

Analisis Kinerja Traksi dan *Redesign* Rasio Transmisi pada Panser ANOA APC 3 6x6

Muhamad Johan Putra Prasetya dan I Nyoman Sutantra

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: Sutantra@me.its.ac.id

Abstrak —Salah satu produk dari PT.PINDAD adalah Panser ANOA APC yang merupakan kendaraan untuk kebutuhan militer dari negara Indonesia. Dari informasi yang di dapat dari PT.PINDAD bahwa Panser ANOA APC 3 6x6 memiliki permasalahan yaitu terbatasnya kemampuan panser untuk jalanan dengan *gradeability* rendah. Dalam penelitian ini, penulis akan melakukan dua tahapan pengujian.Tahap pertama, dilakukan analisis karakteristik panser anoa apc 3 6x6 pada kondisi standar. Selanjutnya tahap kedua dilakukan evaluasi terhadap grafik karakteristik traksi kondisi rasio panser anoa apc 3 6x6 standar, dilanjutkan dengan proses *redesign* tingkat transmisi untuk mengoptimalkan kinerja panser anoa apc 3 6x6 menggunakan teori *progressi geometri*. Dari penelitian ini diperoleh grafik karakteristik traksi mobil untuk kondisi rasio gigi standar serta hasil *redesign* dengan 5, 6 dan 7 tingkat kecepatan. Setelah dilakukan analisis, ternyata kendaraan Panser ANOA APC 3 6x6 tidak dapat melewati jalan dengan *gradeability* 40% dan 50%. Hasil *redesign* dengan menggunakan teori *progressi geometry* menunjukkan bahwa panser ANOA APC 3 6x6 mampu melewati jalanan dengan *gradeability* 40% tetapi panser ANOA APC 3 6x6 masih belum mampu melewati tanjakan dengan *gradeability* 50% dikarenakan setelah dilakukan *redesign*, gaya traksi maksimum yang di hasilkan oleh panser adalah 58,82 kN untuk 5 dan 6 tingkat kecepatan sedangkan untuk 7 tingkat kecepatan 59,468 kN yang tidak lebih besar dari gaya hambat tanjakan pada *gradeability* 50% yaitu sebesar 60,542 kN.

Abstrak —karakteristik traksi, *redesign*, rasio transmisi, *progressi geometry*, *gradeability*.

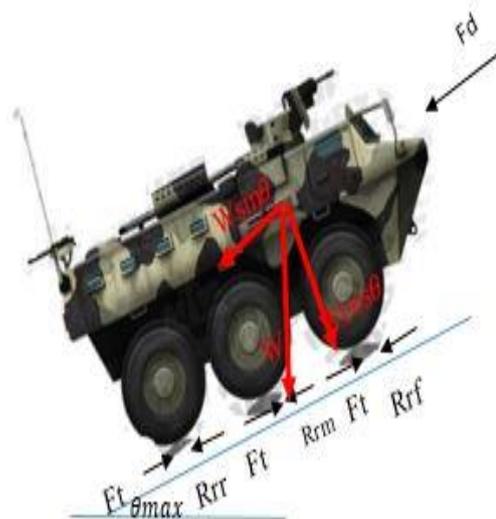
I. PENDAHULUAN

PERINDUSTRIAN di bidang kendaraan militer saat ini sudah sangat maju. PT.PINDAD sebagai produsen utama alat alat kemiliteran untuk Indonesia harus mempunyai kemampuan untuk memproduksi alat militer yang canggih agar tidak ketinggalan oleh negara lain di bidang kemiliteran.Otokar Arma 6x6 adalah Produk Panser buatan russia yang mampu melalui tanjakan dengan sudut kemiringan hingga 60 derajat^[4].Salah satu produk dari PT.PINDAD adalah Panser ANOA APC yang merupakan kendaraan untuk kebutuhan militer dari negara Indonesia. Dari informasi yang di dapat dari PT.PINDAD bahwa Panser ANOA APC 3 6x6 memiliki permasalahan yaitu tidak mempunya Panser menanjak pada kemiringan jalan tertentu. Dari permasalahan tersebut perlu di lakukan analisis transmisi dan kinerja traksi pada Panser ANOA APC 3 6x6 untuk mengetahui gaya dorong yang di hasilkan oleh Panser dan perlu juga dilakukan *redesign* dari transmisi Panser ANOA APC 3 6x6 yang bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan yang terdapat pada Panser ANOA APC 3 6x6. *Redesign* yang akan dilakukan oleh penulis adalah dengan melakukan penambahan tingkat gigi dikarenakan dengan menambah tingkat gigi mempunya keuntungan seperti *losses* yang di akibatkan oleh perpindahan gigi akan lebih kecil dan

pemilihan tingkat gigi akhir bisa lebih kecil sehingga kecepatan kendaraan bisa ditingkatkan.

II. URAIAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dianalisis karakteristik gaya traksi dan *redesign* rasio transmisi pada Panser ANOA APC 3 6x6. Berikut adalah beberapa langkah untuk mendapatkan gaya traksi pada Panser ANOA APC 3 6x6 kondisi standar dan langkah untuk me-*redesign* rasio transmisi dari Panser ANOA APC 3 6x6. Berikut adalah gambar dari *free body diagram* Panser ANOA APC 3 6x6 dimana *free body diagram* dari Panser tersebut menunjukkan gaya gaya hambat yang bekerja pada Panser ANOA APC 3 6x6. Dari Gambar 1 terlihat bahwa terdapat gaya hambat aerodinamika (R_a), gaya hambat rolling(r_r) dan gaya hambat tanjakan. ketiga gaya tersebut nantinya akan dihitung dan ditambahkan agar dapat di ketahui berapa gaya hambat total yang terjadi pada panser ANOA APC 3 6x6.



Gambar 1. *Free body diagram* Panser ANOA APC 3 6x6

Gaya hambat karena udara pada mobil disebut dengan *drag force*. Pada dasarnya, terdapat beberapa jenis gaya hambat angin pada kendaraan yaitu hambatan bentuk, hambatan pusaran, hambatan tonjolan, serta hambatan aliran dalam. Namun, pada dasarnya gaya hambat yang paling besar adalah akibat gaya hambat bentuk dan pusaran.Dengan demikian besarnya gaya hambat angina dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$R_a = \frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times V_a^2 \dots (1)$$

Untuk koefisien dari *Cd* bisa diambil dari tabel 1 dimana untuk Panser ANOA APC 3 6x6 sendiri menggunakan *cd* dari *tractor-trailer* yaitu di angka 0,8.

Tabel 1.
coefficient drag untuk jenis kendaraan

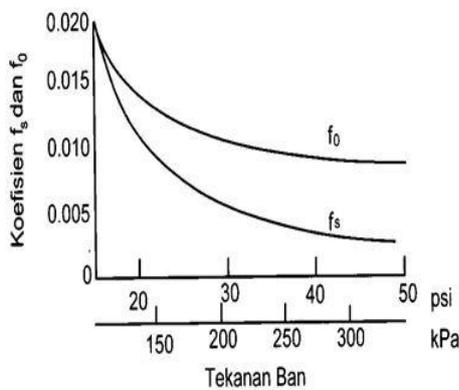
No	jenis kendaraan	koefisien hambatan
1	kendaraan penumpang	0,3 - 0,6
2	kendaraan convertible	0,4 - 0,65
3	kendaraan balap	0,25 - 0,3
4	Bus	0,6 - 0,7
5	Truck	0,8 - 1
6	tractor - trailer	0,8 - 1,3
7	sepeda motor + pengendara	1,8

Untuk hambatan *rolling* sendiri adalah Hambatan yang terjadi pada ban adalah utamanya disebabkan oleh sifat histerisis ban karena adanya defleksi dari ban. Untuk mencari besarnya gaya hambatan *rolling*, pertama kita harus menentukan besarnya koefisien hambatan *rolling* (*fr*) terlebih dahulu. Besarnya *fr* dapat dicari menggunakan persamaan hasil eksperimen *J.J Taborek* berikut^[3].

$$fr = fo + fs \left(\frac{vk}{100}\right)^{2,5} \dots(2)$$

Sedangkan untuk kondisi tekanan ban sekitar 26 psi, maka perumusan diatas dapat disederhanakan sebagai berikut ,

$$fr = 0.01\left[1 + \frac{vk}{160}\right] \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 2. Grafik pengaruh tekanan ban pada *fo* dan *fs*

Tabel 2.

Nilai rata-rata dari koefisien hambatan *rolling* untuk berbagai kondisi jalan^[2]

Jenis Kendaraan	Permukaan Jalan		
	Beton	Keras/Aspal	Pasir
Kendaraan penumpang	0.015	0.08	0.3
Truk	0.012	0.06	0.25
Traktor	0.02	0.04	0.2

Setelah mendapatkan koefisien hambatan *rolling* (*fr*) , maka dengan menggunakan rumus di bawah ini besarnya gaya hambatan *rolling* dapat dicari,

$$Rrr = fr \times (Wf + W) \dots\dots\dots(4)$$

Gaya hambatan yang ketiga adalah gaya hambatan tanjakan, yaitu gaya hambatan yang diakibatkan adanya sudut tanjak yang dilewati oleh kendaraan sehingga beban kendaraan akan bertambah akibat gaya gravitasi yang muncul. Besarnya gaya hambatan akibat sudut tanjak dapat dihitung dengan rumus berikut,

$$Rg = W \sin \theta = \text{hambatan tanjakan (N)} \quad (5)$$

Ketika kendaraan dalam posisi menanjak, digunakan satuan *gradeability* sebagai acuan. *Gradeability* adalah kemampuan suatu kendaraan untuk mendaki suatu tanjakan. Jika kendaraan didesain dengan gradient 30% misalnya, maka kemampuan kendaraan tersebut harus mampu menanjak dengan gradient sebesar 30%. Jika kendaraan tersebut belum mampu menempuh tanjakan tersebut, maka kendaraan tersebut dikatakan tidak memenuhi kriteria *gradeability* yang disyaratkan^[1].

Perhitungan gradient tanjakan (*G*) dapat dilakukan dengan rumus berikut,

$$G = \tan \theta = \frac{\text{vertical projection}}{\text{horizontal projection}} \quad (6)$$

Dengan demikian, setelah meninjau tiga buah gaya hambatan yang bekerja pada kendaraan sesuai penjelasan sebelumnya, maka gaya hambatan total pada kendaraan dapat dirumuskan sesuai persamaan dibawah ini,

$$Fr = Ra + Rr + Rg \quad (7)$$

Akan tetapi, pada saat kendaraan dalam posisi menanjak, besarnya sudut tanjak juga akan berpengaruh terhadap besarnya *Rolling Resistance* kendaraan akibat perbedaan gaya normal pada kendaraan yang besarnya lebih kecil dibandingkan saat berjalan. Sehingga rumus gaya dorong kendaraan total (rumus 8) sedikit dimodifikasi menjadi seperti berikut,

$$Fr = Fd + Rr + Rg$$

$$Fr = fr \cdot W \sin \theta_{\max} + \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 + W \sin \theta_{\max} \quad (8)$$

Setelah mendapatkan gaya hambatan total maka berikutnya adalah mencari besarnya gaya dorong dari Panser itu sendiri. Gaya Dorong adalah gaya yang bekerja berlawanan dengan arah gerak gaya hambatan kendaraan. Gaya dorong ini dihasilkan dari daya yang dihasilkan oleh mesin kendaraan (*engine*) yang kemudian disalurkan melalui sistem transmisi sehingga akhirnya dapat menggerakkan roda . Untuk menghitung besarnya gaya dorong yang mampu dihasilkan kendaraan, dapat digunakan persamaan 9. Selain melalui metode analitis/ perhitungan, untuk mencari besarnya nilai gaya dorong (*Ft*) aktual pada kendaraan juga dapat dilakukan dengan cara lain. Yaitu dengan melakukan pengujian menggunakan mesin *dynotest* pada mobil.

Maka, gaya dorong pada roda penggerak (*Ft*) dengan memperhatikan efisiensi (η) pada semua proses transmisi untuk mobil pada umumnya dirumuskan sebagai berikut,

$$Ft = \frac{it \cdot ig \cdot Me}{r} \eta t \quad (9)$$

Sedangkan, untuk jenis transmisi pada kendaraan *Automatic Transmission* 4X4 AT terdapat rasio torsi konverter serta *transfer case*, maka perhitungan gaya dorong nya adalah sebagai berikut,

$$Ft = \frac{ctr.it \cdot ig \cdot itc \cdot Me}{r} \cdot \eta t \cdot \eta ctr \cdot \eta tc \quad (10)$$

Ketika karakteristik transmisi dalam kondisi standar sudah didapatkan maka selanjutnya *redesign* rasio transmisi dengan teori progressi geometri dilakukan untuk memperbaiki

kekurangan yang ada pada kondisi standar kendaraan. Langkah pertama untuk mendesain tingkat transmisi, harus ditentukan terlebih dahulu rasio transmisi pertama dan rasio transmisi terakhir kendaraan. Untuk menentukan rasio transmisi pertama (I), dapat dihitung dengan rumus:

$$i_1 = \frac{F_1 \cdot r}{M_e \cdot i_d \cdot \eta_t} \tag{11}$$

Kemudian, rasio transmisi pada tingkat terakhir (n) dirumuskan sebagai berikut :

$$i_n = \frac{F_n \cdot r}{M_e \cdot i_d \cdot \eta_t} \tag{12}$$

Dengan demikian, nilai faktor Kg dapat ditentukan dengan rumus di bawah ini. Selanjutnya, nilai Kg tersebut digunakan untuk menentukan nilai i2, i3 dst.

$$Kg = \left(\frac{i_n}{i_1}\right)^{\frac{1}{n-1}} \tag{13}$$

Parameter-Parameter yang di perlukan dalam analisis ini di peroleh dari PT.PINDAD .

Tabel 3. Spesifikasi Engine Renault Truck Defence Dxi7-V1

Designation	Unit	Data
Rated powerenginespeed	rpm	2300
Maximum power at ratedspeed	kW	235
Maximum torque/ eng. speed	Nm / rpm	1200 [1200-1700]
Idlingspeed	rpm	600 ⁺⁰ / ₋₅₀
High idle speed	rpm	2650
Emission level	w/o	EURO4/ EURO3

Tabel 4. Dimensi Panser Anoa APC 3 6X6

Dimensi Keseluruhan	
Panjang kendaraan	6,000 m
Lebar kendaraan	2,500 m
Tinggi kendaraan	2,170 m
Road clearance	0,4 m
Jejari dinamis roda	0,6 m
Beban	
Massa Kendaraan Kosong	12.500 kg
Massa Muatan Penuh	13.280 kg

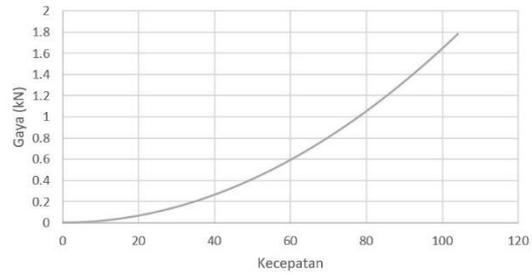
Tabel 5. Rasio Gigi Transmisi ZF 6 HP 502S^[5]

Tingkat gigi	Rasio
1	6,893
2	4,247
3	2,607
4	1,564
5	1
R	3,2
Final drive	5,428

III. HASIL DAN ANALISIS

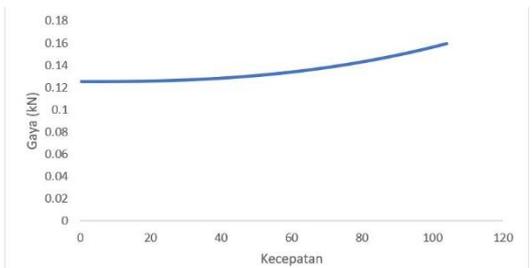
Dalam penelitian ini didapat grafik dari hambatan udara aerodinamis, grafik hambatan rolling, grafik gaya hambat total, grafik karakteristik traksi dan percepatan kendaraan pada kondisi standar dan grafik karakteristik traksi dan

percepatan kendaraan hasil *redesign* 5,6 dan 7 tingkat kecepatan.



Gambar 3. Grafik Gaya Hambat Udara Panser ANOA APC 3 6x6

Gambar 3 menunjukkan hasil perhitungan gaya hambat udara (*drag*) kendaraan saat melaju pada kecepatan tertentu. Gaya hambat udara diatas didapat dari input data variabel bebas kendaraan berupa luasan penampang *frontal* kendaraan (*Af*) yang di dihitung menggunakan rumus *coastdown* sebesar 4.452 m² , koefisien *drag* (*Cd*) dari jenis kendaraan (berdasarkan bentuk bodi yang persis dengan panser 0,8) serta kecepatan kendaraan yang divariasikan dari kecepatan 0 sampai 90 km/jam. Sementara, variabel tetap berupa massa jenis udara (ρ) sebesar 1.2 kg/m³. Terlihat melalui persamaan gaya hambat udara, $R_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_{udara} \cdot C_d \cdot A_f \cdot V^2$ maka semakin besar kecepatan dari kendaraan maka semakin besar juga gaya hambat udara yang terjadi pada kendaraan, dikarenakan fungsi gaya hambat udara kendaraan berbanding lurus dengan fungsi kecepatan.



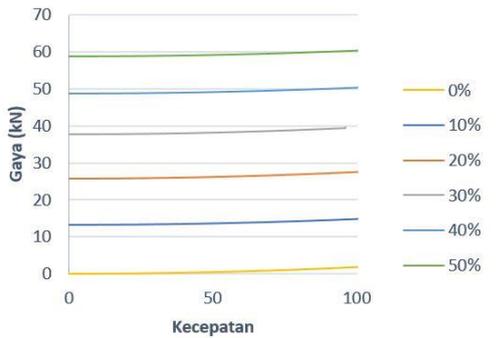
Gambar 4. Grafik Gaya Hambat Rolling Panser ANOA APC 3 6x6

Gambar 4 menunjukkan hasil perhitungan gaya hambat *rolling* kendaraan saat melaju pada kecepatan tertentu. Gaya hambat *rolling* didapat dari input data variabel bebas kendaraan berupa koefisien *rolling* yang berbeda pada tiap tingkat kecepatan, yang diperoleh dari tabel hasil uji JJ. Taborek. Besarnya koefisien ini juga bergantung pada jenis ban dan tekanan dari ban , pada ban bertekanan 50 psi nilai *f_o* sebesar 0.01 dan *f_s* sebesar 0.0025 (didapat dari gambar 2). Besarnya gaya hambat *rolling* merupakan hasil perkalian antara koefisien hambatan *rolling* dengan gaya normal kendaraan.

Berdasarkan grafik, terlihat bahwa semakin besar kecepatan kendaraan maka semakin besar pula hambatan *rolling* yang muncul, meskipun dalam grafik di atas kenaikan dari hambatan *rolling* sangatlah sedikit.

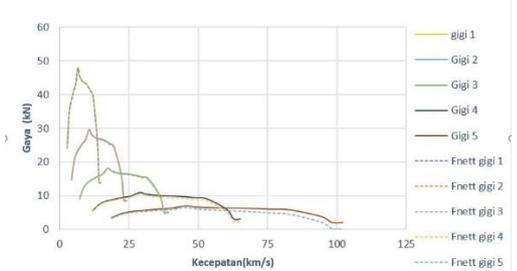
Berikutnya adalah pembahasan dari gaya hambat. Gaya hambat ketika mobil menanjak merupakan akumulasi dari gaya hambat total saat melaju pada tanjakan dengan nilai gradeability tertentu . Pada penelitian ini, perhitungan gradeability dilakukan pada 0-50 % . Gaya hambat tanjak sendiri nilainya berbanding lurus dengan sinus dari sudut tanjakan. Besarnya gaya tanjak merupakan hasil perkalian antara berat kendaraan dengan sinus sudut tanjak yang dilalui kendaraan .

Besarnya gaya hambat tanjak pada setiap kemiringan bernilai konstan. Setelah mendapatkan gaya tanjak, maka selanjutnya pada masing-masing kemiringan nilai gaya tanjak diakumulasikan dengan gaya hambat angin dan *rolling resistance* menjadi gaya hambat total tanjakan. Gambar 6 memperlihatkan gaya hambat total (Ft) saat kendaraan melaju pada tanjakan untuk masing-masing *gradeability*



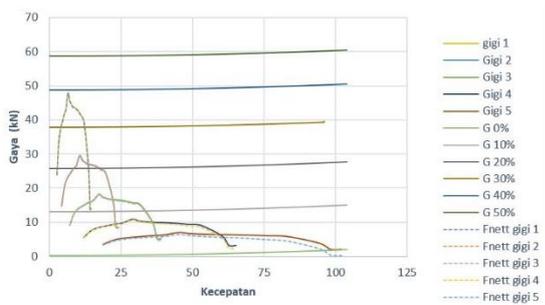
Gambar 6 . Grafik Gaya hambat total tanjakan

Selanjutnya adalah analisis gaya dorong pada Panser ANOA APC 3 6x6 pada kondisi standar 5 tingkat kecepatan.



Gambar 7. Grafik gaya dorong Standar Panser ANOA APC 3 6x6

Selanjutnya adalah grafik karakteristik traksi Panser ANOA APC 3 6x6 dalam kondisi Standar 5 tingkat kecepatan yang di tunjukan pada gambar 8.

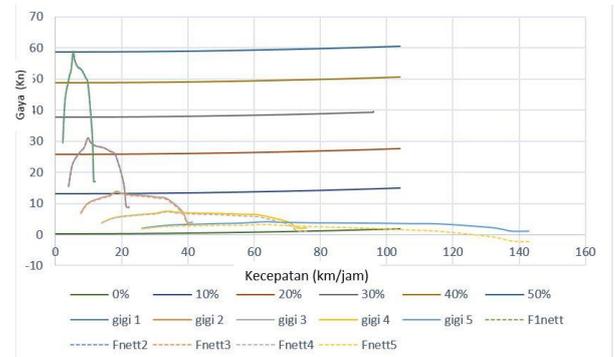


Gambar 8. Grafik Karakteristik traksi Panser ANOA APC 3 6x6 kondisi standar 5 tingkat kecepatan

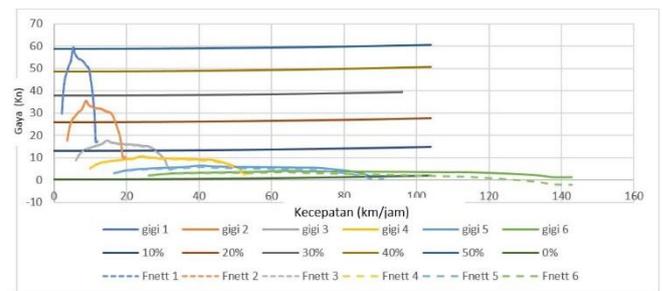
Pada gambar 8 terlihat bahwa pada tingkat gigi pertama besarnya traksi maksimum untuk tingkat gigi pertama sebesar 47975,8072 N pada 1700 rpm sehingga mobil ini mampu melewati jalanan dengan *gradeability* sebesar 30%,tetapi tidak mampu melewati jalanan dengan *gradeability* sebesar 40 dan 50 %. Untuk tingkat gigi kedua, nilai traksi maksimum nya sebesar 29,559 kN , pada tingkat gigi ketiga sebesar 18,144 kN, pada tingkat gigi keempat sebesar 10,885 kN dan pada tingkat gigi kelima sebesar 6,96 kN. Gaya traksi yang di hasilkan oleh tingkat gigi yang lebih rendah lebih besar di bandingkan dengan gaya traksi yang di hasilkan oleh tingkat gigi yang lebih tinggi di karenakan rasio di tingkat gigi rendah lebih besar di bandingkan dengan rasio gigi di tingkat

gigi yang lebih tinggi dan besarnya rasio gigi di tiap tingkat gigi berbanding lurus dengan gaya traksi yang di hasilkan.

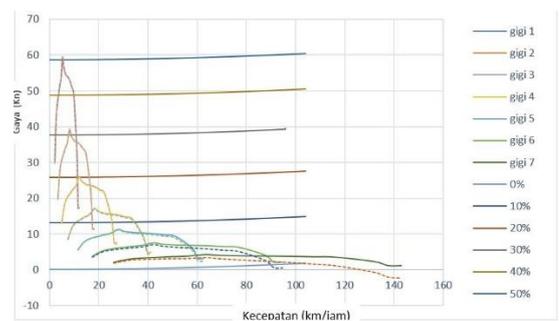
Permasalahan yang bisa di lihat dari grafik karakteristik traksi standar Panser ANOA APC 3 6x6 adalah tidak mempunya Panser untuk melewati jalanan dengan *gradeability* 40% dan 50%. Untuk itu dilakukan lah *redesign* rasio transmisi pada panser ANOA APC 3 6x6. Hasil *redesign* dari rasio transmisi pada panser ANOA APC 3 6x6 akan di tampilkan pada gambar 9,10 dan 11 yang masing masing adalah hasil *redesign* 5,6 dan 7 tingkat kecepatan.



Gambar 9. grafik karakteristik traks Panser ANOA APC 3 6x6 5 tingkat kecepatan hasil *redesign*



Gambar 10. grafik karakteristik traks Panser ANOA APC 3 6x6 6 tingkat kecepatan hasil *redesign*



Gambar 11. grafik karakteristik traks Panser ANOA APC 3 6x6 7 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Hasil *redesign* rasio transmisi pada tingkat gigi pertama (pada 5,6 tingkat kecepatan) menghasilkan traksi kotor yang lebih tinggi dari kondisi standar yaitu sebesar 58,82 kN dan 59,468 kN pada 7 tingkat kecepatan. Dapat dilihat juga bahwa hasil *redesign* rasio transmisi pada tingkat gigi terakhir (baik pada 5,6 maupun 7 tingkat kecepatan) menghasilkan gaya dorong yang mampu melawan gaya hambat angin sampai kecepatan 116,3 km/jam. Besarnya loses traksi pada tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua ditinjau pada kecepatan 6,6 km/jam mengalami kenaikan dari kondisi standar sebesar 18,82 kN, hasil *redesign* 5 tingkat sebesar 25,406 kN, hasil *redesign* 6 tingkat kecepatan sebesar 22,11 kN, kemudian pada hasil *redesign* 7 tingkat kecepatan sebesar 20,827 kN, Dari kondisi Standar memang setelah dilakukan

redesign loses yang terjadi semakin besar tetapi setelah di lakukan penambahan jumlah gigi maka loses yang terjadi pun semakin kecil. Artinya loses traksi dapat di minimalisir dengan penambahan jumlah gigi. Setelah dilakukan *redesign* transmisi terlihat bahwa kendaraan Panser ANOA APC 3 6x6 mampu melewati jalanan dengan *gradeability* 40 tetapi masih belum bias melewati jalanan dengan *gradeability* 50%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan penelitian sebagai berikut,

1. Pada kondisi standar, gaya hambat Panser ANOA APC 3 6x6 pada kondisi jalan standar adalah 1,978 kN, pada kondisi jalan dengan *gradeability* 10% sebesar 14,944 kN, pada kondisi jalan dengan *gradeability* 20% sebesar 27,654 kN, pada kondisi jalan dengan *gradeability* 30% sebesar 39,5977 kN, pada kondisi jalan dengan *gradeability* 40% sebesar 50,598 kN dan pada kondisi jalan dengan *gradeability* 50% sebesar 60,524 kN.
2. Karakteristik traksi Panser ANOA APC 3 6x6 kondisi standar adalah gaya traksi terbesar 47975,8072 N pada 1700 rpm di tingkat gigi pertama dan percepatan terbesar 3,858 m/s² pada tingkat gigi pertama
3. Karakteristik traksi Panser ANOA APC 3 6x6 setelah di lakukan *redesign* dengan menggunakan teori progresi geometri yaitu sebesar 58,82 kN pada 1700 rpm di tingkat gigi pertama untuk 5 dan 6 tingkat kecepatan sedangkan untuk 7 tingkat kecepatan sebesar 59,468 kN pada 1700 rpm di tingkat gigi pertama. Untuk percepatan dari 5, 6, dan 7 tingkat kecepatan adalah sama yaitu tertinggi pada tingkat gigi pertama yaitu 4,4 m/s²

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jazar, Reza N., "*Vehicle Dynamic Theory*", Springer, Melbourne, 2009
- [2] Sutantra, I. Nyoman., Sampurno, Bambang., "Teknologi Otomotif Edisi Kedua, Institut Teknologi Sepuluh Nopember", Guna Widya, Surabaya, 2010
- [3] Taborek, Jaroslav J., "*Mechanics of Vehicles*", Penton Publishing Co., Ohio, 1957.
- [4] <http://EnglishRussia.com/2012/06/17/hellish-vehicles-under-control/10/>, diakses tanggal 21 januari 2017
- [5] ZF Friedrichshafen AG .Transmission gear ratio ZF 6HP502S . Accessed at <http://www.webcat.zf.com/>