

Pemilihan Desain Penutup Pintu Menggunakan Metode Pugh Selection for Design of Door Closing by Pugh Method

TB. Utami Adi Subekhi¹, Fahad Zaqi Mukmin², Ir. Choirul Anwar³

¹stt- wastukancana

¹tb@wastukancana.ac.id

²fahadzaqimukmin004@gmail.com

³choirul@wastukancana.ac.id

Corresponding author: fahadzaqimukmin004@gmail.com

Abstrak.

Pintu merupakan akses utama untuk memasuki sebuah ruangan, yang juga dapat mempengaruhi efektifitas dan keselamatan pengguna. Adapun penelitian ini berisi 3 konsep desain mengenai penutup pintu menggunakan prinsip mekanisme 4 batang murni. Dari 3 konsep desain dipilih 1 konsep yang paling unggul dengan menggunakan metode pugh. Beberapa parameter yang digunakan dalam seleksi metode pugh yaitu massa, kemudahan proses, mobilitas kinematik, dan *yield strength* sistem dari masing – masing konsep. Konsep yang unggul yaitu konsep yang memiliki massa dan *yield strength* sistem yang kecil namun memiliki safety factor yang besar. Berdasarkan analisis dan kesimpulan konsep desain maka *Yield strength* sistem *connecting rod* 204 MPa dan *yield strength* sistem *slider rail* 27.6 MPa. Dan *yield strength* yang terjadi tidak melebihi/melampaui *yield strength* kekuatan material yang digunakan. *Yield strength* galvanis sebesar 300 MPa dan *Yield strength* alumunium yaitu 276 MPa. Sedangkan *safety faktor* pada *connecting rod* = $300 / 204 = 1.4$. dan *Safety faktor* pada *slider rail* = $276 / 27.6 = 10$.

Kata kunci: link 4 batang, Desain 4 bar, penutup pintu.

Abstract

The door is the main access to enter a room, which can also affect the effectiveness and safety of users. This research contains 3 design concepts regarding door closings using the principle of a pure 4 rod mechanism. Of the 3 design concepts, the most superior concept was selected using the Pugh method. Several parameters used in the selection of the Pugh method are mass, ease of processing, kinematic mobility, and yield strength of the system for each concept. A superior concept is a concept that has a small mass and yield strength system but has a large safety factor. Based on the analysis and design concept conclusions, the yield strength of the connecting rod system is 204 MPa and the yield strength of the slider rail system is 27.6 MPa. And the yield strength that occurs does not exceed/exceed the yield strength of the material used. The yield strength of galvanized is 300 MPa and the yield strength of aluminum is 276 MPa. While the safety factor on the connecting rod = $300 / 204 = 1.4$. and Safety factor on the slider rail = $276 / 27.6 = 10$.

Keywords: 4 bar link, 4 bar design, door closing.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Mekanisme adalah bagian mekanik yang berfungsi memindahkan gerak dan gaya dari sumber gerak ke keluaran (output) (Rider, 2015). Mekanisme empat batang penghubung terdiri dari empat batang (link) yang dihubungkan oleh sambungan - sambungan (joint) sedemikian rupa sehingga memungkinkan terjadinya gerakan relative diantara batang-batang yang ada (Soegihardjo, 2002). Mekanisme jenis ini banyak diaplikasikan di berbagai bidang untuk memanipulasi gerak seperti pada peralatan pemrosesan, alat pemegang dan pemindah material, peralatan permainan dan lain sebagainya. (Dedi, Irwan, Muchlisinalahuddin, 2021)

Pintu otomatis banyak digunakan saat ini untuk sistem otomatisasi pintu masuk sebuah area. Implementasi pintu otomatis sering kita jumpai di tempat-tempat umum seperti halnya mall, perkantoran, sekolah, klinik yang membutuhkan udara steril, rumah-rumah mewah dan banyak lagi. Namun harga dari alat tersebut masih terlalu mahal dan terbatas pada sistem hidrolik dan pegas, sehingga jarang sekali masyarakat dapat menggunakannya, padahal fungsinya sangat diperlukan. Seiring dengan kemajuan teknologi di era modern seperti sekarang ini, menuntut manusia untuk serba praktis dalam menjalankan segala aktifitas sehari-harinya.

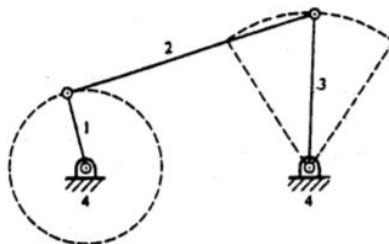
Dengan melihat situasi tersebut penulis ingin membantu dan menyalurkan ide untuk merancang alat yang memiliki fungsi yang sama yaitu untuk mengakses ruangan dengan menggunakan mekanisme empat batang (*Four Bar Mechanism*). Mekanisme empat batang merupakan suatu mekanisme yang disusun oleh empat batang kaku yang berfungsi sebagai *crank*, *coupler*, *cam*, *slider* dan batang diam (*ground*). Mekanisme empat batang (*four bar mechanism*) digunakan pada sebagian peralatan mekanik untuk mencapai proses atau gerakan tertentu. (Krisnu et al., 2010).

2. KAJIAN PUSTAKA

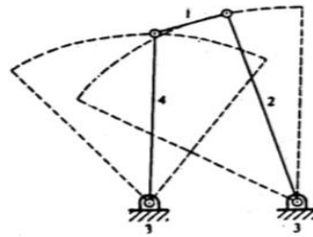
2.1 Mekanisme Empat Batang (link)

Mekanisme empat batang merupakan suatu mekanisme yang di susun oleh empat batang kaku yang terdiri dari *crank*, *coupler*, *follower* dan batang diam (*ground*). Mekanisme empat batang (*four bar mechanism*) digunakan pada sebagian peralatan mekanik untuk mencapai proses atau gerakan tertentu. Mekanisme ini terdiri dari batang-batang yang bergerak secara relative satu terhadap yang lainnya. Dalam notasi yang umum, batang tersebut di sebut juga sebagai link. Sambungan batang yang memungkinkan gerakan relatif antara dua batang yang disambungkan, disebut joint. Dengan itu yang dimaksud mekanisme empat batang terdiri dari empat batang (*link*) yang di hubungkan oleh sambungan- sambungan (*joint*) sedemikian rupa sehingga memungkinkan terjadinya gerakan relatif diantara batang-batang yang ada. (Krisnu et al., 2010).

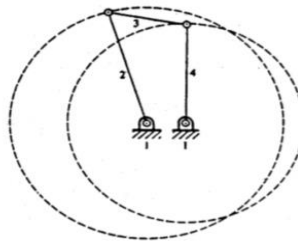
Menurut (J. T kimbler, 2010) mekanisme empat batang dibedakan menjadi tiga, yaitu *crank rocker mechanism*, *double rocker mechanism* dan *drag link mechanism*. Ketiga mekanisme empat batang ini dapat dilihat pada gambar 2.1, 2.2, dan 2.3.



Gambar. 2.1 Crank rocker (Krisnu et al., 2010)



Gambar. 2.2 Double rocker (Krisnu et al., 2010)

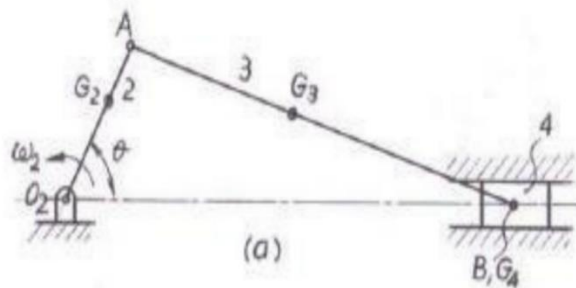


Gambar. 2.3 Drag link (double crank) (Krisnu et al., 2010)

Pada mekanisme empat batang jenis *crank rocker mechanism*, batang 1 (input link) berputar 360° , sedangkan batang 3 (*output link*) hanya berotasi sebagian (gambar 2.1). Pada *double rocker mechanism* tidak ada satu pun batang yang bergerak rotasi (gambar 2.2). Sedangkan pada *drag link mechanism* dua diantara empat batang bergerak rotasi terhadap sumbu putarnya (gambar 2.3).

2.2 Mekanisme Slider

Salah satu mekanisme yang paling umum digunakan adalah sistem rangkaian batang penghubung empat batang. Mekanisme engkol peluncur merupakan suatu sistem rangkaian batang penghubung empat batang yang sangat luas penggunaannya. Contoh yang umum dari penggunaannya ditemukan dalam mesin bensin dan mesin diesel, seperti pada Gambar 2.4.



Gambar. 2.4 Mekanisme Engkol Peluncur (Naharuddin, 2012)

Mekanisme engkol peluncur merupakan elemen pokok pada sistem kerja motor bahan bakar bensin atau solar. Mekanisme ini adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menghisap dan menekan bahan bakar bensin ke dalam silinder guna mendapatkan temperatur tinggi pada gas bahan bakar kemudian meledak di atas permukaan piston (torak), dimana ledakan inilah yang mendorong piston (torak) sekaligus merubah gerak vertikal menjadi gerak berputar pada batang poros engkol menjadi tenaga pembangkit untuk memenuhi kebutuhan. (Naharuddin, 2012).

2.3 Pemilihan Model Menggunakan Metode Pugh.

Penyaringan konsep didasarkan pada metode yang dikembangkan oleh Stuart Pugh pada tahun 1980-an dan seringkali disebut seleksi konsep Pugh (Pugh, 1990). Tujuan tahapan ini adalah mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep. Ada 4 kriteria yang digunakan dalam pemilihan konsep dengan mengadopsi dari metode pugh dan disesuaikan pada kondisi desain sebagai berikut: (Pripiyana,azmi,dan dewayana,.2008).

1. Massa material
2. Kemudahan proses.
3. Mobilitas kinematic.
4. Yield strength sistem.

2.4 Massa Material Semua konsep

Efisiensi massa pada setiap konsep sangat penting dimana semakin ringan desain maka akan semakin baik dan juga sebaliknya dimana semakin berat desain maka semakin buruk.

2.5 Kemudahan dan kesulitan pada Proses dari Masing-masing konsep

Dari kemudahan proses ini tentu saja setiap orang ingin mengerjakan sesuatu atau membuat suatu hal ingin memudahkan prosesnya, begitu pun dengan konsep ini dimana semakin mudah proses maka semakin baik dan semakin banyak proses maka akan semakin buruk.

2.6 Mobilitas Sistem semua Konsep

$$M = 3(n-1) - 2f_1 - f_2$$

Keterangan:

M = mobilitas F_1 = lower pair (sambungan antar link
dimana kontakannya berupa engsel).
N = Jumlah batang F_2 = higher pair (sambungan dimana
kontakannya berbentuk titik).

Keterangan nilai M:

M: 1 = mekanisme dengan m derajat kebebasan

M: 0 = struktur yang ditentukan secara statis

M: -1 = struktur statis yang tidak menentu

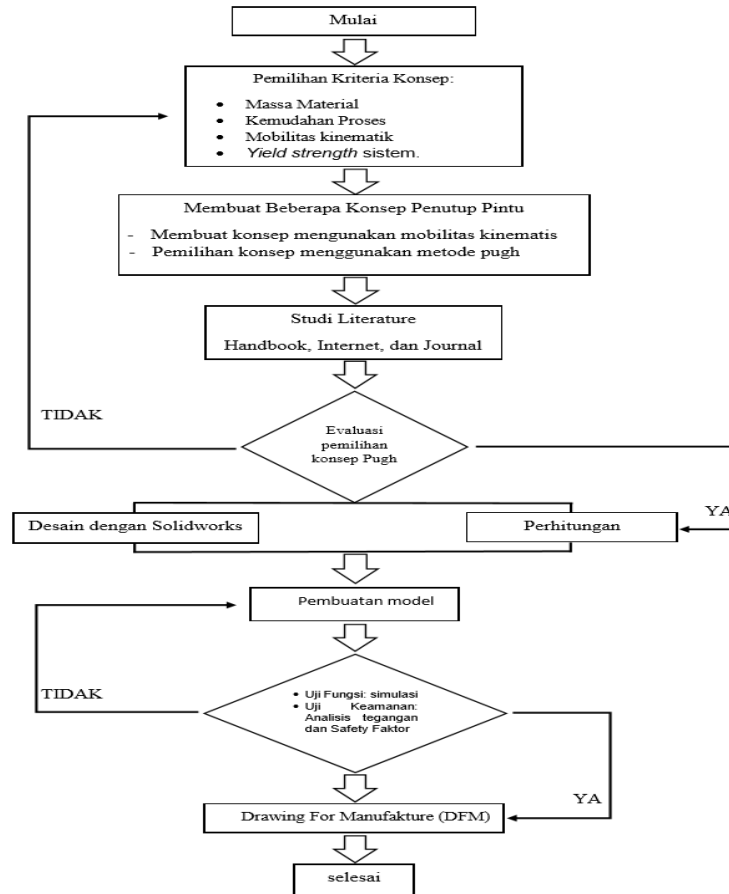
Maka $M \geq 1$ adalah sebuah mekanisme. (Ristadi amri, UNY Yogyakarta, 2014)

2.7 Yield Strength semua Konsep

Yield strength sangatlah penting karena dari kekuatan luluh ini kita dapat mengetahui seberapa kuat desain konsep menerima beban sebesar 1.5x gaya kerja tanpa rusak. Apabila *yield streng* sistem pada sebuah komponen tidak melebihi *yield streng* materialnya maka komponen tersebut dalam kondisi aman, sedangkan jika *yield strength* sistem melebihi *yield strength* materialnya maka komponen dalam keadaan tidak aman.

3. Metode Penelitian

3.1 Diagram Alir Penelitian

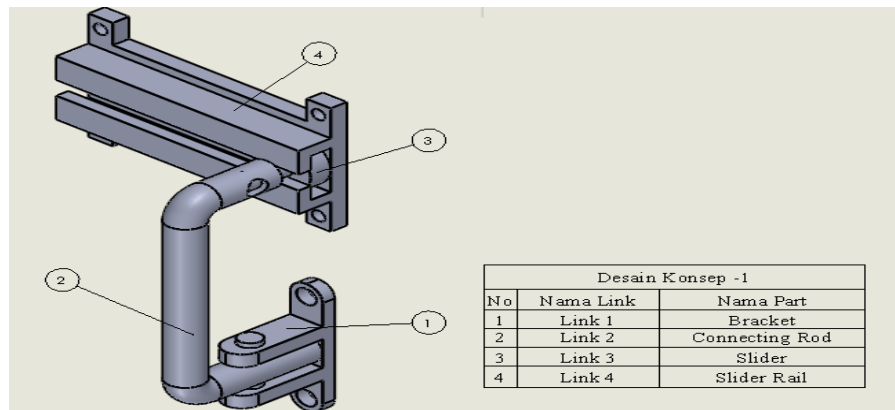


Gambar 3.1 Diagram alir dan pembuatan desain

3.2 Pemilihan 3 jenis Konsep Desain

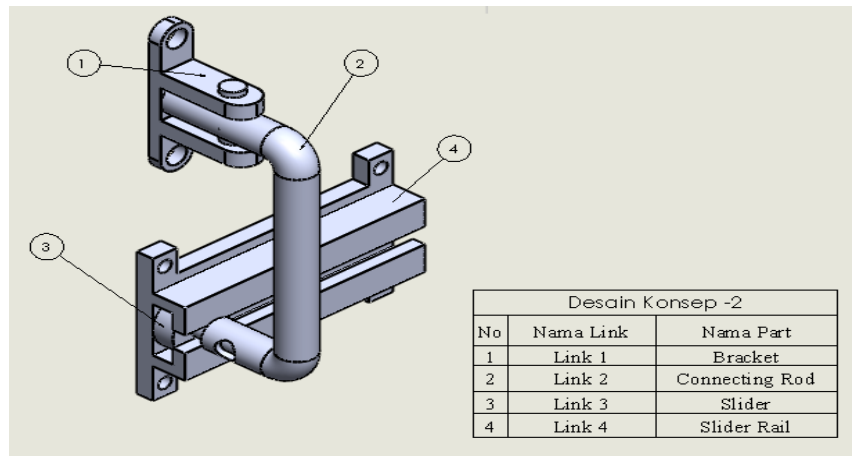
Dengan adanya desain konsep ini akan mempermudah pembuatan dan pemilihan material yang unggul. Ada beberapa desain yang akan dipilih, untuk mencari desain yang paling baik untuk digunakan. Dengan itu sudah ada 3 buah desain konsep yang sudah disiapkan dan dianalisis yang akan dipilih yaitu sebagai berikut:

1. Konsep Desain 1



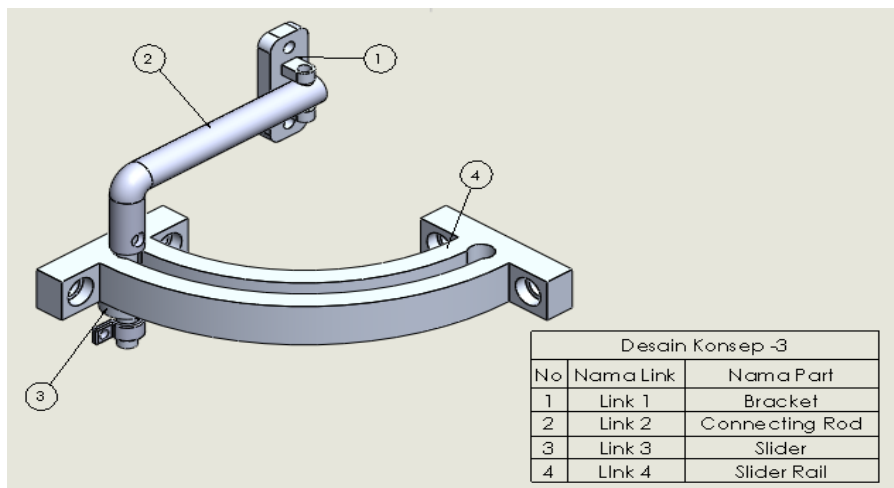
Gambar. 3.2 Konsep Desain 1

2. Konsep Desain 2



Gambar. 3.3 Konsep Desain 2

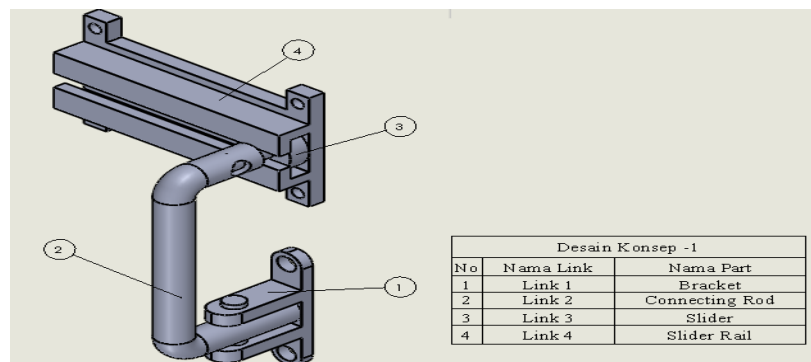
3. Konsep Desain 3



Gambar. 3.4 Konsep Desain 3

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Desain Konsep 1

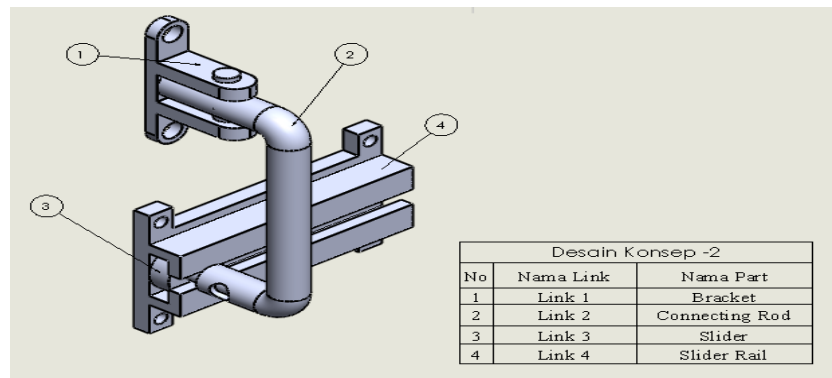


Gambar. 4.1 Desain Konsep 1

Keterangan gambar di atas yaitu:

| Nama link | Nama Part | Material | Jumlah | Yield strength material | Yield Strength Sistem | Massa |
|-----------|----------------|-----------------|--------|-------------------------|-----------------------|---------|
| Link 1 | Bracket | Alumunium kotak | 1 | 276 MPa | N/A | 44.06 g |
| Link 2 | Connecting Rod | Pipa galvanis | 1 | 300 MPa | 204 MPa | 71.02 g |
| Link 3 | Slider | Alumunium kotak | 1 | 276 MPa | N/A | 19.20 g |
| Link 4 | Slider rail | Alumunuim kotak | 1 | 276 MPa | 620.5MPa | 282.62g |

4.2 Desain Konsep 2

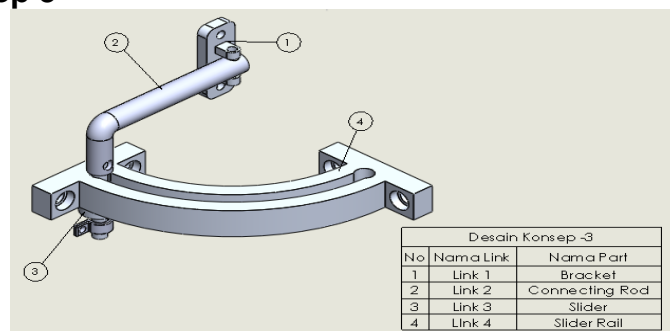


Gambar. 4.2 Desain Konsep 2

Keterangan gambar di atas yaitu:

| Nama link | Nama Part | Material | Jumlah | Yield strength material | Yield Strength Sistem | Massa |
|-----------|----------------|-----------------|--------|-------------------------|-----------------------|---------|
| Link 1 | Bracket | Alumunium kotak | 1 | 276 MPa | N/A | 44.06 g |
| Link 2 | Connecting Rod | Pipa galvanis | 1 | 300 MPa | 204 MPa | 71.02 g |
| Link 3 | Slider | Alumunium rol | 1 | 276 MPa | N/A | 19.20 g |
| Link 4 | Slider rail | Alumunuim kotak | 1 | 276 MPa | 620.5 MPa | 282.62 |

4.3 Desain Konsep 3



Gambar. 4.3 Desain Konsep 3

Keterangan gambar di atas yaitu:

| Nama link | Nama Part | Material | Jumlah | Yield strength material | Yield Strength Sistem | Massa |
|-----------|-----------|-----------------|--------|-------------------------|-----------------------|---------|
| Link 1 | Bracket | Alumunium kotak | 1 | 276 MPa | N/A | 39.22 g |

| | | | | | | |
|--------|----------------|-----------------|---|---------|----------|----------|
| Link 2 | Connecting Rod | Pipa galvanis | 1 | 300 MPa | 204 MPa | 60.89 g |
| Link 3 | Slider | Alumunium rol | 1 | 276 MPa | N/A | 16.88 g |
| Link 4 | Slider rail | Alumunuim kotak | 1 | 276 MPa | 27,6 MPa | 274,49 g |

4.4 Pemilihan Desain Konsep

Tabel pemilihan konsep ini berfungsi untuk memudahkan dalam menyeleksi konsep desain sesuai kebutuhan ditinjau dari 4 kriteria, seperti terlihat dalam tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Pemilihan Konsep Metode Pugh

| Kriteria | Objek Analisis | Bobot | Konsep-1 | Konsep-2 | Konsep-3 |
|---------------------|----------------|-------|----------|----------|----------|
| Massa | Bracket | 10% | 0 | 0 | 1 |
| | Connecting Rod | 10% | 0 | 0 | 1 |
| | Slider | 10% | 0 | 0 | 1 |
| | Slider Rail | 10% | 0 | 0 | 1 |
| Kemudahan Proses | Semua Link | 10% | 0 | 0 | 0 |
| Mobilitas Kinematik | Semua Link | 10% | 0 | 0 | 0 |
| Yield Streng Sistem | Connecting Rod | 20% | 0 | 0 | 0 |
| | Slider Rail | 20% | 0 | 0 | 1 |
| Total | | 100% | 0 | 0 | 5 |
| Total Skor | | | 0 | 0 | 5 |

Keterangan Skor:

| | | |
|---|------|----------------------|
| Jika perbandingan pada tiap model / konsep lebih baik | = 1 | Pengambilan |
| Jika perbandingan tiap model / konsep lebih buruk | = -1 | keputusan |
| Jika perbandingan tiap model / konsep memiliki kesamaan | = 0 | dalam memilih konsep |

didasarkan pada score terbesar. Dari total Skor sangatlah jelas desain mana yang terbaik. Sehingga dari tabel dapat disimpulkan bahwa konsep desain -3 dipilih sebagai konsep yang akan dianalisis tegangannya.

4.5 Analisis Perhitungan

1. Analisis Gaya Dorong pada Pintu

Asumsi:

- Lebar Pintu = 90 cm = 0,9 m
- Gaya gesek antara *slider* dan *slider rail* diabaikan.
- Jarak lingkaran pintu menggunakan rumus:

$$S = \frac{2\pi R}{4} = \frac{\pi R}{2}$$
- Berat pintu = 20 kg
- Waktu yang dibutuhkan untuk membuka dan menutup pintu adalah 3 detik.

Perhitungan:

$$S = \frac{\pi (0,9)}{2} = 1.413 \text{ m}$$

Kecepatan buka / tutup pintu:

$$S = V.t$$

$$V = s/t = \frac{1,413}{3} = 0,471 \text{ m/s}$$

Gaya dorong pada *handle*:

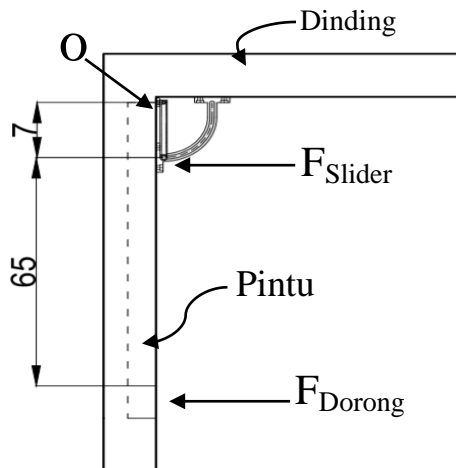
$$F_{\text{dorong}} = m.a$$

$$= m. \left(\frac{V}{t} \right)$$

$$= 20. \left(\frac{1,471}{3} \right)$$

$$= 3.14 \text{ N}$$

DBB Sistem ditunjukan pada gambar di bawah:



Gambar. 4.4 Dbb Sistem

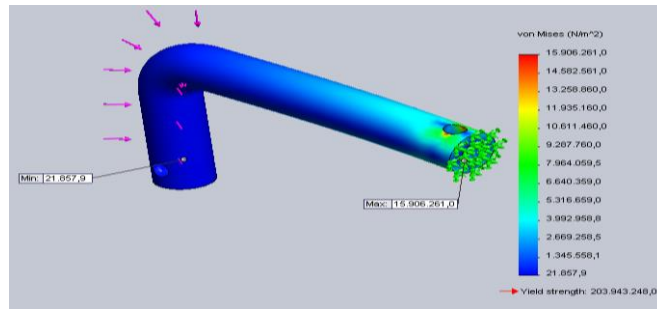
$$\begin{aligned} \sum M O &= 0 + \\ F_{\text{dorong}} (a + b) + F_s (a) &= 0 \\ F_s (7) &= - 3,14 (7 + 65) \\ F_s &= - (3,14 (7+65))/7 \\ F_s &= - \frac{226,08}{7} \\ F_s &= - 32.3 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi besarnya F_{slider} di slider adalah 32.3 Newton. Dengan arah berlawanan terhadap gaya dorong.

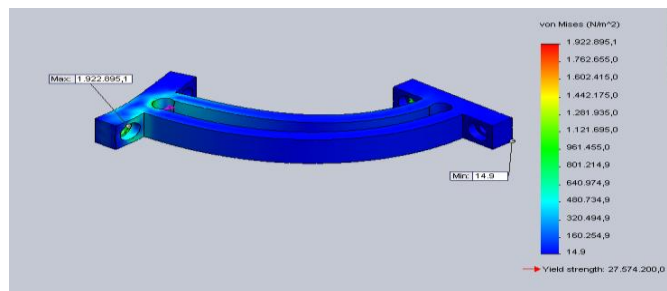
4.6 Analisis Tegangan dan Faktor Keamanan Menggunakan Software Engineering.

1. Analisis Tegangan

Analisis tegangan pada *connecting rod* dan *slider rail* ini bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat desain saat diberi gaya dorong sebesar 1.5x gaya slider yaitu 48.45 Newton. Dan dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6 bahwa desain dapat menahan beban dengan baik, pada *connecting rod* menunjukkan kekuatan luluh (*yield strength*) yaitu 204 MPa, dan kekuatan luluh (*yield strength*) pada *slider rail* yaitu 27,6 MPa. *Yield strength* galvanis sebesar 300 MPa dan *Yield strength* aluminium yaitu 276 MPa.



Gambar. 4.5 Analisis Tegangan pada Connecting Rod



Gambar. 4.6 Analisis Tegangan pada Slider Rail

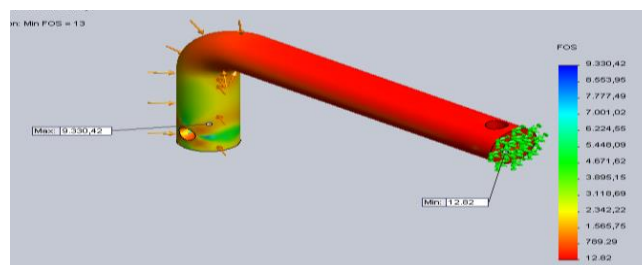
2. Faktor keamanan

Faktor keamanan material sangatlah penting karena berhubungan langsung dengan keselamatan pengguna.

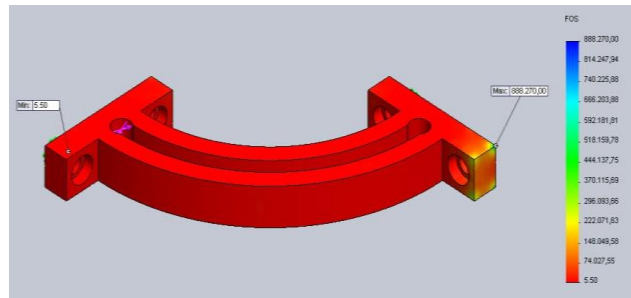
Berikut tetapan untuk faktor keamanan:

- Jika faktor keamanan < 1 maka gagal
- Jika faktor keamanan $= 1$ maka tidak kuat
- Jika faktor keamanan > 1 maka sangat kuat

Maka seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7 dan 4.8. Dimana kedua material ini aman digunakan saat diberi beban F_{slider} sebesar 48.45 N. Faktor keamanan pada *connecting rod* lebih besar dari 1,0 yaitu $SF = 1.4$, dengan daerah kritis pada posisi bawah yang terkoneksi dengan slider, ditunjukkan dengan warna kehijauan. Begitupun pada *slider rail* yaitu $SF = 10$ dengan daerah kritis pada area baut bagian kanan terlihat menunjukan warna kuning kehijauan.



Gambar. 4.7 pengujian faktor keamanan pada Connecting Rod



Gambar. 4.8 pengujian faktor keamanan pada Sider Rail

5. Kesimpulan

Hasil desain mekanisme 4 batang ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode pugh, desain konsep-3 terpilih sebagai konsep yang unggul dari segi massa, Kemudahan proses, mobilitas kinematika, dan *yield strength*.
2. *Yield strength* sistem *connecting rod* 204 MPa dan *yield strength* sistem *slider rail* 27.6 MPa. *Yield streng* alumunium sebesar 276 MPa dan *yield strength* galvanis sebesar 300 MPa.
3. - *Safety faktor connecting rod* = $300 / 204 = 1.4$.
- *Safety faktor slider rail* = $276 / 27.6 = 10$.

6. Daftar pustaka

Heinemann, H., Krämer, H., Zimmer, H., & Martin, R. (2021): Kinematik. *Kleine Formelsammlung PHYSIK*, 17–24. <https://doi.org/10.3139/9783446469617.005>

Joni Dewanto, & Ninuk Jonoaji. (1999): Mekanisme Gerak Translasi Bolak-Balik dengan Ulir Silang. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(1), 14–18. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/15890>.

Krisnu, S., Ing, P., Londen, I. M., & Eng, M. (2010). *Perancangan Rangka dan Engsel Pintu Mobil Pick Up Pedesaan Multiguna*. 1–4.

Naharuddin. (2012): Penentuan Kecepatan Dan Percepatan Mekanisme Engkol Peluncur Pada Komponen Mesin. *Jurnal Mekanikal*, 3(2), 268–278.

Dieter, George Ellwood. (2009): Engineering design— 4th ed. p. cm. Includes bibliographical references and indexes. ISBN 978-0-07-283703-2 — ISBN 0-07-283703-9 (hard copy: alk. paper) 1. Engineering design. I. Schmidt, Linda C. II. Title. TA174.D495.

David G. Ullman. (2010): The mechanical Design Proses/ hal 182-188.

Destanul Aulia, Sri Fajar Ayu2, Nefonafatilova1. (2017): Analisis Perbandingan Biaya langsung (Direct Cost) dan Biaya Tidak Langsung (Indirect Cost) pada Rumah Sakit./ Departemen Administrasi dan Kebijakan Kesehatan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara 2 Universitas Sumatera Utara.

Dewayana, T. S., & Azmi, N. (n.d.). (2008): *PERANCANGAN KURSI PADA STASIUN KERJA GERINDA DI PT ASABA INDUSTRY. III*(3).

Eva Hertnacahyani Herraprantantia, Suluh Jatmikob, Hendri Suryantoc. (2019): Studi Numerik Gerakan Mainan Mekanik Monobike.

Dedi, Irwan. (2021): Muchlisinalahuddin, APLIKASI KINEMATIKA PADA MEKANISME LENGAN PENANAM ALAT TANAM PADI SEMI MEKANIS.

Ristadi Amri. (2014): Bahan Ajar Kinematika dan Dinamika Mesin Besmart. UNY Yogyakarta.

http://help.solidworks.com/2020/English/Solidworks/cworks/c_factor_of_safety_Check.

