

Analisis Distribusi Tegangan Dan Deformasi Pada Rangka Motor Trail Dengan Metode Elemen Hingga

Rosadila Febritasari ¹⁾, Muhammad Reza Agus Santoso, Sibut, Tito Arif Sutrisno, Gerald Adityo Pohan, Febi Rahmadiano, Djoko Hari Prasawanto, Tutut Nani Prohatmi, Eko Yohanes Setyawan

¹⁾Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura-gura 2 Malang
Email : rosadila@lecturer.itn.ac.id

Abstrak. Sepeda motor trail adalah sepeda motor yang dibuat khusus untuk menaklukkan medan off-road. Rangka motor trail harus kuat dan kokoh dalam menerima beban. Kerusakan terjadi pada rangka utama, yang menerima beban terus menerus dari suspensi depan dan belakang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan rangka motor trail dengan menggunakan metode elemen hingga. Dimulai dengan membuat desain tiga dimensi rangka motor trail dari material pipa Besi Sch 40 dan Aluminium 6061. Rangka disimulasi structural analysis untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi dan nilai faktor keamanan pada rangka motor trail saat terjadi tegangan beban kejut. Data yang akan diamati pada simulasi ini adalah analisis Equivalent Stress, analisis Total Deformation, analisis Safety Factor. Rangka dari material pipa besi Sch 40 mampu menahan distribusi tegangan sebesar 12% dibanding rangka material aluminium 6061. Deformasi terkecil terjadi pada bagian subframe seat rail body belakang material pipa besi Sch 40 dengan selisih 90% dari material Aluminium 6061. Dengan nilai faktor keamanan > 2,5, rangka dari kedua material tersebut berada pada batas aman untuk digunakan. Setelah dilakukan analisis dapat disimpulkan bahwa rangka dengan material pipa besi Sch 40 dapat direkomendasikan pada rangka motor trail.

Katakunci: Rangka Motor Trail, Distribusi Tegangan, Deformasi, Safety factor, Chassis

1. Pendahuluan

Optimalisasi desain rangka motor trail telah dilakukan dari tahun ke tahun untuk memenuhi permintaan pasar khususnya pengendara motor trail atau peminat motor cross sangat memperhatikan kendaraan motor trailnya dalam hal kinerja, keamanan, dan kenyamanan. Motor trail merupakan kendaraan off road atau off track yang didominasi dengan medan jalan yang sulit, berbatu, dan berlumpur. Contoh motor trail dapat digunakan di daerah bendana alam [1]. Dikarenakan medan yang ekstrem, rangka motor trail harus kuat dan kokoh dalam menerima beban. Selama ini, rangka sepeda motor trail sering terjadi kerusakan pada bagian rangka tengah atau rangka utama, yang menerima beban terus menerus dari suspensi depan. Rangka juga mengalami deformasi elastoplastik. Bagian sambungan las pada rangka cenderung mengalami patahan [2].

Analisis kekuatan rangka menjadi bagian penting dari proses perancangan produk untuk memastikan rangka mampu menahan beban baik beban dari mesin, pengendara, atau permukaan jalan [3]. Analisis ini dapat dihitung secara manual (*hand calculation*) atau komputerisasi dengan menggunakan finite element analysis (FEA). Metode elemen hingga atau FEA telah banyak digunakan sebagai tool analysis untuk memperoleh gambaran distribusi tegangan dan memprediksi kekuatan struktur. Perancangan rangka kendaraan untuk keperluan rehabilitasi dilakukan secara komputerisasi yaitu perhitungan kekuatan rangka berdasarkan analisis struktur menggunakan metode elemen hingga [4], [5], [6]. Selain itu, metode ini juga dipakai untuk menganalisis aliran fluida pada muffler yaitu menggunakan analisis komputasi fluida dinamis [7]. Penggunaan FEA dalam memprediksi kekuatan suatu konstruksi sistem mekanikal dapat menekan biaya desain bila dibandingkan dengan eksperimen [8]. Keunggulan melakukan perhitungan komputerisasi dengan software simulasi yaitu lebih efisien biaya, waktu dan tempat dikarenakan simulasi dilakukan pada pemodelan tiga dimensi yang dibuat menyerupai objek asli dan tidak memerlukan objek atau prototipe. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis dari rangka dan

material yang digunakan pada rangka motor trail guna mendapatkan hasil kekuatan rangka yang optimal. Penelitian ini berfokus pada rangka motor trail dan rangka disimulasi dengan metode elemen hingga untuk mendapatkan distribusi tegangan, deformasi, dan nilai faktor keamanan. Adapun material rangka yang digunakan pada penelitian ini yaitu pipa besi SCH 40 dan aluminium 6061.

2. Metode Penelitian

Obyek penelitian ini adalah rangka motor trail berdimensi panjang 900 mm × lebar 250 mm × tinggi 600 mm. Rangka motor trail didesain menjadi pemodelan tiga dimensi menggunakan CAD Software. Kedua rangka dianalisis menggunakan metode elemen hingga. Beban yang diberikan kepada rangka berasal dari beban pengendara dan beban komponen motor. Analisis yang ditinjau adalah distribusi tegangan Von Mises yang tersebar pada rangka, deformasi yang kemungkinan terjadi pada rangka, dan faktor keamanan. Pertama, model rangka motor trail dimasukkan dalam Software Simulasi yaitu dimulai dari tahap *pre-processing*. Pada tahap *pre-processing* ini, letak titik pembebanan, besar pembebanan, dan ukuran mesh diatur pada rangka dan dikondisikan sesuai kondisi sebenarnya. Kedua, tahap simulasi dilakukan yaitu simulasi struktur, diantaranya *von-mises stress*, *displacement*, dan *safety factor*. Ketiga, tahap *post-processing* menunjukkan informasi yang lebih spesifik dan terperinci dari data hasil simulasi.

2.1. Pemodelan Rangka Motor Trail

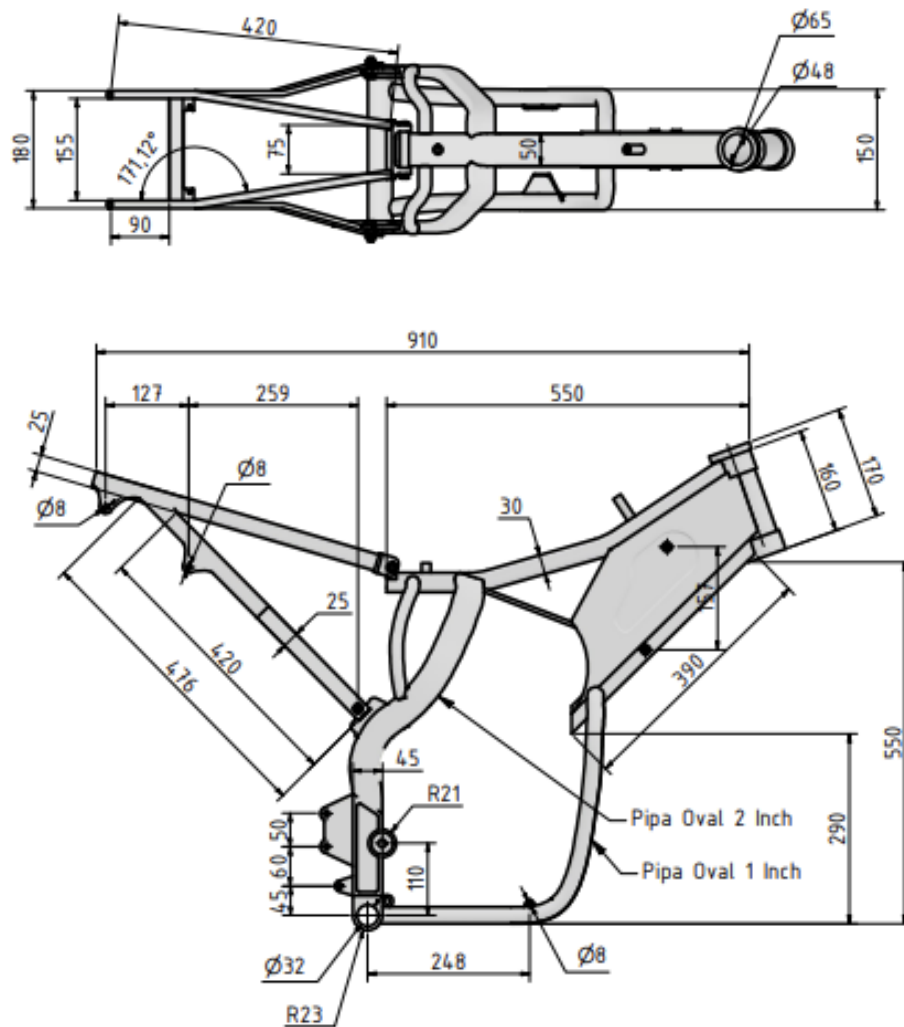
Dimensi rangka motor trail ditunjukkan pada gambar 1. Pemodelan rangka motor trail ini dibuat dengan merujuk pada rangka motor Full-duplex Cradle, karena bentuk rangka ini sering dipakai pada medan ekstrim. Sedangkan bentuk rangka lain tidak dipakai pada penelitian ini seperti bentuk rangka single cradle, half-duplex cradle, dan twin spar frame. Rangka motor trail berdimensi panjang 900 mm × lebar 250 mm × tinggi 600 mm. Material yang digunakan adalah pipa besi SCH 40 dan material aluminium 6061. Satu rangka dibuat dari material pipa besi SCH 40 sehingga didapatkan berat rangka 12 kg, dan lainnya dari material Aluminium 6061 memiliki berat 8 kg. Properti mekanik dari material pipa besi SCH 40 dan material aluminium 6061, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Properti mekanik dari material pipa besi SCH 40 dan material aluminium 6061

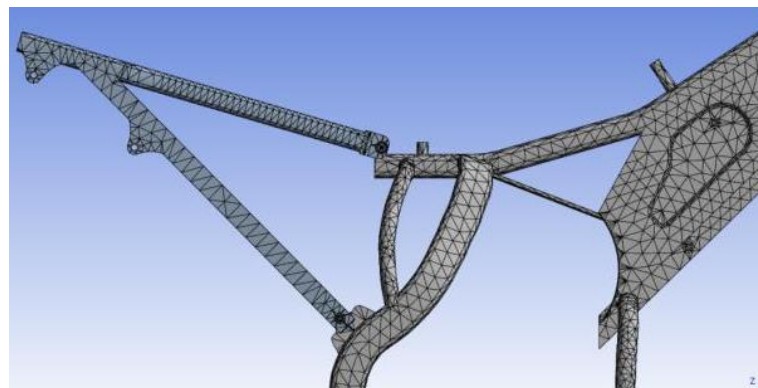
Properti Mekanis	Material pipa besi SCH 40	Material Aluminium 6061
Density	7.87 g/cc	2.7g/cc
Modulus elastisitas	225 GPa	68.9 GPa
Yield strength	423 MPa	276 MPa
Ultimate strength	470 MPa.	310 MPa

2.2. Pembebanan Rangka Motor Trail

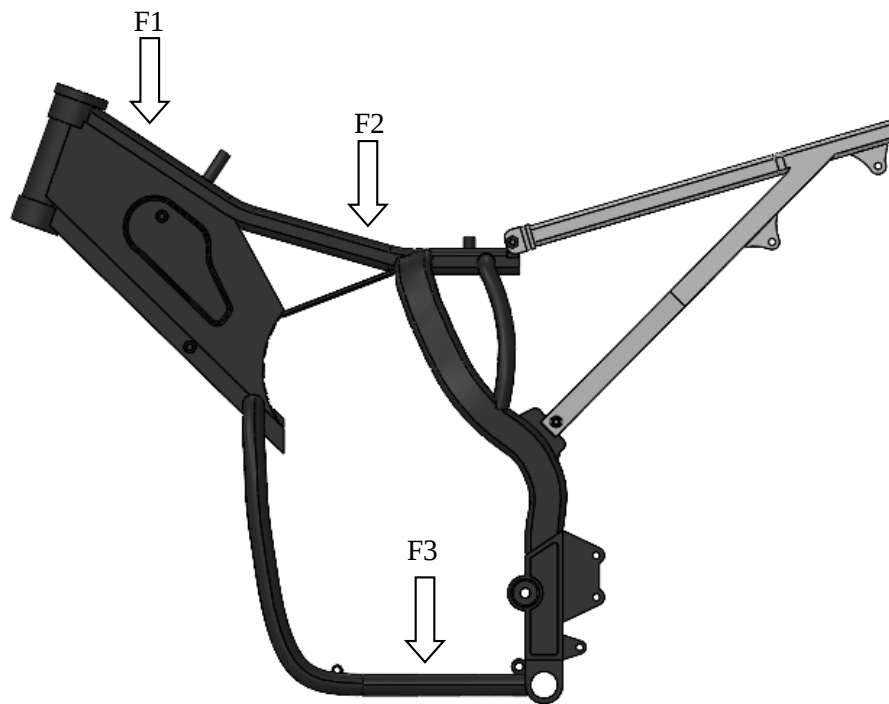
Di Software simulasi, pembuatan mesh rangka motor trail diatur dengan ukuran mesh 18 mm dengan nodes sebanyak 79976 dan elements sebanyak 39941, dan bentuk mesh yang dipakai berupa tetrahedron dan hexahedron, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Sesuai kondisi sebenarnya, beban yang diterima rangka motor trail berasal dari beban pengendara dan beban komponen. Titik pembebanan dapat dilihat pada Gambar 3. Rangka bagian head tube menerima beban F_1 dari komponen Thottle set, Handle master rem, Handle clutch, Handlebar, yang dinotasikan dalam *total beban komponen₁* dan beban pengendara terdiri dari berat bagian tubuh lengan atas lengan bawah dan tangan yang ditulis *gaya total arm*. Rangka bagian driver seat tube menerima beban F_2 dari komponen tank, accu, seat, cover body (*total beban komponen₂*) dan beban dari penumpang yaitu gaya head, neck and torso. Rangka bagian machine mount atau dudukan mesin bawah dipasang komponen engine dan muffler menjadi *total beban komponen₃* dan ada beban dari bagian tubuh paha, betis dan kaki (gaya total leg), sehingga diperoleh beban F_3 .



Gambar 1 Dimensi Rangka Motor Trail



Gambar 2 Mesh Rangka



Gambar 3 Letak Pembebanan Rangka Motor Trail

Perhitungan untuk memperoleh pembebanan pada rangka adalah sebagai berikut.

a. Besar beban F_1

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \text{total beban komponen}_1 + \text{gaya total arm} \\
 F_1 &= ((0,3 \text{ kg} + 0,25 \text{ kg} + 0,15 + 0,65 \text{ kg}) \times 9,81 \text{ m/s}^2) \\
 &\quad + ((0.0505 (70) + 0.01) \times 9,81 \text{ m/s}^2) \dots\dots\dots(1) \\
 F_1 &= 48,01 \text{ N}
 \end{aligned}$$

b. Besar beban F_2

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \text{total beban komponen}_2 + \text{gaya head, neck and torso} \\
 F_2 &= ((3 \text{ kg} + 1,28 \text{ kg} + 0,8 \text{ kg} + 2 \text{ kg}) \times 9,81 \text{ m/s}^2) \\
 &\quad + ((0.5940(70) - 2.2) \times 9,81 \text{ m/s}^2) \dots\dots\dots(2) \\
 F_2 &= 455,76 \text{ N}
 \end{aligned}$$

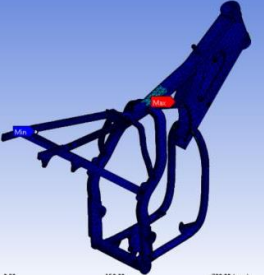
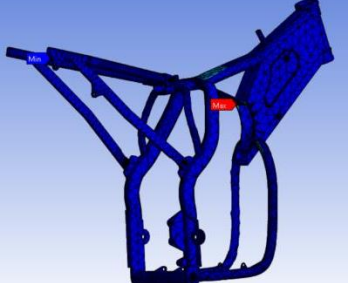
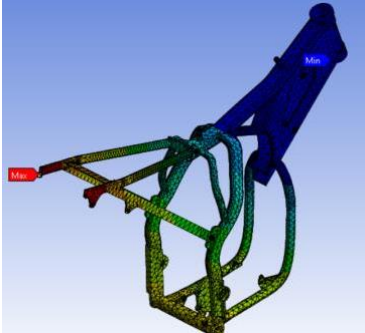
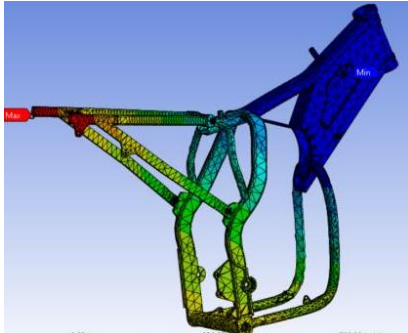
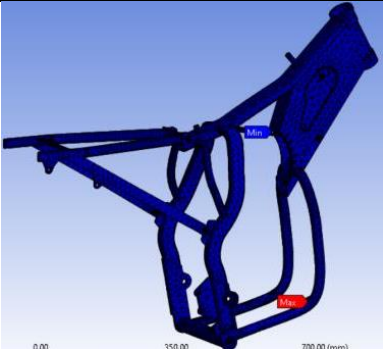
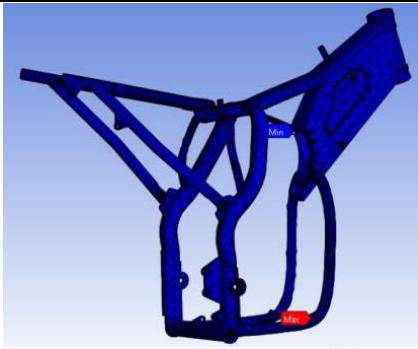
c. Besar beban F_3

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \text{total beban komponen}_3 + \text{gaya otal leg} \\
 F_3 &= ((9 \text{ kg} + 1,5 \text{ k}) \times 9,81 \text{ m/s}^2) + ((0.1582(70) + 0.05) \times 9,81 \text{ m/s}^2) \dots\dots(3) \\
 F_3 &= 212,12 \text{ N}
 \end{aligned}$$

2.3. Simulasi Rangka Motor Trail

Jadi, pembebanan yang diterima rangka motor trail diantaranya $F_1 = 48,01 \text{ N}$ di head tube, $F_2 = 455,76 \text{ N}$ di driver seat tube, dan $F_3 = 212,12 \text{ N}$ di dudukan mesin bawah. Ketiga pembebanan ini diatur pada Software Simulasi untuk dianalisis. Hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

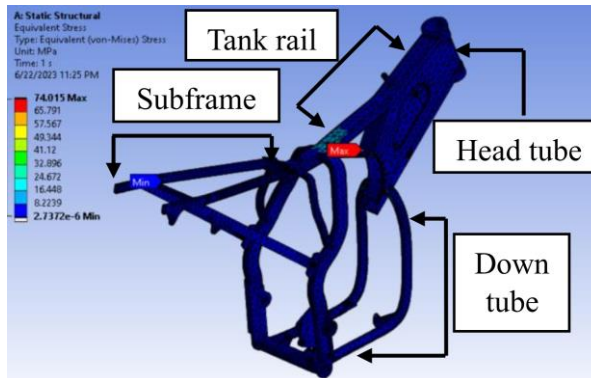
Tabel 2 Hasil Simulasi

Analisis	Pipa Besi Sch 40	Aluminium 6061
Von-Misses		
	Nilai Maksimal=74.015	Nilai Maksimal= 65.386
	Nilai Rata-rata= 1.9333	Nilai Rata-rata= 1.8559
	Nilai Minimal= 2.7372e-006	Nilai Minimal= 1.7293e-006
Displacement		
	Nilai Maksimal= 0.32347	Nilai Maksimal= 0.85335
	Nilai Rata-rata= 0.12502	Nilai Rata-rata= 0.3577
	Nilai Minimal= 0	Nilai Minimal= 0
Safety Factor		
	Nilai Maksimal=15	Nilai Maksimal= 15
	Nilai Rata-rata= 14.987	Nilai Rata-rata= 14,99
	Nilai Minimal= 3.2178	Nilai Minimal= 3,8437

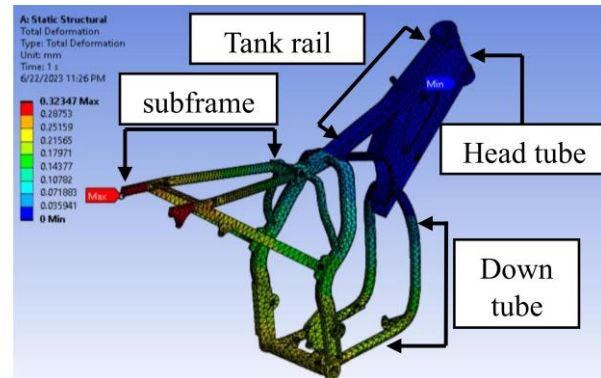
2.4. Pembahasan

Terdapat stress maksimum di bagian *head tube* atau rangka utama pada rangka motor trail dengan material pipa besi Sch 40 yang cukup tinggi yaitu sebesar 74.015 Mpa dibandingkan rangka dengan material Aluminium 6061 yang mendapatkan distribusi tegangan lebih rendah yaitu sebesar 65.386 Mpa. Hal tersebut diperlihatkan pada Gambar 4 di bagian head tube (rangka utama) konstruksi rangka motor trail yang dibuat dengan material pipa besi Sch 40 mampu menahan tegangan 74.015 Mpa, artinya

beban maksimal yang diberikan baik dari beban pengendara maupun beban komponen motor masih mampu ditahan oleh rangka. Jika beban yang diberikan melebihi tegangan maksimal maka akan mengalami deformasi.



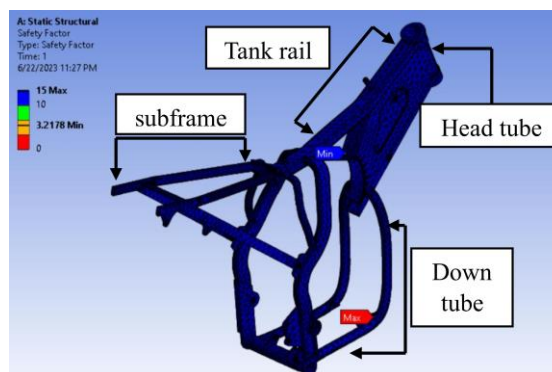
Gambar 4 Equivalent stress pipa besi Sch 40



Gambar 5 Total deformation pipa besi Sch 40

Sedangkan untuk deformasi yang dialami oleh motor trail seperti ditunjukkan pada gambar 5, terjadi di bagian subframe seat rail body belakang yang menggunakan material pipa besi Sch 40 dengan nilai maksimal 0.32347 mm. Sedangkan pada aluminium 6061 yang mendapatkan hasil deformasi dengan nilai maksimal 0.85335 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa pipa besi Sch 40 mendapatkan pegeseran yang lebih rendah dibandingkan dengan aluminium. Adanya deformasi ini pada rangka material pipa besi Sch 40 dikarenakan pada bagian subframe seat rail body belakang memperoleh beban pengendara dan komponen, kondisi ini menunjukkan daerah kritis yang artinya daerah paling banyak memperoleh beban.

Faktor keamanan pada gambar 6 menunjukkan bahwa model rangka motor trail cukup aman digunakan baik material pipa besi Sch 40 maupun Aluminium 6061. Dengan material pipa besi Sch 40 nilai minimal 3.2178 yang terjadi pada bagian down tube atau dudukan pada mesin. Material aluminium 6061 dengan nilai minimal 3,8437 yang terjadi pada bagian down tube atau dudukan pada mesin. Dengan nilai faktor keamanan $> 2,5$ sehingga pada 2 material tersebut berada pada batas aman untuk digunakan.



Gambar 6 Safety factor

Setelah dilakukan analisis dapat disimpulkan bahwa rangka dengan material pipa besi sch 40 sangat bagus diaplikasikan pada rangka motor trail. Dikarenakan sifat pada material pipa besi Sch 40 sangat tinggi, dengan massa jenis pengukuran massa setiap satuan volume benda yang sangat tinggi pada density 7.87 g/cc, Memiliki sifat ketahanan bahan untuk mengalami deformasi pada modulus elastisitas 225 GPa, kekuatan luluh berat atau beban dalam suatu tegangan pada yield strength 423 MPa, kekuatan tarik tegangan maksimum yang material dapat menahan saat sedang diregangkan atau ditarik pada ultimate strength 470 MPa. Sedangkan pada aluminium memiliki sifat material yang sedikit rendah.

3. Kesimpulan

Keunggulan atau manfaat dari pemakaian material pipa besi Sch 40 adalah memiliki kekuatan yang tinggi dan kekakuan yang baik untuk menahan beban, hal ini dapat meningkatkan kestabilan dan keamanan motor trail, ketahanan terhadap benturan pada saat berkendara di medan *off-road* yang kasar. Sedangkan aluminium 6061 memiliki bobot yang lebih ringan di bandingkan dengan pipa besi Sch 40, hal ini dapat memberikan keuntungan mengurangi bobot dari rangka motor trail, ketahanan terhadap korosi terhadap medan yang ekstrem pada saat terkena lumpur dan air.

Daftar Pustaka

- [1] S. H. T. Sudrajat, "Penggunaan Motor Trail di Bidang Kebencanaan: Studi Kasus: Trabatas Rescue Team," *J. Dialog*, vol. V, pp. 91–104, 2012, [Online]. Available: <https://perpustakaan.bnpp.go.id/jurnal/index.php/JDPB/article/view/57>.
- [2] M. Fasching, A. Sevarin, and C. Ellersdorfer, "Investigate the elastoplastic deformation behaviour of a motorcycle frame under different mechanical load configurations," *Int. J. Crashworthiness*, vol. 0, no. 0, pp. 1–12, 2023, doi: 10.1080/13588265.2023.2241224.
- [3] J. Lust, "Frame, Chassis, and Suspension Systems," *Chinese Pop. Prints*, pp. 242–258, 2021, doi: 10.1163/9789004490901_011.
- [4] R. Febritasari and I. M. L. Batan, "Implementation Fugl Meyer Assessment of Lower Extremity Method to Develop a Post-stroke Rehabilitation Procedure Using ITS Tricycle," p. 2019, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/598/1/012092.
- [5] R. Febritasari and I. M. L. Batan, "Tricycle with an Electric Drive Mechanism for Post- stroke Rehabilitation," 2021, doi: https://doi.org/10.1007/978-981-19-0867-5_15.
- [6] R. Febritasari, "Perancangan Sepeda Roda Tiga Pasca Stroke Dengan Mekanisme Penggerak Elektrik," *Corresp. Analisis*, no. 15018, pp. 1–23, 2016, doi: 10.31289/jmemme.v7i1.
- [7] R. Febritasari, T. A. Achmad Yusuf. Sutrisno, and A. D. . Korawan, "Analisa Pengaruh Panjang Muffler Pada Mesin 4 Tak Berkapasitas 125cc Terhadap Karakteristik Daya dan Torsi Mesin Menggunakan Pengujian dyno dan Komputasi Fluida Dinamis," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. ENERGY*, vol. 7, no. 1, pp. 1–23, 2023, doi: 10.31289/jmemme.v7i1.
- [8] R. Setiawan, D. Sugiyanto, and ari Daryus, "Analysis of Strength Simulation and Frame Fabrication of Electric Motorcycle Vehicle," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 8, no. 1, pp. 58–66, 2023.