

M2-010 Desain Kursi Traktor Pertanian

Fransye Joni Pasau¹, Subagio² dan Teguh Pudji Purwanto²

¹) Mahasiswa Program Pascasarjana Jurusan Teknik Mesin dan Industri

²) Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik

Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta 55281, Indonesia

E-mail: ff_sye@yahoo.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi Getaran yang merambat dari getaran roda ke pengendara melalui kursi. Mekanisme kursi adalah mekanisme gunting dan Shock absorber yang digunakan dalam eksperimen ini ada empat buah (S1, S2, S3 dan S4) yang dibeli dipasaran lokal dengan kekakuan yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan kondisi medan yang dibuat bergelombang untuk mensimulasi lahan pertanian. Kursi diletakkan di atas kendaraan roda empat sebagai pengganti traktor melalui jalan yang bergelombang, kemudian ditarik dengan menggunakan mobil yang melintasi jalan lurus dan datar. Dua buah accelerometer, dipasang pada kursi dan pada traktor pertanian. Kondisi jalan yang dilalui traktor mula-mula datar sepanjang 1 m, kemudian dibuat bergelombang dengan panjang gelombang 1 m dan kedalaman 0,15 m sepanjang 5 m. Lintasan selanjutnya, kedalaman menjadi 0,10 cm sepanjang 5 m dan berubah lagi kedalamannya menjadi 0,05 cm sepanjang 2 m, dan akhirnya berupa jalan datar sepanjang 1 m. Traktor ditarik dengan menggunakan mobil Susuki Katana dengan kecepatan 10 km/jam (pada speedometer) yang melintasi jalan lurus dan datar. Pencatatan waktu dilakukan secara manual dengan menggunakan stopwatch diamond grade 1, dimulai pada saat traktor bergerak dan berhenti pada jarak 14 m dari posisi awal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, respon suspensi S4 memberikan hasil yang terbaik.

Kata kunci: Kursi traktor pertanian, track buatan, suspensi pasif

1. Pendahuluan

Di era teknologi maju saat ini ada banyak cara yang telah dilakukan oleh desainer kendaraan untuk menghasilkan kenyamanan dan keselamatan bagi pengendaranya, dengan tujuan untuk memaksimalkan kualitas pekerjaan mereka, mengurangi stres selama bekerja, serta memperlambat datangnya kelelahan. *Whole body vibration (WBV)*, yang merupakan getaran yang ditransfer dari mesin dan getaran roda, cenderung membawa dampak pada manusia berupa ketidaknyamanan, pekerjaan menjadi tidak maksimal dan dapat mengakibatkan sakit punggung akut yang permanen.

Ada tiga cara yang digunakan untuk mereduksi getaran, pertama adalah meletakkan sistem suspensi antara ban dan dudukan kendaraan, ini adalah cara yang baik untuk kendaraan umum, tetapi tidak untuk traktor pertanian. Kedua adalah meletakkan sistem suspensi pada kabin, tetapi kendaraan umum kebanyakan tidak memiliki sistem ini karena ongkosnya tinggi. Ketiga adalah meletakkan sistem suspensi pada kursi, dimana kursi adalah komponen yang paling penting dari kendaraan dan merupakan tempat bagi pengendara menghabiskan sebagian waktunya. Cara ketiga ini banyak dijumpai pada kendaraan *off-road* dan traktor pertanian.

Dari pengamatan pada kursi traktor pertanian, kiranya menarik untuk dilakukan suatu penelitian yang berhubungan dengan WBV, karena frekuensinya yang rendah dan amplitudonya yang tinggi. Sampai saat ini berbagai penelitian mengenai sistem suspensi pada traktor pertanian telah banyak dilakukan. Sistem suspensi yang digunakan dapat berupa suspensi pasif, semiaktif dan aktif. Pada penelitian ini sistem suspensi yang digunakan adalah sistem suspensi pasif yang akan diletakkan pada sebuah desain kursi untuk traktor pertanian. Faedah yang diharapkan ialah bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan industri traktor pertanian.

2. Kajian Pustaka

2.1. Tinjauan Pustaka

Dinamika tubuh manusia telah diteliti untuk menentukan frekuensi yang paling merugikan. Gniady dan Bauman (1991) melakukan penelitian untuk menentukan frekuensi alami tubuh manusia dalam posisi duduk. Tubuh manusia memiliki frekuensi alami antara 4 dan 5 Hz dan toleransi rendah untuk amplitudo antara 0,5 dan 1,5 r.m.s. Pengetahuan akan *range* frekuensi yang merugikan pada tubuh manusia dalam keadaan duduk mengakibatkan perlunya *range* frekuensi dari alat penundaan getaran (*vibration cancelation device*).

Standar ISO 2631 (1997) merekomendasikan waktu paparan maksimal 8 jam untuk operator yang terpapar getaran dalam *range* 4 - 8 Hz dengan amplitudo lebih besar dari 0,064 r.m.s. Meskipun level paparan direkomendasikan oleh ISO, Mehta et all (2000) meneliti getaran traktor di India untuk menentukan apakah standar itu terlalu rendah. Penelitian menemukan bahwa traktor melebihi tingkat getaran 4 dan 8 jam yang diatur oleh ISO 2631 pada kebanyakan kondisi pengoperasian. Terlebih lagi ketika operator sedang membajak sawah, waktu paparan untuk operator seharusnya tidak lebih dari 2 ½ jam. Penelitian ini menunjukkan bahwa ISO tidak tegas melindungi operator dari WBV dalam keadaan tertentu.

Fumitake Ishikawa (1998) telah mengembangkan kursi traktor pertanian bersuspensi pasif. Track artifisial dibangun untuk mensimulasi ladang pertanian berdasarkan standar British (BSI). Panjang track 55 m dan balok-balok kayu disusun pada interval 75 mm di tanah. Pengujian dilakukan pada kecepatan 8 km/jam dengan frekuensi 4 Hz, 31.5 Hz dan 63 Hz. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dalam range 4-8 Hz, transmibilitas kedua kursi pada arah vertikal antara 0,2 dan 0,3. dan dengan transmibilitas keseluruhan adalah 0,25.

Tenaga hidrolik sangat populer pada beberapa kendaraan, seperti kendaraan pertanian, karena tenaga hidrolik tersedia pada tipe kendaraan ini. Grimm et all (1974) mengembangkan kursi aktif hidrolik untuk mengurangi getaran pada arah vertikal. Kursi di desain untuk menekan getaran sampai 10 Hz.

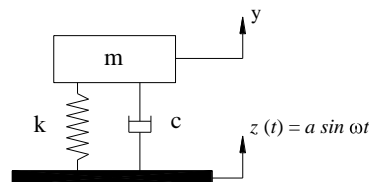
Kloster (2004) mendisain kursi hiperaktif untuk traktor pertanian dengan menggunakan tenaga pendorong hidolik. Tiga pendorong hidrolik menyokong beban kursi dan operator. Hasilnya amplitudo mengalami penurunan 40 %.

Gniady dan Bauman (1991) telah mengembangkan kursi bersuspensi aktif dengan satu derajat kebebasan yang menggunakan empat pendorong magnetik. Kursi mampu menekan getaran sampai 20 Hz.

Banyak tipe sistem suspensi kursi telah dikembangkan selama bertahun-tahun. Kebanyakan kursi memiliki satu derajat kebebasan, tetapi beberapa kursi memiliki lebih dari satu derajat kebebasan. Pada penelitian ini akan dilakukan desain kursi traktor dengan menggunakan suspensi pasif.

2.2. Landasan Teori

Sistem suspensi kursi traktor pertanian terdiri atas susunan pegas dan peredam. Bila gerak yang ditinjau hanya pada arah vertikal maka model sederhana adalah seperti terlihat pada Gb.1.



Gb. 1 Model suspensi pasif kursi

Model di atas dianalisis dengan menggunakan hukum kedua Newton tentang gerak.

$$m\ddot{y} + c(\dot{y} - \dot{z}) + k(y - z) = 0 \quad (1)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad 2\zeta\omega_n = \frac{c}{m} \quad (2)$$

$$\ddot{y} + 2\zeta\omega_n(\dot{y} - \dot{z}) + \omega_n^2(y - z) = 0 \quad (3)$$

Jawaban homogen persamaan (3) menjadi

$$y_h = C e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_d t + \alpha) + A \sin(\omega t + \phi) \quad (4)$$

$$\ddot{y} + 2\zeta\omega_n \dot{y} + \omega_n^2 y = \omega_n^2 z + 2\zeta\omega_n \dot{z} \quad (5)$$

$$z = a \sin \omega t \quad (6)$$

$$\ddot{y} + 2\zeta\omega_n \dot{y} + \omega_n^2 y = \omega_n^2 a \sin \omega t + 2\zeta\omega_n \omega a \cos \omega t \quad (7)$$

$$\ddot{y} + 2\zeta\omega_n \dot{y} + \omega_n^2 y = q \sin \omega t \quad (8)$$

$$q = a\omega_n^2 \sqrt{1 + 4\zeta^2 \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \quad (9)$$

$$\ddot{y} + 2\zeta\omega_n \dot{y} + \omega_n^2 y = q \sin(\omega t + \alpha) \quad (10)$$

α diabaikan sehingga persamaan (10) menjadi

$$\ddot{y} + 2\zeta\omega_n \dot{y} + \omega_n^2 y = q \sin \omega t \quad (11)$$

Andaikan jawaban partikuler persamaan (11) adalah:

$$y_p = A_s \sin \omega t + A_c \cos \omega t \quad (12)$$

Persamaan (12) disubstitusi kedalam persamaan (11) sehingga diperoleh konstanta A_s dan A_c yaitu:

$$A_s = \frac{(\omega_n^2 - \omega^2)q}{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + 4(\zeta\omega_n)^2\omega^2} \quad (13)$$

$$A_c = \frac{-2(\zeta\omega_n)\omega q}{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + 4(\zeta\omega_n)^2\omega^2} \quad (14)$$

Sehingga jawaban partikuler dari persamaan (11) adalah:

$$Y_p = A_s \sin \omega t + A_c \cos \omega t = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (15)$$

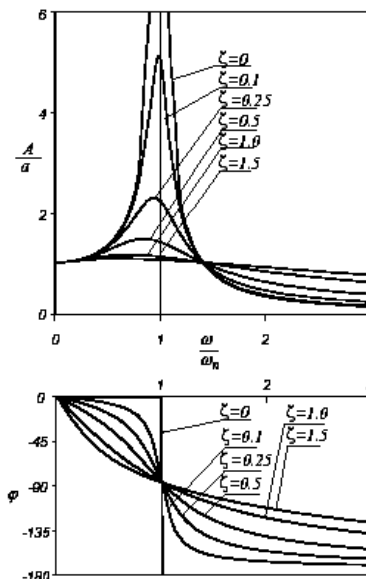
dengan,

$$A = \frac{a \sqrt{1 + 4\zeta^2 \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right)^2 + 4\zeta^2 \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}} \quad (16)$$

$$\varphi = -\arctan \frac{2\zeta \frac{\omega}{\omega_n}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \quad (17)$$

Jawaban persamaan (3) adalah:

$$y = Ce^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_d t + \alpha) + A \sin(\omega t + \varphi) \quad (18)$$



Gb. 2 *displcement Transmissibility* $\frac{A}{a}$ dan ω terhadap $\frac{\omega}{\omega_n}$

Respon sistem pada persamaan (3) terhadap unit impulse $z(t) = \delta(t)$ ditentukan dengan pendekatan domain waktu. Integral pertama pada interval $t = 0^-$ sampai 0^+ adalah :

$$\dot{y}(0^+) = \dot{y}(0^-) - 2\zeta\omega_n [y(0^+) - y(0^-)] - \omega_n^2 \int_0^{0^+} y dt + \omega_n^2 \int_0^{0^+} z(t) dt \quad (19)$$

Andaikan sistem mulai dari posisi diam $y(0^-) = 0$ dan $\dot{y}(0^-) = 0$, ketika impulse diterapkan pada periode infinitesimal $[0^-, 0^+]$, sistem tidak bergerak, sehingga $y(0^+) = 0$ dan $\dot{y}(0^+) = 0$. Andaikan $\dot{y}(0^+) = \omega_n^2$ dan unit impulse diterapkan pada persamaan (3), maka kondisi awal menjadi:

$$y(0^+) = 0 \text{ dan } \dot{y}(0^+) = \omega_n^2 \quad (20)$$

Respon impulse persamaan (3) diperoleh dengan penyelesaian homogen dengan kondisi awal sama dengan persamaan (20). Tiga kasus rasio peredaman harus dipertimbangkan secara terpisah, hasilnya adalah:

- Kasus 1 $\rightarrow \zeta < 1$

$$y_{impulse}(t) = h(t) = \frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}} \exp(-\zeta\omega_n t) \sin \omega_d t \quad (21)$$

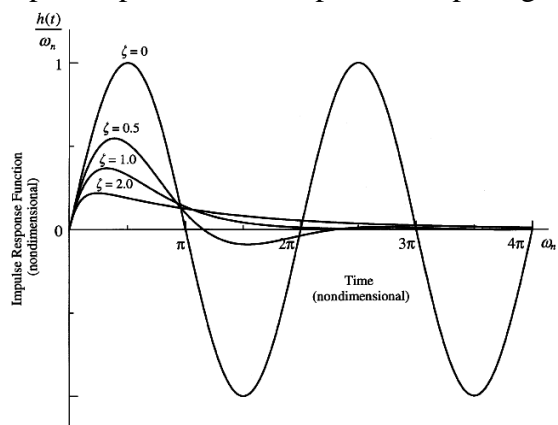
- Kasus 2 $\rightarrow \zeta > 1$

$$h(t) = \frac{\omega_n}{\sqrt{\zeta^2 - 1}} \left[\exp \lambda_1 t - \exp \lambda_2 t \right] \quad (22)$$

- Kasus 3 $\rightarrow \zeta = 1$

$$h(t) = \omega_n^2 t \exp(-\omega_n t) \quad (23)$$

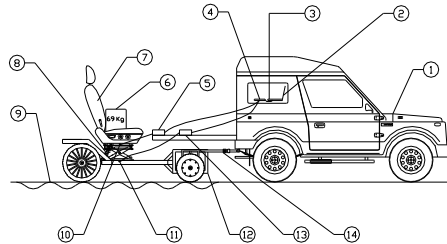
Ketika impulse diterapkan terhadap sistem pada kondisi diam, turunan paling tinggi dari persamaan differensial menjadi infinitif. Turunan yang lebih rendah selanjutnya menjadi finit pada $t = 0^+$ sisanya tetap nol. Fungsi respon impulse di atas dapat dilihat pada gambar 7.



Gb. 3 Fungsi respon impulse terhadap waktu

3. Cara Penelitian

Pengujian dilakukan dengan kondisi medan yang dibuat bergelombang untuk mensimulasi lahan pertanian. Kursi diletakkan di atas kendaraan roda empat sebagai pengganti traktor melalui jalan yang bergelombang, kemudian ditarik dengan menggunakan mobil yang melintasi jalan lurus dan datar. Dua buah accelerometer dipasang pada kursi dan pada traktor pertanian. Analisa data menggunakan LabView. Susunan alat dalam untaian ditunjukkan dalam gambar 4.



Gb. 4 Susunan alat dalam untaian

3.1. Bahan dan alat

Bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

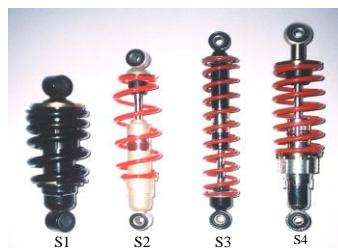
1. Mobil penarik, suzuki katana
2. LabView
3. Power
4. Data interface NI daq 6251 pin out
5. Charge amplifier (Brüel & Kjær) type 2635
6. Pemberat padat, cor keramik
7. Kursi
8. Suspensi
9. Jalan bergelombang
10. Accelerometer (Brüel & Kjær) type 4370
11. Accelerometer (Brüel & Kjær) type 4370
12. Kendaraan roda empat pengganti traktor pertanian
13. Charge amplifier (Brüel & Kjær) type 2635
14. Penarik kendaraan
15. Stopwatch diamond grade 1
16. Dongkrak untuk pergantian suspensi.
17. Kalibrator (Brüel & Kjær) type 4294



Gb. 5 Kondisi jalan



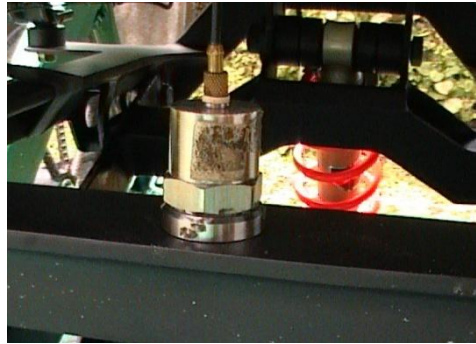
Gb. 6 Kendaraan pengganti traktor pertanian



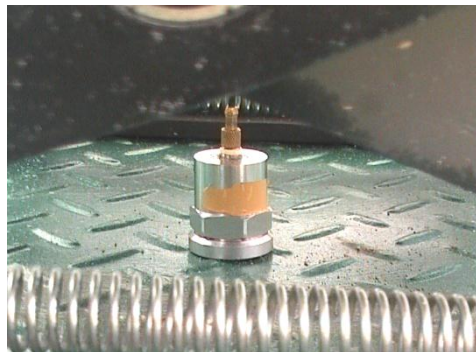
Gb. 7 Suspensi kursi



Gb. 8 Posisi Suspensi kursi



(a)



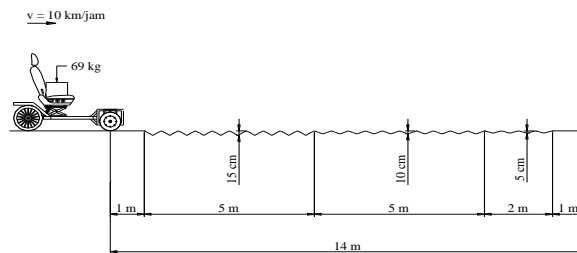
(b)

Gb. 9 Posisi Accelerometer :

(a) pada kursi dan

(b) Pada traktor

3.2. Rancangan Penelitian



Gb. 10 Lintasan traktor pertanian

Nilai kekakuan pegas secara eksperimen diperoleh dengan mengukur panjang *shock absorber* yang digunakan sebelum kursi diberi beban dan sesudah kursi diberi beban.

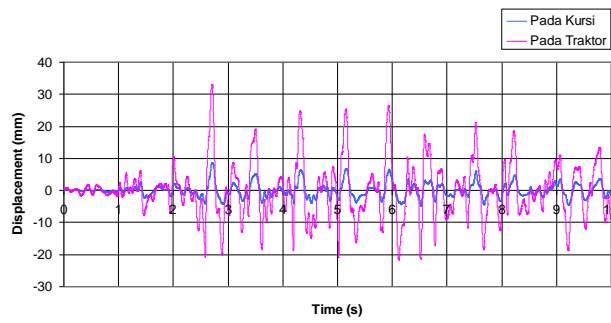
$$F = k \cdot x \quad (24)$$

dengan,

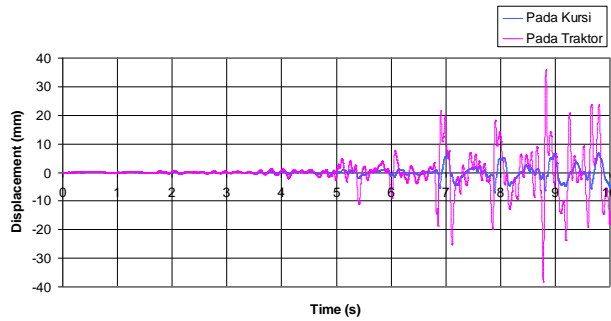
F = Beban padat (Cor, keramik) yang diletakkan diatas kursi, 700 N

x = Simpangan pada *shock absorber*, mm

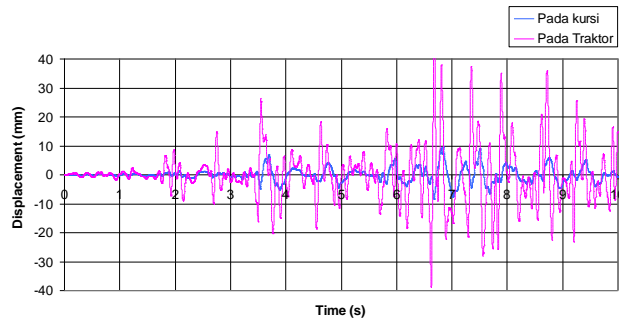
4. Hasil



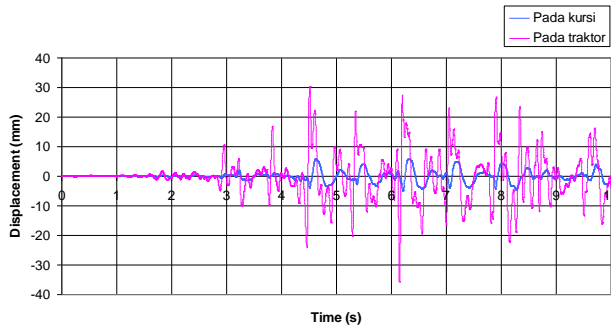
Gb. 13 Respon S1



Gb. 14 Respon S2



Gb. 15 Respon S3



Gb. 16 Respon S4

Kondisi jalan yang dilalui traktor mula-mula datar sepanjang 1 m, kemudian dibuat bergelombang dengan panjang gelombang 1 m dan kedalaman 0,15 m sepanjang 5 m. Lintasan selanjutnya, kedalaman menjadi 0,10 cm sepanjang 5 m dan berubah lagi kedalamannya menjadi 0,05 cm sepanjang 2 m, dan akhirnya berupa jalan datar sepanjang 1 m. Traktor ditarik dengan menggunakan mobil Susuki Katana dengan kecepatan 10 km/jam (pada speedometer) yang melintasi jalan lurus dan datar. Beban padat (cor, keramik) dengan beban 700 N diletakkan diatas kursi. Dua buah accelerometer, dipasang pada kursi dan pada traktor. Suspensi dipasang pada kursi lalu diamati respon suspensi kursi terhadap eksitasi traktor.

Pada Gb. 13, suspensi yang digunakan memiliki kekakuan 4545,45 N/mm. Dari hasil pengujian menunjukkan simpangan maksimum pada traktor 32 mm dan pada kursi 7,54 mm. Ini terjadi saat roda traktor melintasi kedalaman 0,15 m. Simpangan terendah ketika roda kendaraan melintasi kedalaman 0,05 m yaitu pada kursi sebesar 2,6 mm dan pada traktor 12 mm dan kursi 1,6 mm.

Pada Gb. 14 suspensi yang digunakan memiliki kekakuan 26,2 N/mm. Dari hasil pengujian menunjukkan simpangan maksimum pada traktor 35,32 mm dan pada kursi 6 mm. Ini terjadi saat roda traktor melintasi kedalaman 0,10 m. Simpangan terendah ketika roda kendaraan melintasi kedalaman 0,05 m yaitu pada kursi sebesar 2,6 mm dan pada traktor 12 mm yaitu pada kedalaman 8,87 mm.

Pada Gb. 15 suspensi yang digunakan memiliki kekakuan 34,15 N/mm. Dari hasil pengujian menunjukkan simpangan maksimum pada traktor 34,8 mm dan pada kursi 5,67 mm. Ini terjadi saat roda traktor melintasi kedalaman 0,10 m. Simpangan terendah ketika roda kendaraan melintasi kedalaman 0,05 m yaitu pada kursi sebesar 2,6 mm dan pada traktor 12 mm yaitu pada kedalaman 0,10 mm.

Pada Gb. 16 suspensi yang digunakan memiliki kekakuan 27,18 N/mm. Dari hasil pengujian menunjukkan simpangan maksimum pada traktor 29,24 mm dan pada kursi 5,46 mm. Ini terjadi saat roda traktor melintasi kedalaman 0,10 m. Simpangan terendah ketika roda kendaraan melintasi kedalaman 0,05 m yaitu pada kursi sebesar 2,6 mm dan pada traktor 12 mm yaitu pada kedalaman 0,10 m.

Kecepatan kendaraan berpengaruh terhadap eksitasi traktor. Bila diamati respon semua suspensi, saat traktor mulai bergerak dan ban traktor melintasi kedalam 0,15 m, dan dengan kecepatan rendah tidak menimbulkan eksitasi yang besar. Saat kecepatan naik, eksitasi traktor mulai meningkat akibatnya respon masing-masing suspensi berbeda tergantung karakteristik yang dimilikinya.

5. Kesimpulan

Pengujian dilakukan dengan kondisi medan bergelombang dengan panjang track 14 m (Gb.10), dan dari hasil penelitian menunjukkan bahwa respon suspensi S4 memberikan hasil yang terbaik bila dibandingkan dengan suspensi yang lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] De Silva, C. W, *Vibration-Fundamental and Practice*, CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C, 2 000.
- [2] Gniady, J., and Bauman, J, *Active Seat Isolation for Construction and Mining Vehicles*, SAE Tech. Paper, (1991) 1-6.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

- [3] Grimm, E. A., Huff, G. J., and Wilson, J. N, *An active seat suspension for off road vehicles*, in proceeding of the Symposium on Computer, Electronics, and Control, Calgary, Canada, 3 (1974) 1-8.
- [4] Ishikawa, F, *Development of Vibration Protection Seats for Agricultural Machinery*, Journal of Industrial Health, 36 (1998) 133-139.
- [5] ISO Document 2631, *Mechanical Vibration and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration*, part 1. General Requirements, 2nd edition, International for Standarization, Genewa, Switzerland , 1997
- [6] *ISO 5007, Agricultural Wheeled Tractor-Laboratory Measurement of Transmitted Vibration*, International for Standarization, Genewa, Switzerland, 1990
- [7] Kawazoe, S., Yasuda, A., and Yamaguchi, S, *Development of Magnet Compound Type Seat-Suspension*, Technical Review, No. 15, 2003.
- [8] Klosster, J. S, *Vibration Suppression and safety seat Motion Desain of a Hyper-Active Seat*, Master thesis Georgia Institute of Technology, Georgia, 2004.
- [9] Mehta, C. R., Shyam, M., Singh, P., and Verma, R. N, *Ride vibration on tractor-implement system*, Aplied Ergonomics, 31 (2000) 323-328.