berat sumbu belakang (kg)
Faktor E : Tekanan ban kanan belakang (psi)
Faktor F : Tekanan ban kiri belakang (psi)
sedangkan amplitudonya adalah sebagai berikut :

Ekperimen	Frekwensi(hertz)	Amplitudo
1	15,5	2.06
2	14	1.88
3	14	1.88
4	14	1.88
5	14	1.88
6	13	1.75
7	13	1.75
8	13	1.75
9	13,5	1.82
10	13,5	1.82
11	14	1.88
12	14,5	1.94
13	14,5	1.94
14	13,5	1.82
15	14	1.88
16	16	2.12
17	14	1.88
18	14	1.88
19	14	1.88
20	15	2.00
21	14	1.88
22	13,5	1.82
23	15,5	2.06
24	13,5	1.82
25	14,5	1.94

spesifikasi kijang innova

MODEL / TYPE	A / T					M / T							
	V		G		E	V	G			E	J		
	2.0L Gasoline	2.5L Diesel	2.0L Gasoline	2.5L Diesel	2.0L Gasoline	2.0L Gasoline	2.5L Diesel	2.0L Gasoline	2.5L Diesel	2.0L Gasoline	2.5L Diesel	2.0L Gasoline	
DIMENSI / DIMENSION													
Panjang/ Overall Length (mm)		4,585											
Lebar / Overall Width (mm)		1,775	1,760			1,775	1,760						
Tinggi / Overall Height (mm)		1,750											
Jarak Sumbu / Wheelbase (mm)		2,750											
Jarak Pijak / Tread	Depan / Front (mm)	1,510											
	Belakang / Rear (mm)	1,510											
Berat kosong (kg)		1.545	1.640	1.535	1.635	1.525	1.530	1.600	1.525	1.600	1.520	1.595	1.480

Level Faktor Optimum

Pengaruh tiap-tiap level dan faktor terhadap getaran dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 5. Tabel respon dari pengaruh faktor

Level	A (Berat sumbu depan)	B (Tekanan ban kanan depan)	C (Tekanan ban kiri depan)	D (Berat sumbu belakang)	E (Tekanan ban kanan belakang)	F (Tekanan ban kiri belakang)
1	14,30	14,50	14,00	14,30	14,70	14,20
2	13,20	13,80	14,10	13,70	14,00	14,40
3	14,10	14,20	13,90	14,10	13,70	14,00
4	14,60	13,70	14,40	13,90	14,10	13,70
5	14,20	14,20	14,00	14,40	13,90	14,10
Selisih	1,40	0,80	0,50	0,70	1,00	0,70
Rangking	6	4	1	2	5	3

Berdasarkan tabel 4.4 diatas dapat diketahui bahwa kombinasi level faktor untuk mendapatkan getaran terkecil diperoleh pada C3, D2, F2, B4, E3, A2 yaitu tekanan ban kiri depan 27 psi, berat sumbu belakang 1135 kg, tekanan ban kiri belakang 23 psi, tekanan ban kanan depan 31 psi, tekanan ban kanan belakang 27 psi dan berat sumbu depan 870 kg.

Berdasarkan hasil prediksi hasil penelitian yang optimum, kemudian dilakukan uji konfirmasi untuk membuktikan bahwa hasil optimasi berada dalam daerah penerimaan confident interval. Kombinasi level faktor prediksi hasil optimum pada getaran terkecil

diperoleh pada C3, D2, F2, B4, E3, A2 yaitu tekanan ban kiri depan 27 psi, berat sumbu belakang 1135 kg, tekanan ban kiri belakang 23 psi, tekanan ban kanan depan 31 psi, tekanan ban kanan belakang 27 psi dan berat sumbu depan 870 kg. Hasil percobaan konfirmasi dengan menggunakan kombinasi faktor level optimun adalah sebagai berikut:
Rerata Hasil Pengujian

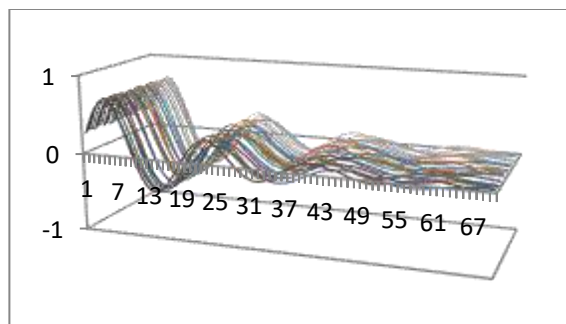
A	B	C	D	E	F	Tes 1	Tes 2	Tes 3	Rerata
870 kg	31 psi	27 psi	1135 kg	27 psi	23 psi	12	11,5	11,5	11,67

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa hasil pengujian getaran skala optimasi yaitu bernilai 11,67 yang masih berada dalam interval kepercayaan 10,780 sampai 12,220 berarti hasil uji konfirmasi getaran sebesar 11,67 berada dalam interval penerimaan.

Tabel 5. Hasil perhitungan analisa getaran

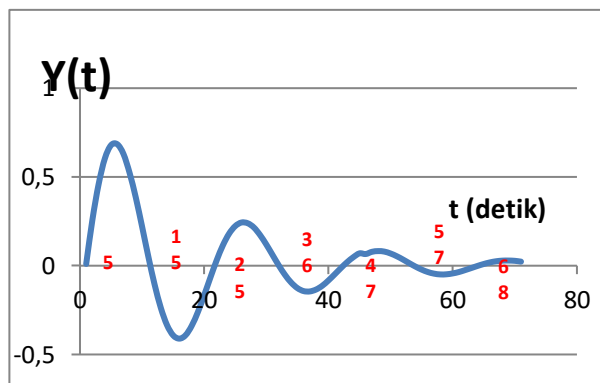
Eksperimen	K_s (kN/m)	K_w (kN/m)	C_s (kN det/m)	C_w (kN det/m)	K_{eq} (N/m)	C_{eq} (N det/m)	ω (rad/det)	ω_n (rad/det)	f_n (Hz)	r	ξ	ω_d (rad/det)
1	250	150	10	3.44	93750.00	2559.52	12.57	12.70	15.50	0.99	0.24	12.31
2	300	200	20	3.68	120000.00	3108.11	12.57	14.36	14.00	0.88	0.26	13.86
3	250	200	20	3.68	111111.11	3108.11	12.57	13.82	14.00	0.91	0.27	13.30
4	300	150	20	3.68	100000.00	3108.11	12.57	13.11	14.00	0.96	0.29	12.56
5	300	200	10	3.68	120000.00	2690.06	12.57	14.36	14.00	0.88	0.23	13.99
6	300	200	20	3.44	120000.00	2935.15	12.57	14.36	13.00	0.88	0.25	13.91
7	300	150	10	3.44	100000.00	2559.52	12.57	13.11	13.00	0.96	0.24	12.74
8	250	200	10	3.44	111111.11	2559.52	12.57	13.82	13.00	0.91	0.22	13.47
9	250	150	20	3.44	93750.00	2935.15	12.57	12.70	13.50	0.99	0.28	12.19
10	250	150	10	3.68	93750.00	2690.06	12.57	12.70	13.50	0.99	0.26	12.27
11	250	200	10	3.68	111111.11	2690.06	12.57	13.82	14.00	0.91	0.24	13.43
12	300	150	20	3.44	100000.00	2935.15	12.57	13.11	14.50	0.96	0.27	12.62
13	250	150	20	3.68	93750.00	3108.11	12.57	12.70	14.50	0.99	0.30	12.12
14	300	200	10	3.44	120000.00	2559.52	12.57	14.36	13.50	0.88	0.22	14.02
15	250	200	20	3.44	111111.11	2935.15	12.57	13.82	14.00	0.91	0.26	13.35
16	300	150	10	3.68	100000.00	2690.06	12.57	13.11	16.00	0.96	0.25	12.70
17	275	150	10	3.44	97058.82	2559.52	13.57	12.92	14.00	1.05	0.24	12.54
18	275	200	20	3.56	115789.47	3022.07	14.57	14.11	14.00	1.03	0.26	13.62
19	275	200	15	3.56	115789.47	2877.16	15.57	14.11	14.00	1.10	0.25	13.67
20	275	170	15	3.44	105056.18	2798.26	16.57	13.44	15.00	1.23	0.25	13.00
21	275	170	20	3.56	105056.18	3022.07	17.57	13.44	14.00	1.31	0.27	12.93
22	275	150	20	3.68	97058.82	3108.11	18.57	12.92	13.50	1.44	0.29	12.35
23	275	150	15	3.44	97058.82	2798.26	19.57	12.92	15.50	1.52	0.26	12.46
24	275	170	10	3.56	105056.18	2625.37	20.57	13.44	13.50	1.53	0.24	13.06
25	275	200	10	3.68	115789.47	2690.06	21.57	14.11	14.50	1.53	0.23	13.73

Hasil $Y(t)_1$ sampai dengan $Y(t)_{25}$ dapat digambarkan dengan grafik seperti di bawah ini:



Gambar 1. Persamaan Getaran Paksa dengan Peredaman

Dari 25 eksperimen menunjukkan bahwa 4 eksperimen mempunyai nilai frekuensi netral (f_n) terkecil yang sama, ditunjukkan pada gambar1 dan tabel 6 dibawah ini



Gambar 6. Persamaan Getaran Paksa Dengan Peredam Eksperimen 1, 9, 10 dan 13

Tabel 7. Persamaan Getaran Paksa Dengan Peredam Pada Eksperimen 1, 9, 10 dan 13.

Eksperimen	Fn (Hz)	ω_d (rad/s)	Amplitudo Y (t) Pada Waktu (detik)						
			5	15	25	36	47	57	68
1	15.5	12.7	0.6842	-0.4107	0.2433	-0.1449	0.0823	-0.0490	0.0289
9	13.5	12.7	0.6836	-0.4073	0.2375	-0.1429	0.0794	-0.0478	0.0281
10	13.5	12.7	0.6840	-0.4097	0.2415	-0.1444	0.0816	-0.0483	0.0286
13	14.5	12.7	0.6833	-0.4055	0.2387	-0.1415	0.0798	-0.0470	0.0280

Gambar 6 dan tabel 7 diatas menunjukkan bahwa pada eksperimen 9 dan 10 nilai frekuensi pribadi teredam (ω_d) dan amplitudo ($Y(t)$) terkecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Berdasarkan identifikasi faktor maka faktor-faktor yang berpengaruh adalah faktor berat sumbu depan (A), tekanan ban kanan depan (B), berat sumbu belakang (D), tekanan ban kanan belakang (E) dan tekanan ban kiri belakang (F).
2. Kombinasi level dari faktor ayng menghasilkan nilai rata-rata dan variasi penurunan getaran untuk kenyamanan berkendara yang optimal adalah C3, D2, F2, B4, E3, A2

yaitu tekanan ban kiri depan 27 psi, berat sumbu belakang 1135 kg, tekanan ban kiri belakang 23 psi, tekanan ban kanan depan 31 psi, tekanan ban kanan belakang 27 psi dan berat sumbu depan 870 kg.

3. Berdasarkan dari percobaan konfirmasi hasil pengujian getaran untuk keamanan dan kenyamanan berada pada interval penerimaan.
4. Jenis shock absorber yang di pakai pada sistem suspensi bagian depan kendaraan ini dengan nilai kekakuan pegas sebesar 250 kN/m, nilai kekakuan ban sebesar 150 kN/m, nilai koefisien peredam suspensi sebesar 20 kN s/m dan nilai koefisien peredam ban sebesar 3,68 kN s/m.
5. Dari 25 eksperimen menunjukkan bahwa 4 eksperimen mempunyai nilai frekuensi netral yaitu eksperimen 1, 9, 10 dan 13, eksperimen 9 dan 10 nilai frekuensi pribadi teredam (ω_d) dan amplitudo ($Y(t)$) mempunyai nilai terkecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Elbani, A. 2012. Kendalian pada Sistem Suspensi Kendaraan dengan Metoda Pole Placement dan Linier Quadratic Optimal Control. Jurnal Elkha, Vol. 4. No.1.
- Sutantra, N dan Sampurno, B, 2010, Teknologi Otomotif, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
- Reimpell J, Stoll H and Betzler JW. 2001. The Automotive Chassis: Engineering Principles. Second Edition, Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford.
- Gillespie, TD. 1992. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Society of Engineers, Inc, Warrendale.
- Wong, J.Y. 1978. Theory of Ground Vehicle. John Wiley & Sons, New York.
- Daryono. 2009. Optimasi Disain Model Pegas Daun Suspensi Kendaraan Dump Truck. Lembaga Penelitian, UMM, Malang.
- Susatio dan Biyanto. 2006. Perancangan Sistem Suspensi Aktif pada Kendaraan Roda Empat, Menggunakan Pengendali Jenis Robust Proporsional, Integral dan Derivatif. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 8, No. 2.
- Karmiadi D.W. 2011. Optimasi Desain Material, Komponen, Konstruksi: Teori Dasar & Aplikasi. Engineering Clinics FTUP, Jakarta.
- Achmad, A. 2002. Rancang Bangun Sistem Suspensi Semiaktif Untuk Peningkatan Kenyamanan Kendaraan. Jurnal Teknik Mesin, Volume 2, Nomor 1
- Wibowo, 2011. Perancangan Karakteristik Sistem Suspensi Semi Aktif Untuk Meningkatkan Kenyamanan Kendaraan, Jurnal Teknik Mesin, Volume 10, Nomor 1
- Stone, Richer and Jeffrey K. Ball, 2004. Automotive Engineering Fundamentals, SAE Permission 400 Commonwealth Drive, USA