

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE JIG UNTUK PROSES PEMBUATAN SEPEDA LIPAT *STUDENT VERSION*

Hendri D.S. Budiono, Ferry Hartanto

Laboratorium Manufaktur  
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI Depok 16424  
Telp. (62)(21) 7270032, Fax (62)(21) 7270033  
e-mail : [hendri@eng.ui.ac.id](mailto:hendri@eng.ui.ac.id)

### Abstrak

*Keberadaan jig pada suatu proses produksi massal sangat penting peranannya terutama untuk menjaga konsistensi kualitas dari tiap benda kerja yang dihasilkan. Pada penggunaannya jig merupakan alat bantu kerja yang berfungsi untuk memegang serta mengorientasikan benda kerja ke arah yang sesuai untuk dilakukan proses pengerjaan berikutnya dan memastikan benda tersebut tidak mengalami pergerakan ketika dikerjakan. Melihat fungsi menjaga kualitas benda kerja, maka kepresisian dimensi dari jig sangatlah penting dalam menghasilkan benda kerja yang diinginkan karena adanya kesalahan dimensi pada jig, maka otomatis dimensi benda kerja juga akan ikut menyimpang dari yang direncanakan. Pada penelitian ini dibahas proses perancangan serta pembuatan dan pengujian jig sehingga mampu menahan gaya pengelasan pada proses pengelasan sepeda lipat pada bagian batang depan, batang tengah dan engselnya. Adanya penyimpangan dimensi jig yang dibuat sebesar  $0,759^0$  untuk pengelasan batang depan dan tengah serta  $0,814^0$  untuk pengelasan batang tengah dan engselnya menunjukkan terjadinya kesalahan dalam proses produksi komponen-komponen dari jig, sementara adanya penyimpangan dimensi benda kerja terhadap jig sebesar  $0,526^0$  dan  $0,479^0$  untuk masing-masing proses menunjukkan kehandalan jig tersebut dalam menahan gaya yang terjadi ataupun mengindikasikan adanya faktor lain yang menyebabkan terjadinya penyimpangan tersebut seperti adanya pengaruh gaya pengerutan yang terus terjadi selama beberapa saat setelah benda kerja dilepaskan dari jignya.*

**Kata kunci:** *Produksi massal, sepeda lipat, jig*

### 1. PENDAHULUAN

Isu pemanasan global saat ini menjadi isu yang paling hangat dibicarakan dan menjadi perhatian utama masyarakat dunia [1]. Dalam rangka merelisasikan komitmennya untuk mengurangi dampak pemanasan global, pemerintah RI telah menyusun beberapa program yang diharapkan dapat berjalan dengan optimal di masyarakat. Salah satu programnya adalah kampanye Stop Global Warming dengan mengurangi pemakaian kendaraan pribadi..

Berkaitan dengan hal tersebut diatas, maka sudah sejak tahun 2006, dirancanglah alat transportasi ramah lingkungan yaitu sepeda yang dapat dilipat, sehingga pengguna yang harus bepergian jauh setiap harinya, dapat menggunakannya dengan mudah tanpa ada kesulitan masalah area bila harus berganti sementara dengan moda transportasi lainnya.

Penelitian tentang sepeda lipat ini telah dilakukan sejak tahun 2006 oleh Departemen Teknik Mesin (DTM) FTUI dengan telah dihasilkannya suatu benda kerja sepeda lipat yang dinamakan SeliqUI [2,3]. Hasil pengembangan berikutnya adalah SeliqUI *student version* (gambar 1) dengan mekanisme pelipatan yang sederhana dan harga yang relatif terjangkau.



Gambar 1 Rancangan SeliqUI Student Version



Rancangan ini akan dibuat secara massal oleh sebab itu kualitas dari setiap sepeda yang di produksi harus dapat dijaga agar jangan sampai terdapat perbedaan kualitas dalam benda kerja yang sejenis terutama dalam hal konsistensi bentuk dan dimensinya karena akan berpengaruh baik pada keergonomisan maupun keamanannya.

Untuk itulah diperlukan sebuah alat bantu yang dinamakan jig yang berfungsi untuk memegang benda kerja secara kokoh ketika dilakukan proses pengerjaan sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan yang diharapkan.

Pada penelitian ini perancangan dan pembuatan dibatasi hanya pada pembuatan prototipe jig pada proses pengelasan batang depan sepeda lipat dengan engselnya (gambar 2) untuk memastikan bahwa baik pada saat melakukan pengelasan maupun setelahnya, dimensi dari rangka tersebut tetap dan sesuai dengan rancangan.



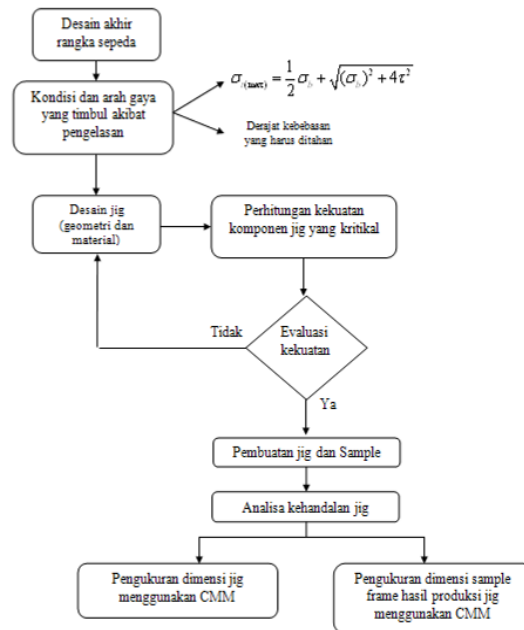
Gambar 2 Batang depan dan engsel dari rangka sepeda lipat

## 2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini, yaitu :  
Perancangan, pembuatan serta pengujian prototipe jig untuk kepentingan manufaktur sepeda lipat secara massal nantinya.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

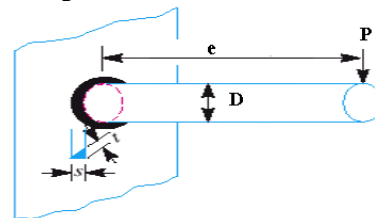
Input pada penelitian ini adalah disain yang telah ada sebelumnya [2,3], kemudian dilakukan analisa arah gaya pengelasan yang mungkin terjadi serta penentuan disain yang sesuai untuk menahan gaya tersebut. Outputnya berupa data hasil pengukuran dimensi jig dan sample menggunakan Coordinate Measuring Machine (CMM). Dari data tersebut dapat dilakukan analisa dari penyimpangan-penyimpangan dimensi yang terjadi (gambar 3).



Gambar 3: Bagan Metodologi Penelitian

## 4. KONDISI PEMBEBANAN

Untuk mengetahui besar dan arah dari gaya penyusutan akibat proses pengelasan yang terjadi dilakukan pendekatan dengan kondisi berikut:



Gambar 4. idealisasi kondisi pembebanan

Output yang diinginkan adalah besar gaya P dengan keseluruhan parameter lainnya diketahui dengan mengasumsikan bahwa maximum normal stress yang terjadi pada daerah pengelasan adalah sama dengan Ultimate Tensile Strength dari material kampuh lasnya.

$$\sigma_{t(max)} = \frac{1}{2} \sigma_b + \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

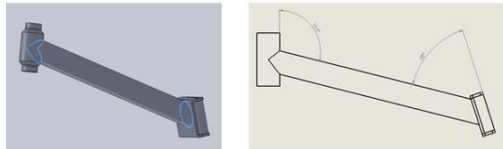
$\sigma_b$  = Bending stress ;  $\tau$  = Direct shear stress

## 5. DEGREE OF FREEDOM PADA BENDA KERJA

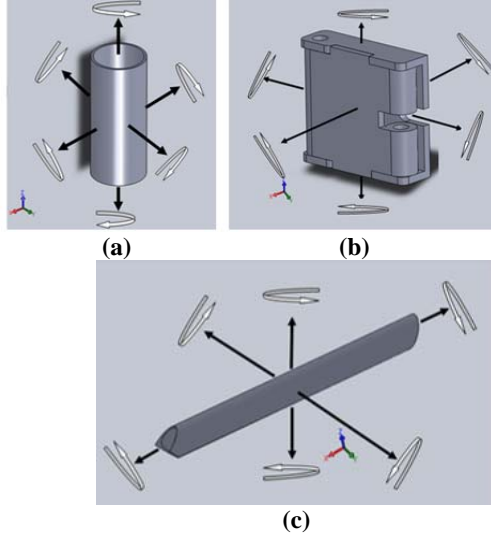
Sebuah jig harus dapat menahan seluruh pergerakan benda kerja pada saat akan dilakukan pengerjaan agar tidak terjadi pergeseran dan menyebabkan kesalahan dimensi [4]. Pada penelitian ini bentuk dan derajat kebebasan



benda kerja yang harus ditahan oleh jig adalah sebagai berikut:



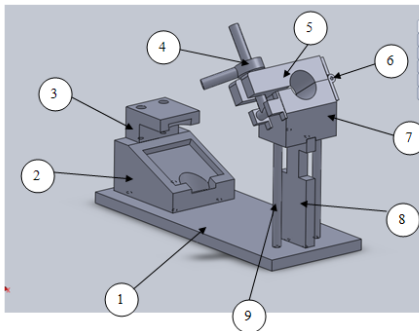
Gambar 5. Daerah pengelasan batang depan dan engsel sepeda lipat



Gambar 6. Arah pergerakan yang mungkin terjadi pada benda kerja (a) batang depan, (b) engsel, (c) batang tengah

## 5. DISAIN AKHIR DAN CARA KERJA JIG

Dengan mempertimbangkan gaya-gaya serta seluruh derajat kebebasan yang harus ditahan oleh jig dan juga faktor kemudahan dalam melakukan proses pengelasan, didapatkan disain akhir jig adalah sebagai berikut

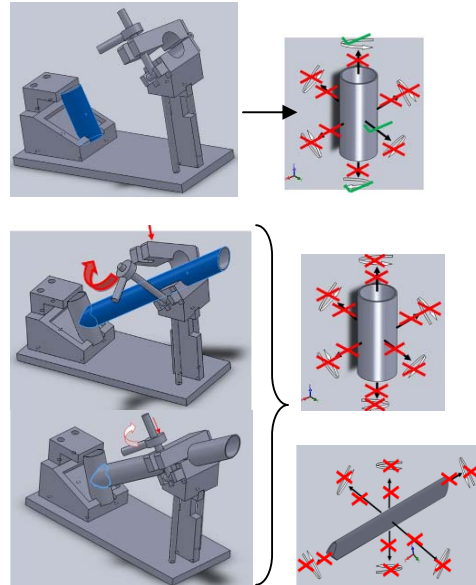


- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1. Base plate    | 6. Engsel           |
| 2. Locator bawah | 7. Locator miring   |
| 3. Locator atas  | 8. Flange penyangga |
| 4. Toggle clamp  | 9. Supporting as    |
| 5. Clamper       |                     |

Gambar 6. Disain akhir jig dan komponen-komponennya

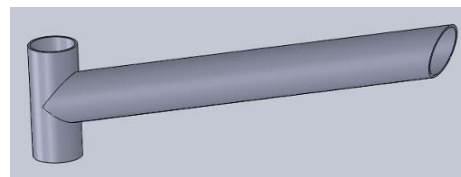
Untuk mengetahui kehandalan jig dalam menahan seluruh derajat kebebasan benda serta cara kerjanya dapat dilihat pada gambar berikut:

### 1. Pengelasan batang tengah-depan



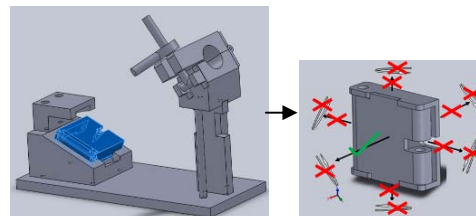
Gambar 7. pengelasan batang tengah-depan

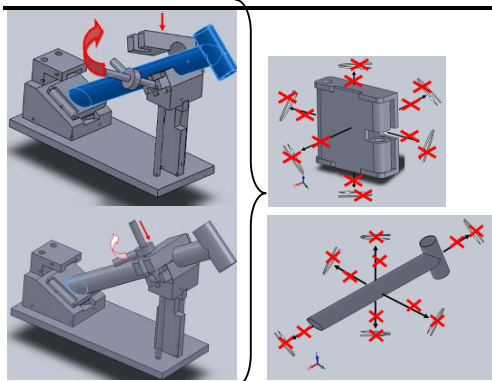
Pada pengelasan ini yang pertama dilakukan adalah menempatkan batang depan pada jig kemudian baru menempatkan batang tengahnya kemudian dilakukan pengencangan menggunakan clamper. Hasil dari proses 1 ini seperti ditunjukkan pada gambar 8 berikut:



Gambar 8. batang depan-tengah

### 2. Pengelasan batang tengah-engsel





Gambar 9. pengelasan batang tengah-engsel

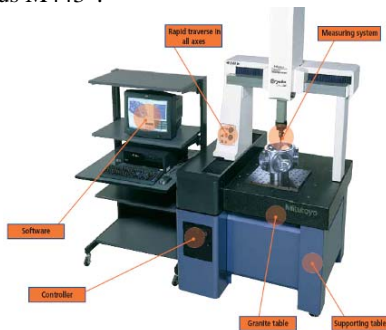
Pada pengelasan ini yang pertama dilakukan adalah menempatkan engsel pada jig kemudian baru menempatkan batang hasil pengelasan pada proses 1. Setelah itu dilakukan pengencangan menggunakan clamper. Hasil dari proses 2 ini seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 10. Benda kerja akhir

## 6. PENGAMBILAN DATA DIMENSI MENGGUNAKAN CMM

Untuk dapat mengetahui sejauh mana kehandalan jig dalam menghasilkan dimensi benda kerja yang dikehendaki serta untuk menganalisa kesalahan - kesalahan yang terjadi dalam proses pembuatannya, dilakukan pengukuran dimensi pada tiap-tiap komponen jig terkait dan juga sampelnya dengan menggunakan Coordinate Measuring Machine (CMM) 3 axis "Mitutoyo-Crysta Plus M443".

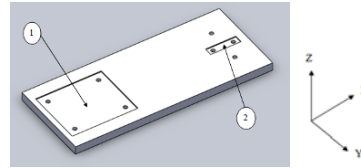


Gambar 11. Crysta Plus M443

### 6.1. Data Hasil Pengukuran Jig

Berikut ini adalah data hasil pengukuran tiap komponen jig yang didapatkan:

#### 6.1.1 Base Plate

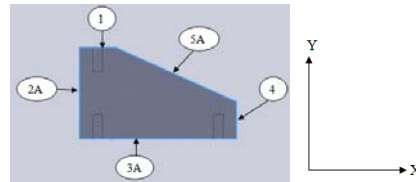


Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	2	0°:17:53	0°:00:00

#### 6.1.2 Locator Bawah

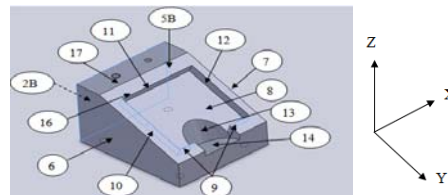
Dalam mengukur beberapa komponen diperlukan beberapa kali pemosisian benda untuk mengukur bidang-bidang yang diperlukan, sementara itu untuk beberapa bidang yang perlu dilakukan pengukuran ulang pada pemosisian berikutnya diberikan notasi A,B, dan seterusnya.

##### 1. Posisi 1



Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	2A	89°:52:35	90°:00:00
2A	3A	89°:55:46	90°:00:00
3A	4	90°:13:05	90°:00:00
2A	4	*130.426 mm	*130 mm
1	5A	155°:54:51	156°:00:00

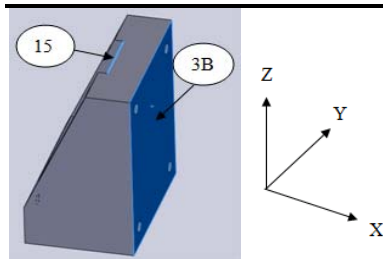
##### 2. Posisi 2



Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
2B	6	90°:04:01	90°:00:00
6	7	0°:04:07	0°:00:00
5B	8	179°:58:41	180°:00:00
10	6	0°:26:28	0°:00:00
11	12	89°:56:55	90°:00:00
9	11	1°:59:41	0°:00:00
16	17	*15.891 mm	*15.464 mm
13	14	89°:37:35	90°:00:00
14	3B	19°:59:30	20°:00:00

##### 3. Posisi 3





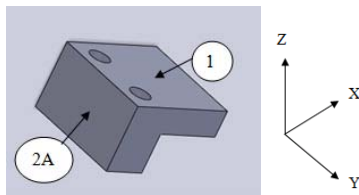
Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
15	3C	*24.506 mm	*25.447 mm

Keterangan:  
\* = pengukuran jarak

### 6.1.3 Locator Atas

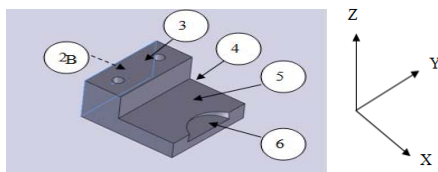
Dalam pengukuran komponen ini dilakukan 2 kali pemosisian benda.

#### 1. Posisi 1



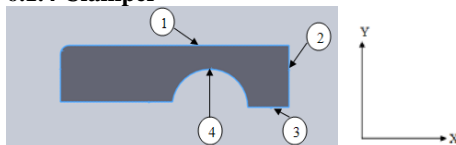
Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	2A	90°:03:25	90°:00:00

#### 2. Posisi 2



Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
2B	3	89°:46:20	90°:00:00
3	5	0°:03:32	0°:00:00
5	6	19°:40:45	20°:00:00
6	4	*34.924 mm	*35mm

### 6.1.4 Clamper

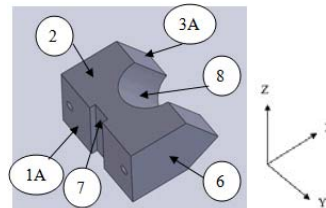


Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	2	90°:10:03	90°:00:00
2	3	89°:46:43	90°:00:00
2	4	179°:39:40	180°:00:00

### 6.1.5 Locator Miring

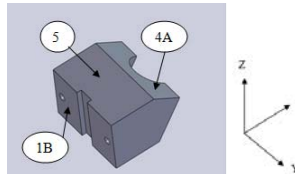
Dalam pengukuran komponen ini dilakukan 3 kali pemosisian benda.

#### 1. Posisi 1



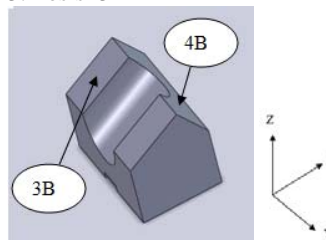
Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1A	2	90°:11:40	90°:00:00
2	3A	123°:39:29	124°:00:00
1A	7	0°:10:24 ** 5.359mm	0°:00:00**5 mm
1A	8	32°:27:28	34°:00:00
6	8	0°:21:20	0°:00:00

#### 2. Posisi 2



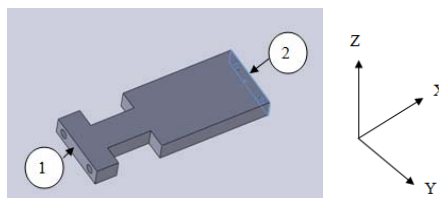
Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1B	5	89°:52:08	90°:00:00
5	4A	146°:10:05	146°:00:00

#### 3. Posisi 3



Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
3B	4B	89°:57:54	90°:00:00

### 6.1.6 Flange Penyangga

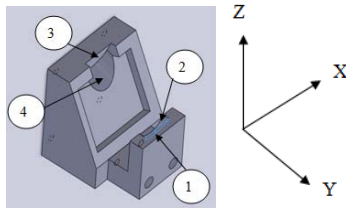


Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	2	1°:40:13 **160.006 mm	0°:00:00 / 160 mm

Keterangan:  
\*\* = pengukuran sudut dan jarak



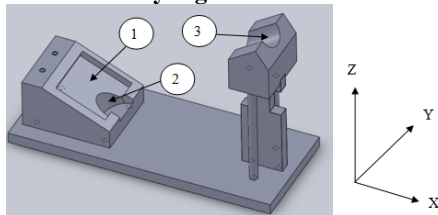
### 6.1.7 Assembly Locator Atas & Bawah



Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	3	1°:06:51 ** 100.040 mm	0°:00:00**100 mm
2	4	0°:39:47	0°:00:00

Keterangan:  
\*\* = pengukuran sudut dan jarak

### 6.1.8 Assembly Jig

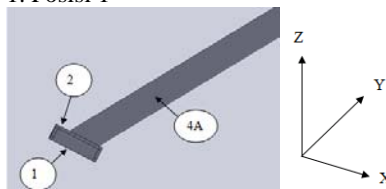


Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	3	58°:48:51	58°:00:00
2	3	104°:45:35	104°:00:00

### 6.2 Data Hasil Pengukuran Sample

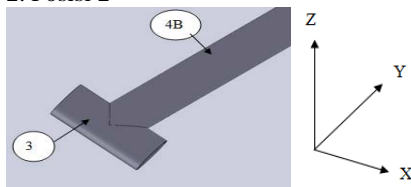
Dalam pengukuran komponen ini dilakukan 2 kali pemosisian benda.

#### 1. Posisi 1



Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
1	2	0°:12:24	0°:00:00
1	4A	59°:17:37	58°:00:00

#### 2. Posisi 2



Bidang	Bidang	Keterangan sudut/jarak	Seharusnya
3	4B	104°:07:59	104°:00:00

## 7. ANALISA KEHANDALAN JIG

Untuk dapat mengetahui kehandalan dari suatu jig dalam proses pembuatannya, dapat dibandingkan antara sudut pengukuran pada jig yang telah dibuat dengan sudut pada disain yang dirancang, sementara untuk dapat mengetahui kehandalan jig dalam menahan gaya pengerjaan, dapat dibandingkan antara dimensi jig yang ada dengan sample yang telah dibuat.

### 7.1 Analisa Pengelasan Batang Tengah-Depan

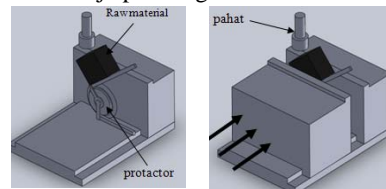


Gambar 12. Grafik perbedaan sudut pengelasan batang depan-batang tengah

Grafik diatas adalah grafik yang menunjukkan sudut-sudut yang terkait dalam proses pengelasan batang depan dan batang tengah yaitu sudut pada disain rancangan yang diinginkan, sudut pada hasil pengukuran jig, dan sudut pada hasil pengukuran sample.

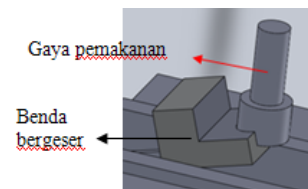
Berdasarkan grafik terlihat adanya penyimpangan sudut antara sudut pada disain dengan sudut hasil pengukuran pada jig yang telah dibuat sebesar 0,759°. Adanya perbedaan sudut ini antara lain dapat disebabkan karena hal-hal berikut:

1. Kesalahan penentuan sudut pada saat pemegangan benda kerja pada ragum.



Gambar 13. Pemegangan benda kerja pada ragum dengan posisi bersudut

2. Benda kerja yang dijepit oleh ragum bergeser ketika dilakukan proses pengerjaan karena gaya penjepitan ragum kurang sempurna.



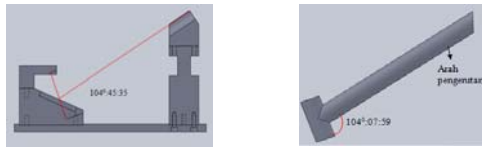
Gambar 14. Pergeseran benda kerja



3. Kesalahan pada saat peng'assembly'an komponen-komponen jig.
4. Kesalahan pada saat melakukan pengukuran menggunakan CMM.

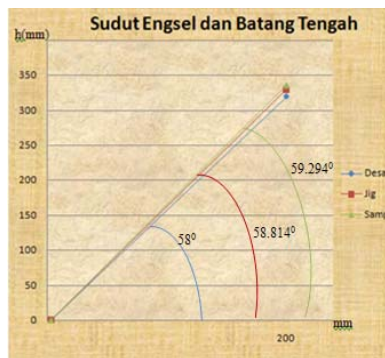
Kemudian jika dibandingkan sudut yang terjadi pada jig hasil pengukuran dengan sample yang dihasilkan maka akan didapatkan error sudut sebesar  $0,526^0$  yang seharusnya tidak terjadi jika jig telah berhasil menahan seluruh pergerakan benda pada saat pengelasan seperti dijelaskan sebelumnya.

Berdasarkan hal tersebut, penyebab terjadinya error ini kemungkinan besar adalah ketika benda kerja telah dilepaskan dari jignya karena pengelasan telah selesai dilakukan, namun distorsi masih terus terjadi karena logam las dibiarkan bergerak leluasa selama proses pendinginan [3]. Hal ini dapat terlihat dimana arah pengerutan benda kerja mengarah ke sudut yang lebih besar yang memiliki throat area (area kampuh las) yang lebih besar dibandingkan sudut yang lebih kecil sehingga gaya penyusutan yang dihasilkannya pun lebih besar dan menyebabkan benda kerja cenderung mengerut kearah sudut yang lebih besar tersebut.



Gambar 15. Pengerutan sudut pada pengelasan batang depan-batang tengah

## 7.2 Analisa Pengelasan Batang Tengah-Engsel



Gambar 16. Grafik perbedaan sudut pengelasan engsel-batang tengah

Grafik diatas adalah grafik yang menunjukkan sudut-sudut yang terkait dalam proses pengelasan batang depan dan batang tengah yaitu sudut pada disain rancangan yang diinginkan, sudut pada hasil pengukuran jig, dan sudut pada hasil pengukuran sample.

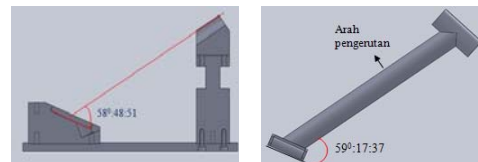
Berdasarkan grafik terlihat adanya penyimpangan sudut antara sudut pada disain dengan sudut hasil pengukuran pada jig yang telah dibuat sebesar  $0,814^0$ . Adanya perbedaan sudut ini antara lain dapat disebabkan karena hal-hal berikut:

1. Kesalahan penentuan sudut pada saat pemegangan benda kerja pada ragum.
2. Benda kerja yang dijepit oleh ragum bergeser ketika dilakukan proses pengerjaan karena gaya penjepitan ragum kurang sempurna.
3. Kesalahan pada saat peng'assembly'an komponen-komponen jig.
4. Kesalahan pada saat melakukan pengukuran menggunakan CMM.

Kemudian jika dibandingkan sudut yang terjadi pada jig hasil pengukuran dengan sample yang dihasilkan maka akan didapatkan temuan error sudut sebesar  $0,479^0$  yang tidak jauh berbeda dibandingkan error yang muncul pada saat pengelasan batang tengah (  $0,526^0$  ).

Sama seperti analisa sebelumnya bahwa kejadian ini pun dapat disebabkan karena distorsi yang terjadi akibat logam las yang dibiarkan bergerak leluasa selama proses pendinginan [5] karena benda kerja telah dilepaskan dari jignya sebelum proses pendinginan tersebut benar-benar telah selesai.

Dengan melihat arah pengerutannya pun akan didapatkan kecenderungan yang serupa yaitu bahwa pengerutan terjadi ke arah sudut yang lebih besar karena memiliki throat area (area kampuh las) yang lebih besar dibandingkan sudut yang lebih kecil sehingga gaya penyusutan yang dihasilkannya pun lebih besar dan menyebabkan benda kerja cenderung mengerut kearah sudut yang lebih besar tersebut.



Gambar 17. Pengerutan sudut pada pengelasan batang tengah-engsel

## 8. KESIMPULAN

Dalam proses rancang bangun serta pengujian jig ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada proses pengelasan batang tengah dan batang depan
  - Terdapat kesalahan/error dari dimensi sudut yang diukur pada jig yang telah dibuat dibandingkan



dengan sudut pada disain rancangan sebesar  $0,759^{\circ}$  akibat kesalahan dalam pembuatan komponen dan pemasangan dari tiap komponen jig.

- Terdapat kesalahan/error dari dimensi sudut yang diukur pada jig yang telah dibuat dibandingkan dengan sudut pada sampel hasil pembuatan sebesar  $0,526^{\circ}$  akibat pengaruh gaya yang terjadi pada saat dilakukan proses pengelasan.
2. Pada proses pengelasan batang tengah dan engsel
    - Terdapat kesalahan/error dari dimensi sudut yang diukur pada jig yang telah dibuat dibandingkan dengan sudut pada disain rancangan sebesar  $0,814^{\circ}$  akibat kesalahan dalam pembuatan komponen dan pemasangan dari tiap komponen jig.
    - Terdapat kesalahan/error dari dimensi sudut yang diukur pada jig yang telah dibuat dibandingkan dengan sudut pada sampel hasil pembuatan sebesar  $0,479^{\circ}$  akibat pengaruh gaya yang terjadi pada saat dilakukan proses pengelasan.
  3. Pada proses pengelasan antara batang tengah dengan batang depan maupun batang tengah dengan engsel terdapat error  $\pm 0,5^{\circ}$  pada dimensi benda kerja dibandingkan dengan dimensi jignya, hal ini kemungkinan besar terjadi akibat gaya pengerutan akibat panas pengelasan masih terus terjadi setelah benda kerja dilepaskan dari jig, hal ini dapat dibuktikan dari arah pengerutan benda kerja tersebut dimana baik pada pengelasan batang tengah-depan maupun batang tengah-engsel keduanya mengalami pengerutan pada sudut yang lebih besar dikerenakan pada daerah sudut yang lebih besar ini memiliki throat area yang lebih besar dibandingkan pada sudut yang lebih kecil sehingga gaya penyusutan yang terjadi pun otomatis menjadi lebih besar juga.

## 9. SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Jika ingin melanjutkan untuk pembuatan jig bagian lainnya, ada baiknya pengerjaan tiap komponen dilakukan menggunakan mesin CNC untuk mendapatkan kepresisian yang lebih baik karena hasil akhir dari benda kerja yang dibuat sangat tergantung kepada kepresisian dimensi dari jignya tersebut.
2. Jangan terpaku pada bentuk jig yang sudah ada, pada jig untuk pengelasan ada baiknya jig tersebut dibuat dinamis (bisa bergerak, berputar, dll) untuk memudahkan posisi pengelas dalam melakukan proses pengelasan.
3. Pada pengukuran menggunakan CMM, ada baiknya sebaran data yang digunakan diperbanyak untuk meminimalisir terjadinya error akibat kesalahan dalam pengukuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] UN's Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Bali. Desember 2007 diunduh dari <http://www.indonesia.go.id/>
- [2] Hendri DS Budiono, Iskandar Muda, Pengujian Dinamis Pada Rangka Sepeda Lipat Menggunakan Strain Gage. Fakultas Teknik UI : 2008
- [3] Hendri DS Budiono, Dedy Rachmat, Pengujian Dinamis Rangka Sepeda Lipat Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga Autodesk Inventor 2008. Fakultas Teknik UI : 2008
- [4] Wiryosumarto, Harsono dan Toshie Okumura. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT Pradya Paramita. 1985.
- [5] Putra, Yudhistira Perdana dan Sungging Pintowantoro. *Analisa Tegangan Sisa dan Distorsi Pada Pengelasan Fillet T-Joint Dengan Metode Elemen Hingga*. Diakses pada Maret 2010 dari <http://digilib.its.ac.id/public/TTS-Undergraduate-7858-2703100008-jurnal.pdf>

