

---

## Studi Defleksi pada Struktur Batang sebagai Dasar Pemilihan *Frame* Kursi Roda Anak Alfian Djafar<sup>1</sup>, Illa Rizianiza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin/ Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan,  
Balikpapan. Email: [alfian.djafar@itk.ac.id](mailto:alfian.djafar@itk.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin/ Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan,  
Balikpapan. Email: [rizianiza@itk.ac.id](mailto:rizianiza@itk.ac.id)

---

### Abstrak

Penelitian ini dilandasi oleh adanya penggunaan Polyvinyl Chloride (PVC) sebagai material yang digunakan dalam pembuatan *frame* kursi roda. Kursi roda ini dikhususkan pada anak-anak, dimana berat badan anak dan berat robot kursi roda tidak melebihi 23 kg. Pipa PVC yang digunakan adalah jenis AW, schedule 40, dan schedule 80. Diameter pipa dibatasi pada diameter ½ in, ¾ in, 1 in, 1 ¼ in untuk masing-masing jenis pipa PVC. Tujuan penelitian ini adalah menentukan dimensi dari pipa PVC yang aman digunakan pada bobot yang telah ditentukan, berdasarkan analisis defleksi. Batas defleksi yang diizinkan untuk penggunaan pipa ini sebesar 0.938mm. Metode pendekatan teoritis dan menggunakan program simulasi LISA digunakan pada penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi pipa yang aman digunakan adalah pipa PVC jenis schedule 40 dan schedule 80. Defleksi PVC 1 ¼ in schedule 40 berdasarkan perhitungan teoritis sebesar 0.7614 mm dan 0.7610 mm berdasarkan simulasi LISA. Sedangkan PVC 1 ¼ in schedule 80 memiliki defleksi sebesar 0,6131 mm berdasarkan perhitungan teoritis, dan 0,6128 mm didapatkan dari hasil simulasi LISA. Dari penelitian ini, dipilih Pipa PVC 1 ¼ in schedule 40 sebagai material dalam perancangan dan pembuatan *frame* kursi roda.

*Kata kunci:* PVC, *frame* robot kursi roda, defleksi, Perhitungan teoritis, Simulasi LISA

---

### Abstract

*The background of this research is the material Polyvinyl Chloride (PVC) used in the manufacture of wheelchair frames. It uses for the children, which the children's weight and the wheelchair's weight not exceed 23 kg. PVC pipe used is type of AW, schedule 40, and schedule 80. Pipe diameter is limited to diameter ½ in, ¾ in, 1 in, 1 ¼ in for each type of PVC pipe. The purpose of this research is to determine the dimensions of the safety PVC pipe that used at specified weights, based on the deflection analysis. The deflection limit allowed for the use of this pipe is 0.938mm. Thus research used theoretical approach method and LISA simulation. The results is safety pipe dimension used PVC pipe type schedule 40 and schedule 80. PVC deflection 1 ¼ in schedule 40 based on theoretical calculation of 0.7614 mm and 0.7610 mm based on LISA simulation. While PVC 1 ¼ in schedule 80 has a deflection of 0.6131 mm based on theoretical calculations, and 0.6128 mm base on LISA simulation. And the conclusion is the selected PVC Pipe 1 ¼ in schedule 40 has been choosed as a material to design and manufacture of wheelchair frame.*

*Keywords:* PVC, wheelchair frames, deflection, theoretical calculation, LISA Simulation

---

## 1. Pendahuluan

Disabilitas adalah keterbatasan dan ketidakmampuan dalam melakukan aktifitas normal baik pribadi maupun sosial dikarenakan kelainan tubuh atau mental. Penyandang disabilitas memiliki kesulitan fungsional berupa kesulitan melihat, kesulitan mendengar, kesulitan berjalan, kesulitan mengingat, berkonsentrasi atau berkomunikasi, serta kesulitan mengurus diri.

Penyandang disabilitas tidak mengenal usia. Berdasarkan data estimasi Global Burden of disease pada tahun 2004, anak-anak mengambil porsi sepertiga dari total penyandang disabilitas dunia, tak terkecuali di Indonesia. Berdasarkan sensus penduduk 2010 yang diolah oleh Pusdatin, penduduk umur 10-19 tahun yang mengalami kesulitan fungsional sebanyak 22.402 jiwa laki-laki, dan 17.073 jiwa perempuan. Untuk penduduk berumur 15-19 tahun, 22.117 jiwa untuk laki-laki, dan 18.045 jiwa perempuan.

Berdasarkan pendataan Program Perlindungan Sosial (PPLS) tahun 2011, terdapat 130.572 anak penyandang disabilitas berasal dari keluarga miskin, yang terdiri dari: cacat fisik dan mental (19.438 anak); tunadaksa (32.990 anak); tunanetra (5.921 anak); tunarungu (3.861 anak); tunawicara (16.335 anak); tunarungu dan tunawicara (7.632 anak); tunanetra, tunarungu, dan tunawicara (1.207 anak); tunarungu, tunawicara, dan tunadaksa (4.242 anak); tunarungu, tunawicara, tunanetra, dan tunadaksa (2.991 anak); retardasi mental (30.460 anak); dan mantan penderita gangguan jiwa (2.257 anak). Data ini tersebar di seluruh Indonesia dengan proporsi terbanyak di Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Jawa Barat, (Pusat data dan informasi Kementerian Kesehatan RI, 2014).

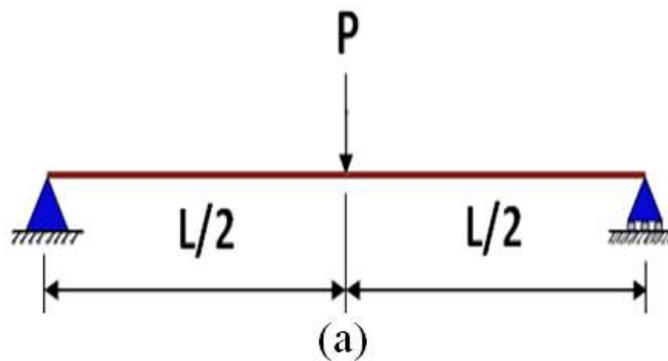
Amanah dari Undang-undang nomor 4 tahun 1997 yang menyebutkan bahwa penyandang cacat mempunyai hak dan kesempatan yang sama dalam berbagai aspek kehidupan. Hal yang selaras tertuang di UU nomor 36 tahun 2009 yang menyebutkan tentang upaya pemeliharaan kesehatan anak ditujukan untuk menjaga agar tetap hidup sehat dan produktif secara sosial, ekonomis, dan bermartabat. Sehingga hal ini menjadi perhatian dan menjadi dasar pemikiran untuk melakukan penelitian mengenai pelayanan kepada anak penyandang disabilitas, (Pusat data dan informasi Kementerian Kesehatan RI, 2014).

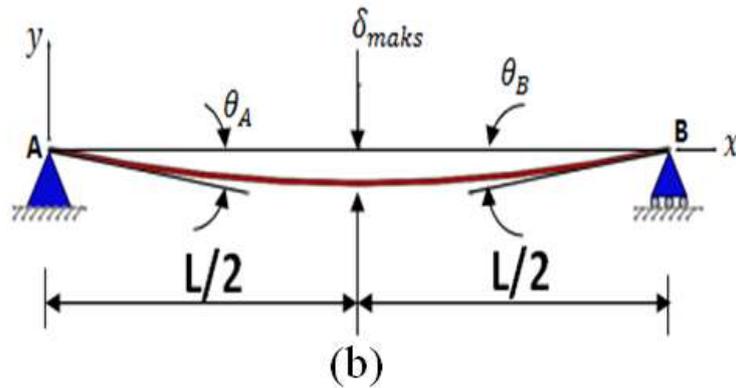
Sebagai langkah awal, maka penelitian ini dikhususkan pada penderita tuna daksa, atau adanya gangguan gerak pada bagian bawah dengan merancang dan membuat kursi roda untuk anak. Fungsinya sebagai alat bantu yang memberikan kemudahan bagi penggunaannya dalam beraktifitas dan memungkinkan untuk melakukan perjalanan lebih mudah dan efisien.

Penentuan material yang digunakan dalam pembuatan rangka kursi roda menjadi dasar dalam penelitian ini. Langkah pertama dalam pemilihan material yang digunakan adalah dengan menganalisis defleksi yang terjadi.

## 2. Metode Penelitian

Perhitungan defleksi merupakan bagian penting baik dalam analisis dan desain struktural, Selain itu, defleksi juga digunakan dalam analisis dinamik. Defleksi terkadang dihitung untuk menyelidiki apakah harganya masih dalam batas toleransi. Dalam desain mesin dan pesawat terbang, spesifikasi dapat membatasi defleksi untuk mencegah getaran yang tak dikehendaki.





**Gambar 1. Defleksi Balok Sederhana Dengan Beban Terpusat**

Gambar 1(a) menunjukkan sebuah balok yang ditumpu di kedua ujungnya dan diberi pembebanan tepat di tengah batang. Defleksi maksimum  $\delta_{maks}$ , sudut rotasi  $\theta$  ditunjukkan oleh Gambar 1(b). Perhitungan defleksi  $\delta_{maks}$  pada balok sederhana dengan pembebanan terpusat dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan:

$$\delta_{maks} = \frac{PL^3}{48EI} \tag{1}$$

Untuk mengetahui kemiringan dari balok  $\theta_A$ , dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan :

$$\theta_A = \theta_B = \frac{PL^2}{16EI} \tag{2}$$

$P$  adalah Besarnya beban yang diberikan di batang.  $L$  adalah panjang batang.  $E$  adalah Modulus Elastisitas dari material balok.  $I$  adalah Momen Inersia dari penampang balok (Timoshenko,1997). Dalam perancangan, defleksi maksimum pada beban kerja tidak akan lebih dari jumlah tertentu. Batas defleksi aman ( $\delta_{aman}$ ) seperti Gambar 1 ditentukan dengan persamaan:

$$\delta_{aman} = \frac{L}{360} \tag{3}$$

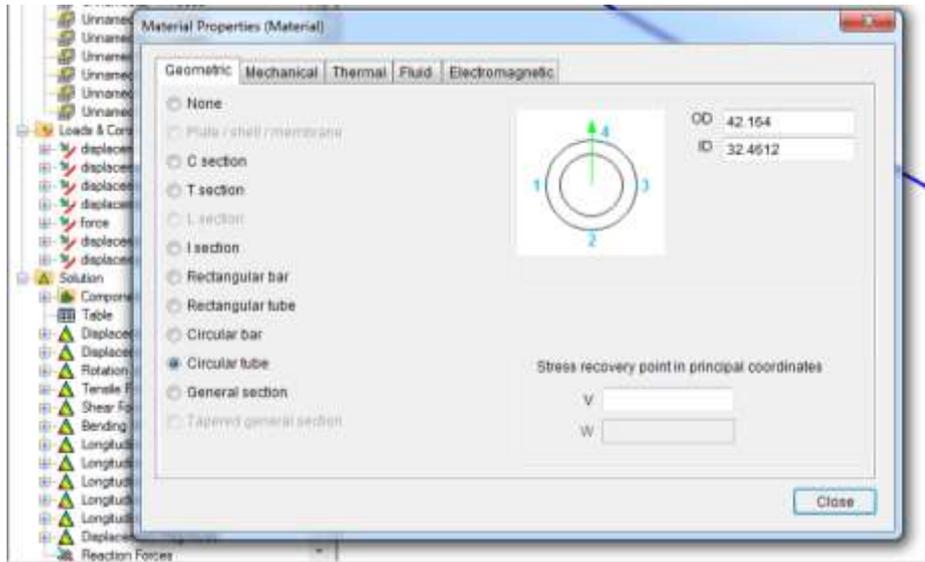
**Tabel 1. Jenis Pipa yang digunakan**

Jenis Pipa	Diameter Pipa		Momen Inersia
	Do	Di	
1/2in	22.00	19.00	5,099.31
3/4 in	26.00	22.40	10,068.26
1 in	32	30	11705.135
1 in schedule 40	33.40	26.64	36,336.47
1 in schedule 80	33.40	24.77	42,609.79
1 1/4 in	42.00	37.40	56,675.35
1 1/4 in schedule 40	42.16	35.05	81,003.18
1 1/4 in schedule 80	42.16	32.46	100,589.77

Tabel.1 menunjukkan jenis pipa yang digunakan beserta dimensi dan momen inersianya. Panjang pipa yang digunakan adalah 338 mm, sehingga batas aman untuk mengetahui besarnya defleksi akibat pembebanan pada pipa sebesar :

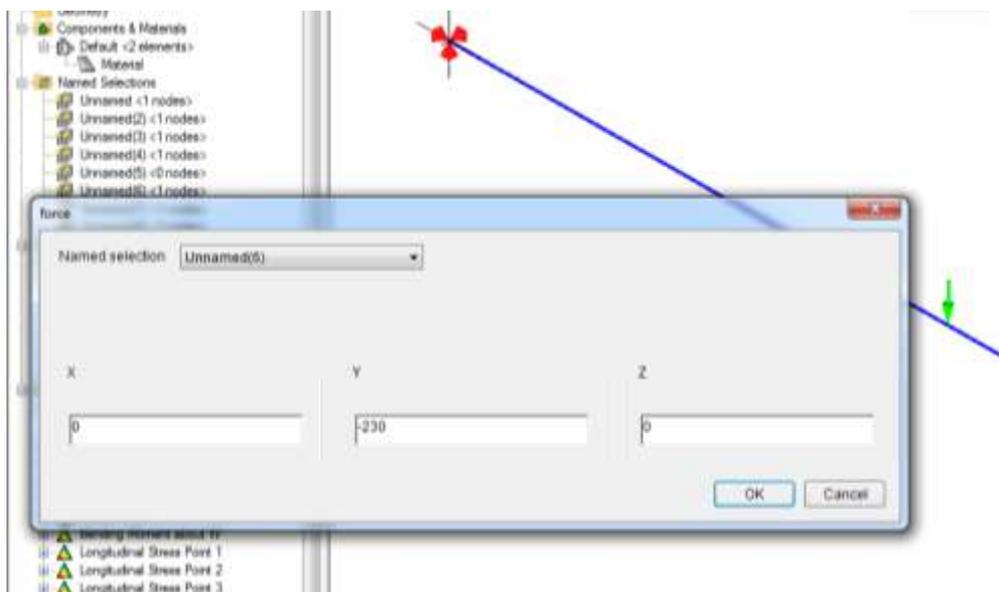
$$\delta_{aman} = \frac{L}{360} = \frac{338}{360} = 0.938 \text{ mm}$$

Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan bagian dari penentuan besarnya defleksi melalui program simulasi LISA. Gambar 2 adalah langkah dalam penginputan material properties berupa dimensi pipa dan Modulus Elastisitas. Dimensi pipa yang digunakan adalah 1/2 in, 3/4 in, 1 in, 1 in schedule 40, 1 in schedule 80, 1 1/4 in, 1 1/4 in schedule 40, dan 1 1/4 in schedule 80.



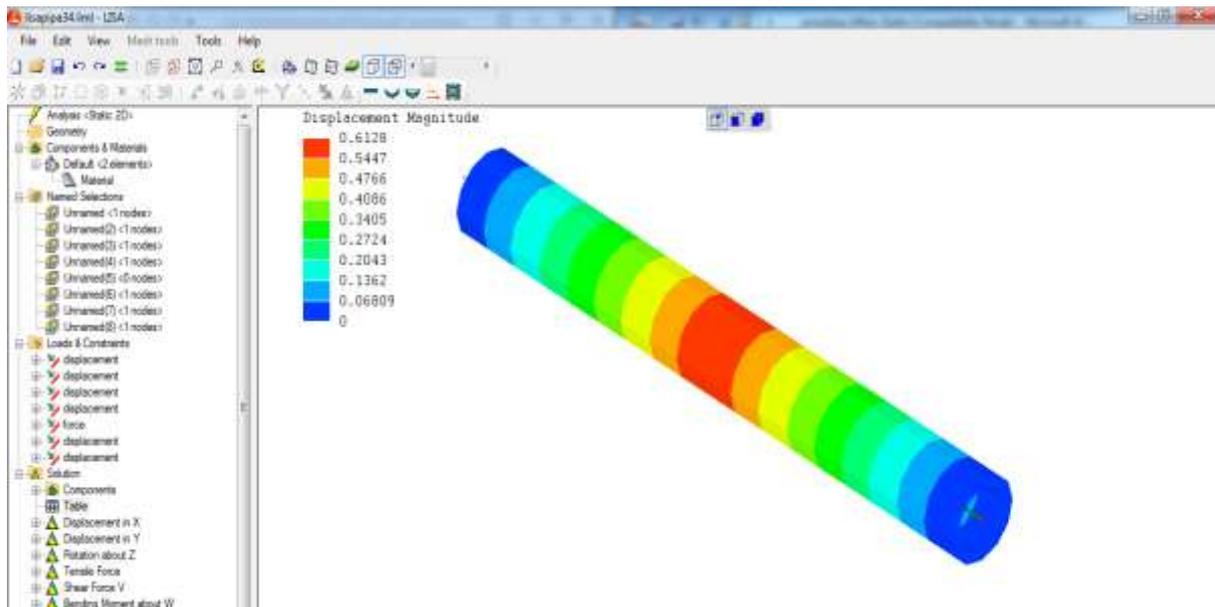
**Gambar 2. Penginputan Material Properties**

Gambar 3 menunjukkan langkah dalam penginputan besarnya pembebanan yang diberikan pada pipa serta lokasi tumpuan. Besarnya pembebanan yang diberikan terdiri dari 170 N, 190 N, 210 N, dan 230 N.



**Gambar 3. Penginputan beban pada pipa**

### 3. Hasil dan Pembahasan



**Gambar 4. Hasil simulasi program LISA**

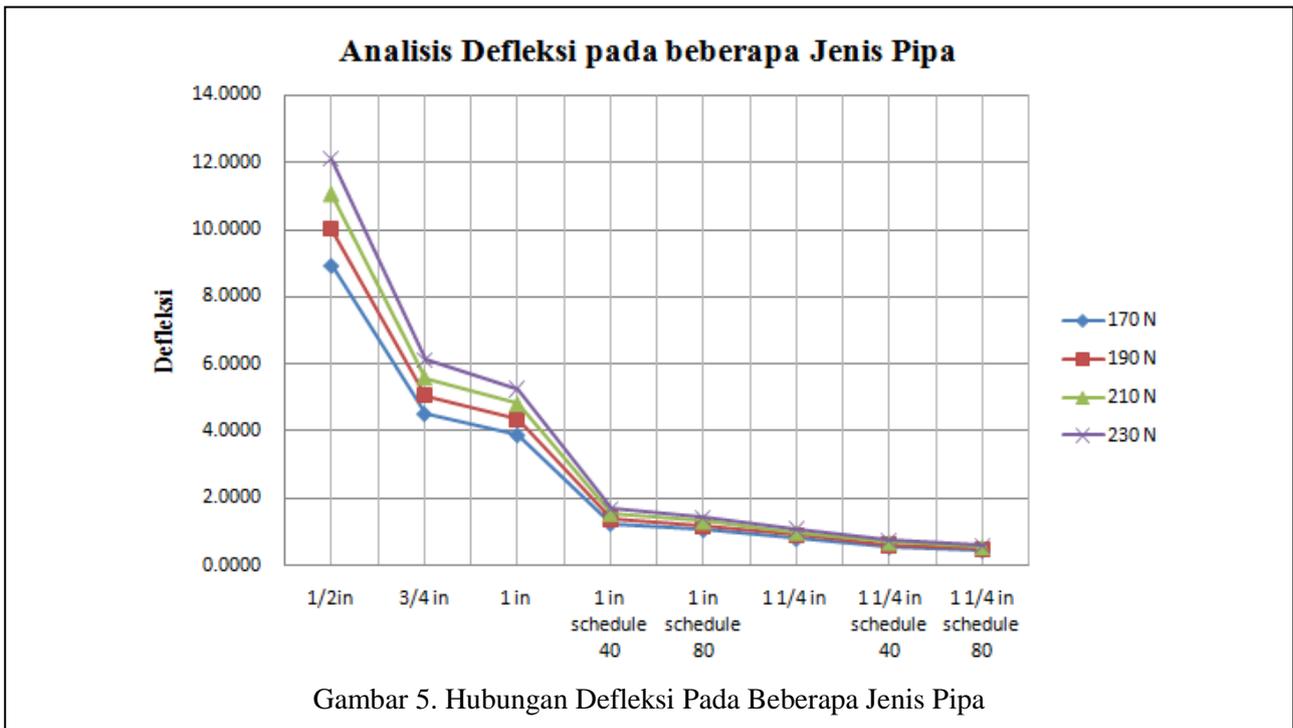
Gambar 4 menunjukkan hasil *meshing* dari program LISA untuk pipa jenis 1 ¼ in *schedule 40*. Terlihat besarnya defleksi dan lokasi terjadinya defleksi maksimum. Defleksi maksimum terjadi di zona berwarna merah, dimana lokasi ini menjadi pusat pembebanan yang diberikan ke pipa PVC.

**Tabel 2. Tabel Hasil Perhitungan Defleksi**

Jenis Pipa	Defleksi pada Pembebanan (mm)							
	170 N		190 N		210 N		230 N	
	Simulasi	Teoritis	Simulasi	Teoritis	Simulasi	Teoritis	Simulasi	Teoritis
1/2in	8.935	8.940	9.986	9.991	11.038	11.043	12.089	12.095
3/4 in	4.525	4.528	5.058	5.060	5.590	5.593	6.123	6.126
1 in	3.893	3.895	4.351	4.353	4.809	4.811	5.266	5.269
1 in schedule 40	1.254	1.255	1.401	1.402	1.549	1.550	1.696	1.697
1 in schedule 80	1.070	1.070	1.195	1.196	1.321	1.322	1.447	1.447
1 1/4 in	0.804	0.804	0.899	0.899	0.993	0.994	1.088	1.088
1 1/4 in schedule 40	0.563	0.563	0.629	0.629	0.695	0.695	0.761	0.761
1 1/4 in schedule 80	0.453	0.453	0.506	0.507	0.560	0.560	0.613	0.613

Tabel 2, menunjukkan perhitungan defleksi dari jenis pipa berukuran 1/2 in, 3/4 in, 1 in, 1 in *schedule 40*, 1 in *schedule 80*, 1 1/4 in, 1 1/4 in *schedule 40*, 1 1/4 in *schedule 80* dengan pembebanan sebesar 170 N, 190 N, 210 N, dan 230 N. secara umum, perhitungan secara teoritis dengan hasil simulasi dalam menentukan besarnya defleksi memiliki perbedaan yang kecil.

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan defleksi pada beberapa jenis pipa. Terlihat defleksi terbesar pada masing-masing pembebanan terdapat pada pipa ukuran 1/2 in, sedangkan defleksi yg terkecil berada pada pipa ukuran 1 1/4 in. hal ini dipengaruhi oleh tebal pipa yang berkaitan dengan momen inersia penampangnya. Bila membandingkan besarnya defleksi pada pipa yang sama, defleksi terbesar terjadi seiring bertambahnya besar pembebanan, yakni pada pembebanan 230 N.



Gambar 5. Hubungan Defleksi Pada Beberapa Jenis Pipa

Berdasarkan batas defleksi aman sebesar 0.938 mm, dapat dipilih jenis pipa yang cocok digunakan sesuai dengan besarnya pembebanan. Untuk pembebanan 170 N, 190 N, pipa yang bisa digunakan adalah jenis pipa 1 1/4 in, 1 1/4 in schedule 40, 1 1/4 in schedule 80. Sedangkan untuk pembebanan 230 N, jenis pipa yang digunakan adalah 1 1/4 in schedule 40, 1 1/4 in schedule 80. Pipa berukuran 1/2 in, 3/4 in, 1 in, 1 in schedule 40, 1 in schedule 80 tidak direkomendasikan untuk digunakan karena masing-masing jenis pipa melewati batas defleksi aman sesuai batasan besar pembebanannya.

Mempertimbangkan segi ekonomis, jenis pipa yang direkomendasikan dalam pembuatan *frame* kursi roda adalah pipa 1 1/4 in schedule 40 untuk beban maksimum sebesar 230 N. jika dibatasi pada beban 190 N, maka pipa 1 1/4 in bisa digunakan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan teoritis, dapat disimpulkan bahwa:

- Ketebalan pipa mempengaruhi besarnya defleksi, dimana semakin tebal pipa, defleksi yang dialami oleh pipa kecil
- semakin besar pembebanan yang diberikan, semakin besar pula defleski pada setiap jenis pembebanannya
- Pipa PVC 1 1/4 in schedule 40 menjadi rekomendasi untuk penggunaan pipa PVC sebagai *frame* kursi roda dengan pembebanan maksimum 230 N, sedangkan untuk pembebanan 190 N, dapat menggunakan pipa jenis 1 1/4 in.

#### Daftar Pustaka

- Gere, Timoshenko (1997). Mekanika Bahan Jilid 2, Defleksi Balok. Jakarta, Indonesia: Erlangga.
- Limiting deflections in plastic design by limiting l/d ratios, C.E. 406 Report, Lehigh University Information on <http://preserve.lehigh.edu/engr-civil-environmental-fritz-labreports>
- Pusat data dan informasi Kementerian Kesehatan RI. Buletin Jendela data dan informasi (2014) 'Situasi Penyandang Disabilitas'. ISSN 2088-270X. Jakarta, Indonesia
- Pusat data dan informasi Kementerian Kesehatan RI (2014). 'Penyandang Disabilitas Pada Anak'. Jakarta, Indonesia.
- Zhang, Feihong. (2012) 'An Optimization Design for the Stair-Climbing Wheelchair', Department of Mechanical Engineering Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden.