

REDESAIN *TRAINER* RANGKA *ENGINE STAND* MOTOR BENGIN TOYOTA KIJANG 4K

Zulfikar

D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email : zulfikarzulfikar@mhs.unesa.ac.id

Muhaji

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
Email : Muhaji@unesa.ac.id

Abstrak

Mata kuliah praktik motor bensin pada Prodi D3 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya pada proses pembelajarannya menggunakan *Engine stand* yang berfungsi untuk membantu dan mempermudah mahasiswa mempelajari suatu *engine*. Pembelajaran praktik dengan media *engine stand* biasanya digunakan untuk praktik *tune up* dan *overhaul* mesin. Berdasarkan pengalaman praktik di lapangan dan survei lapangan di laboratorium motor bensin pada Prodi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, dapat disimpulkan proses praktik tersebut masih memiliki permasalahan kurang efektifnya dari segi waktu dan efisiensi dalam tenaga pada proses *overhaul*. Yaitu, harus menurunkan *engine* dari rangka karena konstruksi dari rangka yang tetap (*fixed*) sehingga komponen *engine* tidak dapat di lepas seluruhnya jika *engine* masih berada pada rangka. Tujuan dalam tugas akhir ini untuk merubah fungsi rangka dari *engine stand* yang semula konstruksinya tetap dan hanya digunakan untuk menopang mesin, diubah rangkanya agar memiliki fungsi menopang dan memutar *engine* diatas rangka. Pengerjaan dilaksanakan di laboratorium motor bensin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, waktu pengerjaan 2 bulan, dengan menggunakan metode eksperimen dan proses pengerjaan meliputi: 1) menentukan bahan, 2) Perhitungan bahan yang dipilih, 3) mendesain rangka, 4) melakukan pengerjaan rangka, 5) uji coba trial & error, 6) penggunaan alat dan 7) analisa perbandingan efisiensi dan efektifitas rangka. Hasil perancangan didapatkan spesifikasi alat menggunakan plat rangka tipe Hollow 30mm x 2,5mm, U80, U65, gearbox tipe 40 dengan perbandingan putaran 1:40, pemilihan gigi Sprocket 14 dan 19, dan rantai tipe 428H. Berdasarkan hasil uji coba dan pengambilan data waktu proses *overhaul* didapatkan waktu total menggunakan rangka konvensional 185 menit dan rangka hasil redesign 139,5 menit. Dari data tersebut didapatkan peningkatan efisiensi waktu total *overhaul* yaitu sebesar 24,6 %.

Kata kunci: *Engine stand*, Toyota kijang 4K, rangka, *sprocket*, *Gearbox*.

Abstract

The course of gasoline motor practice at D3 Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Surabaya on the learning process using Engine stand that serves to support and relieve the students learn an engine. Practical learning with media engine stand is usually used for the practice of tune up and engine overhaul. Based on practice experience and place survey in gasoline engine laboratory at D3 Department of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Surabaya, can be concluded that the practice process still has less effective problem in terms of time and efficiency in the energy of overhaul process. That is, the engine must be alight from the frame, because the construction of a fixed frame, so that engine components can not be removed all if the engine is still on the frame. Purpose in this final project to change frame function engine stand from initially fixed construction and used to prop of engine, changed the frame in order to have the function of supporting and rotating the engine on the frame. The processing in the laboratory of gasoline engine of Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, State University of Surabaya, time of 2 months, using experimental method and workmanship process include: 1) decide material, 2) Calculation of selected materials, 3) order, 5) trial & error trials, 6) use of tools and 7) comparison analysis of efficiency and effectiveness of order. The design result was obtained by using Hollow 30mm x 2,5mm, U80, U65, gearbox type 40 with 1:40 rotation ratio, Sprocket 14 and 19 tooth selection, and 428H type chain. Based on test results and data retrieval time of overhaul process obtained total time using conventional frame 185 minutes and frame of redesign result 139,5 minutes. From the data obtained increased the efficiency total overhaul 24.6%.

Keyword: Engine stand, Toyota kijang 4K, Frame, sprocket, Gearbox.

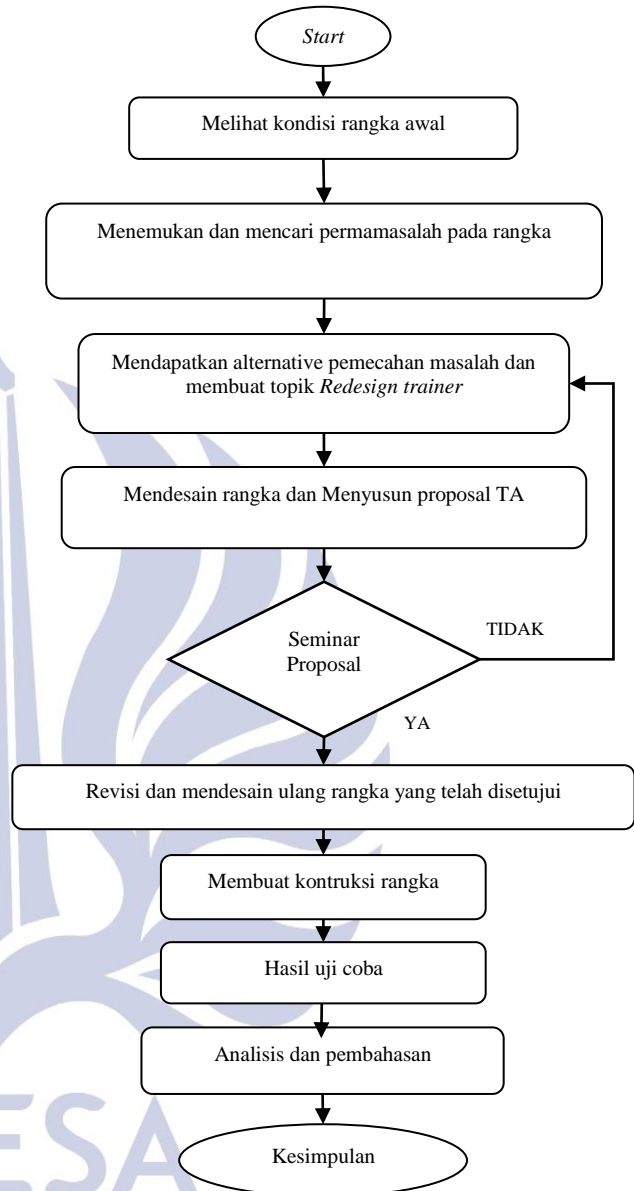
PENDAHULUAN

Pada Laboratorium Motor Bensin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, terdapat berbagai media pembelajaran yang menunjang pembelajaran teori maupun praktikum mulai dari *engine cutting*, *engine trainer* EFI, *engine trainer* konvensional, dan berbagai trainer lainnya. Dalam penggunaannya *engine trainer stand* dapat digunakan dalam media pembelajaran teori maupun praktik, pembelajaran praktik *engine* biasanya digunakan untuk praktik *tune up* mesin dan *overhaul* mesin. pada proses *overhaul*, mesin harus dilepas dari rangka *engine trainer stand* dan diturunkan untuk melepas semua komponen engine bagian bawah dan dalam *engine*, karena tidak semua komponen dapat langsung dilepas/*overhaul* saat mesin masih berada pada rangka *engine trainer stand*, sehingga fungsi rangka pada praktik hanya sebagai penopang mesin saja.

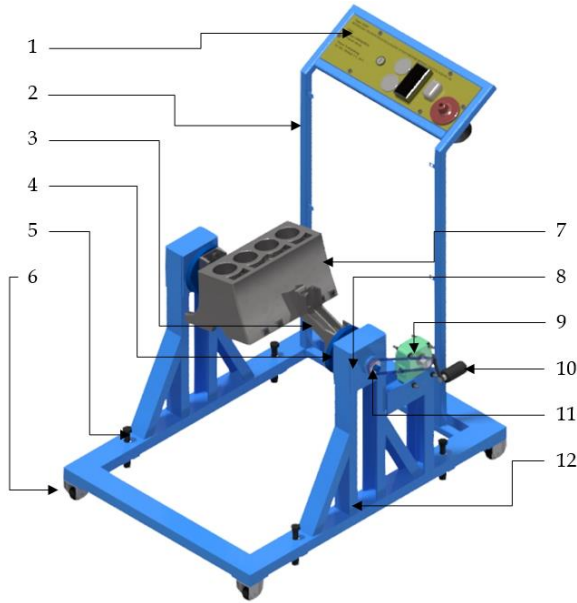
Berdasarkan pengalaman praktik di lapangan dan survei lapangan di laboratorium motor bensin pada Prodi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, dapat disimpulkan proses praktik tersebut masih memiliki permasalahan kurang efektifnya dari segi waktu dan efisiensi dalam tenaga pada proses *overhaul*. Yaitu, harus menurunkan *engine* dari rangka karena konstruksi dari rangka yang tetap (*fixed*) sehingga komponen *engine* tidak dapat di lepas seluruhnya jika *engine* masih berada pada rangka. Dari beberapa permasalahan diatas, penulisan ini mengangkat permasalahan mengenai desain ulang (*redesign*) rangka media pembelajaran *engine stand* motor bensin. Penggantian model rangka *engine stand* diharapkan dapat membantu dan mengatasi permasalahan yang terjadi pada proses pembelajaran pada praktik motor bensin, sehingga mempermudah mahasiswa melakukan Praktik dan meningkatkan efektifitas dalam pembelajaran.

METODE

Rancang bangun



Gambar 1. Flow Chart Metode Rancang bangun



Gambar 2. Rangka hasil redesain

Keterangan:

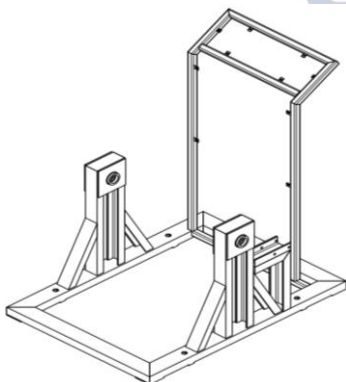
- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Panel kelistrikan | 7. Engine |
| 2. Rangka radiator | 8. Rumah bearing |
| 3. Bracket engine | 9. Gearbox/speed reducer |
| 4. Poros | 10. Tuas pemutar poros gearbox |
| 5. Penahan tumpuan rangka | 11. Sprocket dan rantai |
| 6. Roda | 12. Rangka utama |

Jenis-jenis Komponen Utama

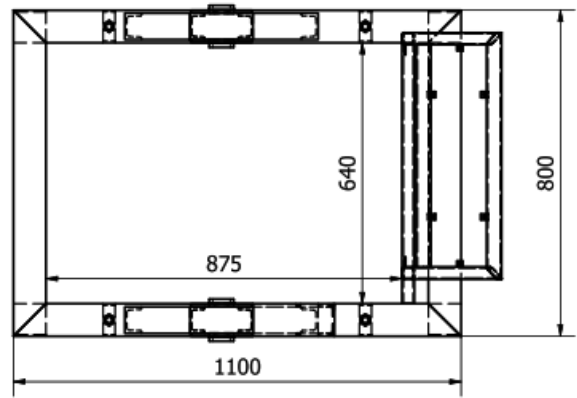
Jenis-jenis komponen berdasarkan fungsi dan kegunaannya dibagi menjadi beberapa unit komponen, yang terdiri dari:

1. Rangka

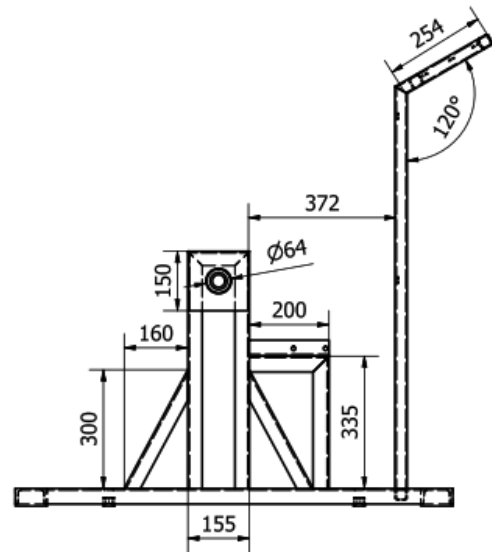
Pembuatan rangka penyangga mesin menggunakan besi tipe U/Unp 65 dan rangka penahan bawah menggunakan tipe U/Unp 80. Sedangkan rangka radiator dan panel kelistrikan menggunakan besi tipe hollow 30 mm x 30 mm x 2,5 mm.



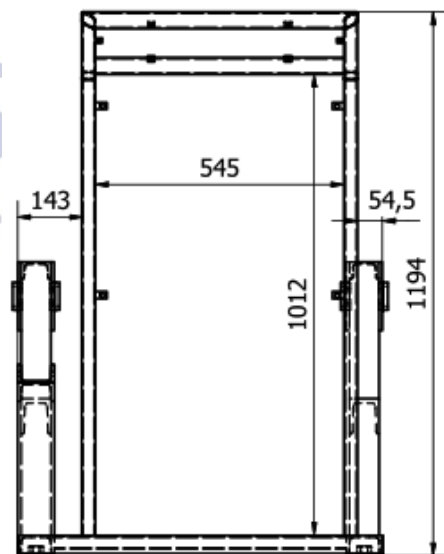
Gambar 3. Rangka redesain trainer engine stand



Gambar 4. Rangka Tampak Atas



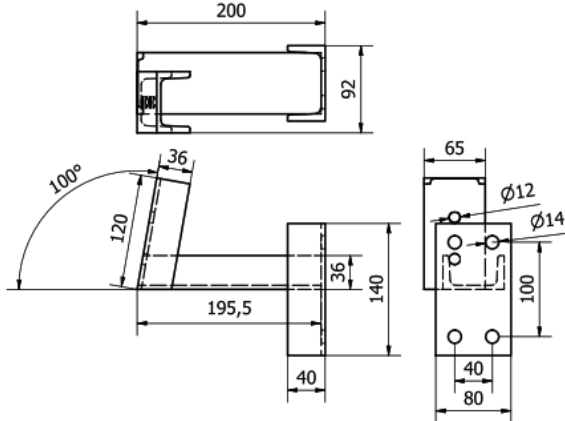
Gambar 5. Rangka Tampak Depan



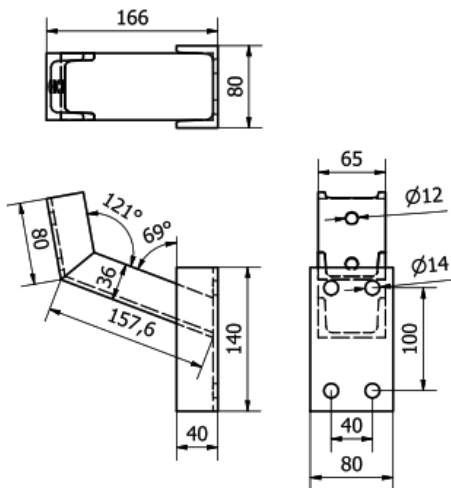
Gambar 6. Rangka Tampak Samping kanan

2. Bracket mesin

Menggunakan besi tipe U65 dan U80 dengan metode penggabungan penyambungan las.



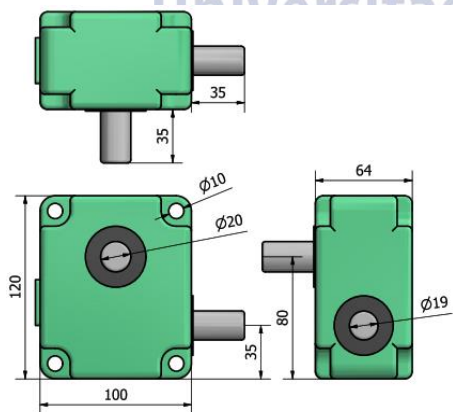
Gambar 7. Bracket mesin bagian kiri



Gambar 8. Bracket mesin bagian kanan

3. Transmisi daya

Menggunakan transmisi sprocket dan rantai sebagai penyalur daya dari gearbox menuju poros bracket mesin. Dengan spesifikasi sprocket 14&19 dan rantai 428 H, sedangkan gearbox dipilih tipe 40 dengan perbandingan putaran 1:40.



Gambar 9. Gearbox

Cara Kerja Alat

Redesain trainer rangka engine stand motor bensin Toyota Kijang 4k merupakan rangka trainer yang memiliki fungsi Overhaul serta Tune up dalam satu rangka trainer. Dalam praktik overhaul cara kerja alat ini yaitu ketika akan melepas komponen bagian samping atau dalam mesin, untuk mempermudah melepas komponen, mesin diputar melalui gearbox, ketika tuas poros input gerbox diputar poros output yang terkopel dengan sprocket dan rantai mentransmisikan putaran menuju poros dan bracket mesin, sehingga mesin dapat diputar, dengan berbagai sudut putaran sesuai keinginan. Sedangkan dalam praktik tune up rangka ini membantu mempermudah dengan desain ketinggian rangka yang ergonomis serta tata letak komponen yang mudah dijangkau membuat praktik lebih mudah dan efektif dalam menjalankannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan rangka

1. Gaya-gaya yang bereaksi

Rangka sebagai penopang memiliki titik pembebanan, yaitu beban yang ditanggung tiap titik oleh rangka, gambaran pembebanan titik A dan B.

Total Berat mesin: 85,5 kg

$$W = 85,5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 838,8 \text{ N}$$

Karena titik berat mesin tidak ditengah dan memiliki sudut 10 derajat ke kiri maka W dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$R_{kanan} = \frac{P}{2}$$

$$R_{kanan} = \frac{838,8 \text{ N}}{2}$$

$$R_{kanan} = 419,4 \text{ N}$$

Karena P memiliki sudut sebesar 10 derajat condong kekiri maka:

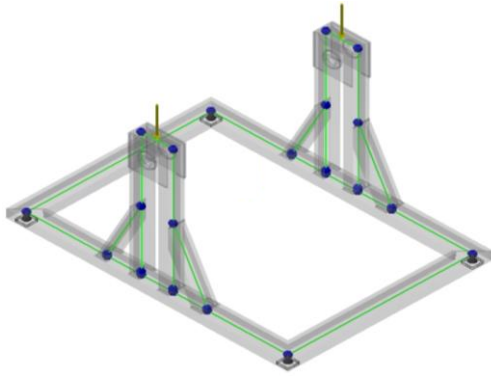
$$R_{kanan} = 419,4 \text{ N} \times \sin 80^\circ$$

$$R_{kanan} = 413,03 \text{ N}$$

$$R_{kiri} = P - R1$$

$$R_{kiri} = 838,8 - 413,03$$

$$R_{kiri} = 425,77 \text{ N}$$



Gambar 10. Pembebanan/titik tumpu rangka

2. Shear and moment diagram (pada rangka U80)

a. Gaya reaksi

$$R = V = \frac{P}{2}$$

$$R = \frac{425,77 \text{ N}}{2}$$

$$R = 212,9 \text{ N}$$

b. Shear force

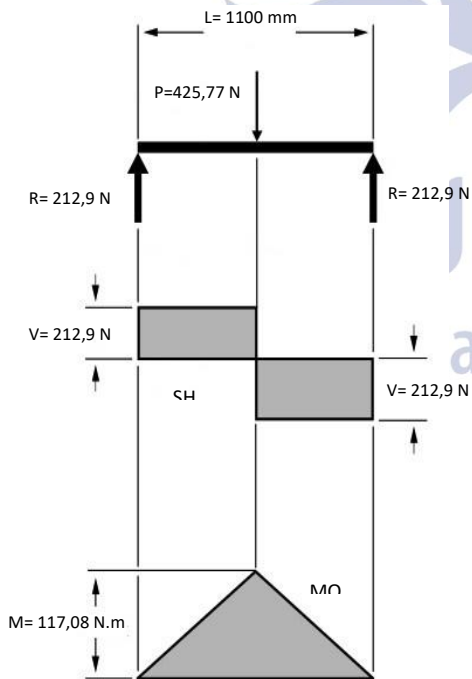
$$R = V$$

$$V = 212,9 \text{ N}$$

c. Moment

$$M = \frac{P \times L}{4}$$

$$M = \frac{425,77 \text{ N} \times 1,1 \text{ m}}{4}$$



$$M = 117,08 \text{ N.m}$$

Gambar 11. Diagram ,momen dan tegangan geser

3. Momen inersia

Dalam perancangan ini memilih besi tipe U65 dan U80 namun sebelumnya dilakukan pengujian kekuatan dengan tegangan geser dari profil tersebut terlebih dahulu, jika perhitungan kekuatan dengan tegangan geser bahan tidak melebihi tegangan geser izin maka besi profil yang di uji dapat digunakan, dan tujuan momen inersia disini diperlukan mencari tegangan geser dari besi profil tersebut. momen inersia sudah diketahui dengan melihat tabel spesifikasi rangka dan momen inersia oleh lembaga BSN(Badan standarisasi nasional) SNI-07-0052-2006.

Momen inersia Unp 65= 57,6 cm⁴

Momen inersia Unp 80= 106 cm⁴

4. Analisa kekuatan rangka

Tegangan geser izin

Bahan yang digunakan pada profil besi memiliki tegangan Tarik $\sigma_b = 55 \text{ kg/mm}^2$, data tersebut dapat dilihat pada lampiran table BSN (SNI 07-0052-2006), jadi tegangan geser izin adalah:

$$\tau_{ba} = \frac{\sigma_b}{Sf1 \times Sf2} \cdot (Sf1 = 6 ; Sf2 = 2)$$

$$\tau_{ba} = \frac{55}{6 \times 2} = 4,58 \text{ kg/mm}^2$$

Tegangan geser izin bahan:

$$\tau_g = 0,8 \times \tau_{ba} = 0,8 \times 4,58 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau_g = 3,66 \text{ kg/mm}^2$$

Tegangan geser maksimal

$$\tau_{max} = \frac{P \times \frac{1}{2} H \text{ profil}}{I_x}$$

$$\tau_{max U50} = \frac{425,77 \times 25}{264}$$

$$\tau_{max U50} = 40,3 \text{ N/mm}^2 = 4,03 \text{ kg/mm}^2$$

(Jelek)

$$\tau_{max U65} = \frac{425,77 \times 32,5}{575}$$

$$\tau_{max U65} = 24,06 \text{ N/mm}^2 = 2,40 \text{ kg/mm}^2$$

(baik)

$$\tau_{max U80} = \frac{425,77 \times 40}{1060}$$

$$\tau_{max U80} = 16,06 \text{ N/mm}^2 = 1,60 \text{ kg/mm}^2$$

(baik)

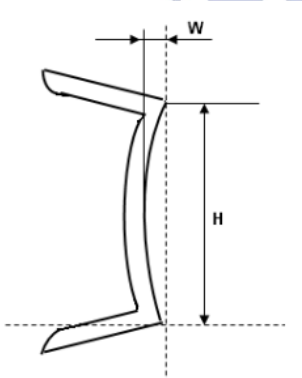
Dari perhitungan diatas tegangan geser maksimal bahan profil U50 tidak aman karena melebihi tegangan geser izin, sedangkan U65 dan U80 masih berada dibatas aman karena tegangan geser maksimal profil < dari tegangan geser izin dan dianggap layak, pemilihan tipe besi juga berdasarkan survey yang berdasarkan besi tipe U yang paling mudah ditemukan di pasaran.

5. Perhitungan defleksi/kelendutan bahan

Perhitungan kelendutan didapatkan dengan menggunakan perhitungan dan simulasi *software* desain Autodeks Inventor 2016 dan spesifikasi batas kelendutan didapatkan data dari tabel BSN (badan standarisasi nasional) SNI 07-0052-2006.

Defleksi:

$$\frac{40 \times 550^3}{3 \times (100 \times 10^3) \times 1060} = 0,393 \text{ mm}$$

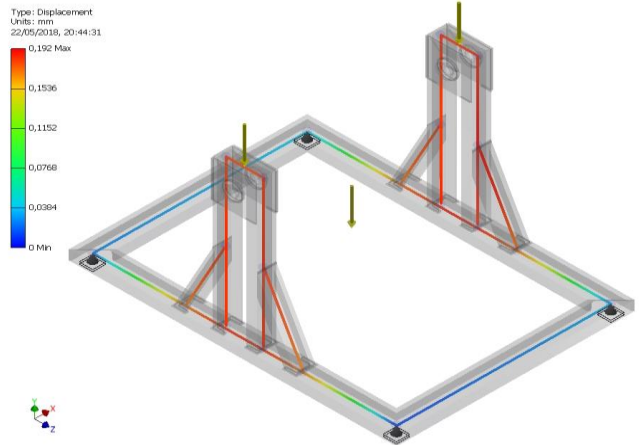


Gambar 12. Kelendutan pada besi profil

Tabel 1. Spesifikasi Kelendutan rangka

No	Tinggi badan nominal (H)	Nilai W maksimum
1	H < 100	0,5
2	100 ≤ H < 200	1,0
3	200 ≤ H < 600	1,5

Sumber: BSN (SNI 07-0052-2006)



Gambar 13. Defleksi/kelendutan pada besi profil U

Jadi dari pemilihan bahan U80 sebagai rangka penahan bawah standar batas maksimal kelendutan bahan H< 100 adalah 0.5 mm. Hasil perhitungan didapatkan kelendutan maksimal 0,393 mm dan pada simulasi *software* desain menunjukkan kelendutan maksimal adalah 0.192 mm. maka besi profil tersebut dapat digunakan.

Perhitungan Transmisi daya

1. Perhitungan poros

Asumsi kekuatan putar manusia rata-rata= 100 N.mm = 10 kgf.m/s = 0,13 Hp = 0,09694 Kw

Momen puntir rencana (T)

$$T = \frac{9,74 \times 10^5 \times P}{n_1}$$

$$T = \frac{9,74 \times 10^5 \times 0,09694}{30}$$

$$T = \frac{974000}{40}$$

$$T = 3147,3 \text{ (kg.mm)}$$

Tegangan geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_s}{(Sf1 \times Sf2)}$$

$$\tau_a = \frac{55}{6 \times 1,5}$$

$$\tau_a = 6,1 \text{ kg/mm}^2$$

Diameter poros

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = \left[\frac{5,1}{6,1} \times 2 \times 1,5 \times 3147,3 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = [7836,77]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = 19,85 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$$

Tegangan Geser poros

$$\tau = \frac{5,1 \times T}{d_s^3}$$

$$\tau = \frac{5,1 \times 3147,3}{20^3}$$

$$\tau = \frac{16053,27}{8000}$$

$$\tau = 2,01 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_{tB} = 19,18 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tegangan geser pada pen

$$\tau_g = \frac{F}{2 \frac{\pi}{4} d^2} = \frac{2F}{\pi \cdot d^2}$$

$$\tau_g = \frac{2 \times 310,78}{3,14 \times 5^2}$$

$$\tau_g = \frac{621,56}{78,5}$$

$$\tau_g = 7,91 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

2. Perhitungan momen poros input gearbox

Untuk memutar mesin diatas rangka dengan transmisi menggunakan *gearbox* yang akan diputar menggunakan tenaga manusia sehingga diperlukan pengambilan data seberapa besar momen gaya yang dibutuhkan untuk memutar poros *bracket* mesin, pengambilan data ditunjukkan dalam gambar 4.8 berikut ini.

$$\text{Berat} = 31,68 \text{ kg} = 310,78 \text{ N}$$

$$\text{Lengan} = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$$

$$\text{Torsi} = 310,78 \text{ N} \times 0,08 \text{ m}$$

$$= 24,86 \text{ N.m}$$

$$\text{Perbandingan gearbox} = 1 : 40$$

Momen gaya poros input poros= momen gaya poros *bracket* mesin : perbandingan *sprocket*
 $24,86 : 1,35 = 18,41 \text{ N.m}$

Momen gaya poros input poros= momen gaya poros *bracket* mesin : perbandingan *gearbox*
 $18,41 : 40 = 0,46 \text{ N.m}$

Jadi torsi yang dibutuhkan untuk memutar poros input *gearbox* yaitu sebesar 0,46 N.m

Diameter roda rantai

Gear 14

$$D = \frac{t}{\sin \frac{180}{z}}$$

$$D = \frac{12,7}{\sin \frac{180}{14}}$$

$$D = \frac{12,7}{0,222}$$

$$D = 57,207 = 57$$

Gear 19

$$D = \frac{t}{\sin \frac{180}{z}}$$

$$D = \frac{12,7}{\sin \frac{180}{19}}$$

$$D = \frac{12,7}{0,164}$$

$$D = 77,43 = 77$$

Jumlah mata rantai yang dibutuhkan

$$z = \frac{2 \times 23,5}{12,7} + \frac{14 + 19}{2} + \frac{12,7(19 - 14)^2}{39,5 \times 23,5}$$

$$z = 3,7 + 16,5 + \frac{317,5}{928,25}$$

$$z = 3,7 + 16,5 + 0,342$$

$$z = 20,542 \text{ dibulatkan} = 21$$

3. Perhitungan sprocket dan rantai *Sprocket*

Menggunakan *gear sprocket* ukuran 14 pada poros *output gearbox* dan poros pemutar mesin menggunakan ukuran 19

Rantai

Menggunakan rantai tipe 428 H

Tegangan tarik pada penampang A-A dan B-B

$$\sigma_{tA} = \frac{F}{2 \cdot b \cdot s} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{tA} = \frac{310,78}{2 \times 10,4 \times 1,5} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{tA} = 9,96 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{tB} = \frac{F}{2 \cdot (b - d) \cdot s}$$

$$\sigma_{tB} = \frac{310,78}{2 \cdot (10,4 - 5) \cdot 1,5}$$

Kecepatan izin rata-rata rantai

$$V1 = \frac{14 \times 13 \times 60}{60 \times 1000}$$

$$V1 = \frac{10920}{60000}$$

$$V1 = 0,182 \text{ m/s}$$

Daya maksimum yang dapat dipindahkan

$$P = F \cdot V$$

Dan kecepatan $V = \pi \cdot D \cdot n$

$$V = 3,14 \times 0,57 \times 0,5$$

$$V = 0,8949 \text{ m/s}$$

$$P = F \cdot V$$

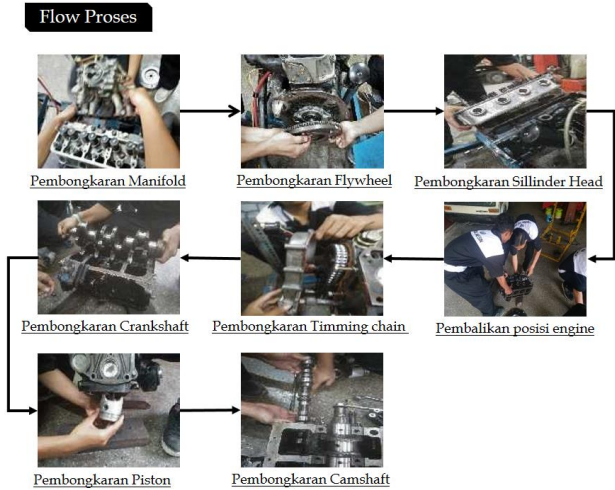
$$P = 310,78 \frac{N}{mm^2} \times 0,8949 \frac{m}{s}$$

$$P = 278,1 \text{ watt}$$

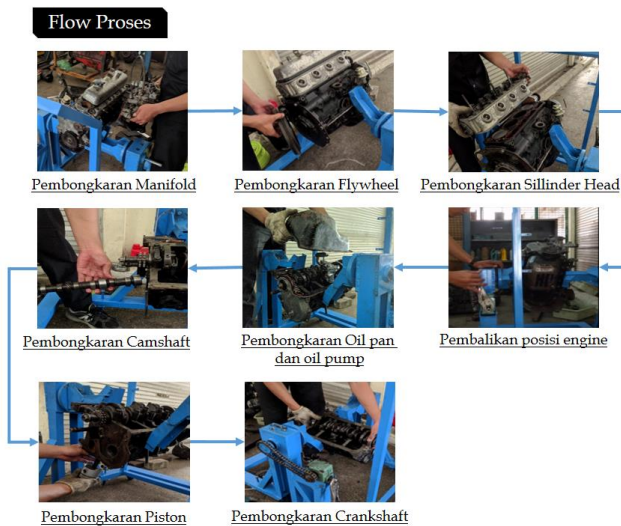
$$P = 0,278 \text{ kw}$$

Analisa efisiensi hasil uji coba

1. Tahapan overhaul



Gambar 13. Tahapan *overhaul* dengan rangka konvensional



Gambar 14. Tahapan *overhaul* dengan rangka hasil redesain

2. Data waktu proses overhaul

Tabel 2. Data waktu proses pekerjaan dengan rangka Konvensional

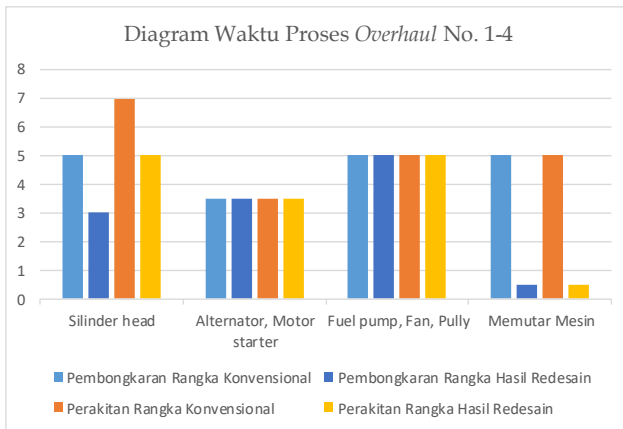
No.	Komponen	Waktu (Menit)		
		Pembongkaran	Perakitan	Total
1	Radiator	3,5	3,5	7
2	Manifold	3,5	5	8,5
3	Fly wheel	3	3	6
4	Valve, pushrood	5	10	15
5	Silinder head	4,5	7	11,5
6	Alternator, motor starter	3,5	3,5	7
7	Fuel pump, fan, pully	5	7	12
8	Memutar mesin	5	5	10
9	Oil pan, oil pump	7	13	20
10	Timing chain, camshaft	11	15	26
11	Piston	15	20	35
12	Crankshaft	12	15	27
Total		78	107	185

Tabel 3. Data waktu proses pekerjaan dengan rangka hasil redesain

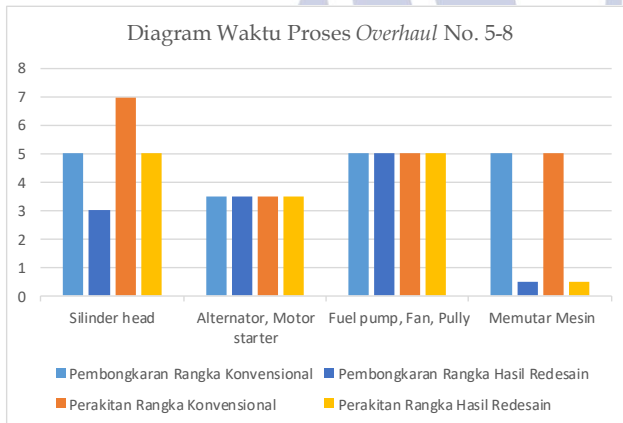
No.	Komponen	Waktu (Menit)		
		Pembongkaran	Perakitan	Total
1	Radiator	3,5	3,5	7
2	Manifold	3	4	7
3	Fly wheel	3	3	6
4	Valve, pushrood	3	7	10
5	Silinder head	3	5,5	8,5
6	Alternator, motor starter	3,5	3,5	7
7	Fuel pump, fan, pully	4	5	9
8	Memutar mesin	0,5	0,5	1
9	Oil pan, oil pump	5	10	15
10	Timing chain, camshaft	10	12	22
11	Piston	12	15	27
12	Crankshaft	8	12	20
Total		58,5	81	139,5

3. Diagram perbandingan waktu proses overhaul

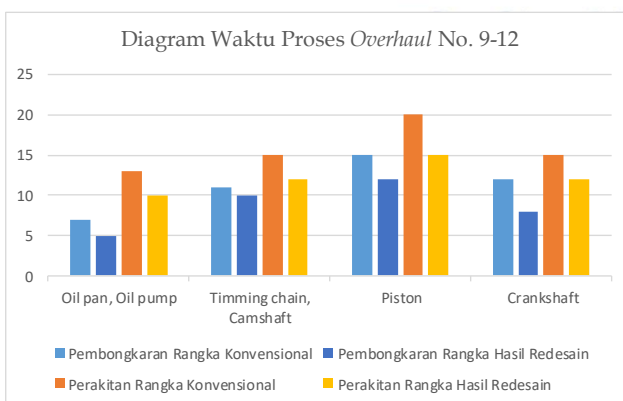
Diagram perbandingan proses *overhaul* dengan menggunakan rangka konvensional dengan rangka hasil dari redesain. Diperlihatkan dalam gambar 15,16, dan 17.



Gambar 15. Diagram waktu proses *overhaul* no.1-4



Gambar 16. Diagram waktu proses *overhaul* no.5-8



Gambar 17. Diagram waktu proses *overhaul* no.9-12

4. Perhitungan efisiensi

Dari grafik tersebut, terlihat bahwa hasil redesain rangka mampu menurunkan total lama waktu *overhaul* dan juga pastinya menurunkan tenaga yang dibutuhkan untuk

overhaul. Dengan rangka konvensional membutuhkan waktu *overhaul* selama 185 menit, sedangkan hasil redesain rangka mampu menurunkan waktu *overhaul* menjadi 139,5 menit.

Efisiensi Total Waktu *Overhaul*

$$\eta = \frac{TOK - TOB}{TOK} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{185 - 139,5}{185} \times 100\%$$

$$\eta = 24,6\%$$

Keterangan :

η : Efisiensi Total Waktu *Overhaul*

TOK : Total Waktu *Overhaul* dengan rangka Konvensional (menit)

TOB : Total Waktu *Overhaul* dengan rangka Baru (menit)

PENUTUP

Simpulan

Setelah melihat hasil pembahasan, dan analisa yang telah dilakukan dalam Redesain *Trainer* Rangka *Engine Stand* Motor Bensin Toyota Kijang 4K, maka dapat disimpulkan seperti sebagai berikut.

- Redesain *Trainer* Rangka *Engine Stand* Motor Bensin Toyota Kijang 4K menghasilkan sebagai berikut:
 - Menggunakan besi tipe U65 yang gunakan sebagai penyangga, dan sedangkan tipe U80 sebagai rangka bawah penopang antara penyangga mesin dengan roda
 - Dimensi rangka P=1100mm, L=800mm, tinggi=1200mm, diameter poros 20 mm, perbandingan *gearbox* 1: 40, dan *sprocket* 14&19. Pemilihan komponen disesuaikan dengan keberadaan komponen yang ada dipasaran dan yang paling mudah didapatkan.
- Gaya yang bekerja pada rangka hasil redesain seperti sebagai berikut:
 - Dengan total berat mesin sebesar 85,5 didapatkan gaya 838,8 N
 - Gaya yang diterima penyangga kiri= 425,77 N dan pada penyangga kanan=413,03 N
 - Tegangan geser maksimal pada besi tipe U50 4,40 kg/mm², tipe U65 2,62 kg/mm², dan tipe U80 1,75 kg/mm² < tegangan geser izin 3,66 kg/mm². Dari hasil tersebut Rangka dinyatakan aman ada lah rangka tipe U65 dan U80 karena tegangan geser maksimal lebih kecil dari pada tegangan geser izin.
 - Dari hasil defleksi yang dilakukan dalam simulasi *software* Autodeks Inventor Pro 2019

dengan didapatkan defleksi maksimum yaitu 0,192 mm dan tidak melebihi standart defleksi maksimum yaitu 0,5 mm

3. Hasil uji coba melalui proses *overhaul* dari kedua rangka trainer didapatkan waktu total proses untuk *overhaul* dari rangka konvensional yaitu 185 menit dan rangka hasil redesain yaitu 139,5 menit. Dan didapatkan peningkatan efisiensi total waktu *overhaul* adalah 45,5 menit (Efisiensi 24,6%)

Saran

Setelah melakukan rangkaian penyelesaian Alat Redesain trainer maka diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Laporan Tugas Akhir ini dapat dijadikan sebagai referensi mahasiswa/institusi terkait dengan perancangan rangka ataupun pembuatan ulang rangka
2. Redesain trainer rangka ini dapat digunakan untuk praktik tune up dan overhaul dalam hal praktikum
3. Redesain trainer rangka ini dapat digunakan untuk segala tipe mesin namun perlu pembuatan braket yang baru untuk model tipe mesin lain
4. Untuk penggerak yang pemutarannya masih menggunakan tenaga manusia memungkinkan juga dapat ditambahkan dengan penggerak dengan model lain.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2018. <http://www.otomo.id/2017/11/sejarah-toyota-kijang-di-indonesia.html>, (Diakses 21 Maret 2018).

Anonim. 2016. <http://besibesunp.id/2016/05/besi-unp.html>, (Diakses 18 Oktober 2017).

Anonim. 2017. <http://mhasanalbana.com/2016/11/porosshaft.html>, (Diakses 20 Oktober 2017).

Kurniawan, wahyu. 2012. Ebook teknik perancangan rantai roll. (18 oktober 2017).

L Mott, Robert. 2004. Machine element in mechanical design fourth edition. University of Dayton: Pearson Education.

L Mott, Robert. 2009. Elemen-elemen mesin dalam perancangan Mekanis. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Sularso. 1997. Perencanaan Elemen mesin II. Jakarta: Pradya Paramita.

Tim Penulis. 2004. Buku Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi Unesa. Surabaya: Unesa.

Yatin Ngadiyono. 2011. E-book modul pembelajaran Inventor. Yogyakarta.

Yogaswara. 2013. E-book elemen mesin. (25 oktober 2017).