

## PERANCANGAN ELECTRIC HOSPITAL BED BERBASIS REVERSE ENGINEERING DAN KEBUTUHAN PENGGUNA

**Bima Aditya**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [bima.20043@mhs.unesa.ac.id](mailto:bima.20043@mhs.unesa.ac.id)

**Agung Prijo Budijono**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [agungbudijono@unesa.ac.id](mailto:agungbudijono@unesa.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang AP-BED, sebuah hospital bed elektrik, guna memenuhi kebutuhan ergonomis pasien dan tenaga medis. Permasalahan utama terletak pada tingginya posisi tempat tidur yang tetap (*fixed*) sebesar 65 cm, sehingga menyulitkan pasien dalam mobilisasi naik atau turun, serta membatasi efisiensi tenaga medis dalam memberikan perawatan. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini menambahkan fitur pengaturan ketinggian pada AP-BED. Metode yang digunakan adalah *reverse engineering*, yang terdiri dari tiga tahap: *scanning*, *point processing*, dan *application*. Metode ini diterapkan untuk menganalisis komponen yang ada, merancang mekanisme pengaturan ketinggian, dan memvalidasi desain yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem linkage yang digerakkan oleh motor linear digunakan untuk menggantikan desain awal. Mekanisme ini dirancang untuk memberikan rentang ketinggian 51–71 cm, meningkatkan ergonomi bagi pasien dan tenaga medis. Pemilihan komponen dilakukan berdasarkan kebutuhan fungsional, termasuk motor linear dengan kapasitas 6000 N, lengan pengungkit, poros *lifting link*, dan tumpuan *upper frame*. Validasi desain melalui simulasi *Interference Detection* dan *Motion Study* menunjukkan bahwa mekanisme pengaturan ketinggian dapat berfungsi dengan baik tanpa adanya benturan antar komponen. Dengan rentang ketinggian baru 51–71 cm, desain ini memberikan solusi ergonomis dan fungsional yang lebih baik.

**Kata Kunci:** Tempat tidur rumah sakit, *reverse engineering*

### Abstract

*This study aims to redesign the AP-BED, an electric hospital bed, to meet the ergonomic needs of patients and healthcare providers. The main issue lies in the fixed height of the bed at 65 cm, which complicates patient mobility when getting on or off the bed and limits the efficiency of healthcare providers during treatment. To address this issue, the study incorporates a height adjustment feature into the AP-BED. The method employed is reverse engineering, which consists of three phases: scanning, point processing, and application. This method is used to analyze existing components, design a height adjustment mechanism, and validate the resulting design. The findings reveal that a linkage system driven by a linear motor replaces the original design. This mechanism is designed to provide a height adjustment range of 51–71 cm, improving ergonomics for both patients and healthcare providers. Component selection was based on functional requirements, including a 6000 N capacity linear motor, lever arms, connecting rods, and upper frame supports. Validation through Interference Detection and Motion Study simulations demonstrated that the height adjustment mechanism functions well without component collisions. With a new height range of 51–71 cm, this design offers improved ergonomic and functional solutions.*

**Keywords:** electric hospital bed, *reverse engineering*

### PENDAHULUAN

Pada awalnya, tempat tidur rumah sakit (*hospital bed*) tidak jauh berbeda dengan tempat tidur biasa di rumah. Tempat tidur tersebut hanya berupa rangka dengan kasur sederhana yang berfungsi sebagai tempat untuk berbaring dan tidur. Namun, seiring berkembangnya ilmu kedokteran dan kebutuhan akan perawatan pasien yang lebih intensif, desain *hospital bed* mulai mengalami perubahan. Perkembangan teknologi membawa inovasi pada *hospital bed*. Tempat tidur elektrik mulai diperkenalkan untuk mengurangi beban kerja tenaga medis dan meningkatkan kenyamanan pasien. Dengan motor listrik yang terintegrasi dengan sistem kontrol, posisi tempat tidur dapat diatur secara otomatis hanya dengan menekan tombol. Tempat tidur elektrik ini memungkinkan pasien untuk mengganti posisi tubuh dengan mudah dan membantu mencegah gangguan kesehatan seperti luka tekan (*ulkus dekubitus*),

pembekuan darah, dan penurunan kekuatan tulang akibat posisi tubuh yang tidak berubah dalam waktu lama (Armi, 2019).



Gambar 1. Produk Awal AP - BED

Salah satu produk *hospital bed elektrik* adalah AP-BED, yang diproduksi oleh CV. Cahaya Berkah Gusti. AP-BED memiliki fitur untuk mengatur posisi seperti sandaran punggung (*back rest*), sandaran kaki (*foot rest*), dan

kemiringan tubuh ke kiri atau kanan hingga 45 derajat. Selain itu, AP-BED dilengkapi fitur *drop open poty* untuk memudahkan pasien buang air tanpa perlu meninggalkan tempat tidur. Semua pengaturan ini dapat dilakukan dengan remote control sehingga memudahkan pasien dan tenaga medis.

Pengguna AP-BED yakni pasien dan tenaga medis, memberikan masukan bahwa tinggi tempat tidur AP-BED yakni 65 cm dari lantai menyulitkan pasien untuk naik dan turun. Pasien sering memerlukan bantuan orang lain atau harus menggunakan tangga kecil untuk naik ke tempat tidur. Di sisi lain, tenaga medis juga memerlukan ketinggian tempat tidur yang dapat disesuaikan agar ergonomis saat memberikan perawatan. Berdasarkan permasalahan yang pengguna jabarkan, peneliti bermaksud untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menambahkan fitur pengaturan ketinggian pada AP-BED dengan ketinggian yang ergonomis dengan range antara 51 – 71 cm, hal ini berdasarkan jurnal *Human Factors in Healthcare* (Usmani, 2023), ketinggian tempat tidur rumah sakit yang ideal untuk pasien berkisar antara 51–66 cm, sedangkan menurut artikel Anam (2017), tinggi yang ergonomis untuk tenaga medis adalah 50,8–72,4 cm. Namun merancang produk dari awal memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Berbagai analisa dan pertimbangan perancangan produk diperlukan untuk menghadirkan pengaturan ketinggian pada AP-BED diantaranya pertimbangan untuk tetap mempertahankan, memodifikasi, ataupun menghilangkan suatu komponen dari produk tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pengguna AP-BED. Fitur pengaturan ketinggian diharapkan mempermudah pasien saat naik dan turun tempat tidur serta membantu tenaga medis menyesuaikan ketinggian untuk memberikan perawatan dengan lebih nyaman dan efisien.

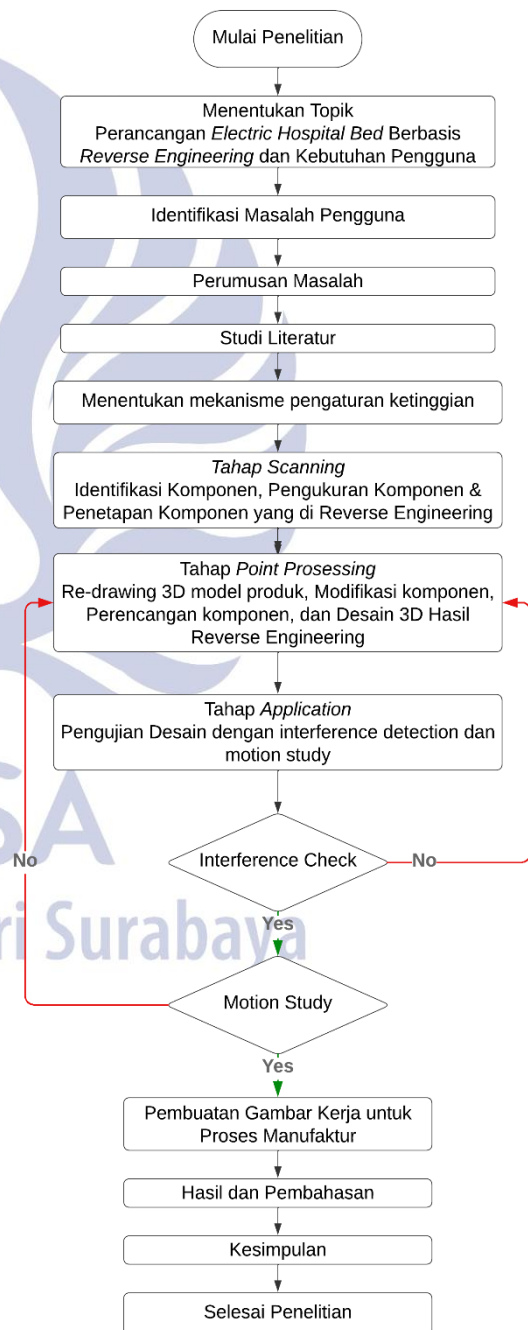
## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *reverse engineering*. *Reverse engineering* merupakan proses menduplikasi suatu produk, dari pengukuran yang diperoleh melalui teknik pemindaian dari model fisik yang ada (Raja & Fernandes, 2008). Metode ini melibatkan tiga tahap.

- Tahap pertama adalah *scanning*, bertujuan untuk memperoleh data lengkap tentang produk yang *reverse engineering*. Pada tahap ini, setiap komponen AP-BED diidentifikasi dan dilakukan pengukuran dimensi untuk mendapatkan data bentuk dan ukurannya. Hasil dari tahap ini berupa analisa & identifikasi komponen mana saja yang akan dipertahankan, dimodifikasi dan diganti. Selain itu juga didapatkan detail dimensi AP-BED.
- Tahap kedua adalah *point processing* yakni perancangan model AP-BED yang baru yang meliputi memodelkan ulang AP-BED tanpa mengubah dimensi geometri dan mengembangkan AP-BED berdasarkan hasil dari analisa identifikasi komponen dan kebutuhan pengguna untuk menambahkan mekanisme pengaturan ketinggian pada AP-BED. Pembuatan model baru, dilanjutkan perhitungan kemudian membuat gambar detail 3 dimensi menggunakan software *solidworks*.

Pembuatan desain 3D ini dilakukan pada semua komponen yang di *reverse engineering* maupun yang tidak di modifikasi sehingga membentuk komponen mesin yang utuh dan saling berkaitan satu sama lain

- Tahap terakhir adalah *application* yakni, menganalisis desain hasil *reverse engineering*, apakah sudah *run-well* dan bisa ditindak lanjuti untuk di manufaktur. Analisis ini menggunakan fitur *Interference Detection* pada software *SolidWorks* untuk mendeteksi kemungkinan benturan antar komponen. Selain itu, dilakukan juga *Motion Study* untuk memverifikasi bahwa semua komponen mekanisme pengaturan ketinggian, seperti *linkages* dan motor linear, bergerak sesuai dengan rencana desain.











Gambar 2. Rancangan Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN****Tahapan *Reverse Engineering*****1. Tahap *Scanning***

Tahap *scanning* bertujuan untuk memperoleh data lengkap tentang produk yang *reverse engineering*. Pada tahap ini, setiap komponen AP-BED diidentifikasi dan dilakukan pengukuran dimensi untuk mendapatkan data bentuk dan ukurannya.

Tabel 1. Hasil Identifikasi Komponen

Nama Komponen	Keterangan Gambar
Motor linear	
<i>Chasis</i>	
<i>Frame</i>	
<i>Unit Drop Open Poty</i>	
<i>Side rails</i>	
Roda castor	
<i>Headboard &amp; Footboard</i>	
Matras tempat tidur	

Tabel 2. Hasil Proses Identifikasi

Nama Komponen	Kelebihan	Kekurangan	Status
Motor linear	Menggerakkan mekanisme <i>linkages</i> dengan presisi.	Memiliki kecepatan yang lambat pada beban berat.	Dipertahankan.
<i>Chasis</i>	Kokoh, mampu menahan beban pasien sampai 150 kg.	Beban berat	Dipertahankan
<i>Frame</i>	Kokoh dan mampu menopang pasien beserta komponen lainnya dengan aman.	Ketinggian <i>frame</i> tidak bisa di- <i>adjust</i> .	Dipertahankan dan dimodifikasi.
<i>Unit Drop Open Poty</i>	Pasien dapat buang air di atas ranjang tanpa perlu ke toilet.	Memakan banyak ruang dibawah matras.	Diganti
<i>Side rails</i>	Melindungi pasien dari risiko jatuh dari tempat tidur.	Bahan kurang kokoh.	Dipertahankan
Roda castor	Memberikan mobilitas pada AP-BED.	Sulit dioperasikan pada permukaan yang tidak rata	Dipertahankan
<i>Headboard &amp; Footboard</i>	Mencegah pasien tergelincir ke atas / bawah saat pasien bergerak.	Dapat menghalangi ruang gerak	Dipertahankan
Matras tempat tidur	Dirancang untuk mengikuti kontur tubuh pasien.	Bahan busa biasa cenderung aus lebih cepat dibandingkan bahan <i>lateks</i> .	Dipertahankan.

Berdasarkan hasil analisis, diputuskan bahwa *frame* kaki AP-BED akan dimodifikasi menjadi mekanisme pengaturan ketinggian, sementara komponen lainnya tetap dipertahankan. Namun, *unit Drop Open Poty* tidak dapat dipertahankan karena ukurannya yang besar, berisiko bertabrakan dengan lantai ketika AP-BED berada pada posisi terendah.

Berdasarkan hasil diskusi pasien dan tenaga medis, menunjukkan bahwa mereka lebih memprioritaskan keberadaan fitur pengaturan ketinggian dibandingkan fitur *drop open poty*, disisi lain karena masih ada perlengkapan untuk mengakomodasi buang air di atas tempat tidur yang biasanya digunakan di rumah sakit yakni pispot. Pengguna dalam hal ini yakni tenaga medis menyarankan penggunaan pispot sebagai solusi yang lebih praktis untuk pasien.





Gambar 2. Pispot

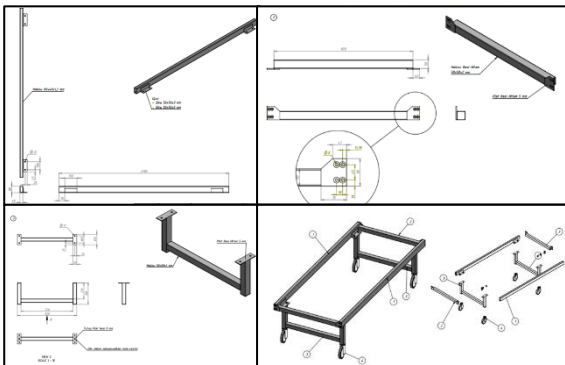
Setelah selesai dilakukan identifikasi kemudian lanjut ke proses pengukuran komponen. Berikut hasil pengukuran komponennya.

Tabel 3 Dimensi Komponen AP-BED

Nama Bagian	Dimensi (mm)
Panjang total	2210
Lebar total	952
Tinggi total	1050
Panjang <i>frame</i> bagian atas	2100
Lebar <i>frame</i> bagian atas	900
Tinggi kaki <i>frame</i>	400
<i>Chasis</i>	2050 x 800 x 30
<i>Side rails</i>	1470 x 355
Ketebalan Matras	100
Diameter Roda castor	127
<i>Headboard</i>	960 x 435 x 55
<i>Footboard</i>	960 x 435 x 55
Jenis material yang digunakan	Dimensi (mm)
Hollow ASTM A36	80 x 40 x 1,2
Hollow ASTM A36	50 x 50 x 2
Hollow ASTM A36	30 x 30 x 1
Tebal Plat ASTM A36	5
Tebal Plat ASTM A36	3
Diameter Pipa ASTM A36	20
Plastik ABS	960 x 435 x 55

## 2. Tahap Point Processing

Terdiri dari dua proses utama yakni memodelkan ulang AP-BED dan mengembangkan AP-BED berdasarkan hasil dari analisa identifikasi komponen & kebutuhan pengguna untuk menambahkan mekanisme pengaturan ketinggian pada AP-BED. Beberapa hasil dari desain komponen model produk ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Explode view frame AP-BED


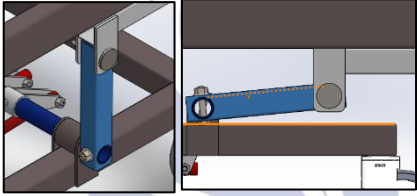
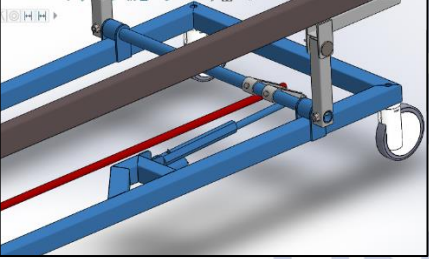



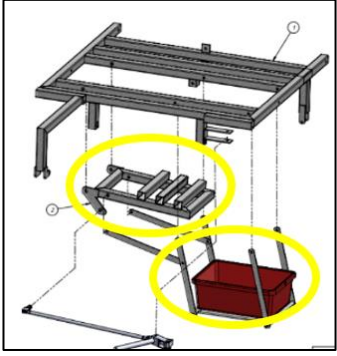

Gambar 4. AP-BED sebelum *reverse engineering*

Gambar 4 adalah model produk AP-BED hasil *scanning* tanpa mengubah geometri. Model ini akan menjadi acuan untuk memahami struktur asli produk sebelum dilakukan modifikasi melalui *reverse engineering*. Berikut rencana modifikasi AP-BED :

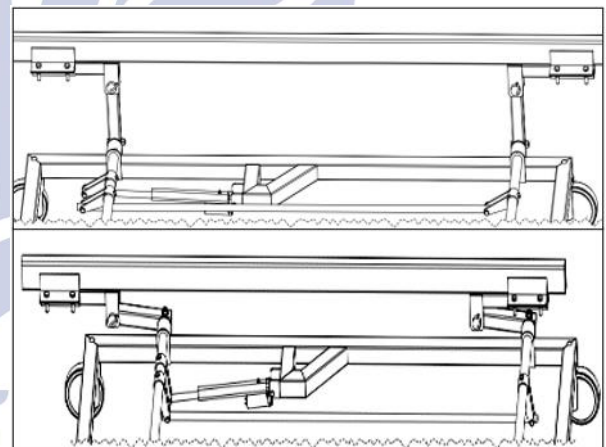
Tabel 4. Rencana Modifikasi

Nama Bagian	Keterangan Rencana Modifikasi
Tumpuan untuk <i>upper frame</i>	<p>Sebelumnya tumpuan <i>upper frame</i> berupa plat yang menyatu dengan kaki <i>frame</i> dengan teknik pengelasan.</p>  <p>Untuk modifikasinya, plat diganti dengan siku yang dilas dengan hollow kemudian disambung dengan plat di kedua sisinya kemudian diberi lubang untuk pin agar komponen <i>lifting link</i> bisa bergerak rotasi</p> 

Nama Bagian	Keterangan Rencana Modifikasi
<p>Kaki – kaki untuk <i>lifting link</i></p>	<p>Sebelumnya kaki-kaki berupa struktur yang tegar berdiri untuk menopang berat vertikal dari <i>upper frame</i> dan pasien.</p>  <p>Untuk modifikasinya, kaki diberi lubang pada bagian atas agar terhubung dengan tumpuan <i>upper frame</i> dan bawahnya juga diberi lubang agar terhubung dengan poros. Jadi nanti bagian ini akan bisa bergerak berotasi agar dapat mencapai ketinggian minimum dan maksimum yang direncanakan.</p> 
<p><i>Lower Frame</i> untuk dudukan motor dan <i>linkages</i></p>	<p>Sebelumnya bagian ini hanya struktur yang menghubungkan <i>coloum</i> pada bagian depan dan belakang yang dihubungkan dengan batang untuk menguatkan struktur.</p>  <p>Sebelumnya bagian ini tidak ada, untuk sekarang bagian ini didesain untuk tempat dudukan motor linear dan tempat dudukan poros.</p>
<p><i>Drop Open Poty</i> yang dihilangkan</p>	<p>Sebelumnya unit ini ada di bawah <i>Chasis AP-BED</i>, nantinya bentuk matras dan <i>Chasisnya</i> akan disesuaikan agar pasien merasa nyaman.</p> 

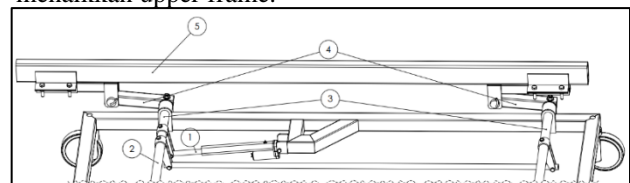
Nama Bagian	Keterangan Rencana Modifikasi
	  <p>Kondisi setelah unit <i>Drop Open Poty</i> dihilangkan, dibawah <i>Chasis</i> sudah tidak ada lagi unit <i>Drop Open Poty</i>.</p>

• Mekanisme Pengaturan Ketinggian



Gambar 5. Desain Mekanisme Pengaturan Ketinggian

Gambar 5 adalah posisi saat mekanisme saat berada pada ketinggian minimum dan maksimum. Mekanisme ini bekerja dengan menaikkan dan menurunkan *upper frame* dengan penggerak yakni motor linear. Dibawah ini adalah detail urutan cara kerja mekanisme *linkages* saat akan menaikkan *upper frame*.



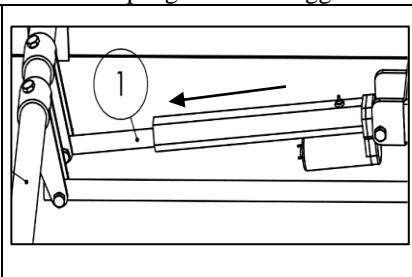
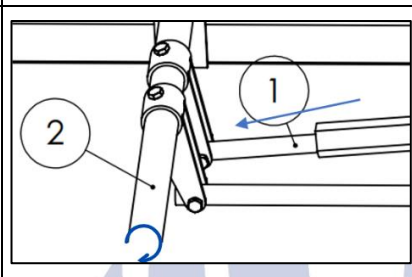
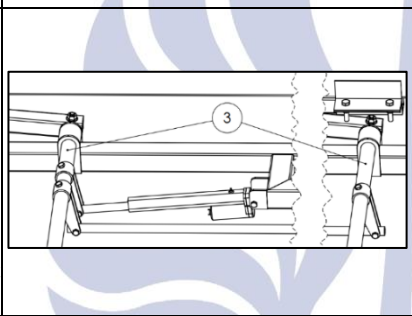
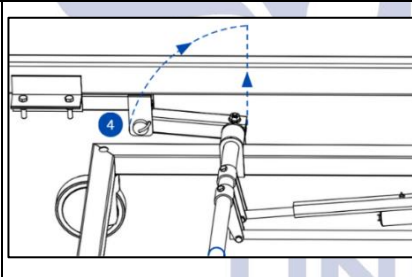
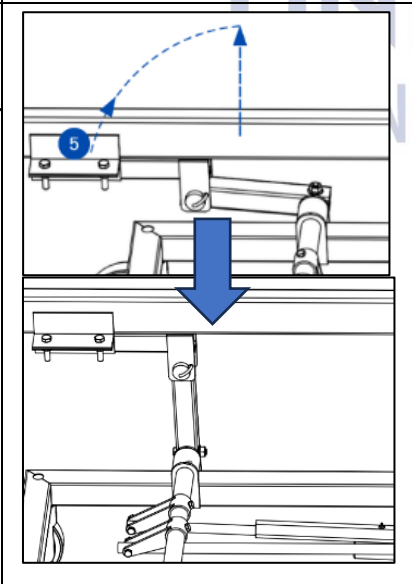
Gambar 6. Urutan gerak mekanisme *linkages*

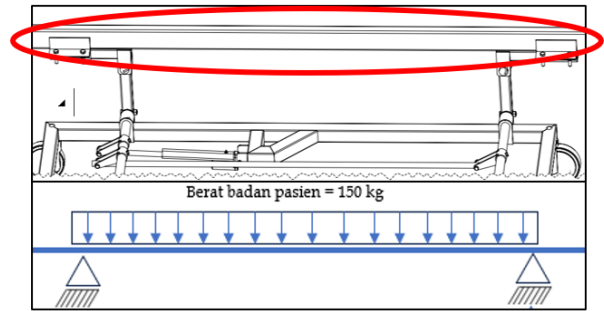
Gambar 6 adalah kondisi ketika mekanisme pengaturan ketinggian dalam posisi ketinggian

minimum. Untuk menaikkan *upper frame* dari ketinggian minimum berikut urutan penjelasannya :

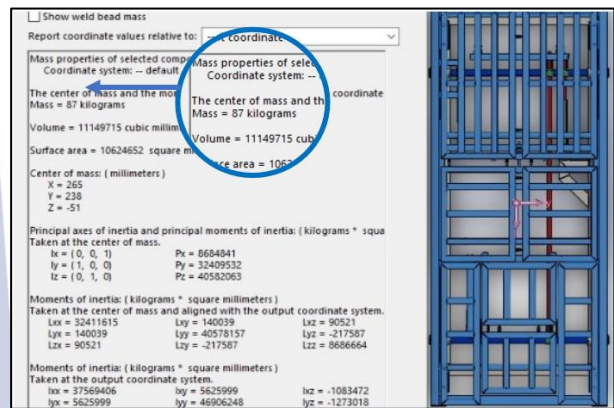
- Perencanaan komponen
- 1) Perhitungan beban maksimum

Tabel 5 Cara kerja mekanisme pengaturan ketinggian

<p>1. Motor Linear Mendorong <i>Actuator</i> Motor linear menghasilkan gaya yang mendorong <i>actuator</i> bergerak.</p>	
<p>2. <i>Actuator</i> Menggerakkan Poros Belakang. Gerakan <i>actuator</i> memutar lengan pengungkit yang terhubung dengan poros belakang.</p>	
<p>3. Poros Depan dan Belakang Berputar. Poros belakang memutar poros depan melalui batang penghubung dan lengan pengungkit pada kedua sisi.</p>	
<p>4. <i>Lifting link</i> Terangkat. Perputaran kedua poros menggerakkan <i>lifting link</i> untuk mengangkat tumpuan <i>upper frame</i>.</p>	
<p>5. <i>Upper Frame</i> Terangkat. Tumpuan mengangkat <i>upper frame</i> hingga mencapai ketinggian maksimum.</p>	



Gambar 7. Ilustrasi beban maksimum



Gambar 8. Kalkulasi berat *upper frame*

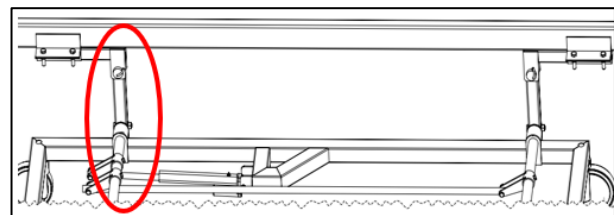
Gambar 7 Ilustrasi beban maksimum dan Gambar 8 Kalkulasi Berat komponen yang ditopang Upper Frame Pada mekanisme pengaturan ketinggian, beban maksimum dapat dihitung melalui perhitungan dari berat pasien ditambah berat upper frame AP-BED. Beban pasien diasumsikan 150 kg (maksimum) , berat *upper frame* dapat dicari dengan menggunakan menu *mass properties* pada *solidworks* dan didapatkan berat *upper frame* 87 kg seperti yang terlihat pada gambar 8, sehingga didapatkan perhitungan beban maksimum.

$$\text{Beban total} = m (\text{beban pasien} + \text{rangka}) \times g$$

$$\text{Beban total} = (150+87) \times 9,81 = 2324 \text{ N}$$

- 2) Perhitungan gaya motor linear

Untuk menghitung gaya motor linear harus menghitung total beban dari mekanisme pengaturan ketinggian, serta dihitung gaya geseknya.



Gambar 9. Ilustrasi gambar potongan mekanisme pengaturan ketinggian



Beban diteruskan melalui 2 poros (depan dan belakang) yang saling terhubung. Mekanisme memiliki 4 *lifting link*, dan total beban  $F$  sebesar 2354 N yang didistribusikan merata pada dua sisi poros belakang. Selain gaya motor linear juga perlu menghitung jarak stroke minimal yang dibutuhkan, serta kecepatan motor linear dalam mendorong aktuator.

Distribusi beban :

$$\text{Beban total} = (150+87) \times 9,81 = 2324 \text{ N}$$

Beban diteruskan melalui 2 poros (depan dan belakang) yang saling terhubung.

Total ada 4 *lifting link*, dengan gaya bekerja pada sambungan di tiap lengan.

Koefisien gesek baja ASTM A36=  $\mu=0.2$ .

Distribusi Beban pada *lifting link* :

Mekanisme memiliki 4 *lifting link*, ada 2 pada di setiap poros, dan total beban  $F$  sebesar 2354 N didistribusikan merata pada dua sisi poros depan dan belakang, sehingga  $F$  per sisi =  $2324 / 2 = 1177 \text{ N}$

Setiap *lifting link* menerima gaya :  $1177/2 = 588,5 \text{ N}$

Gaya Akibat Gesekan :

Gaya gesekan bekerja pada setiap sambungan. Dengan  $\mu = 0.2$ , gaya gesekan pada tiap lengan pengungkit adalah

$$F_{\text{gesek}} = \mu \cdot F_{\text{lifting link}} = 0.2 \cdot 588.5 = 117.7 \text{ N.}$$

Total gaya gesekan untuk 4 *lifting link*

$$F_{\text{total gesek}} = 4 \cdot 117.7 = 470.8 \text{ N}$$

Gaya total yang harus diangkat :

$$F_{\text{total}} = F + F_{\text{gesek total}} = 2354 + 470.8 = 2824.8 \text{ N.}$$

Gaya motor linear dengan faktor keamanan :

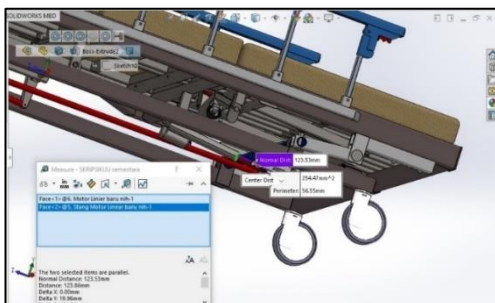
Motor linear harus dirancang untuk memiliki kapasitas lebih besar dengan faktor keamanan  $SF=2$

$$F_{\text{motor}} = F_{\text{total}} \times SF = 2824.8 \times 2.0 = 5649.6 \text{ N.}$$

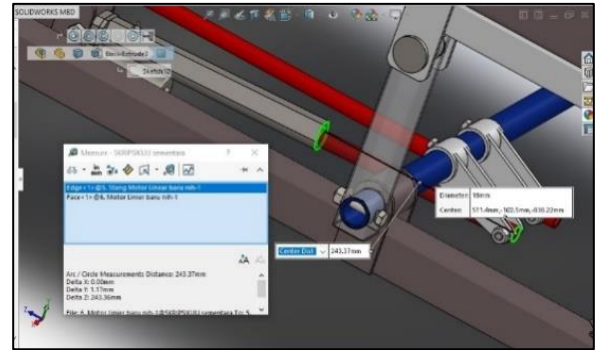
Berdasarkan perhitungan didapatkan gaya motor linear yang aman minimal 5649 N, jadi untuk memilih motor linear harus lebih atau sama dengan dari 5649 N.

### 3) Menghitung panjang stroke ( $\Delta s$ )

Untuk mengkalkulasi panjang stroke dapat menggunakan fitur *measure* di *solidworks*, berikut gambar kalkulasinya di *solidworks*.



Gambar 10. Jarak stroke motor linear pada ketinggian minimum



Gambar 11. Jarak stroke motor linear pada ketinggian minimum

Pada gambar 11 yang menunjukkan jarak stroke pada posisi ketinggian minimum adalah 123,53 mm dan jarak stroke pada posisi ketinggian maksimum yakni, 243,37 mm. Sehingga untuk menaikkan ketinggian *upper frame* dari ketinggian minimum ke maksimum, *actuator* motor perlu bergerak linear sepanjang 243,37 mm. Untuk itu untuk pemilihan motor linear dipilih panjang stroke minimal 250 mm, agar dapat berfungsi dengan baik.

### 4) Waktu Pengoperasian (t)

Berdasarkan hasil diskusi dengan pengguna waktu yang mereka tolelir untuk mencapai AP-BED dari ketinggian terendah – tertinggi yakni kurang lebih 25 detik.

### 5) Kecepatan Linear (v)

Kecepatan pergerakan minimal motor linear yang dibutuhkan :

$$\Delta s = 243,37 - 123,53 = 119,84 \text{ mm}$$

$$v = \frac{\Delta s}{t}$$

$$v = \frac{119.84 \text{ mm}}{25 \text{ s}}$$

$$v = 4,79 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Dari perhitungan ini maka didapatkan beberapa spesifikasi motor linear yang dibutuhkan untuk menggerakkan mekanisme pengaturan ketinggian AP-BED yaitu :

Tabel 6. Spesifikasi motor linear hasil perencanaan

No.	Parameter	Minimum Nominal
1	Kapasitas gaya motor	5649.6 N
2	Panjang stroke	243,37 mm
3	Kecepatan	4,79 mm/s

### 6) Pemilihan motor linear

Setelah didapatkan parameter terpasang maka selanjutnya adalah dilakukan pemilihan motor linear penggerak mekanisme dipasaran. Berikut spesifikasi motor linear yang dipilih :

Tabel 7. Spesifikasi motor linear JS-TGZ-U3

Parameter	JS-TGZ-U3
Kapasitas motor (N)	6000 N
Maks Panjang Stroke (mm)	300 mm
Tegangan (V)	DC 12V
Daya motor (W)	60 W
Kecepatan (mm/s)	5 mm/s
Fitur safety	IP54
Harga	895.000

Berdasarkan hasil pencarian motor linear dipasaran, didapatkan motor linear JS-TGZ-U3 yang mendekati spesifikasi hasil perhitungan, dengan fitur tambahan IP54 yang menambah proteksi pada motor linear yang tahan akan debu dan percikan air sehingga menambah umur pakai. Maka ditetapkan JS-TGZ-U3 sebagai penggerak mekanisme pengaturan ketinggian AP-BED hasil *reverse engineering*.



Gambar 12. Motor linear JS-TGZ-U3

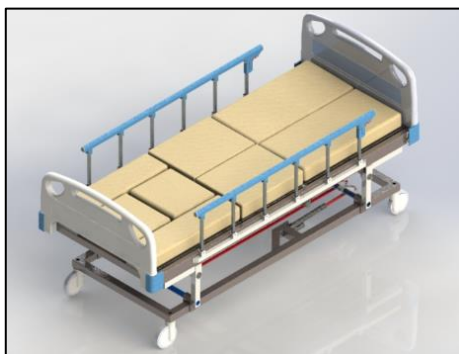
### 3. Tahap Application

Tahap ini bertujuan untuk menganalisis desain hasil *reverse engineering*, apakah sudah *run-well* dan bisa ditindak lanjuti untuk di manufaktur. Analisis ini menggunakan fitur *Interference Detection* pada software *SolidWorks* untuk mendeteksi kemungkinan benturan antar komponen. Selain itu, dilakukan juga *Motion Study* untuk memverifikasi bahwa semua komponen mekanisme pengaturan ketinggian, seperti *linkages* dan motor linear, bergerak sesuai dengan rencana desain.

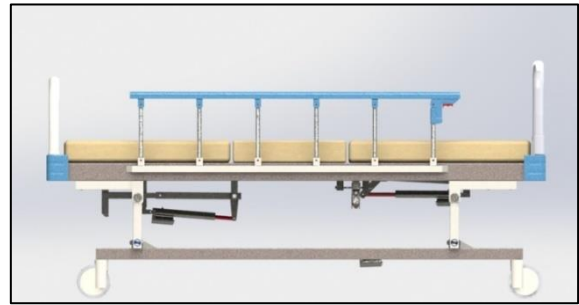
### Hasil Penelitian

#### 1) AP-BED hasil *reverse engineering*

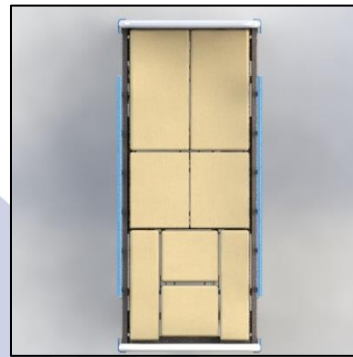
Pada proses ini mekanisme pengaturan ketinggian ditambahkan dengan mengintegrasikan komponen seperti motor linear dan sistem linkage, sambil tetap mempertahankan sebagian besar desain asli. Berikut gambar hasil *reverse engineering* AP-BED.



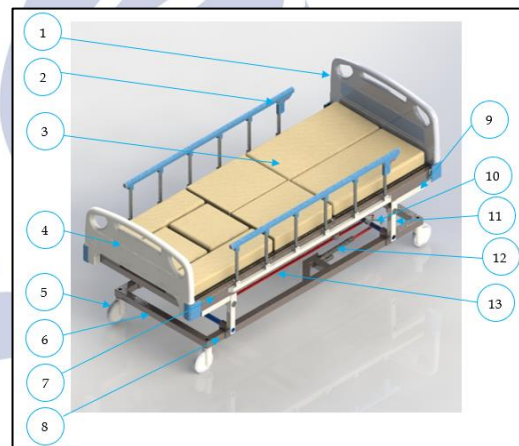
Gambar 13. Pandangan Isometri AP-BED



Gambar 14. Pandangan Samping AP-BED



Gambar 15. Pandangan Atas AP-BED



Gambar 16. AP-BED hasil *reverse engineering* dan komponennya



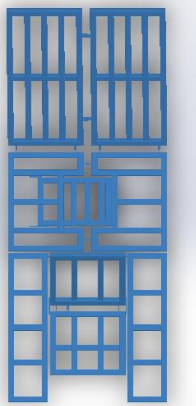




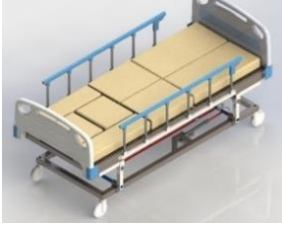
Tabel 8. Keterangan komponen



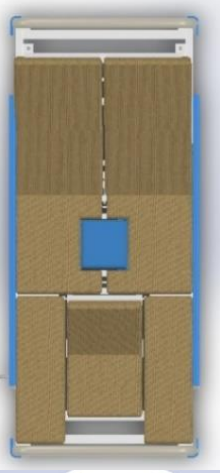
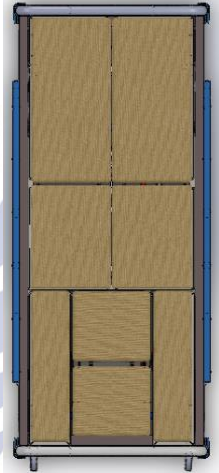
No	Nama Komponen	No	Nama Komponen
1	Headboard	8	Poros
2	Siderail	9	Tumpuan Upper Frame
3	Matras	10	Lengan Pengungkit
4	Footboard	11	Lifting link
5	Roda castor	12	Motor linear
6	Lower Frame	13	Batang penghubung
7	Upper Frame		



Hasil dari proses *reverse engineering* yang telah dilakukan memberikan gambaran tentang perubahan signifikan pada desain AP-BED dari segi fungsionalitas. Berikut ini adalah pembahasan mengenai perubahan AP-BED sebelum dan sesudah *reverse engineering*.

Tabel 9. Perubahan AP BED hasil *reverse engineering*

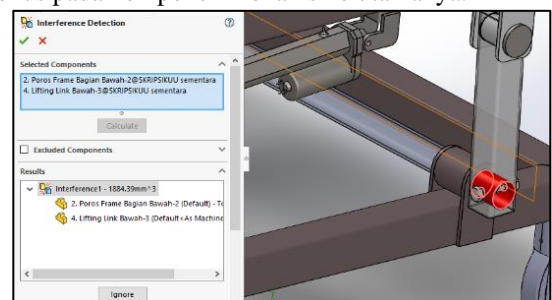
Sebelum <i>Reverse Engineering</i>	Sesudah <i>Reverse Engineering</i>
<p>Fitur <i>Drop Open Poty</i> terdapat dibawah matras AP-BED.</p> 	<p><i>Drop Open Poty</i> Dihilangkan, karena pengguna lebih memprioritaskan mekanisme pengaturan ketinggian.</p> 
<p>Terdapat bentuk <i>Chasis</i> khusus untuk fitur <i>Drop Open Poty</i>.</p> 	<p>Bentuk <i>Chasis</i> dimodifikasi dan disesuaikan.</p> 
<p>Ketinggian <i>frame</i> tidak dapat diatur levelnya (<i>fixed</i>) yakni 65 cm. Berbentuk struktur.</p>  	<p><i>Frame</i> dimodifikasi menjadi mekanisme pengatur ketinggian dengan range 51 – 71 cm.</p>  

Sebelum <i>Reverse Engineering</i>	Sesudah <i>Reverse Engineering</i>
<p><i>Lower frame</i> tidak ada dudukan untuk motor linear dan poros</p> 	<p><i>Lower frame</i> terdapat dudukan untuk motor linear dan poros untuk mekanisme pengaturan ketinggian.</p> 
<p>Terdapat bentuk matras khusus untuk fitur <i>Drop Open Poty</i>.</p> 	<p>Dimodifikasi dan disesuaikan dengan bentuk <i>Chasis</i>.</p> 
<p>Ada 3 motor linear, untuk fitur <i>back rest</i>, <i>side tilting</i>, <i>foot rest</i></p>	<p>Ada 4 Motor Linear untuk fitur <i>back rest</i>, <i>side tilting</i>, <i>foot rest</i> dan 1 unit untuk mekanisme pengaturan ketinggian.</p>

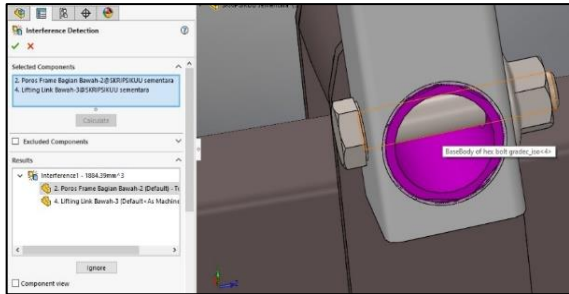
2)Analisa Desain

• *Interference Detection*

Proses ini dilakukan untuk memastikan tidak terjadi benturan atau tabrakan antar komponen selama proses perakitan. Proses ini tidak dilakukan pada aksesoris, fokus pada komponen mekanisme utamanya.

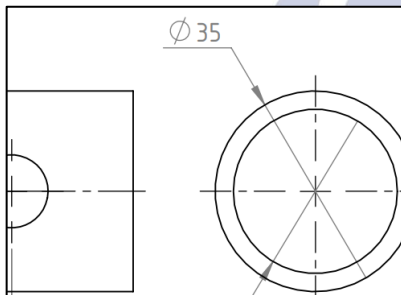


Gambar 17. Hasil *Interference Detection*

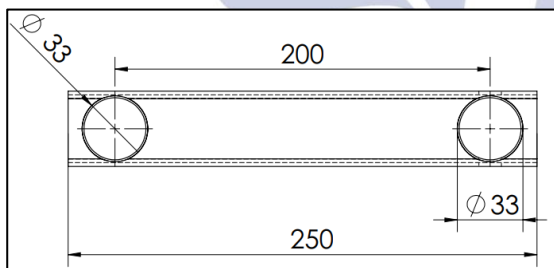


Gambar 18 Hasil *Interference Detection*

Gambar 17 dan 18 adalah hasil *Interference Detection* pada desain poros dan *lifting link* yang menunjukkan masih terdapat kesalahan perancangan yang ditandai dengan warna merah. Kesalahan terdapat pada komponen poros yang diameternya tidak sesuai/tabrakan dengan *lifting link*, maka dari itu diperlukan analisis penyebab kesalahan untuk kemudian dilakukan perbaikan desain pada komponen tersebut



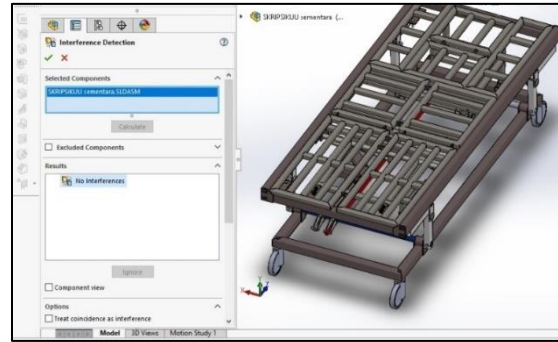
Gambar 19. Detail diameter luar poros



Gambar 20. Detail diameter *lifting link*

Gambar 19 dan 20 merupakan diameter luar poros yakni sebesar 35 mm, disisi lain diameter lubang pada *lifting link* sebesar 33 mm. Dari hasil pengukuran ini dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya kesalahan pada analisa *Interference Detection* adalah ukuran diameter poros yang tidak sesuai dengan ukuran diameter *lifting link* yaitu ukuran poros lebih besar 2 mm daripada diameter lubang, seharusnya ukuran lubang lebih besar daripada poros sehingga poros dapat masuk kedalam lubang dan tidak terjadi tabrakan.

Perbaikan yang dilakukan adalah memperkecil diameter poros menjadi diameter 33 mm, sehingga poros dapat masuk dengan mudah dan tidak terjadi tabrakan antar penggerak dengan poros dongkrak



Gambar 21. Hasil *interference detection* ulang

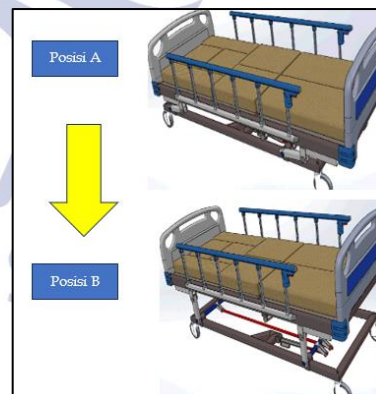
Gambar 18 adalah hasil *interference detection* ulang pada AP-BED. Hasil analisis menunjukkan bahwa “no interference” yang berarti desain bebas dari tabrakan, sehingga layak untuk ditindak lanjuti lebih jauh seperti diuji simulasi gerakan.

• *Motion Study*

Simulasi gerakan menggunakan fitur *motion study* pada *SolidWorks* untuk memeriksa kinerja mekanisme pengaturan ketinggian, termasuk pergerakan *linkages* dan motor linear.

Peneliti sebelumnya memiliki hipotesa bahwa AP-BED dapat diangkat dari ketinggian minimum ke ketinggian maksimum dengan waktu ideal yakni:  $s/v$ , yaitu jarak 119,84 mm, dapat ditempuh dengan waktu 23 detik dengan kecepatan motor linear yakni 5 mm/s, hal ini terjadi karena tidak sepenuhnya simulasi mencerminkan kondisi fisik dan performa sebenarnya suatu produk. Alasan lainnya karena *solidworks* tidak tersedia menu yang tersedia untuk menginput gaya gesek ataupun kondisi pelumasan antara *linkages*.

Hasil dari proses *motion study* berupa video animasi gerakan dari mekanisme AP-BED. Berikut adalah gambaran animasi AP-BED.



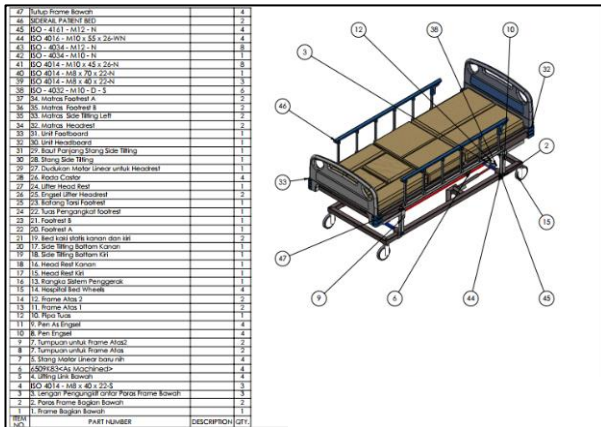
Gambar 22. Simulasi gerakan mekanisme pengaturan ketinggian

Dari hasil simulasi gerakan dapat disimpulkan bahwa mekanisme pengaturan ketinggian dapat berfungsi dari posisi ketinggian minimum menuju posisi ketinggian maksimum dan tidak mengalami tabrakan dengan komponen lainnya, sehingga desain bisa dilakukan tindak lanjut untuk dibuatkan gambar kerja.



### 3) Pembuatan Gambar Kerja

Pada tahap ini dilakukan pembuatan gambar detail dari desain produk yang telah dibuat dan lolos uji untuk proses manufaktur. Gambar kerja memiliki fungsi sebagai penyampaian informasi dari perancang dengan tepat kepada pihak lain seperti perencanaan proses, pembuatan, pemeriksaan dan perakitan produk atau komponen.



Gambar 23. Gambar kerja AP-BED hasil *Reverse Engineering*

### Simpulan

Hasil *reverse engineering* pada AP-BED telah menghasilkan desain yang lebih ergonomis dan efisien. Perubahan signifikan meliputi penambahan mekanisme pengaturan ketinggian dengan rentang ketinggian 51-71 cm, menggunakan motor linear berkapasitas 6000 N dan sistem linkages. Fitur *drop open potty* digantikan dengan solusi pispot yang lebih praktis. Modifikasi pada *lower frame* juga dilakukan untuk mengakomodasi mekanisme baru ini. Simulasi *interferensi detection* dan *motion study* telah mengkonfirmasi kinerja mekanisme yang baik dan bebas dari gangguan. Dengan demikian, desain baru AP-BED ini diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan pasien dan efisiensi tenaga medis dalam memberikan perawatan.

### DAFTAR PUSTAKA

Abbas, A. (2021). Pemodelan desain mekanisme pengatur ketinggian tempat tidur pasien menggunakan Matlab. *Jurnal Teknokris*, 24(1).

Abbas, A., & Sudiro, S. (n.d.). Optimasi desain kinematik linkage mekanisme pengatur ketinggian tempat tidur pasien. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/329209469>

Alayubi Sitanggang, S., Parinduri, L., Rizaldi, R., & Ramadhan Tanjung, F. (n.d.). Rancang bangun smart hospital bed berbasis mikrokontroler.

Andhare, A. B., & Onkar, A. M. (2021). Design and development of multifunctional patient bed with

integrated toilet. *SN Applied Sciences*, 3(10). <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04798-9>

Anwer, N., & Mathieu, L. (n.d.). From reverse engineering to shape engineering in mechanical design. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.04.052>

Božić, V. (n.d.). Reverse engineering and optimizing hospital business processes. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30986.13763>

Buonamici, F., & Volpe, Y. (2018). Reverse engineering modeling methods and tools: A survey. *Computer-Aided Design and Applications*, 15(3), 443–464. <https://doi.org/10.1080/16864360.2017.1397894>

Dey, S. (n.d.). Reverse engineering in mechanical engineering. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17217.22888>

Dúbavčič, M., & Kender, Š. (2012). Application of reverse engineering techniques in mechanics system services. *Procedia Engineering*, 48, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.09.491>

Dzulkiplih, Utomo, W. M., & Paramita, S. (2023). Automatic patient bed comfort structure analysis based on the RULA method. *E3S Web of Conferences*, 450. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345002008>

Faswita, W. (2017). The relationship of knowledge of the long-light barring patients with decubitus in the PTPN 2 Binjai Building Hospital. *Jurnal Riset Hesti Medan*, 2(2).

Faizal, H. M., & Umam, S. (2018). Analisis kekuatan dan kualitas sambungan las dengan variasi pendinginan oli dan udara pada material ASTM A36 dengan pengujian NDT (Non-Destructive Test). *Bina Teknika*, 14(2), 131–138. <https://doi.org/10.54378/bt.v14i2.338>

Haydon, D. M. (n.d.). Applying motors in linear motion applications. *Kerk Motion Solutions / Pittman Motors*.

Hermawan, S., & Rochardjo, H. S. B. (2022). Preliminary design of electric linear actuator for hospital bed domestic product. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 4(1), 25. <https://doi.org/10.22146/jmdt.63146>

Kumar, A., Jain, P. K., & Pathak, P. M. (2013). Reverse engineering in product manufacturing: An overview. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2013.39>

L. Mott, R. (2009). Elemen-elemen mesin dalam perancangan mekanis. Yogyakarta: ANDI.

Maletz, E. R., Simas, H., Barreto, R. L. P., & Daniel. (2018). Contribution to the design of hospital bed: Systematic for surveying the design requirements and functional requirements for synthesis of mechanism. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 588, 652–662. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1\\_65](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1_65)

Ockikiryanto, O. (2019). Rancang bangun tempat tidur pasien otomatis dengan sensor accelerometer



- gyroscope untuk mengatur keseimbangan berbasis mikrokontroler Arduino.
- Onkar, A., Andhare, A., & Padole, P. (2019). Design of bed for bedridden patients: Analysis and synthesis of mechanisms.
- Prasetyo, T. (2022). Design of smart hospital bed for stroke patient with linear actuator motor.
- Raja, V., & Fernandes, K. J. (2008). Reverse engineering: An industrial perspective.
- Ranasinghe, D. C., Shinmoto Torres, R. L., Hill, K., & Visvanathan, R. (2014). Low cost and batteryless sensor-enabled radio frequency identification tag based approaches to identify patient bed entry and exit posture transitions. *Gait and Posture*, 39(1), 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.06.009>
- Saputro, J., Satriyanto, E., & Puspita, E. (n.d.). Rancang bangun pengaturan tempat tidur pasien menggunakan bahasa isyarat tangan.
- Saiga, K., Ullah, A. S., Kubo, A., & Tashi. (2021). A sustainable reverse engineering process. *Procedia CIRP*, 98, 517–522. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.144>
- Senthilkumar, S. (2023). Influence of heat input on the mechanical characteristics, corrosion, and microstructure of ASTM A36 steel welded by GTAW technique. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19708>
- Sokovic, M., & Kopac, J. (2006). Reverse engineering as a necessary phase in rapid product development. *Journal of Materials Processing Technology*, 175(1–3), 398–403. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.04.047>
- Srijaya, J., & Palembang, B. (2011). Analisa permasalahan komponen tempat tidur pasien dengan metode QFD. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2).
- Sularso, & Suga, K. (2004). Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Talpasanu, I., & Talpasanu, A. (n.d.). Mechanics of mechanisms and machines.
- Taylor, D., & Merryweather, A. (2021). Creating a safer patient room environment: The contribution of patient bed height. *Proceedings of the International Symposium on Human Factors and Ergonomics in Health Care*, 10(1), 180–184. <https://doi.org/10.1177/2327857921101163>
- Uicker, J. J., Pennock, G. R., & Shigley, J. E. (2017). *Theory of machines and mechanisms*. United Kingdom: Oxford University Press.
- Varady, T., Martin, R. R., & Coxt, J. (1997). Reverse engineering of geometric models: An introduction. *Computer-Aided Design*, 29(4). [https://doi.org/10.1016/S0010-4485\(96\)00054-1](https://doi.org/10.1016/S0010-4485(96)00054-1)
- Yonezawa, Y., et al. (2005). A new intelligent bed care system for hospital and home patients. *Biomedical Instrumentation & Technology*, 39.
- Yudha, F. (2019). Studi awal perancangan tempat tidur pasien berbahan aluminium dengan metode elemen hingga. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 1(1), 73–80. <https://doi.org/10.22146/jmdt.v1i1.46745>