

## Komparasi Dua Model Kait AL 6061 T6 dengan Eksperimental Fotoelastisitas Dua Dimensi Tembus Cahaya.

Nicky Yongkimandalan<sup>1</sup> dan Djoko Setyanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta

E-mail: nickyyongkimandalan@gmail.com

**Abstrak.** Terdapat dua model kait dari Al 6061 T6 yang belum diketahui kinerjanya dalam mengangkut sebuah beban. Penelitian dilakukan dengan tujuan mendapatkan komparasi kedua model kait dengan metode eksperimental fotoelastisitas dua dimensi tembus cahaya. Material prototipe tembus cahaya dalam eksperimental fotoelastisitas adalah Araldite B. Simulasi berat pembebanan yang diberikan untuk kedua model kait adalah sama yaitu 1 kg, 2 kg, 3 kg, 4 kg dan 5 kg. Hasil komparasi eksperimental fotoelastisitas dua dimensi tembus cahaya mendapatkan pada pembebanan 1 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 20% dari nilai rata-rata tegangan yang dialaminya. Pada pembebanan 2 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 19,89% dari nilai rata-rata tegangan yang dialaminya. Pada pembebanan 3 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 12,50% dari nilai rata-rata tegangan yang dialaminya. Pada pembebanan 4 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 6,94% dari nilai rata-rata tegangan yang dialaminya. Pada pembebanan 5 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 9,09% dari nilai rata-rata tegangan yang dialaminya.

**Kata kunci:** Dua model kait Al 6061 T6, Metode Fotoelastisitas, dan Araldite B.

**Abstract.** There are two hook models of Al 6061 T6 which has not been known its performance in carrying a load. Research is aimed to get a comparison of the two hook models with an experimental method of translucent two dimensional photoelasticity. The translucent prototype material in photoelasticity experiment is Araldite B. The load given to these hook models is equal i.e 1 kg, 2 kg, 3 kg, 4 kg and 5 kg. The results of the experimental comparison of translucent two-dimensional photoelasticity get at 1 kg loading, the first hook model is better able to withstand the load better than the second hook model with a difference of 20% from the average value of the stress experienced. At 2 kg loading, the first hook model is better able to withstand the load than the second hook model with a difference of 19.89% difference from the average stress value. At 3 kg loading, the first hook model is better able to withstand the load than the second hook model with a difference of 12.50% of the average value of the stress they are experiencing. At 4 kg loading, the first hook model is better able to withstand loads better than the second hook model with a difference of 6.94% difference from the average value of the stress they are experiencing. At 5 kg loading, the first hook model is better able to withstand the load than the second hook model with a difference of 9.09% difference from the average value of stress experienced.

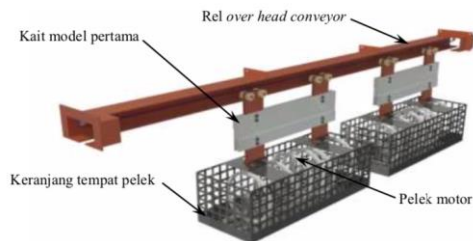
**Keywords:** Two hook models of Al 6061 T6, Photoelasticity Method, and Araldite B.

### 1. PENDAHULUAN

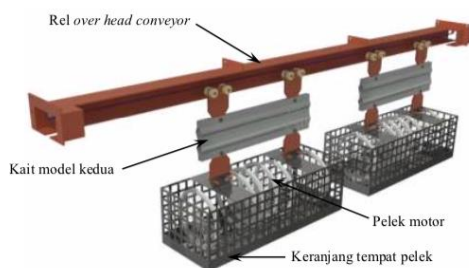
Bengkel Mitra adalah salah satu perusahaan industri pembuatan pelek motor berbahan Al. Bagian proses produksi menggunakan conveyor sebagai penghubung antara divisi manufaktur dengan divisi anodizing, jenis konveyor ini adalah *over head conveyor*. *Over head conveyor* digunakan untuk pemindahan beberapa pelek didalam keranjang secara horisontal dengan digantungkan menuju divisi anodizing. Komponen penghubung antara rel

*over head conveyor* dengan keranjang yang berisikan pelek digunakan kait. Satu model kait digunakan dengan saling mengaitkan diri. Kedua model kait berfungsi sama, seperti ditunjukkan pada gambar 1. untuk model kait pertama dan gambar 2. untuk model kait kedua. Kait ini terbuat dari Al 6061 T6. Bentuk kait yang digunakan ada dua model seperti dapat dilihat pada gambar 3. Kait model pertama (gambar 3.a) adalah kait pertama kali yang digunakan. Setelah sekian lama dipakai, pihak manajemen Bengkel Mitra memiliki

inovasi untuk mengurangi biaya pembelian komponen dan memaksimalkan pro-duksi. Akhirnya pihak *engineering* Bengkel Mitra mendapatkan model kait kedua (gambar 3.b) dengan beberapa keuntungan yaitu dari sisi pembelian komponen baru mendapatkan harga lebih murah, waktu penggantian komponen kait rusak lebih singkat dan kapasitas beban yang digantung dapat meningkat[1].



**Gambar 1.** Ilustrasi bagian *over head conveyor* yang menggunakan kait model pertama[1].



**Gambar 2.** Ilustrasi bagian *over head conveyor* yang menggunakan kait model kedua[1].



a. Kait model pertama



b. Kait model kedua

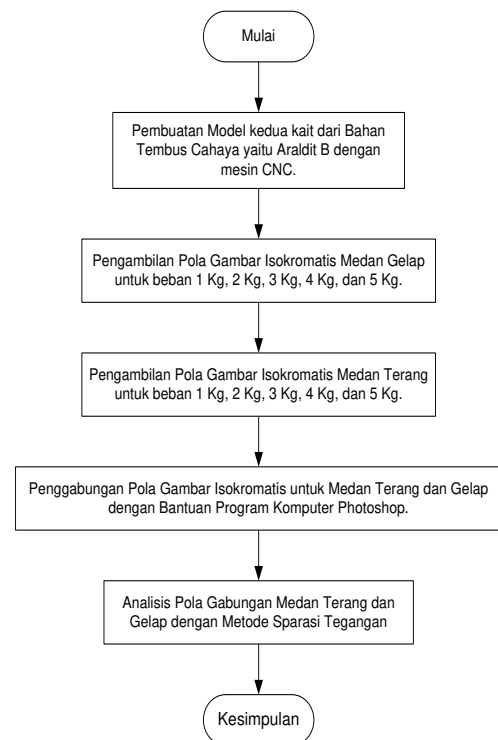
**Gambar 3.** Dua model kait Al 6061 T6[1].

Dari ulasan tersebut, kinerja kedua model kait ini belum diketahui. Untuk meminimalkan kegagalan kait adalah dengan menganalisa

tegangan yang terjadi di dalam profil kaitnya[2]. Dua desain model ini unik karena kedua model ini berbeda dengan beberapa model kait yang pernah diteliti [2, 3, 4, 5, 6]. Metode beberapa penelitian untuk menganalisis tegangan-tegangan yang terjadi dalam suatu model adalah metode eksperimental fotoelastisitas[2, 3, 7, 8, 9, 10]. Data pengamatan yang diambil pada metode fotoelastisitas adalah pola isokromat dari polariskop lingkaran[7]. Model-model kait yang pernah diteliti adalah *crane hook*[2,3,4,5,6].

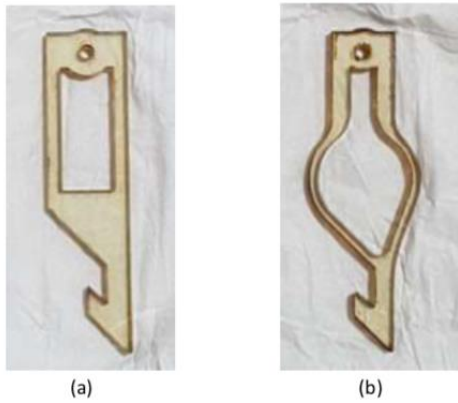
## 2. METODOLOGI

Penelitian ini melakukan proses eksperimental fotoelastisitas dua dimensi tembus cahaya untuk kedua model kait tersebut. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Diagram alir penelitian.

Pengujian dilakukan pada spesimen dari bahan Araldit B dengan bentuk geometri seperti yang dapat dilihat pada gambar 5. Spesimen ini memiliki ketebalan lima mm.

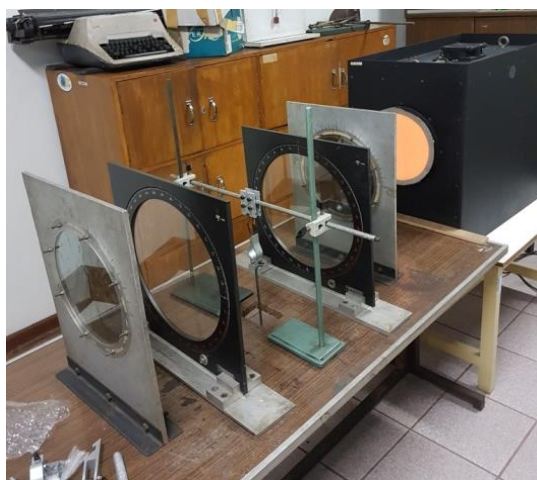


**Gambar 5.** Model Benda Uji. (a) Kait Pertama dan (b) Kait Kedua.

Sifat fisis dari material Araldite B[11] adalah sebagai berikut:

1. Modulus Elastisitas  $E$  : 3200 MPa
2. Konstanta *fringe*  $f_r$  : 10,2 N/mm
3. Tegangan luluh  $\sigma_y$  : 68,9 MPa
4. Poisson's Ratio : 0,362

Perangkat pengujian eksperimental fotoelastisitas terdiri dari beberapa bagian, yaitu sumber cahaya, polarisator, pelat seperempat gelombang, spesimen, pegangan benda uji, gantungan tempat beban, dan beban-beban. Pembebanan maksimum yang dapat diberikan kepada spesimen sebesar 5 Kg. Susunan perangkat pengujian eksperimental dapat dilihat pada gambar 6. Sedangkan perangkat beban pengujian dapat dilihat pada gambar 7.

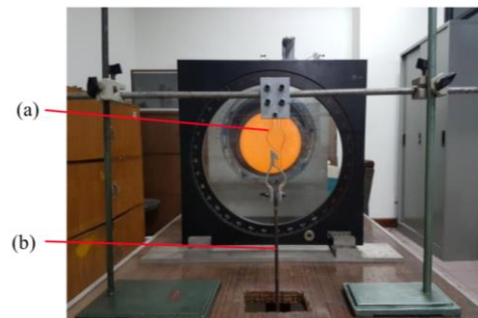


**Gambar 6.** Perangkat pengujian eksperimental fotoelastisitas.



**Gambar 7.** Perangkat beban pengujian eksperimental fotoelastisitas.

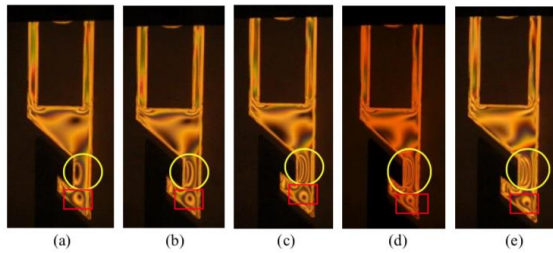
Pemberian beban dilakukan secara bertahap dari mulai satu hingga lima Kg, dimana interval setiap kenaikan beban adalah per satu Kg. Konfigurasi pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



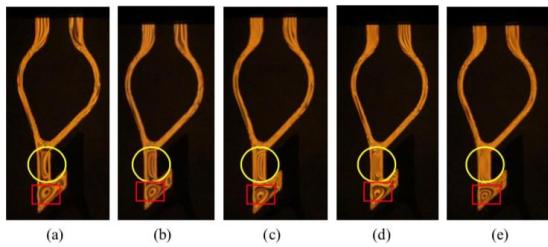
**Gambar 8.** Konfigurasi Pengujian. (a). Spesimen Uji dan (b). Gantungan beban uji

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mendapatkan hasil dari medan gelap dan terang dari pola isokromat, maka digabungkanlah kedua medan tersebut menjadi satu. Gabungan pola tersebut untuk model kait pertama dapat dilihat pada gambar 9. dan model kait kedua dapat dilihat pada gambar 10. Dari gambar 9 dan 10, dapat dilihat bahwa pola isokromat yang terjadi pada kait kedua lebih banyak dari kait pertama. Daerah pertumbuhan distribusi tegangan untuk kedua model ternyata sama, hal tersebut dapat dilihat pada daerah yang ditandai oleh lingkaran warna kuning.



**Gambar 9.** Hasil gabungan medan gelap dan terang untuk model kait pertama, pada pembebanan (a). 1 Kg, (b). 2 Kg, (c). 3 Kg, (d). 4 Kg dan (e). 5 Kg.



**Gambar 10.** Hasil gabungan medan gelap dan terang untuk model kait kedua, pada pembebanan (a). 1 Kg, (b). 2 Kg, (c). 3 Kg, (d). 4 Kg dan (e). 5 Kg.

Dengan mengamati pola-pola isokromat yang terbentuk pada kedua model kait tersebut, maka daerah distribusi tegangan yang akan dianalisis adalah sama untuk semua pembebanan. Pe-nulisan tanda baca koma pada angka di bab ini menunjukkan bilangan desimal. Orde adalah istilah pada eksperimen fotoelastisitas. Penger-tian orde adalah pola-pola yang ada pada suatu model tembus cahaya karena adanya suatu gaya baik itu gaya tarik maupun gaya tekan.

Daerah pertumbuhan tegangan yang terjadi adalah sama untuk setiap pembebanan. Daerah inilah yang akan mengalami kerusakan atau patah terlebih dahulu. Tegangan terbesar yang dialami oleh model kait pertama untuk beban 1 kg adalah 3,06 MPa terletak dijarak 6,30 mm, beban 2 kg adalah 5,10 MPa terletak dijarak 4,50 mm, beban 3 kg adalah 6,12 MPa terletak dijarak 5,25 mm, beban 4 kg adalah 9,18 MPa terletak dijarak 6,00 mm, dan beban 5 kg adalah 9,18 MPa terletak dijarak 4,90 mm. Selisih kenaikan tegangan terbesar yang terjadi dari beban 1 kg ke 2 kg adalah 66,67%, beban 2 kg ke 3 kg adalah 20%, beban 3 kg ke 4 kg adalah 50%. Beban 4 kg dan 5 kg memiliki nilai tegangan terbesar yang sama. Tegangan terbesar yang dialami oleh model kait kedua untuk beban 1 kg adalah 4,08 MPa terletak dijarak 4,36 mm. Beban 2 kg dan 3 kg memiliki tegangan terbesar yang sama, hanya posisinya yang berbeda. Beban 2 kg adalah

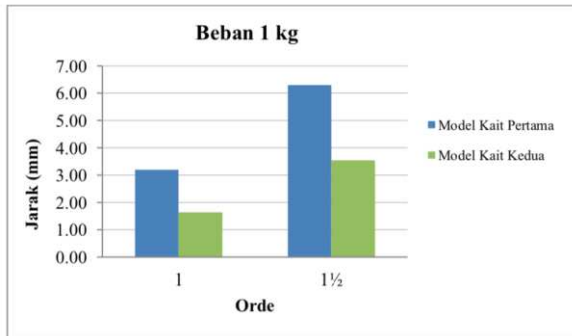
7,14 MPa terletak dijarak 4,91 mm, beban 3 kg adalah 7,14 MPa terletak dijarak 3,44 mm. Beban 4 kg adalah 9,18 MPa terletak dijarak 3,27 mm, dan beban 5 kg adalah 10,20 MPa terletak dijarak 6,10 mm. Selisih kenaikan tegangan terbesar yang terjadi dari beban 1 kg ke 2 kg adalah 75%, beban 3 kg ke 4 kg adalah 29%. Beban 4 kg ke 5 kg adalah 11,11%. Kenaikan nilai tegangan terbesar terjadi dari beban 1 kg ke beban 2 kg.

Pola isokromat yang terbentuk untuk model kait kedua lebih banyak dibandingkan dengan model kait pertama. Pada pembebanan 1 kg, rata-rata tegangan yang bekerja pada daerah tersebut untuk model kait pertama adalah 2,55 MPa dan model kait kedua adalah 3,06 MPa. Daerah bertanda lingkaran garis kuning untuk model kait pertama mengalami nilai tegangan terbesar 3,06 MPa sedangkan model kait kedua adalah 4,08 MPa. Hal tersebut dapat diartikan bahwa dengan besarnya beban 1 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 20% dari nilai rata-rata tegangan yang dialaminya. Nilai tegangan yang sama pada kedua model kait terjadi diposisi berbeda. Tegangan 2,04 MPa yang terjadi pada model kait pertama berjarak 3,20 mm dan model kait kedua berjarak 1,64 mm. Perbandingan-an lengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan jarak tegangan yang terjadi untuk kedua model kait beban 1 kg.

Orde	Tegangan (MPa)	Jarak (mm)	
		Kait Pertama	Kait Kedua
1	2,04	3,20	1,64
1½	3,06	6,30	3,55

Dari tabel 1. kita membuat grafik untuk melihat perbedaan jarak yang terbentuk pada orde tertentu untuk kedua model kait dengan beban 1 kg. Jarak ini dimaksudkan bukan regangan, tetapi jarak terbentuknya orde satu dengan orde lainnya.



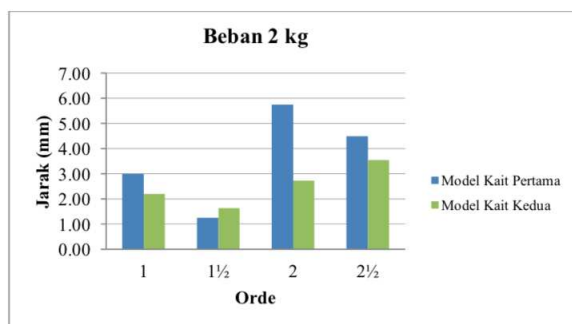
**Gambar 11.** Grafik perbandingan jarak yang terbentuk untuk kedua model kait dengan beban 1 kg.

Pada pembebanan 2 kg, rata-rata tegangan yang bekerja pada daerah tersebut untuk model kait pertama adalah 3,57 MPa dan model kait kedua adalah 4,28 MPa. Hal tersebut dapat diartikan bahwa dengan besarnya beban 2 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 19,89%. Nilai tegangan yang sama pada kedua model kait terjadi diposisi berbeda. Tegangan 3,06 MPa yang terjadi pada model kait pertama berjarak 1,25 mm dan model kait kedua berjarak 1,64 mm. Perbandingan lengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Perbandingan jarak tegangan yang terjadi untuk kedua model kait beban 2 kg.

Orde	Tegangan (MPa)	Jarak (mm)	
		Kait Pertama	Kait Kedua
1	2,04	3,00	2,21
1½	3,06	1,25	1,64
2	4,08	5,75	2,73
2½	5,10	4,50	3,55

Dari tabel 2. kita membuat grafik untuk melihat perbedaan jarak yang terbentuk pada orde tertentu untuk kedua model kait dengan beban 2 kg. Jarak ini dimaksudkan bukan regangan, tetapi jarak terbentuknya orde satu dengan orde lainnya.



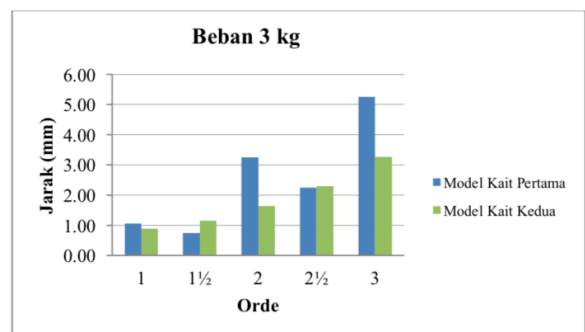
**Gambar 12.** Grafik perbandingan jarak yang terbentuk untuk kedua model kait dengan beban 2 kg.

Pada pembebanan 3 kg rata-rata tegangan yang bekerja pada daerah tersebut untuk model kait pertama adalah 4,08 MPa dan model kait kedua adalah 4,59 MPa. Hal tersebut dapat diartikan bahwa dengan besarnya beban 3 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 12,50%. Nilai tegangan yang sama pada kedua model kait terjadi diposisi berbeda. Tegangan 4,08 MPa yang terjadi pada model kait pertama berjarak 3,20 mm dan model kait kedua berjarak 1,64 mm. Perbandingan lengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Perbandingan jarak tegangan yang terjadi untuk kedua model kait beban 3 kg.

Orde	Tegangan (MPa)	Jarak (mm)	
		Kait Pertama	Kait Kedua
1	2,04	1,05	0,89
1½	3,06	0,75	1,15
2	4,08	3,25	1,64
2½	5,10	2,25	2,29
3	6,12	5,25	3,27

Dari tabel 3. kita membuat grafik untuk melihat perbedaan jarak yang terbentuk pada orde tertentu untuk kedua model kait dengan beban 3 kg. Jarak ini dimaksudkan bukan regangan, tetapi jarak terbentuknya antara orde pertama dengan orde lainnya. Grafik perbandingan jarak yang terbentuk pada gambar 14 untuk kedua model kait dengan beban 3 kg menunjukkan jarak pada model kait kedua lebih rendah dibandingkan dengan model kait pertama pada tiga orde yang terbentuk. Jarak pada orde 1½ dan 2½ model kait pertama lebih rendah dibandingkan model kait kedua.



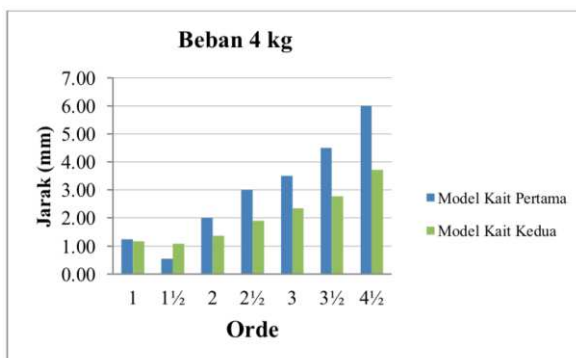
**Gambar 13.** Grafik perbandingan jarak yang terbentuk untuk kedua model kait dengan beban 3 kg.

Pada pembebanan 4 kg rata-rata tegangan yang bekerja pada daerah tersebut untuk model kait pertama adalah 5,246 MPa dan model kait kedua adalah 5,610 MPa. Hal tersebut dapat diartikan bahwa dengan besarnya beban 4 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 6,94%. Nilai tegangan yang sama pada kedua model kait terjadi diposisi berbeda. Tegangan 6,12 MPa yang terjadi pada model kait pertama berjarak 3,50 mm dan model kait kedua berjarak 2,35 mm. Perbandingan lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Perbandingan jarak tegangan yang terjadi untuk kedua model kait beban 4 kg.

Orde	Tegangan (MPa)	Jarak (mm)	
		Kait Pertama	Kait Kedua
1	2,04	1,25	1,18
1½	3,06	0,55	1,09
2	4,08	2,00	1,36
2½	5,10	3,00	1,91
3	6,12	3,50	2,35
3½	7,14	4,50	2,78
4½	9,18	6,00	3,71

Dari tabel 4. kita membuat grafik untuk melihat perbedaan jarak yang terbentuk pada orde tertentu untuk kedua model kait dengan beban 4 kg. Jarak ini dimaksudkan bukan regangan, tetapi jarak terbentuknya orde satu dengan orde lainnya. Grafik perbandingan jarak yang terbentuk pada gambar 15. untuk kedua model kait dengan beban 4 kg menunjukkan jarak pada model kait kedua lebih rendah dibandingkan dengan model kait pertama pada enam orde dari tujuh orde yang terbentuk. Jarak pada orde 1½ model kait pertama lebih rendah dibandingkan model kait kedua.



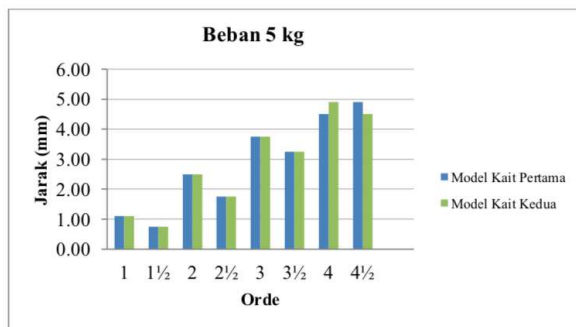
**Gambar 14.** Grafik perbandingan jarak yang terbentuk untuk kedua model kait dengan beban 4 kg.

Pada pembebanan 5 kg, rata-rata tegangan yang bekerja pada daerah tersebut untuk model kait pertama adalah 5,61 MPa dan model kait kedua adalah 6,12 MPa. Hal tersebut dapat diartikan bahwa dengan besarnya beban 5 kg, model kait pertama lebih mampu menahan beban lebih baik dari model kait kedua dengan selisih perbedaan 9,09%. Ada enam nilai tegangan yang sama pada kedua model kait terjadi diposisi yang sama pula dan dua nilai tegangan saja yang terjadi pada posisi berbeda yaitu tegangan 8,16 MPa yang terjadi pada model kait pertama berjarak 4,50 mm dan model kait kedua berjarak 4,90 mm. Tegangan 9,18 MPa yang terjadi pada model kait pertama berjarak 4,90 mm dan model kait kedua berjarak 4,50 mm. Perbandingan lengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Perbandingan jarak tegangan yang terjadi untuk kedua model kait beban 5 kg.

Orde	Tegangan (MPa)	Jarak (mm)	
		Kait Pertama	Kait Kedua
1	2,04	1,10	1,10
1½	3,06	0,75	0,75
2	4,08	2,50	2,50
2½	5,10	1,75	1,75
3	6,12	3,75	3,75
3½	7,14	3,25	3,25
4	8,16	4,50	4,90
4½	9,18	4,90	4,50

Dari tabel 5. kita membuat grafik untuk melihat perbedaan jarak yang terbentuk pada orde tertentu untuk kedua model kait dengan beban 5 kg. Jarak ini dimaksudkan bukan regangan, tetapi jarak terbentuknya orde satu dengan orde lainnya. Grafik perbandingan jarak yang terbentuk pada gambar 16 untuk kedua model kait dengan beban 5 kg menunjukkan jarak pada model kait kedua sama dibandingkan dengan model kait pertama pada enam orde dari delapan orde yang terbentuk. Jarak pada orde 4 model kait pertama lebih rendah dibandingkan model kait kedua. Jarak pada orde 4½ model kait pertama lebih tinggi dibandingkan model kait kedua.



**Gambar 15.** Grafik perbandingan jarak yang terbentuk untuk kedua model kait dengan beban 5 kg.

#### 4. KESIMPULAN

Distribusi tegangan yang terjadi pada kedua model kait ini terdapat pada daerah yang sama untuk semua pembebanan. Model kait pertama lebih mampu menahan beban dibandingkan model kait kedua, selisih perbedaan rata-rata tegangan yang didapat sekitar 22,997%. Jumlah orde yang terbentuk pada model kait kedua lebih banyak dibandingkan dengan model kait pertama.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wawancara dengan Bapak Susanto (*Head Engineering*) dari Bengkel Mitra pada tanggal 17 Juli 2016.
- [2]. Benkar, Chetan N dan N.A. Wankhade. (2014). "Design and Analysis of Crane Hook – Review". *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 3, No. 1, Hal. 2818.
- [3]. Irawan, A.P., Soeharsono dan Sie Wei le. (2007). "Studi Eksperimental Distribusi Tegangan pada Benda Uji Resin Epoxy Berbentuk Hooke dengan Menggunakan Metode Fotoelastisitas". *Poros. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Tarumanagara*, Vol. 10, No. 1, Januari 2007, Hal. 28-40.
- [4]. Singh, Amandeep dan Vinod Rohilla. (2015). "Optimization and Fatigue Analysis of a Crane Hook using Finite Element Method". *International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering (IJMECH)*, Vol.4, No.4, November 2015.
- [5]. Tripathi, Yogesh dan U.K. Joshi. (2013). "Investigation Stress of A lifting Hook with Different Methods: A Review". *International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development*. Vol. 1, No.3, Page. 195.
- [6]. Uddanwadiker, Rashmi. (2011). "Stress Analysis of Crane Hook and Validation by Photo-Elasticity". *Engineering*, 2011, 3, 935-941.
- [7]. Anami, Lilian Costa., dkk. (2015). "Stress Distribution Around Osseointegrated Implants With Different Internal-Cone Connections: Photoelastic and Finite Element Analysis". *Journal of Oral Implantology*, Vol. XLI, No. 2.
- [8]. Magalhaes Cristina Almeida, Perrin Smith Neto, Pedro Americo Almeida Magalhaes Junior, Clovis Sperb de Barcellos. (2013). "Separation of Isochromatics and Isoclinics Phasemaps for the Photoelastic Technique with Use Phase Shifting and a Large Number of High Precision Images". *Metrol. Meas. Syst*, Vol. XX, No. 1, pp. 127-138.
- [9]. Reddy, P. Ravinder., K.B. Jagadeeshgouda., dan Suprit Malagi. (2015). "Analysis of Stress Distribution in a Curved Structure Using Photoelastic and Finite Element Method". *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, Vol. 12, Issue 1 Ver. III (Jan-Feb. 2015), Pg. 112 – 116.
- [10]. Halim, Arifin. (2016). "Distribusi Tegangan Pada Alat Perangkai Gerbong Kereta Api Dengan Menggunakan Metode Fotoelastisitas". *Tesis Pascasarjana* (tidak diterbitkan). Universitas Trisakti. Jakarta.
- [11]. Ramachandra, K dkk. (1984). *Experimental Stress Analysis*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.