

PERANCANGAN TANGGA HIDROLIK *EXCAVATOR* HITACHI EX-1900 DI PTVI

Nugroho Adhi Saputro, Bustami Ibrahim, S.S.T., M.T., Riky Adhianto, ST., MT

Program Studi Teknik Mesin Dan Manufaktur
Konsentrasi Teknik Rekayasa Dan Pengembangan Produk
Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
nadhi_8@yahoo.co.id

Abstrak

Excavator hidrolik 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. Tangga hidrolik yang dirancang ditujukan untuk pemakaian di *Excavator* Hitachi tipe EX-1900. Desain awal kapasitas beban manusia yang menggunakan tangga 100 kg. Dengan sudut tangga maksimum 145° , *ground clearance* sejauh 370mm. 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.

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

Abstract

Hydraulic excavators are heavy equipment used in the mining industries, in this case in PTVI as nickel mining company. Work area for this unit is very difficult, so the productivity of the unit is determined the performance of the performance of this unit, including in terms of reliability components. One of the damage is bending slider stairs in a collision causing the unit must breakdown, and of course this is very detrimental. Designed hydraulic ladder is intended for use in Hitachi Excavator EX-1900 type. Initial design load capacity of human use stairs 100 kg. With a maximum of 145° angle of the ladder, as far as 370mm ground clearance. And can be folded in the park position. Design process begins with an analysis of the skeletal system uses Autodesk software ForceEffect, followed by modeling and structural analysis with Autodesk Inventor software. Hydraulic ladder is a specification of work, with a forward-backward movement speed of the cylinder rod of 20mm / s so that the time it takes 22.5 seconds with the operational flow capacity 6032 l / min, reach a maximum height of 2030 mm, the maximum force acting on the piston cylinder (with load) of 10138 N and a working pressure of 20 258 bar, using a powerpack of 1.5 hp

Keywords: *Design, Folding Ladder, Excavator, Hitachi Ex-1900, Autodesk Forceeffect, Autodesk Inventor, Hydraulics, Structural Analysis.*

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 PT. Vale 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 penggeraknya 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 :

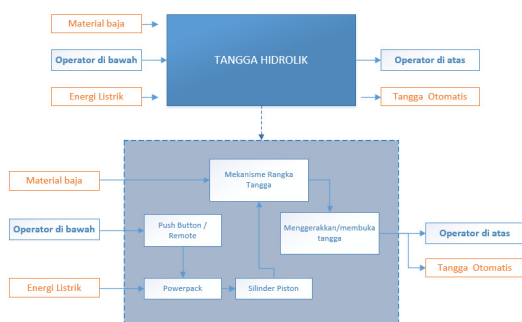
- Pengoperasian tangga oleh operator maupun mekanik lebih mudah dan aman.
- Kerusakan pada unit dapat diminimalisir.
- Tangga dapat diaplikasikan ke unit *Excavator* sejenis dengan tipe yang berbeda.
- Perbaikan dan pemeliharaan tangga bernilai ekonomis baik.

METODE 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*.

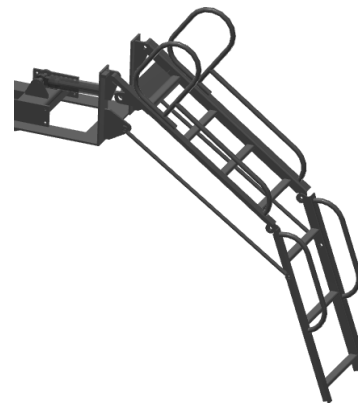


Gambar 1. *Black Box Concept*

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 ke rangka tangga.

Dari pemecahan tersebut didapatkan konsep yaitu :

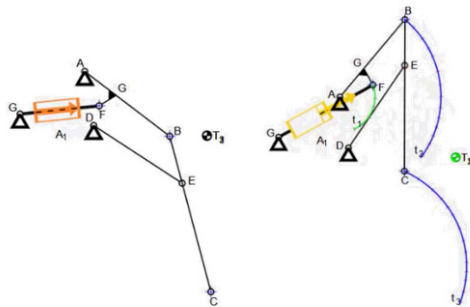


Gambar 2. Konsep Tangga terpilih

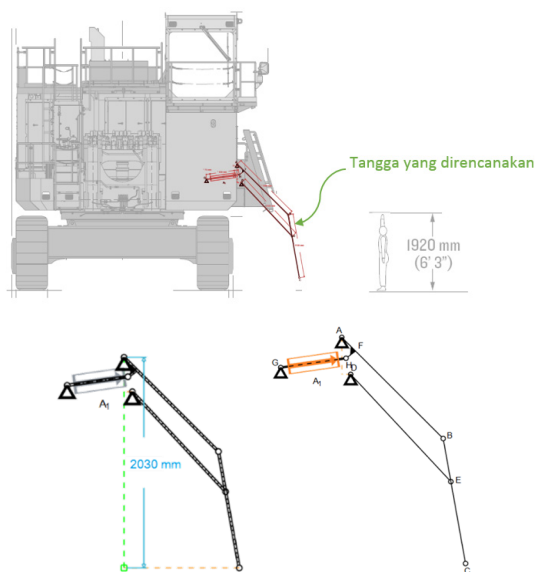
Tangga tipe lipat berbahan baja profil L dengan sistem pengikatan las pada anak tangga. Dengan penahan berupa piston hidrolik utama.

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.

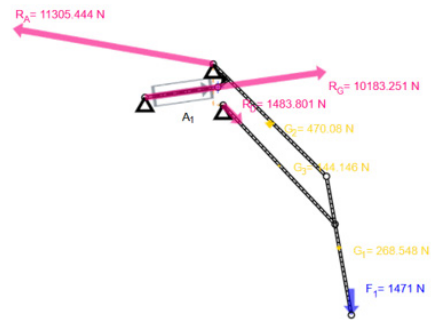


Gambar 3. Analisis Kinematik menggunakan *software* Autodesk ForceEffect



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	\uparrow	11305.444 N	170°
R_D	\uparrow	1483.801 N	315°
R_G	\uparrow	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

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

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

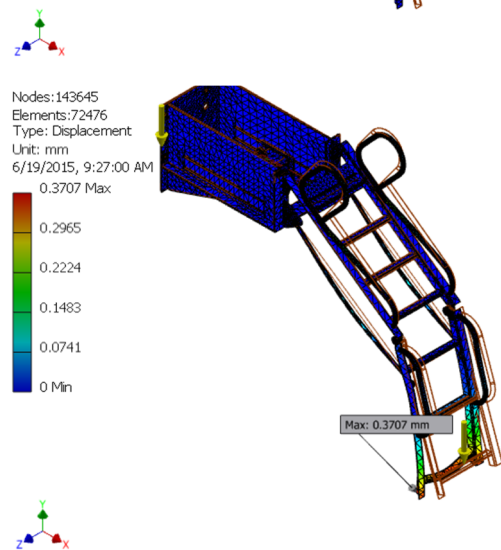
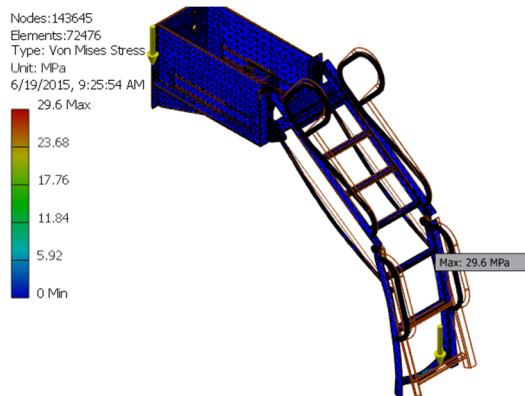
$$\delta_{max} = 0.771 \text{ mm}$$

Berikutnya adalah perhitungan komponen Pin sebagai penghubung antar rangka.

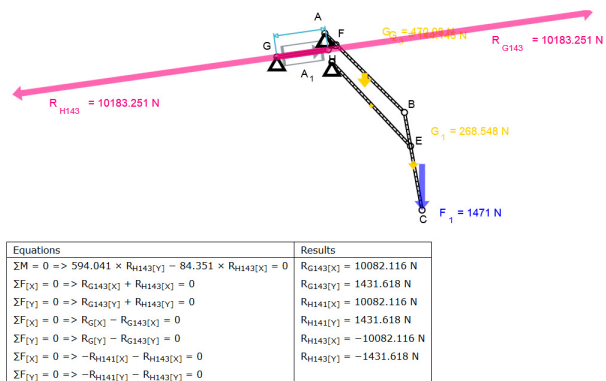
Tabel 1. Perhitungan diameter pin titik engsel

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_E	1588	7.713
$R_F=R_G=R_H$	10183	19.533

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

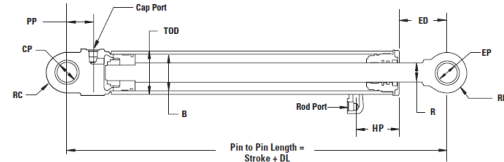


Piston hidrolik berada pada posisi G-H, dimana gaya yang bekerja RG sebesar 10183 N.



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 8. Caterpillar® *Medium Duty Threaded Cylinders*

Tekanan Kerja Piston Hidrolik Diketahui

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

Persamaan

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

Hasil

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

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

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

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

Kecepatan Aliran Fluida Hidrolik Diketahui

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

Persamaan

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

Hasil

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

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

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

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

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

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*.

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 Design*, Eurasia Publishing House (Pvt.) Ltd., Ram Nagar, New Delhi
5. Mott. Robert L., 2004, *Machine Elements in Mechanical Design 4th ed.*, Pearson Prentice Hall
6. Norton, Robert L., 1999, *Design 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 Design 9th ed.*, McGraw-Hill
9. Dieter Muhs, Herbert Wittel, Manfred Becker, 2007, *Roloff/Matek Maschinenelemente*, Vieweg + Teubner