

Analisis *Torsional Rigidity*, Efek *Jacking*, dan Kekuatan *Chassis Go-Kart* Akibat Beban Belok

Yulian D. S. Wibisana dan Julendra B. Ariatedja

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) 60111 Indonesia
e-mail: ariatedja@me.its.ac.id

Abstrak—Dalam berkompetisi, *go-kart* dituntut mampu lincah saat berbelok. Namun, *differential gear* dan sistem suspensi ditiadakan dalam komponen standar perlombaan. Padahal, komponen ini berpengaruh pada performa belok kendaraan. Kedua fungsi komponen tersebut dikompensasi melalui *chassis go-kart* yang didesain tidak hanya kuat menahan beban, namun juga harus cukup fleksibel (khususnya terkait kekakuan torsional). *Go-kart* memanfaatkan efek *jacking* dari *chassis* dalam meningkatkan kemampuan berbeloknya. Oleh karena itu, penelitian kali ini bertujuan melihat hubungan kekakuan torsional dari *chassis go-kart* dengan efek *jacking* yang mampu dihasilkan dalam kondisi pembebanan aktual. Analisis *chassis* tersebut akan dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga. Di mana tiga model *chassis go-kart* akan diberikan pembebanan torsional dan juga pembebanan belok. Pada pembebanan torsional, *chassis* akan diberikan beban torsional sehingga akan menghasilkan besar *torsional rigidity* yang menggambarkan nilai kekakuan *chassis* tersebut. Kemudian, simulasi pembebanan belok akan digunakan untuk mengetahui *jacking* dan karakter kekuatan dari *chassis* tersebut. Selain itu, beban pengereman yang terjadi saat berbelok juga akan dianalisa efeknya pada efek *jacking* dan kekuatan *chassis*. Setelah simulasi dan analisis telah dilakukan. Maka, hasil memperlihatkan bahwa *chassis tony kart* merupakan *chassis* yang paling fleksibel daripada *chassis* lainnya dengan *torsional rigidity* 188,6 Nm/deg, dan *chassis birell* merupakan *chassis* yang paling kaku dengan *torsional rigidity* 277,7 Nm/deg. Dan *chassis arrow* dengan *torsional rigidity* 243,75 Nm/deg. Setelah diteliti diketahui bahwa semakin fleksibel *chassis* akan mempermudah terjadinya efek *jacking* pada kendaraan. Kemudian, kekuatan *chassis* yang paling baik dimiliki oleh *go-kart* dengan tipe *chassis arrow*. Sementara itu, beban pengereman dengan jarak pengereman 3 meter dan perlambatan 20,8 m/s² saat berbelok didapatkan membuat *go-kart* lebih mudah mengalami *jacking* (rata-rata kenaikan *jacking* 67 %). Namun, beban ini dapat membuat tegangan maksimal yang diterima *chassis* bertambah (rata-rata kenaikan tegangan maksimal 21 %).

Kata Kunci—*Chassis*, Deformasi, *Go-kart*, *Jacking*, Metode Elemen Hingga, Tegangan *Von Mises*.

I. PENDAHULUAN

GO-KART pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1967 oleh Hengky Iriawan. Gagasan pembuatan mesin *go-kart* sendiri berasal dari beberapa mahasiswa ITB (Institut Teknologi Bandung) Jurusan Mesin saat itu[1]. *Go-kart* biasanya tidak dilengkapi dengan *differential gear* dan sistem suspensi untuk memenuhi standar perlombaan. *Differential gear* berfungsi untuk mengatur agar roda belakang bagian dalam dapat berputar dengan kecepatan sudut yang sama dengan roda belakang bagian luar ketika berbelok. Tidak adanya *differential* ini dapat mengurangi performa *go-kart* untuk berbelok dengan lincah dalam perlombaan. Maka, *go-kart* didesain agar roda belakang bagian dalamnya dapat terangkat ketika berbelok untuk

mengatasi keterbatasan ini. Fenomena ini biasanya disebut oleh beberapa komunitas *go-kart* sebagai efek *jacking*.

Chassis kendaraan adalah komponen kendaraan yang fungsi utamanya adalah sebagai rangka penguat konstruksi bodi kendaraan agar mampu menahan beban kendaraan dan beban impact saat terjadi tabrakan sehingga melindungi penumpang[2]. *Chassis go-kart* selain didesain kuat untuk menahan beban kendaraan. *Chassis* juga harus didesain cukup fleksibel terhadap kekakuan torsional sehingga memungkinkan terjadinya *jacking*. Selain itu, fleksibilitas ini juga dimaksudkan sebagai pengganti sistem suspensi yang tidak ditemui pada *go-kart*. Sehingga, analisis terkait nilai kekakuan torsional, efek *jacking*, dan kekuatan *chassis go-kart* merupakan hal penting yang perlu diperhatikan saat mendesain suatu *go-kart*.

Mirone pernah meneliti tentang sifat fleksibilitas *chassis go-kart* dengan memberikan pembebanan torsional menggunakan metode eksperimental. Mirone menjelaskan bahwa fleksibilitas *chassis go-kart* memiliki peran penting sebagai pengganti sistem suspensi yang tidak dimiliki *go-kart*. Pada penelitiannya, *chassis go-kart* diberikan beban torsi dengan memberi bagian belakang kendaraan tumpuan *fix*. Di mana penelitiannya menunjukkan besar deformasi vertikal terhadap beban torsi yang diberikan dari *go-kart* yang diteliti dan kaitannya dengan performa dinamis kendaraan[3].

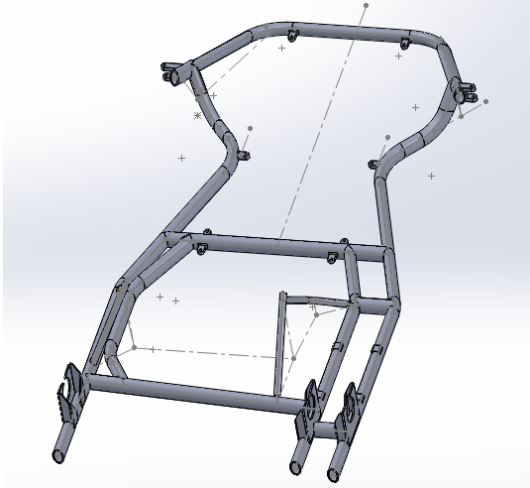
Liang, dkk meneliti pula tentang sifat fleksibilitas *chassis go-kart* dengan memberikan pembebanan torsional. Pada penelitiannya, Liang, dkk menggunakan metode simulasi pada *software finite element method LS-DYNA 3D*. Liang, dkk menjelaskan dalam penelitiannya bahwa fleksibilitas *chassis go-kart* penting sebagai pengganti sistem suspensi dan membantu *go-kart* saat melakukan *cornering*. *Chassis go-kart* yang diteliti Liang, dkk dimodelkan dan diberi pembebanan dengan menumpu bagian belakang *chassis* dengan tumpuan *fix*. Sementara bagian depan *chassis* diberikan beban torsi. Hasil akhir dari penelitian ini berupa *angle of twist* dan *torsional rigidity* dari beberapa model *chassis* yang nantinya dibandingkan satu sama lain[4]. Dari penjelasan tersebut dapat dilihat bahwa penelitian tentang *chassis go-kart* telah beberapa kali dilakukan.

Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut tentang kekakuan *chassis go-kart* dan kaitannya terhadap efek *jacking* serta kekuatan dari *chassis* terutama saat berbelok masih perlu dilakukan. Penelitian kali ini akan dilakukan dengan memodelkan tiga *chassis go-kart* dari kelompok yang berbeda. Kemudian, *chassis go-kart* akan dianalisa menggunakan bantuan *software* berbasis metode elemen hingga (*finite element method*) dengan diberikan pembebanan kuasi statis yang mewakili kondisi nyata beban pada kendaraan. Dalam penelitian kali ini, *chassis go-kart* akan dianalisa menggunakan kondisi beban keadaan berbelok dan juga beban torsional. Sehingga nantinya dapat diketahui besar

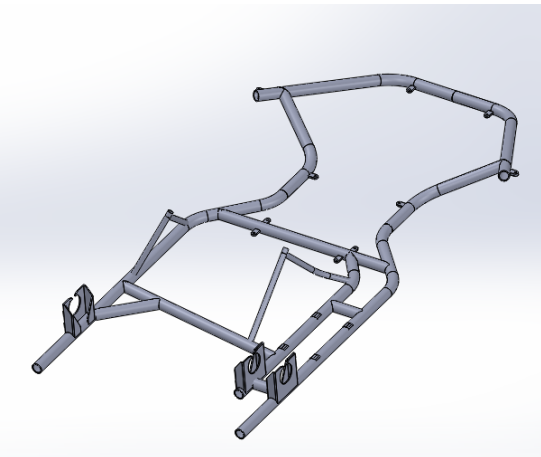
kekakuan torsional dan kekuatan *chassis* serta pengaruhnya terhadap efek *jacking* dengan menggunakan metode elemen hingga. Selain itu, penelitian ini akan melihat juga pengaruh beban pengereman yang diterima *chassis* saat berbelok terhadap efek *jacking* dan kekuatan *chassis*.

II. METODE PENELITIAN

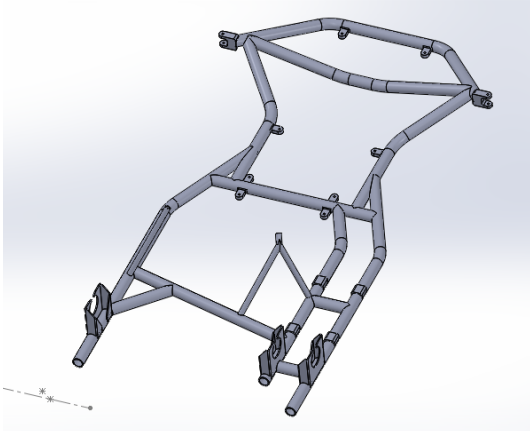
A. Model Chassis yang Diteliti



Gambar 1. Model Tiga Dimensi dari Chassis Go-kart Tipe Birell



Gambar 2. Model Tiga Dimensi dari Chassis Go-kart Tipe Tony Kart



Gambar 3. Model Tiga Dimensi dari Chassis Go-kart Tipe Arrow

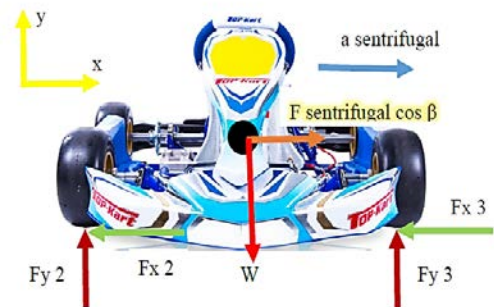
Pada penelitian kali ini akan diteliti tiga model chassis yang terlihat pada gambar 1, 2, dan 3. Di mana penelitian akan melihat *torsional rigidity*, efek *jacking*, dan karakter kekuatan dari *chassis* tersebut.

B. Material Chassis

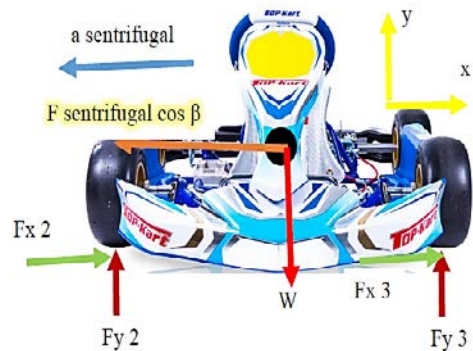
Tabel 1. Mechanical Property Material Aisi 4130 Chromolly[5]

Properties	Metric
Density	7,85 g/cm ³
Melting Point	1432°C
Tensile Strength , Ultimate	560 MPa
Tensile Strength, Yield	460 MPa
Modulus Elasticity	190-210 GPa
Poissons Ratio	0,27 - 0,30
Bulk Modulus	140 GPa
Shear Modulus	80 GPa
Hardness, Brinell	217
Elongation at Break (in 50 mm)	21,5 %
Reduction of area	59,6 %

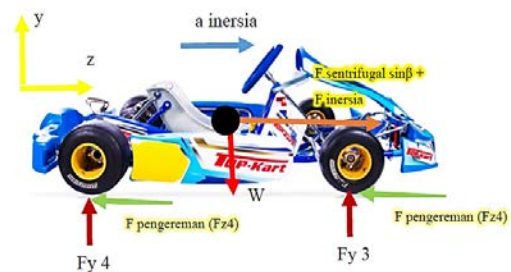
C. Simulasi Beban Belok



Gambar 4. Free Body Diagram Go-kart saat Berbelok ke Kiri pada Tampak Depan



Gambar 5. Free Body Diagram Go-kart saat Berbelok ke Kanan pada Tampak Depan



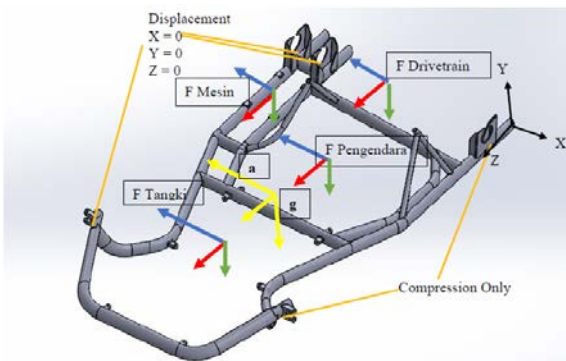
Gambar 6. Free Body Diagram Go-kart saat Berbelok pada Tampak Samping

Gambar 4 menunjukkan *free body diagram* dari *go-kart* saat berbelok ke arah kiri. Saat *go-kart* berbelok, *go-kart* akan mengalami gaya sentrifugal ke arah lateral luar arah belok kendaraan. Kemudian *go-kart* akan mengalami pula gaya berat kendaraan yang memiliki arah vertikal ke bawah. Pada roda *go-kart* akan terdapat gaya reaksi yang memiliki arah lateral maupun vertikal. Pada saat *go-kart* berbelok ke kanan,

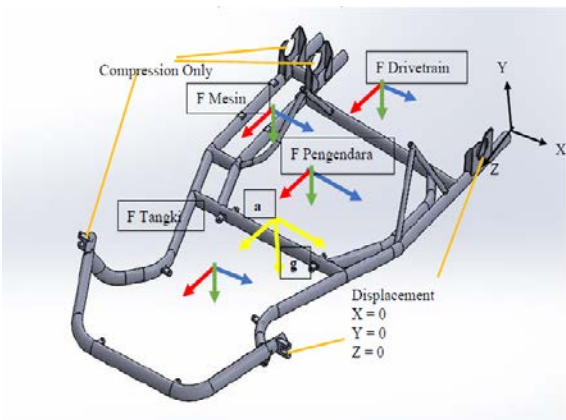
rincian gaya yang bekerja pada *chassis* akan sama besar namun memiliki arah yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.

Besar gaya sentrifugal pada penelitian kali ini akan divariasikan besarnya dengan bervariasi kecepatan kendaraan pada 40 km/h, 45 km/h, dan 50 km/h dengan radius belok tetap sebesar 4,6 m. Variasi ini dilakukan untuk melihat pengaruh besar gaya sentrifugal terhadap kenaikan roda belakang (*jacking*) dan juga kekuatan *chassis*. Penelitian kali ini akan mensimulasi ketiga *chassis* dengan material yang sama yaitu AISI 4130 Chromolly yang memiliki *mechanical property* yang ditunjukkan pada gambar tabel 1.

Gambar 6 menunjukkan *free body diagram* dari *go-kart* saat berbelok pada tampak samping. Saat *go-kart* berbelok, *go-kart* juga akan menerima gaya sentrifugal ke arah longitudinal yang disebabkan adanya sudut *side slip* kendaraan. Pada saat *go-kart* tidak melakukan pengereman ketika berbelok maka kendaraan hanya akan menerima beban sentrifugal arah longitudinal ini saja. Namun, saat *go-kart* berbelok dengan melakukan pengereman, *go-kart* akan menerima gaya inersia tambahan akibat beban pengereman tersebut yang memiliki arah longitudinal.



Gambar 7. *Boundary Condition* Simulasi *Go-kart* Berbelok ke Kiri



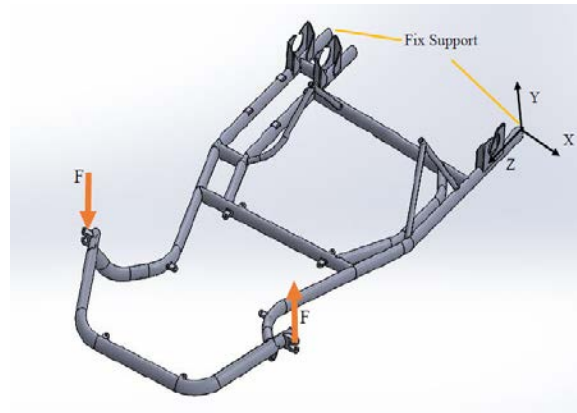
Gambar 8. *Boundary Condition* Simulasi *Go-kart* Berbelok ke Kanan

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada simulasi pembebanan belok ke kiri, *chassis* akan diberikan *support* berupa *displacement* $x = 0$, $y = 0$, dan $z = 0$ pada tempat peletakan roda bagian luar. Kemudian *chassis* juga akan diberikan *support compression only* pada peletakan roda bagian dalam yang diharapkan dapat terangkat saat *go-kart* sedang berbelok. Saat *go-kart* berbelok ke kanan, rincian peletakan *boundary condition* pada saat simulasi akan sama peletakannya hanya saja memiliki arah sebaliknya dari pada saat berbelok ke arah kiri seperti ditunjukkan pada gambar 8.

Simulasi beban belok ini akan menggunakan koordinat kartesian dengan arah dan peletakan titik *origin* dapat dilihat pada gambar 7 dan 8. Kemudian, hasil simulasi yang akan dicari simulasi ini adalah *von misses stress*, *deformation* arah

y , dan *safety factor*. Hasil *deformation* arah y ini akan dilihat untuk daerah roda belakang bagian dalam. Karena bagian tersebut akan memperlihatkan terangkat atau tidaknya roda kendaraan (efek *jacking*). Sementara hasil *von misses stress* dan *safety factor* akan digunakan untuk melihat karakter kekuatan dari tiga jenis *chassis* yang diteliti.

D. Simulasi Beban Torsional

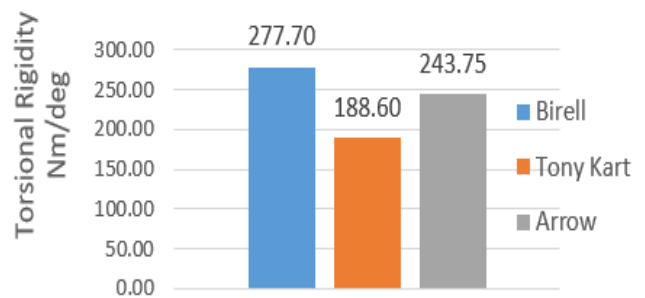


Gambar 9. *Boundary Condition* Simulasi *Go-kart* pada Pembebanan Torsional

Gambar 9 menunjukkan bahwa pada simulasi pembebanan torsional akan diberikan *fix support* pada bagian belakang *chassis*. Kemudian *chassis* akan diberi gaya kopel pada peletakan roda depan. Besar gaya kopel ini besarnya akan didapat dari persentase berat kendaraan. Di mana akan divariasikan besar F pada 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 dari berat kendaraan. Simulasi kali ini akan menggunakan koordinat kartesian seperti pada gambar 5. Kemudian, hasil yang akan dicari dari simulasi adalah deformasi Y . Dari hasil tersebut bisa didapat besar sudut puntir dan torsi puntir yang nantinya dapat dihitung untuk mencari nilai *torsional rigidity chassis*.

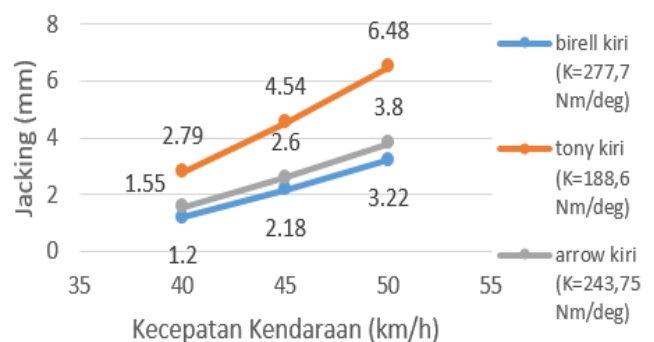
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Besar Torsional Rigidity

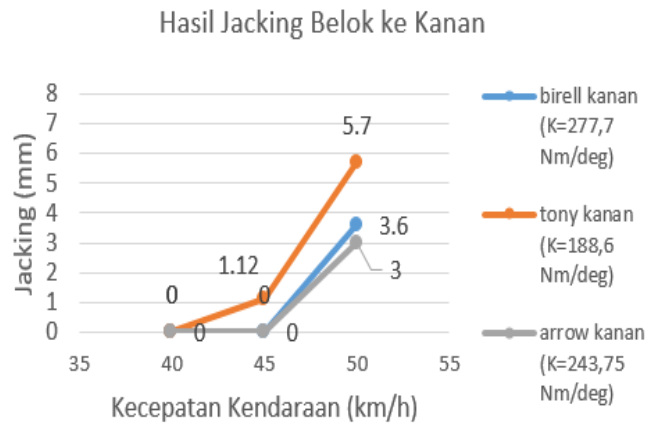


Gambar 10. Hasil Simulasi berupa *Torsional Rigidity* dari *Chassis* yang Diteliti

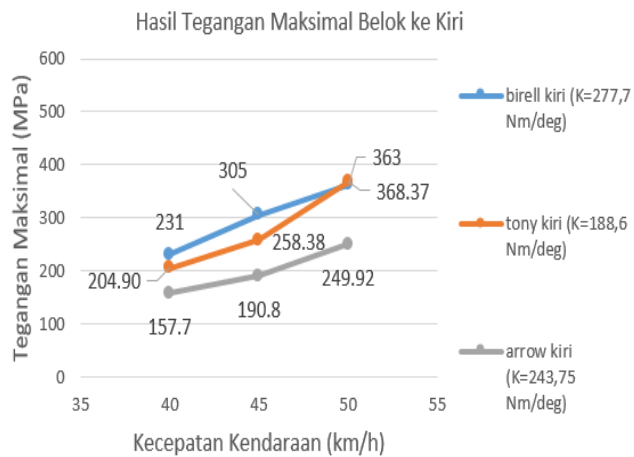
Hasil Jacking Belok ke Kiri



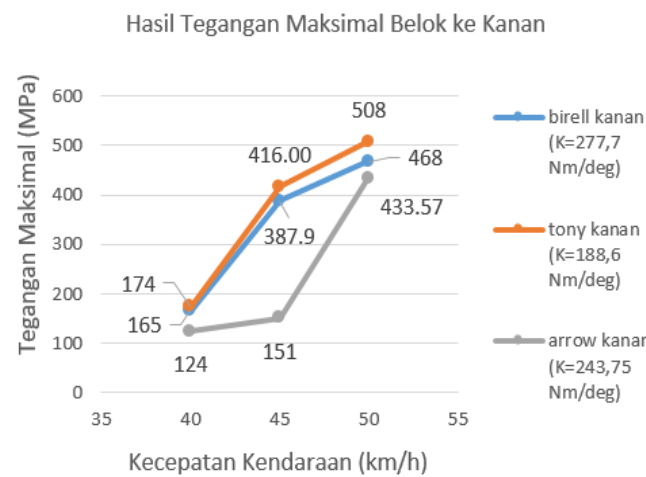
Gambar 11. Hasil Efek *Jacking* saat *Go-kart* Berbelok ke Kiri Tanpa Mengalami Beban Pengereman



Gambar 12. Hasil Efek *Jacking* saat *Go-kart* Berbelok ke Kanan Tanpa Mengalami Beban Pengereman

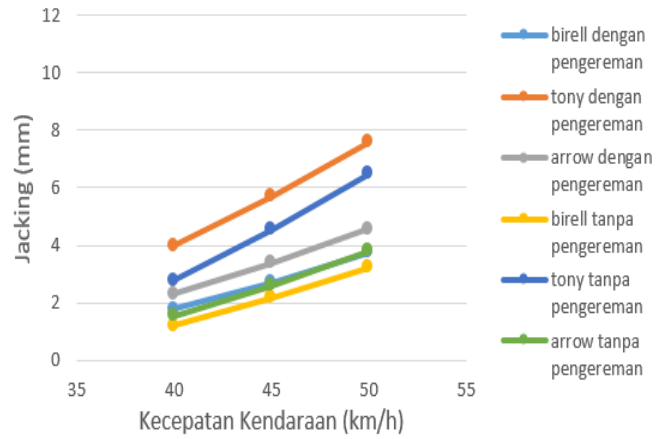


Gambar 13. Hasil Tegangan Maksimal saat *Go-kart* Berbelok ke Kiri Tanpa Mengalami Beban Pengereman



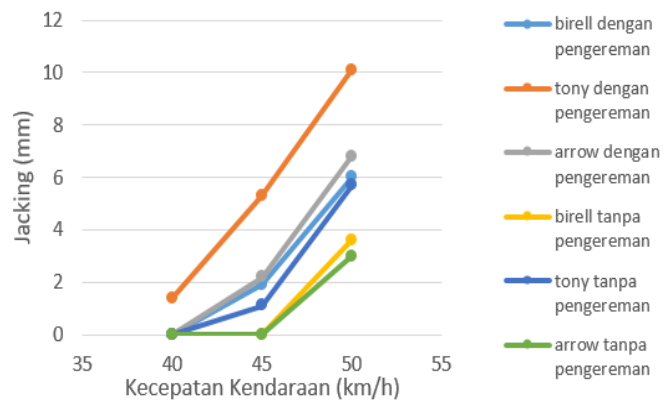
Gambar 14. Hasil Tegangan Maksimal saat *Go-kart* Berbelok ke Kanan Tanpa Mengalami Beban Pengereman

Hasil Jacking Belok ke Kiri & Efek Pengereman



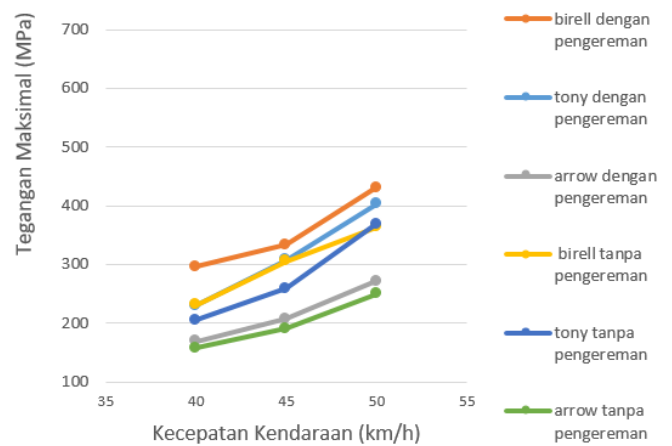
Gambar 15. Perbandingan Hasil *Jacking Chassis* pada Pembebanan Berbelok Kiri Tanpa Beban Pengereman maupun dengan Beban Pengereman

Hasil Jacking Belok ke Kanan & Efek Pengereman

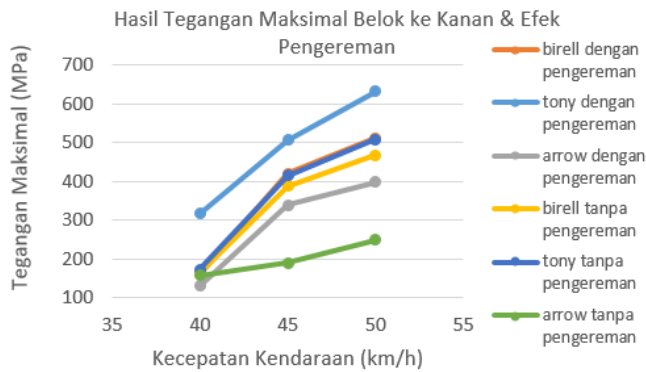


Gambar 16. Perbandingan Hasil *Jacking Chassis* pada Pembebanan Berbelok Kanan Tanpa Beban Pengereman maupun dengan Beban Pengereman

Hasil Tegangan Maksimal Belok ke Kiri & Efek Pengereman



Gambar 17. Perbandingan Hasil Tegangan Maksimal *Chassis* pada Pembebanan Berbelok Kiri Tanpa Beban Pengereman maupun dengan Beban Pengereman



Gambar 18. Perbandingan Hasil Tegangan Maksimal Chassis pada Pembebanan Berbelok Kanan Tanpa Beban Pengereman maupun dengan Beban Pengereman

Gambar 10 menunjukkan bahwa *chassis birell* berpenampang oval merupakan *chassis* paling kaku dengan *torsional rigidity* 277,7 Nm/deg. *Chassis Tony Kart* berpenampang lingkaran merupakan *chassis* paling fleksibel dengan *torsional rigidity* 188,6 Nm/deg. *Chassis Arrow* berpenampang lingkaran berada di tengah kekakuannya dengan *torsional rigidity* 243,75 Nm/deg. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa *chassis* yang penampang oval memiliki kekakuan yang lebih tinggi dari *chassis* berpenampang lingkaran. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk dan ukuran penampang *chassis* juga memiliki pengaruh pada besar kekakuan *chassis*.

Gambar 11 dan 12 menunjukkan bahwa *go-kart* dengan *chassis tony kart* yang paling fleksibel cenderung lebih mudah untuk mengalami efek *jacking* daripada *chassis* lainnya. Sementara *chassis birell* yang paling kaku cenderung lebih sulit untuk mengalami efek *jacking* dibanding *chassis* lainnya. Sementara *chassis arrow* berada diantara kedua *chassis* tersebut pada besar efek *jacking* yang terjadi. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa kekakuan *chassis* berpengaruh pada efek *jacking*. Gambar 11 dan 12 juga memperlihatkan bahwa *go-kart* lebih mudah untuk mengalami *jacking* saat berbelok ke kiri daripada saat berbelok ke kanan.

Gambar 13 dan 14 menunjukkan bahwa *chassis arrow* memiliki tegangan maksimal yang paling kecil daripada *chassis* lainnya baik saat berbelok ke kanan maupun ke kiri. Sementara *chassis birell* cenderung memiliki tegangan lebih kecil daripada *chassis tony kart* saat kendaraan berbelok ke kanan. Sedangkan *chassis tony kart* cenderung memiliki tegangan lebih kecil daripada *chassis birell* saat kendaraan berbelok ke kiri. *Chassis go-kart* yang diteliti juga cenderung mengalami tegangan maksimal yang lebih besar saat *go-kart* berbelok ke kanan daripada saat berbelok ke kiri.

Gambar 15 dan 16 menunjukkan bahwa beban pengereman pada jarak 3 meter dan besar 20,8 m/s² membuat kendaraan mengalami peningkatan pada besar *jacking* dengan kenaikan rata-rata pada *chassis birell* 38,9%, *chassis tony kart* 106%, dan *chassis arrow* 39,8 %. Sehingga rata-rata keseluruhan kenaikan *jacking* akibat penambahan beban pengereman ini sebesar 67%.

Gambar 17 dan 18 menunjukkan bahwa beban pengereman pada jarak 3 meter dan besar perlambatan 20,8 m/s² membuat kendaraan mengalami peningkatan tegangan maksimal dengan kenaikan rata-rata pada *chassis birell* 12 %, *chassis tony kart* 28,2 %, dan *chassis arrow* 31 %. Sehingga rata-rata keseluruhan kenaikan tegangan maksimal akibat penambahan beban pengereman ini sebesar 21%.

IV. KESIMPULAN

1. *Chassis* tipe *birell* merupakan *chassis* paling kaku. Disusul *chassis* tipe *arrow* berada di tengah. Lalu, *chassis* tipe *tony kart* berpenampang lingkaran menjadi *chassis* paling fleksibel.
2. *Chassis* tipe *arrow* menjadi *chassis* yang paling kuat. Kemudian dibawahnya, *chassis* tipe *tony kart* lebih kuat daripada tipe *birell* saat *go-kart* berbelok ke arah kiri. Sementara ketika *go-kart* berbelok ke arah kanan, *chassis* tipe *birell* memiliki kekuatan yang lebih baik daripada *chassis* tipe *tony kart*.
3. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa semakin fleksibel *chassis* maka semakin mudah *chassis* tersebut untuk mengalami efek *jacking*.
4. Beban pengereman pada jarak pengereman 3 meter dan besar perlambatan 20,8 m/s² dapat membuat *go-kart* lebih mudah untuk mengalami efek *jacking* (rata-rata kenaikan besar *jacking* 67 %). Namun, beban ini juga dapat meningkatkan tegangan maksimal yang diterima oleh *chassis* (rata-rata kenaikan tegangan maksimal 21%).
- 5.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ikatan Motor Indonesia (IMI), "Karting." [Online]. Available: <http://www.imi.co.id/olahraga/category/karting>. [Accessed: 07-Jan-2018].
- [2] B. S.I. Nyoman., Sampurno, *Teknologi Otomotif Edisi Kedua*. Guna Widya, 2010.
- [3] G. Mirone, "Multi-body elastic simulation of a go-kart: Correlation between frame stiffness and dynamic performance," *Int. J. Automot. Technol.*, vol. 11, no. 4, pp. 461–469, Aug. 2010.
- [4] C.-C. Liang, C.-H. Yu, and C.-C. Wu, "A study on torsional stiffness of the competition go-kart frame," *Comput. Aided Optim. Des. Eng.* X, vol. 91, pp. 189–198, Apr. 2007.
- [5] AZoM, "AISI 4130 Alloy Steel (UNS G41300)," *AZO Materials*, 2012. [Online]. Available: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6742>. [Accessed: 07-Jan-2019].