



## Simulasi tegangan pada pengaruh putaran roda terhadap *speed bump* menggunakan metode FEM

R. Hidayat, M.B. Haryono\*

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal, Jln. Halmahera Km 1 Mintaragen, Tegal Timur, Kota Tegal, Kode Pos : 52121, Telp. (0283) 351082,;

\*Email: [haryono.upstegal@gmail.com](mailto:haryono.upstegal@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2 May 2018

Accepted 23 May 2018

Available online 1 July 2018

#### Keywords:

Tires  
 High speed bump  
 Tires speed  
 Load  
 Stress



### ABSTRACT

*The interaction between tires and the road surface is very important because it can reduce the risk of accidents due to the tire damage. This research investigated the stress distribution as a result on pressure of tires rolling across speed bump. The research methode used solid work and abaqus application to simulation, the paramaters on research used variation on high speed bump (75 mm, 120 mm and 160 mm) and tires speed (8, 20 and 30 km/h). The result showed the higher load recived by tires, the higher stress produced.*

### PENDAHULUAN

Ban merupakan salah satu elemen terpenting pada sebuah kendaraan yang berfungsi untuk mengendalikan arah kendaraan. Selain itu, ban juga digunakan sebagai pengganti tenaga mesin, dan sistem redaman / suspensi kendaraan. Penelitian tentang interaksi antara ban dan permukaan jalan di dalam kendaraan sangat penting, hal ini terkait dengan masalah lingkungan serta keselamatan selama berkendara. Menurut fenomena ini, Para peneliti telah banyak melakukan penelitian untuk mengeksplorasi fenomena fisik yang mempengaruhi interaksi.(Wei dkk., 2014)

Hasil penelitian Tang dkk. (2012), distribusi temperatur ban ketika bergulir stabil dengan mengembangkan pendekatan elemen hingga sebagai media untuk mengevaluasi

distribusi temperatur ban bergulir secara stabil. Hasil dari penelitian ini secara umum menghasilkan, peningkatan beban normal meningkatkan *deformasi elastis* yang meningkatkan total kepadatan energi regangan dan suhu. Peningkatan tekanan *inflasi* menyebabkan penurunan suhu akibat penurunan *deformasi elastis*. Namun, distribusi temperatur primer ditentukan oleh pembebanan dan tekanan *inflasi*. Efek tegangan dari ban sangat menurun disebabkan oleh tingkat kekakuan yang tinggi dari tubuh-lapis. Tubuh-lapis keras membawa beban komponen utama yang dapat mempertahankan tegangan yang lebih tinggi sehingga besarnya *deformasi elastis*

dan tegangan yang dialami oleh ban berkurang secara signifikan. Oleh karena itu, panas karena efek *hysteresis* di ban menurun dengan meningkatnya tubuh-lapis kekakuan sehingga menyebabkan suhu yang lebih rendah dari ban.

Penelitian dengan sebuah studi elemen hingga yang dilakukan dengan menggunakan sifat material dari literatur. Metode elemen hingga digunakan dengan membandingkan data eksperimen dengan data numeric. Data didapat dari pengujian menggunakan kamera berkecepatan tinggi untuk melacak *effect impact* untuk mendapatkan kekuatan benturan pada daerah lekukan ban. Metode ini digunakan untuk menilai kinerja ban dalam kasus yang ekstrim dari tumbukan ban. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan metode yang digunakan mampu memprediksi fitur – fitur utama dari tumbukan massa pada ban. Penelitian ini dapat membantu seorang insinyur untuk meningkatkan kinerja roda dalam tahap desain. Hal ini dapat menyebabkan respon lebih baik secara keseluruhan roda dan sistem suspensi, dengan *implikasi* untuk keselamatan sistem transportasi (Neves dkk, 2010)

Dubois dkk. (2012) melakukan penelitian yang berkaitan dengan studi numerik ban kontak / jalan. Sebuah metode dua skala yang digunakan untuk memecahkan masalah kontak antara permukaan jalan multi - kekasaran dan elastis setengah ruang. Metode ini telah digunakan dengan sukses untuk permukaan kasar ideal. Namun, untuk aplikasi yang efisien untuk permukaan diperlukan partisi yang sesuai permukaan. Hasil pada skala ini dianggap dapat diterima terutama ketika metode yang dikembangkan jauh lebih menghemat waktu. Perhitungan kontak ban dengan jalan dalam perhitungan waktu yang wajar hanya dengan metode multi-kekasaran. Distribusi tekanan pada permukaan jalan dievaluasi melalui tekstur jalan yang berbeda. Dalam pekerjaan kerangka ban / jalan, permukaan kontak harus cukup untuk memprediksi suara frekuensi rendah yang dihasilkan oleh getaran. Distribusi tekanan awal dapat digunakan untuk memperkirakan permukaan deformasi ban selama bergulir, yang mempengaruhi tekanan angin ban.

Penelitian menggunakan metode elemen hingga pada model ban, pengujian tersebut dapat dilakukan secara *virtual*. Sebuah model elemen hingga dikembangkan secara khusus untuk tujuan ini menggunakan integrasi eksplisit dalam *software ABAQUS*. Penyelidikan menunjukkan meningkatnya ketinggian rintangan jalan, mengakibatkan *amplitudo resonansi* respon kekuatan poros serta *deformasi* ban menjadi lebih

besar di kedua arah *longitudinal* dan *vertical*. (Wei dkk., 2014)

Fitur dinamis dari tapak dapat mempengaruhi kekuatan kontak dan kontak kekakuan selama proses *deformasi* local terjadi. Hal ini dilakukan menggunakan simulasi kontak secara rinci antara lapisan elastis dan permukaan jalan kasar menggunakan model kontak domain *numerik* yang dikembangkan sebelum waktunya. (Winroth dkk., 2014)

Zhao dkk. (2014) telah melakukan penelitian tentang menghitung besar gaya kontak yang terjadi pada ban pada yang jalan berpasir dengan menggunakan penggabungan metode elemen diskrit dan metode elemen hingga melalui traksi kinerja ban di bawah nilai tergelincir berbeda (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 60%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan kecenderungan drawbar menarik dan melawan perbandingan slip dengan baik.

Penelitian yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh ketinggian polisi tidur dan kecepatan putaran terhadap tegangan yang dihasilkan. Ketinggian polisi tidur yang diterapkan dengan variasi ketinggian 75 mm, 120 mm, dan 160 mm. Peraturan kementerian perhubungan tentang ketinggian polisi tidur adalah dengan ketinggian 120 mm. Variasi ketinggian polisi tidur 75 mm dan 160 mm digunakan untuk membandingkan dengan ketinggian polisi tidur yang sesuai aturan untuk mengetahui efektifitas dari variasi ketinggian polisi tidur dalam meningkatkan keselamatan dan kesehatan bagi pengguna jalan.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode simulasi, adapun langkah-langkah simulasi sebagai berikut

1. Simulasi pertama ban diberikan tekanan angin sebesar 0.21 MPa seperti layaknya memompa ban. Setelah ban diberi tekanan angin, ban diberikan beban 6.000 N. Beban ini meliputi berat kosong kendaraan dijumlahkan dengan beban maksimal kendaraan kemudian dibagi empat untuk setiap satu ban. Kemudian ban digulirkan melewati polisi tidur dengan variasi ketinggian 75 mm, 120 mm, dan 160 mm yang mana Peraturan Kementerian Perhubungan tentang ketinggian polisi tidur adalah dengan ketinggian 120 mm. Variasi ketinggian polisi tidur 75 mm dan 160 mm digunakan untuk membandingkan dengan ketinggian polisi tidur yang sesuai aturan untuk mengetahui efektifitas dari variasi ketinggian polisi tidur dalam meningkatkan

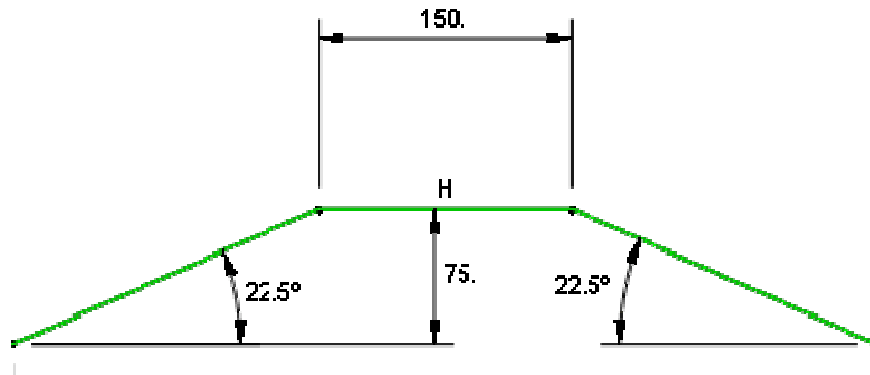
- keselamatan dan kesehatan bagi pengguna jalan. Kecepatan yang digunakan 8 km/h, kecepatan ini digunakan dengan asumsi pengendara menyadari tentang keberadaan polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan rendah.
2. Simulasi kedua ban diberikan tekanan angin sebesar 0.21 MPa seperti layaknya memompa ban. Setelah ban diberi tekanan angin, ban diberikan beban 6.000 N. Beban ini meliputi berat kosong kendaraan dijumlahkan dengan beban maksimal kendaraan kemudian dibagi empat untuk setiap satu ban. Kemudian ban digulirkan melewati polisi tidur dengan variasi ketinggian 75 mm, yang mana ketinggian ini lebih rendah dibandingkan dengan Peraturan Kementerian Perhubungan No. 3 Tahun 1994. Kecepatan yang digunakan 8 km/h, 20 km/h, dan 30 km/h. Kecepatan 8 km/h digunakan dengan asumsi pengendara menyadari tentang keberadaan polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan rendah. Kecepatan 20 km/h diasumsikan pengendara terlambat menyadari adanya polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan sedang karena terlambat menurunkan kecepatan. Sedangkan kecepatan 30 km/h diasumsikan pengendara tidak menyadari adanya polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan tinggi karena tidak menurunkan kecepatan laju kendaraan.
  3. Simulasi ketiga ban diberikan tekanan angin sebesar 0.21 MPa seperti layaknya memompa ban.. Setelah ban diberi tekanan angin, ban diberikan beban 6.000 N. Beban ini meliputi berat kosong kendaraan dijumlahkan dengan beban maksimal kendaraan kemudian dibagi empat untuk setiap satu ban. Kemudian ban digulirkan melewati polisi tidur dengan variasi ketinggian 75 mm, 120 mm, dan 160 mm yang mana Peraturan Kementerian Perhubungan tentang ketinggian polisi tidur adalah dengan ketinggian 120 mm. Variasi ketinggian polisi tidur 75 mm dan 160 mm digunakan untuk membandingkan dengan ketinggian polisi tidur yang sesuai aturan untuk mengetahui efektifitas dari variasi ketinggian polisi tidur dalam meningkatkan keselamatan dan kesehatan bagi pengguna jalan. Kecepatan yang digunakan 20 km/h, kecepatan ini digunakan dengan asumsi pengendara terlambat menyadari adanya polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan sedang karena terlambat menurunkan kecepatan laju kendaraan.
  4. Simulasi keempat ban diberikan tekanan angin sebesar 0.21 MPa seperti layaknya memompa ban. Setelah ban diberi tekanan angin, ban diberikan beban 6.000 N. Beban ini meliputi berat kosong kendaraan dijumlahkan dengan beban maksimal kendaraan kemudian dibagi empat untuk setiap satu ban. Kemudian ban digulirkan melewati polisi tidur dengan variasi ketinggian 120 mm, yang mana ketinggian ini sesuai dengan Peraturan Kementerian Perhubungan No. 3 tahun 1994 tentang pengaturan ketinggian polisi tidur. Kecepatan yang digunakan 8 km/h, 20 km/h, dan 30 km/h. Kecepatan 8 km/h digunakan dengan asumsi pengendara menyadari tentang keberadaan polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan rendah. Kecepatan 20 km/h diasumsikan pengendara terlambat menyadari adanya polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan sedang karena terlambat menurunkan kecepatan. Sedangkan kecepatan 30 km/h diasumsikan pengendara tidak menyadari adanya polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan tinggi karena tidak menurunkan kecepatan laju kendaraan.
  5. Simulasi kelima ban diberikan tekanan angin sebesar 0.21 MPa seperti layaknya memompa ban. Setelah ban diberi tekanan angin, ban diberikan beban 6.000 N. Beban ini meliputi berat kosong kendaraan dijumlahkan dengan beban maksimal kendaraan kemudian dibagi empat untuk setiap satu ban. Kemudian ban digulirkan melewati polisi tidur dengan variasi ketinggian 75 mm, 120 mm, dan 160 mm yang mana Peraturan Kementerian Perhubungan tentang ketinggian polisi tidur adalah dengan ketinggian 120 mm. Variasi ketinggian polisi tidur 75 mm dan 160 mm digunakan untuk membandingkan dengan ketinggian polisi tidur yang sesuai aturan untuk mengetahui efektifitas dari variasi ketinggian polisi tidur dalam meningkatkan keselamatan dan kesehatan bagi pengguna jalan. Kecepatan yang digunakan 30 km/h, kecepatan ini digunakan dengan asumsi pengendara tidak menyadari adanya polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada tinggi karena tidak menurunkan kecepatan laju kendaraan.
  6. Simulasi keenam ban diberikan tekanan angin sebesar 0.21 MPa seperti layaknya memompa ban. Setelah ban diberi tekanan angin, ban diberikan beban 6.000 N. Beban ini meliputi berat kosong kendaraan dijumlahkan dengan beban maksimal kendaraan kemudian dibagi empat untuk setiap satu ban. Kemudian ban digulirkan

melewati polisi tidur dengan variasi ketinggian 160 mm, yang mana ketinggian ini lebih tinggi dibandingkan dengan Peraturan Kementerian Perhubungan No. 3 tahun 1994. Kecepatan yang digunakan 8 km/h, 20 km/h, dan 30 km/h. Kecepatan 8 km/h digunakan dengan asumsi pengemudi menyadari tentang keberadaan polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan rendah. Kecepatan 20 km/h diasumsikan pengemudi terlambat menyadari

adanya polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan sedang karena terlambat menurunkan kecepatan. Sedangkan kecepatan 30 km/h diasumsikan pengemudi tidak menyadari adanya polisi tidur sehingga kecepatan yang digunakan pada kecepatan tinggi karena tidak menurunkan kecepatan laju kendaraan.

Tabel 1. Data Material

| Material | Densitas | Elastic(MPa)<br>Khusus <i>rubber-Hyperelastic</i> ) | Passion Ratio |
|----------|----------|---|---------------|
| Carcas   | 1200     | 500   | 0,3           |
| Belt     | 5900     | 172200  | 0,3           |
| Ruber    | 1400     | Mooney-Rivlin<br>C10=0.8061<br>C01=1.805<br>D1=0.01 |               |



Gambar 1. Desain speed bump

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil simulasi pengaruh jarak tempuh tegangan dapat dilihat pada gambar 2. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara waktu tempuh terhadap nilai tegangan dari perbedaan ketinggian polisi tidur. Perbedaan ketinggian speed bump tidak berpengaruh terhadap nilai tegangan yang

dihasilkan, karena masing – masing mempunyai nilai tegangan yang sama. Nilai tegangan yang dihasilkan pada simulasi ini ditunjukkan pada tabel 2. Tabel 2 merupakan hasil variasi speed bump dengan menggunakan kecepatan 8 km/h.

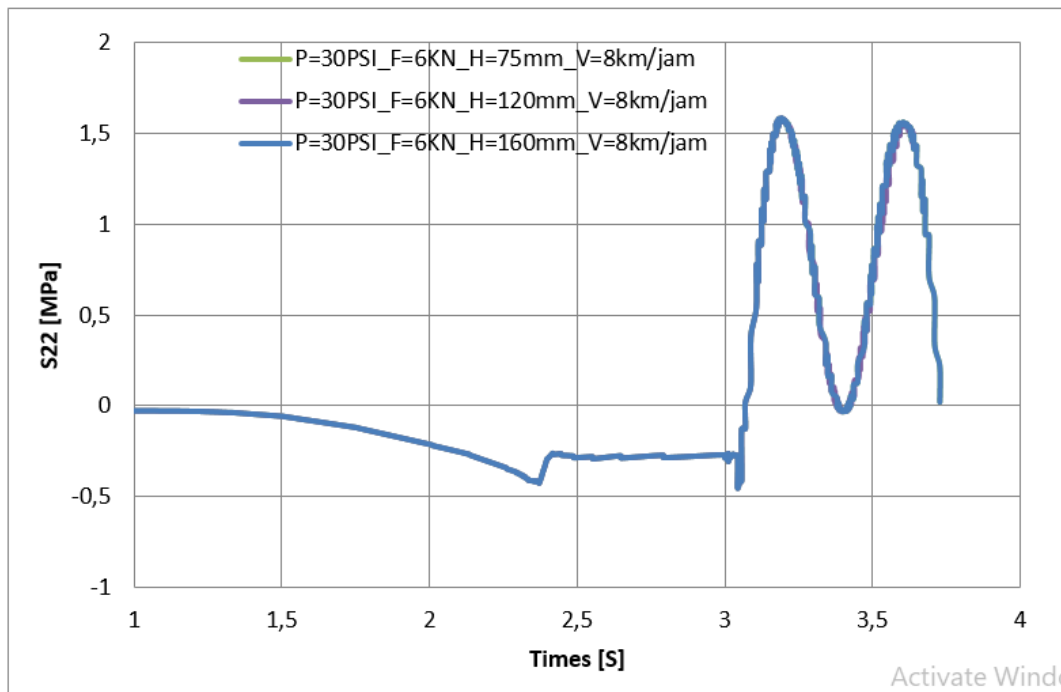
Tabel 2. Nilai tegangan pada kecepatan ban 8 Km/h

| Kecepatan (Km/h) | Tinggi polisi tidur (mm) | Tegangan terbesar (MPa) | Waktu tempuh (mm) | Tegangan terkecil (MPa) | Waktu tempuh (mm) |
|------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| 8                | 75                       | 1.55                    | 3.60              | -0.42                   | 2.37              |
| 8                | 120                      | 1.58                    | 3.19              | -0.42                   | 2.37              |
| 8                | 160                      | 1.55                    | 3.60              | -0.42                   | 2.37              |

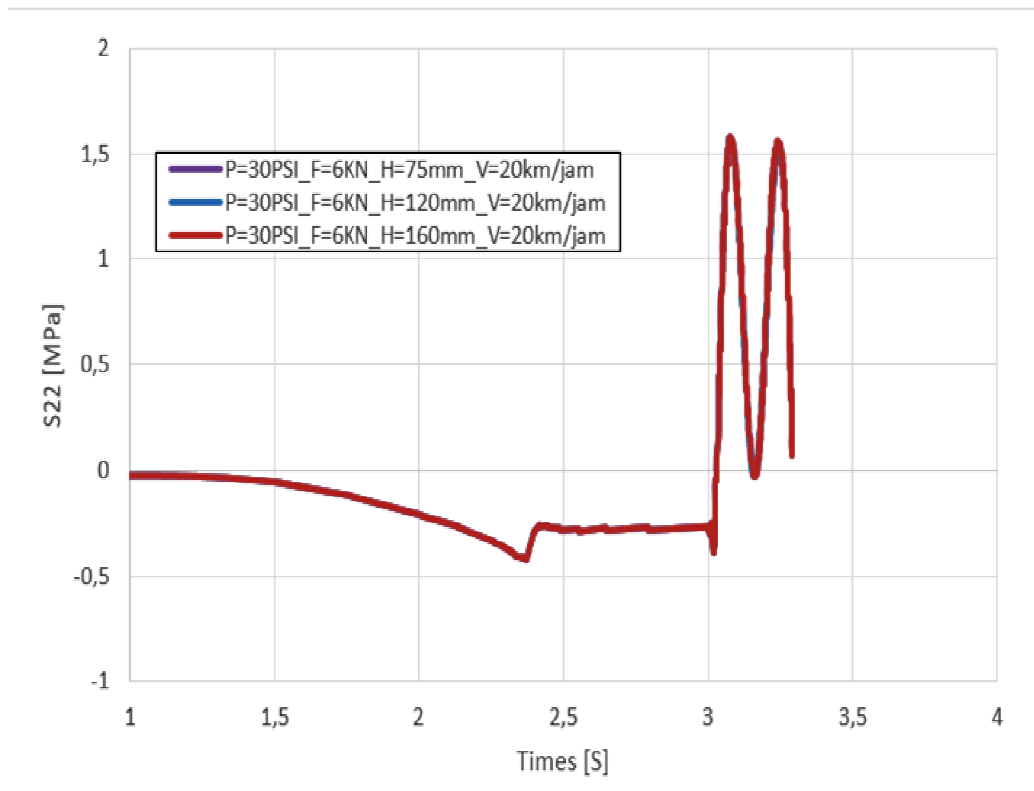
Gambar 3 dan 4 menunjukkan hubungan antara waktu tempuh terhadap nilai tegangan s22 dari perbedaan ketinggian speed bump. Perbedaan ketinggian speed bump mempunyai

pengaruh terhadap nilai tegangan yang dihasilkan. Tabel 3 dan Tabel 4 merupakan pengaruh kecepatan putar terhadap tegangan s22, Tabel 3 merupakan perbandingan dari

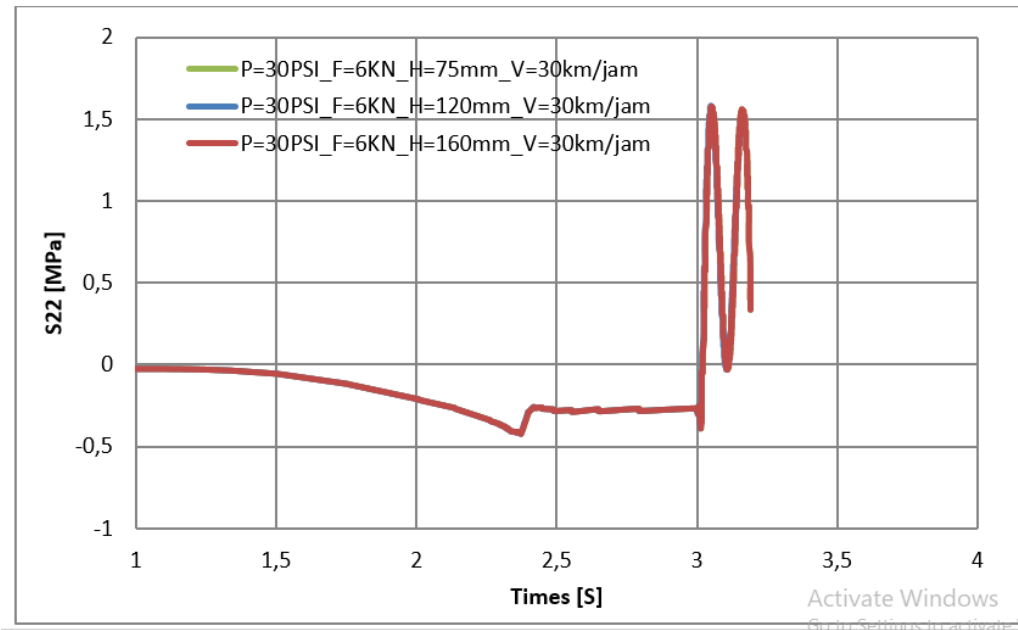
kecepatan putar 20 km/h sedangkan tabel 4 menggunakan kecepatan putar 30 km/h.



Gambar 2. Hubungan antara waktu tempuh terhadap tegangan  $s_{22}$  pada kecepatan 8 km/h dengan variasi ketinggian polisi tidur 75 mm, 120 mm, dan 160 mm.



Gambar 3. Hubungan antara waktu tempuh terhadap tegangan s22 pada kecepatan 20 km/h dengan variasi ketinggian polisi tidur 75 mm, 120 mm, dan 160 mm.



Gambar 4. Hubungan antara waktu tempuh terhadap tegangan s22 pada kecepatan putaran 30 km/h dengan variasi ketinggian polisi tidur 75 mm, 120 mm, dan 160 mm.

Tabel 3. Nilai tegangan pada kecepatan ban 20 Km/h

| Kecepatan (Km/h) | Tinggi polisi tidur (mm) | Teg terbesar (Mpa) | Waktu tempuh (mm) | Teg terkecil (Mpa) | Waktu tempuh (mm) |
|------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| 20               | 75                       | 1.56               | 3.24              | -0.42              | 2.37              |
| 20               | 120                      | 1.58               | 3.07              | -0.42              | 2.37              |
| 20               | 160                      | 1.56               | 3.24              | -0.42              | 2.37              |

Tabel 4. Nilai tegangan pada kecepatan ban 30 Km/h

| Kecepatan (Km/h) | Tinggi polisi tidur (mm) | Teg terbesar (Mpa) | Waktu tempuh (mm) | Teg terkecil (Mpa) | Waktu tempuh (mm) |
|------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| 30               | 75                       | 1.54               | 3.16              | -0.42              | 2.37              |
| 30               | 120                      | 1.58               | 3.05              | -0.42              | 2.37              |
| 30               | 160                      | 1.55               | 3.15              | -0.42              | 2.37              |

Dari data tabel dan grafik diatas menunjukkan nilai distribusi tegangan maksimum terjadi pada kondisi simulasi ketinggian *speed bump* 120 mm pada kondisi bergulir dengan

kecepatan 20 dan 30 km/h dengan nilai tegangan s22 yaitu 1.58 MPa sedangkan nilai distribusi tegangan s22 minimum dihasilkan nilai yang sama dari masing – masing simulasi yang telah dilakukan yaitu -0.42 MPa pada waktu tempuh 2.37 s.

#### **KESIMPULAN**

Dari hasil data penelitian pada bagian hasil dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan simulasi yang dilakukan, kecepatan putaran ban berpengaruh terhadap nilai tegangan s22 yang dihasilkan. Nilai tegangan s22 maksimum terjadi pada kecepatan 20 km/h dengan nilai 1.58 MPa pada waktu tempuh 3.05 s dan nilai tegangan minimum terjadi pada kecepatan 30 km/h dengan nilai 1,54 MPa pada waktu tempuh 3.16 s.
2. Polisi tidur yang baik digunakan adalah pada ketinggian 75 mm dan 160 mm karena pada kecepatan tertinggi 30 Km/h masih menunjukkan nilai tegangan yang lebih rendah dibandingkan dengan ketinggian polisi tidur 120 mm yang sesuai dengan keputusan menteri perhubungan No. 3 tahun 1994.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Dubois G. J., Cesbron H.P., Yin F., Anfosso-Ledee., 2012, Numerical evaluation of

tyre/road contact pressures using a multi-asperity approach, *Int J Mech Sci*, 54, 84–94

Neves R.R.V., Micheli R.R.V., Alves M., 2010, An experimental and numerical investigation on tyre impact, *Int J Impact Eng*, 37, 685–69.

Tang T., Johnson D., Smith R.E., 2012, Simulation of thermal signature of tires and tracks, (NDIA Ground Vehicle Systems Engineering and Technology Symposium, Modeling & Simulation, Testing and Validation (MSTV) Mini-Symposium, Michigan August, 14-16.

Wei C., Olatunbosun O.A., 2014, Transient dynamic behaviour of finite element tire traversing obstacles with diferent heights, *Journal of Terramechanics*, 56, 1–16.

Winroth J, P.B.U., Andersson., Kropp W., 2014, Importance of tread inertia and damping on the tyre/road contact stiffness, *Journal of Sound and Vibration*, Letter 333, 5378–5385.

Zhao C., Zang M., 2014, Analysis of rigid tire traction performance on a sandy soil by 3D finite element–discrete element method, *Journal of Terramechanics*, 55, 29–37.