

PERANCANGAN TANGGA HIDROLIK EXCAVATOR HITACHI EX-1900 DI PTVI

Riky Adhianto¹, Nugroho Adhi Saputro², Bustami Ibrahim³

Program Studi Teknik Mesin Dan Manufaktur
Konsentrasi Teknik Rekayasa Dan Pengembangan Produk
Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135
Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649

riky@polman-bandung.ac.id, nadhi_8@yahoo.co.id, bustami@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Excavator merupakan alat berat yang banyak digunakan di dunia pertambangan, dalam hal ini di PTVI sebagai perusahaan tambang nikel. Medan kerja untuk unit ini sangatlah sulit, sehingga produktivitas unit sangat ditentukan performa dari kerja unit ini, termasuk dalam hal kehandalan komponennya. Salah satu kerusakan yang terjadi adalah bengkoknya slider tangga akibat benturan menyebabkan unit harus breakdown, dan tentu saja ini sangat merugikan. Kerusakan yang sering terjadi adalah benturan pada tangga mengakibatkan *track slider* terdeformasi, sehingga keseluruhan fungsi *sliding* akan rusak. Kerusakan tersebut jika diperbaiki akan membutuhkan waktu yang lama. Dan *track* yang berbentuk profil-U juga sangat sulit diperbaiki jika sudah terdeformasi. Tangga hidrolik yang dirancang ditujukan untuk pemakaian di *Excavator* Hitachi tipe EX-1900. Dengan tangga desain baru ini diharapkan dapat menghemat waktu repair jika ada kerusakan, karena komponen lebih mudah diperbaiki maupun diganti. Oleh karena itu diperlukan perancangan tangga baru dengan bentuk dan sistem tangga yang lebih baik, sesuai kebutuhan dan mudah dalam pengoperasian maupun perawatan. Desain awal kapasitas beban manusia yang menggunakan tangga 100 kg. Dengan sudut tangga maksimum 145°, *ground clearance* sejauh 370 mm. Dan dapat melipat pada posisi park. Proses perancangan diawali dengan Analisis sistem rangka menggunakan software Autodesk ForceEffect, kemudian dilanjutkan dengan pemodelan dan Analisis struktur dengan software Autodesk Inventor. Tangga hidrolik ini memiliki spesifikasi kerja, dengan kecepatan gerakan maju-mundur batang silinder 20mm/s sehingga waktu operasional dibutuhkan 22.5 detik dengan kapasitas aliran 6.032 l/min, jangkauan tinggi maksimal 2030 mm, gaya maksimum yang bekerja pada piston silinder (dengan beban) sebesar 10138 N dan tekanan kerja sebesar 20.258 bar, menggunakan powerpack sebesar 1.5 hp. Untuk estimasi harga tangga desain yang baru didapatkan harga \$ 2.452 dibanding dengan harga tangga lama jika diganti memerlukan biaya \$ 4.000. Konstruksi tangga rancangannya ini dapat digunakan pula untuk *Excavator* Hitachi tipe lain, seperti EX-1800, EX-2100 maupun EX-2500, dengan menambahkan *bracket* untuk dapat diletakkan secara sempurna pada masing-masing tipe tersebut. Dan rancangan ini juga bisa dikembangkan untuk kendaraan selain *excavator*.

Kata kunci: *Perancangan, Tangga Lipat, Excavator, Hitachi Ex-1900, Autodesk ForceEffect, Autodesk Inventor, Hidrolik, Analisis Struktur.*

1. Pendahuluan

Di dunia pertambangan, khususnya tambang nikel milik PT. Vale Indonesia (PTVI), menggunakan *excavator* untuk menunjang aktivitas penambangan pada proses pengerukan dan penggalian. *Excavator* memiliki peran yang sangat vital dalam proses mining. Dalam satu jalur penggalian material di PTVI, 1 buah *Excavator* melayani 10 unit *dump-truck*. Jumlah *Excavator* yang aktif beroperasi adalah 25 unit, dan 10 unit stand-by sebagai cadangan. Unit cadangan dioperasikan untuk menggantikan unit lain yang rusak atau unit yang dalam jadwal perawatan berkala.

Tangga (*access ladder*) merupakan salah satu komponen dari unit *excavator*, memiliki beragam bentuk dan tipe tergantung pada merk manufaktur pembuat unit. Salah satu unit yang digunakan di PTVI adalah *Excavator* Hitachi EX-1900, yang mana unit ini menggunakan tangga model *sliding*. Kerusakan yang sering terjadi adalah benturan pada tangga mengakibatkan *track slider* terdeformasi, sehingga keseluruhan fungsi *sliding* akan rusak. Kerusakan tersebut jika diperbaiki akan membutuhkan waktu yang lama. Dan *track* yang berbentuk profil-U juga sangat sulit diperbaiki jika sudah terdeformasi.

Penggantian sistem tangga ini sangat diperlukan dan akan sangat berdampak pada produktivitas unit

(dapat menghemat waktu repair jika ada kerusakan pada tangga karena komponen lebih mudah diperbaiki maupun diganti). Mekanisme kerja dari tangga tersebut adalah sebagai berikut :

- Tangga akan melipat ke bagian atas body unit bila sedang tidak digunakan,
- dan bila sedang digunakan unit harus dalam kondisi diam dan tangga akan menjulur pada posisi tangga siap dinaiki. Sistem penggerakannya menggunakan tenaga hidrolik. Dengan sistem tangga tersebut, pengoperasiannya akan lebih praktis, aman, komponen mudah diperbaiki/diganti. Tujuan perancangan ini adalah :
- Membantu dan memudahkan operator untuk mengoperasikan tangga.
- Memudahkan mekanik dalam melakukan perbaikan
- Mendapatkan bentuk dan sistem tangga yang lebih baik dari yang sudah ada dan sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan manfaatnya adalah :
- Pengoperasian tangga oleh operator maupun mekanik lebih mudah dan aman.
- Kerusakan pada unit dapat diminimalisir.
- Tangga dapat diaplikasikan ke unit Excavator sejenis dengan tipe yang berbeda.

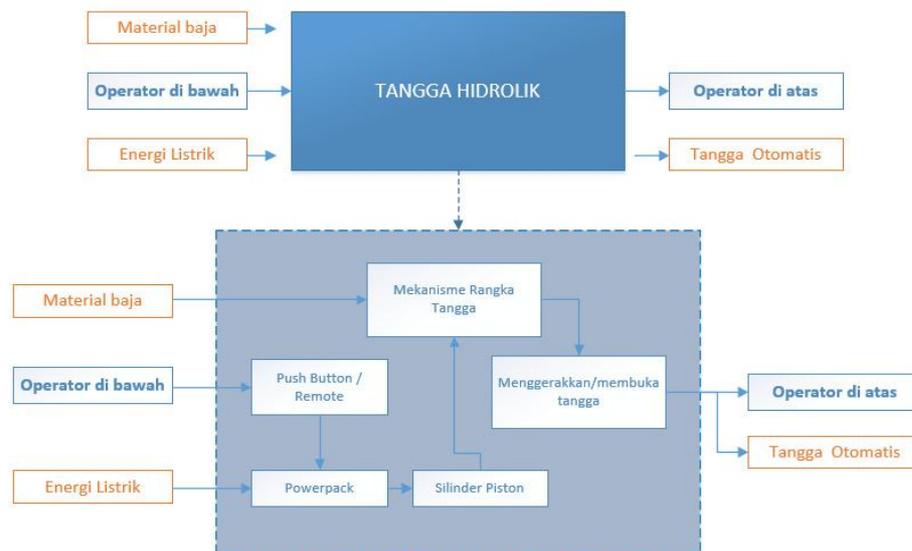
- Perbaikan dan pemeliharaan tangga bernilai ekonomis baik.

2. Metodologi Penelitian

Terciptanya produk ini muncul karena adanya identifikasi kebutuhan pelanggan pemakai akan produk/alat tertentu. Produk tersebut diharapkan bisa menanggapi apa yang menjadi keinginan dan kebutuhan pelanggan, yaitu :

- Waktu pengoperasian tangga kurang dari 30 detik
- Kemampuan menahan beban 100 kg
- Harga < \$ 4,000
- Tenaga Hidrolik
- Pengoperasiannya mudah
- Mudah dalam perawatan dan perbaikan alat
- Dapat dipasang pada unit Excavator tipe lain
- Aman bagi pengguna

Pada tahapan ini dilakukan pembagian fungsi pada tangga ini sebagai sarana untuk pencarian alternatif dan pemecahan masalah fungsi tersebut. Pembagian fungsi keseluruhan menjadi fungsi-fungsi bagian diawali dengan metode Black Box Concept.



Gambar 1. Black Box Concept

Setelah pembagian Fungsi melalui metode tersebut kemudian dilakukan penentuan fungsi keseluruhan dengan penguraian fungsi-fungsi bagian sebagai sarana untuk pencarian alternatif dan pemecahan masalah fungsi tersebut.

- Rangka tangga berfungsi sebagai pondasi ketika pengguna menggunakan tangga. Rangka harus cukup kokoh dan rigid serta cukup ergonomis.
- Penahan berfungsi sebagai support yang menahan beban ketika tangga dalam keadaan terbuka.

- Penghubung gerak berfungsi sebagai penyambung atau pemindah gerakan translasi dari piston Hidrolik utama kerangka tangga. Dari pemecahan tersebut didapatkan konsep yaitu :

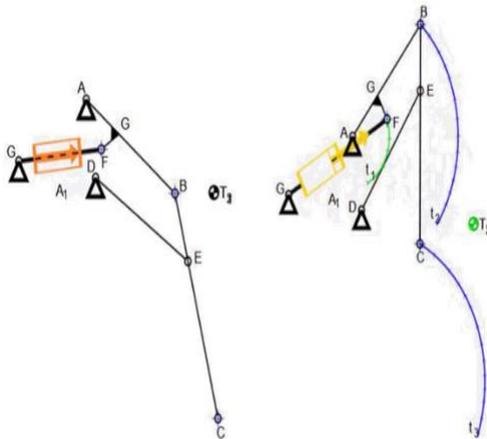


Gambar 2. Konsep Tangga terpilih

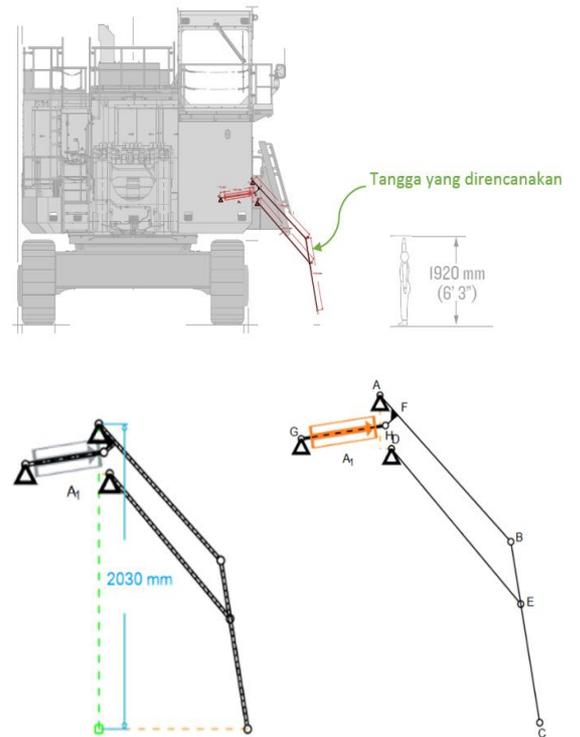
Tangga tipe lipat berbahan baja profil L dengan sistem pengikatan las pada anak tangga. Dengan penahan berupa piston hidrolik utama.

3. Hasil dan Pembahasan

Perencanaan diawali dengan Analisis konsep sketsa rangka menggunakan software Autodesk ForceEffect Motion untuk memastikan batang-batang yang telah ditentukan beserta Actuator hidrolik bisa bekerja.

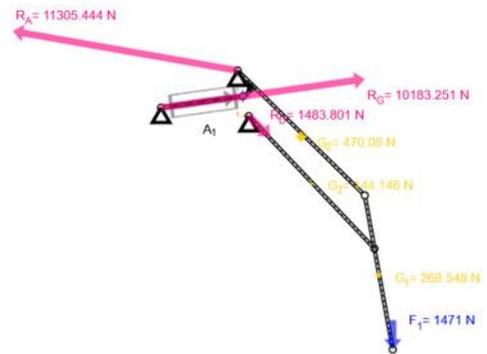


Gambar 3. Analisis Kinematik menggunakan software Autodesk ForceEffect



Gambar 4. Konsep rancangan tangga

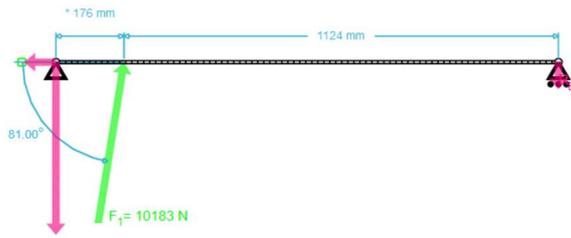
Analisis gaya yang dilakukan adalah gaya-gaya yang terjadi pada komponen-komponen utama yaitu rangka tangga dan anak tangga. Beban maksimal yang terjadi adalah ketika tangga digunakan (dinaiki operator). Dan didapatkan gaya-gaya tumpuan, sebagai berikut:



Force	Direction	Size	Angle
R_A	↑	11305.444 N	170°
R_D	↑	1483.801 N	315°
R_C	↑	10183.251 N	8°

Gambar 5. Gaya-gaya tumpuan

$R_G = 10183.251$ N, adalah gaya yang dibutuhkan piston hidrolik. Perhitungan defleksi dilakukan pada batang dengan gaya tumpuan terbesar (batang AB)



Gambar 6. Defleksi pada batang AB

$$\delta_{max} := \frac{P \cdot b \cdot (l^2 - b^2)^{\frac{3}{2}}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot l \cdot E \cdot I}$$

$$\delta_{max} = \frac{10.058 \cdot 1124 \cdot (1300^2 - 1124^2)^{\frac{3}{2}}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot 1300 \cdot 206700 \cdot 255452}$$

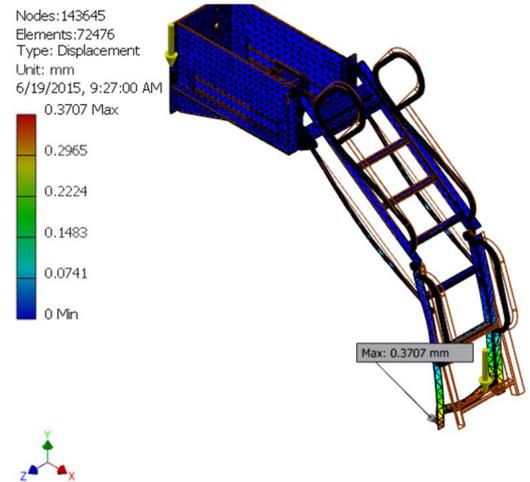
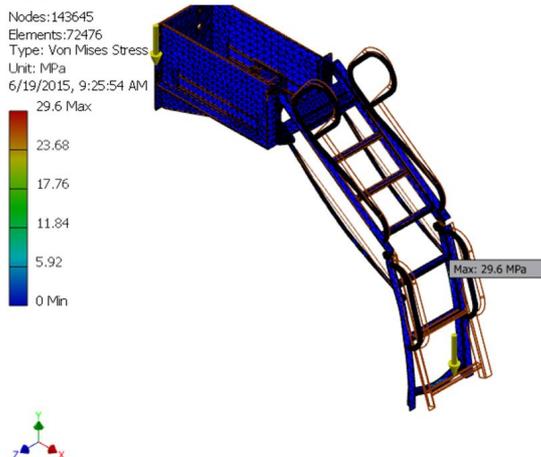
$$\delta_{max} = 0.771 \text{ mm}$$

Berikutnya adalah perhitungan komponen Pin sebagai penghubung antar rangka.

Tabel 1. Perhitungan diameter pin titik engsel

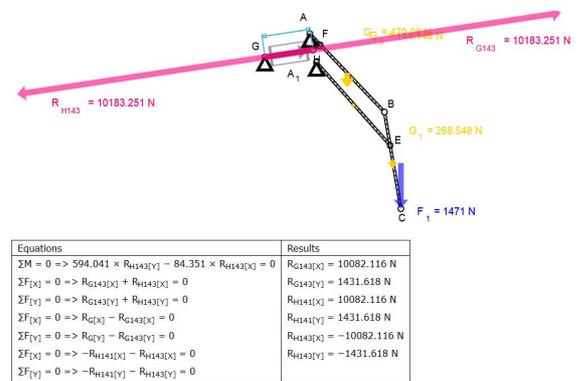
Gaya Reaksi	Besar Gaya (N)	Diameter hasil perhitungan (mm)
R_A	11305	20.581
R_B	3114	10.802
R_D	1483	7.454
R_L	1588	7.713
$R_F=R_G=R_H$	10183	19.533

Analisis kekuatan struktur menggunakan software Autodesk Inventor. Hasilnya adalah sebagai berikut :



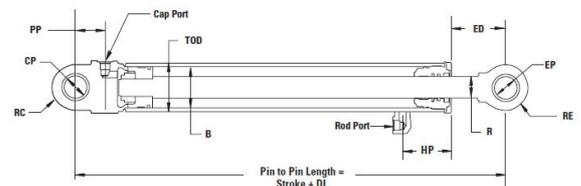
Gambar 7. Hasil analisa kekuatan struktur

Piston hidrolik berada pada posisi GH, dimana gaya yang bekerja RG sebesar 10183 N.



Gambar 8. Batang G-H (letak piston hidrolik)

Ketersediaan piston dari pelanggan sesuai dengan tabel Caterpillar® Medium Duty Threaded Cylinders, Bore ukuran 80 mm dengan panjang langkah 450 mm dan rating tekanan sebesar 200 bar.



Gambar 9. Caterpillar® Medium Duty Threaded Cylinders

Tekanan Kerja Piston Hidrolik

Diketahui

$$R_G := 10183 \text{ N} \quad d_{bore} := 80 \text{ mm}$$

Persamaan

$$P = \frac{F}{A} = \frac{R_G}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{bore}^2} \quad [\text{bar}]$$

Hasil

$$P_{kerja} := \frac{R_G}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{bore}^2}$$

$$P_{kerja} = \frac{10183}{\frac{\pi}{4} \cdot 80^2} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$P_{kerja} = 2.026 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$P_{kerja} = 20.258 \text{ bar}$$

Kecepatan Aliran Fluida Hidrolik

Diketahui

$$v := 20 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad d_{bore} := 80 \text{ mm}$$

Persamaan

$$Q_s = A_p \cdot v = \left(\frac{\pi}{4} \cdot d_{bore}^2 \right) \cdot v \quad \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$$

Hasil

$$Q_s := \left(\frac{\pi}{4} \cdot d_{bore}^2 \right) \cdot v$$

$$Q_s = \left(\frac{\pi}{4} \cdot 80^2 \right) \cdot 20 \quad \left[\frac{\text{mm}^3}{\text{s}} \right]$$

$$Q_s = (1.005 \cdot 10^5) \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

$$Q_s = 6.032 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Waktu Operasi Piston Hidrolik

Diketahui

$$L_{stroke} := 450 \text{ mm} \quad v := 20 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Persamaan

$$t_{kerja} = \frac{L_{stroke}}{v} \quad [\text{s}]$$

Hasil

$$t_{kerja} := \frac{L_{stroke}}{v}$$

$$t_{kerja} = \frac{450}{20} \quad [\text{s}]$$

$$t_{kerja} = 22.5 \text{ s}$$

Daya Motor (Powerpack) Hidrolik

Diketahui

$$P_{kerja} = 20.258 \text{ bar} \quad Q_s = 6.032 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Persamaan

$$P_{motor} := \frac{Q_s \cdot P_{kerja}}{.600} \quad [\text{hp}]$$

Hasil

$$P_{motor} := \frac{Q_s \cdot P_{kerja}}{.600}$$

$$P_{motor} = \frac{6.032 \cdot 20.258}{.600} \quad [\text{W}]$$

$$P_{motor} = 339.433 \text{ W}$$

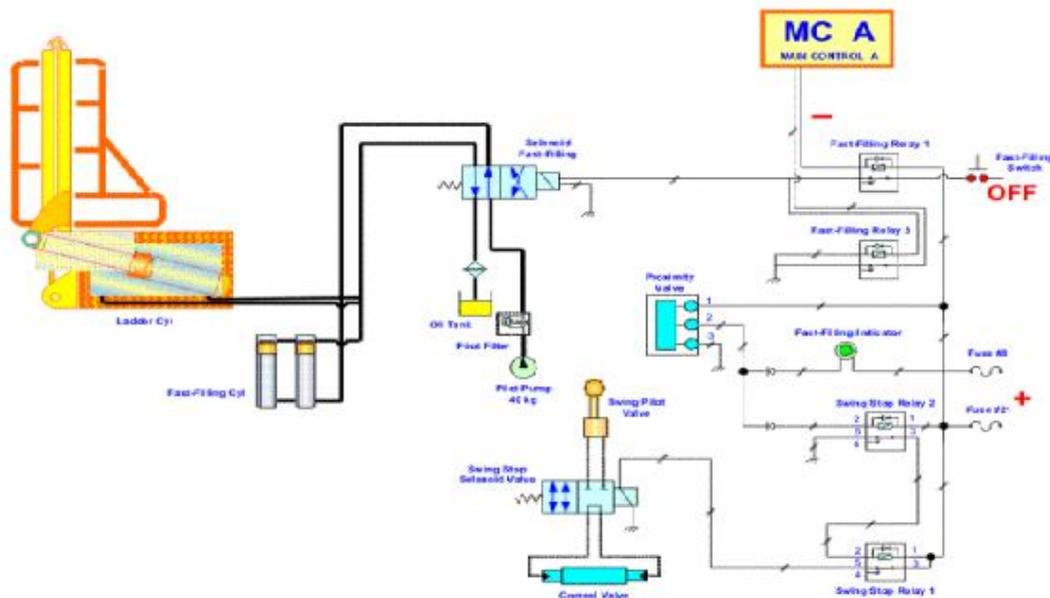
$$P_{motor} = 0.455 \text{ hp}$$

Dari sisi ekonomis, perhitungan biaya dari rancangan ini meliputi biaya material rangka tangga dan sistem hidrolik

Tabel 2. Bill of Materials

QTY	UNIT	PART NAME	PRICE
1	lgh	L profile, Steel – 65x65x5 (rangka)	\$ 130.00
1	lgh	Round Bar dia. 1" (pin)	\$ 94.00
1	lgh	Round Bar dia. 1 1/2" (penahan)	\$ 75.00
1	lgh	Pipe 1"-sch40 (handrail)	\$ 75.00
1	sht	Checkered Plate 1/4" (step ladder)	\$ 120.00
1	sht	MS-Plate 1/2" (bracket)	\$ 340.00
1		Others (Weld, Paint)	\$ 300.00
			\$ 1,134.00

QTY	UNIT	PART NAME	PRICE
1	ea	Caterpillar® Medium Duty Threaded Cylinders Rod End type, bore 80mm, stroke 450mm, 200 bar	\$ 600.00
1	set	Foster 15-1-1E Powerpack, 1.5hp @ 3450 rpm	\$ 718.00
			\$ 1,318.00



Gambar 10. Rangkaian instalasi sitem hidrolik tangga.

5. Kesimpulan

Parameter	Keterangan
Ketinggian maksimum	2030 mm
Jarak ke tanah	370 mm
Jarak dari <i>Track</i>	1156 mm
Sudut operasi	145°
Gaya piston	10183 N
Waktu operasional	22.5 detik

Sehingga kesimpulan yang dapat diambil adalah, rancangan ini memenuhi sesuai persyaratan yang telah ditentukan. Piston MDTC adalah pilihan yang tersedia di lapangan memiliki spesifikasi tenaga yang sangat tinggi (lebih dari cukup) untuk konstruksi ini, jika tersedia opsi piston yang lebih rendah disarankan untuk diaplikasikan.

Konstruksi sesuai rancangan ini dapat digunakan pula untuk Excavator Hitachi tipe lain, seperti EX-1800, EX-2100 maupun EX-2500, dengan menambahkan braket untuk dapat diletakkan secara sempurna pada masing-masing tipe tersebut. Dan rancangan ini juga bisa dikembangkan untuk kendaraan selain excavator.

Dari hasil perhitungan, maka didapatkan spesifikasi tangga

Parameter	Keterangan
Material Tangga	\$ 1,134
Sistem Hidrolik	\$ 1,318
Total Estimasi Harga	\$ 2,452

Daftar Pustaka

- [1] Caterpillar, 2015, Performance Handbook Edition 45
- [2] Caterpillar, 2006, Medium Duty Threaded Cylinders, OEM Solution Group
- [3] Hitachi Mining, 2007, Hitachi Excavator EX-1900 brochure manual, Hitachi Construction and Mining Products
- [4] Khurmi, R.S., dan Gupta, J.K, 2005, A Textbook of Machine Desain, Eurasia Publishing House (Pvt.) Ltd., Ram Nagar, New Delhi
- [5] Mott, Robert L., 2004, Machine Elements in Mechanical Desain 4th ed., Pearson Prentice Hall
- [6] Norton, Robert L., 1999, Desain of Machinery: An Introduction To The Synthesis and Analysis Of Mechanisms and Machines 2nd ed., McGraw-Hill
- [7] Beer, Ferdinand Pierre, 2002, Mechanics of Materials 6th ed., McGraw-Hill
- [8] Budynas, Richard G., J. Keith Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Desain 9th ed., McGraw-Hill
- [9] Dieter Muhs, Herbert Wittel, Manfred Becker, 2007, Roloff/Matek Maschinenelemente, Vieweg + Teub