

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Uji Tarik Spesimen Hasil FSW

Data yang diperoleh dalam penelitian ini merupakan hasil dari pengujian tarik sesuai dengan penjelasan pada bab sebelumnya bahwa sebelum dilakukan pengujian tarik, benda kerja harus dibentuk sesuai standart ASTM E8 lalu dilakukan pengujian kekuatan tarik di laboratorium struktur Teknik Sipil Universitas Negeri Malang. Dimana pengujian kekuatan tarik ini untuk mengetahui nilai *Ultimate Tansile Strenght* (UTS) dari hasil FSW. Pada Tabel 4.1 menunjukkan gaya tarik pada setiap dilakukan penarikan dan Tabel 4.2 merupakan nilai *ultimate tansile strenght* (UTS) pada saat pengujian tarik.

Tabel 4.1

Gaya Tarik Saat Pengujian Kekuatan Tarik

No	Gaya Tekan	Gaya Tarik (Mpa)		
		A	B	C
1	13000 N	2	2,4	3
2	14000 N	1,7	2,8	3
3	15000 N	3,4	2,2	1,7

Tabel 4.2

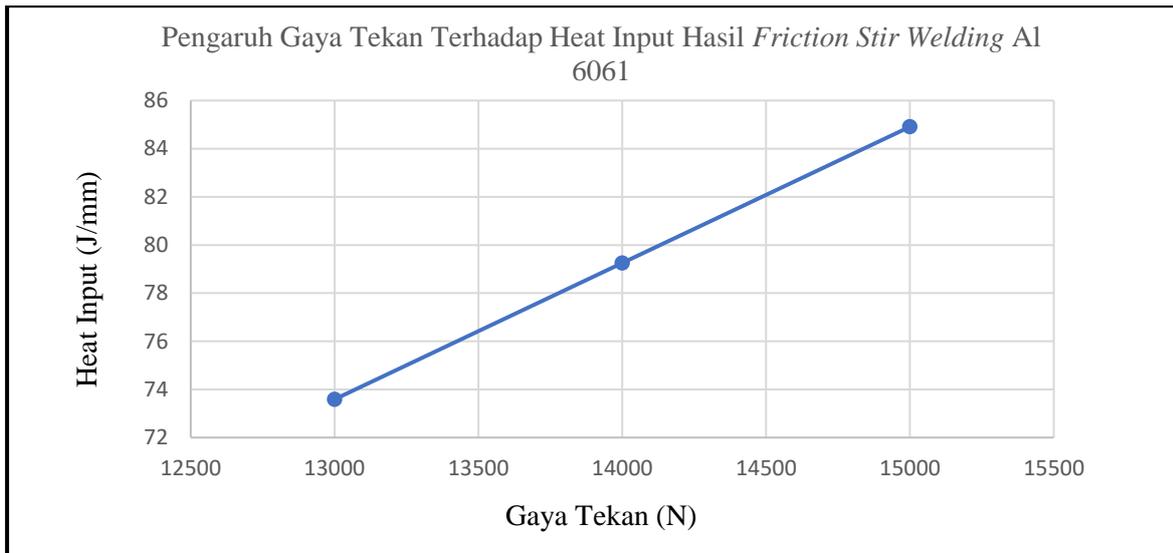
Data *Ultimate Tansile Strenght* (UTS)

No	Gaya Tekan (N)	<i>Rotational Speed</i> (rpm)	<i>Welding Speed</i> (mm/min)	<i>Temperatur Pengelasan</i> (°C)	<i>Heat Input</i> (J/mm)	<i>Ultimate Tensile Strength</i> (Mpa)	<i>Average UTS</i> (Mpa)
1	13000 N	1095	200	557	73,59	93	115
		1095	200	478		112	
		1095	200	433		140	
2	14000 N	1095	200	542	79,25	80	117
		1095	200	517		131	
		1095	200	418		140	
3	15000 N	1095	200	420	84,91	159	114
		1095	200	486		104	
		1095	200	573		80	

### 4.2 Pembahasan

#### 4.2.1 Hubungan Gaya Tekan Terhadap *Heat Input* Hasil *Friction Stir Welding*

Pada Gambar 4.1 dapat diketahui pengaruh gaya tekan terhadap *heat input* dan Gambar 4.2 dapat diketahui nilai kekuatan tarik hasil *friction stir welding* dengan variasi gaya tekan pada aluminium 6061.



Gambar 4.1 Grafik hubungan pengaruh gaya tekan terhadap *heat input* hasil *friction stir welding* pada aluminium 6061

Pada Gambar 4.1 merupakan grafik hubungan gaya tekan terhadap *heat input* hasil *friction stir welding* pada aluminium 6061. Dari grafik tersebut terjadi peningkatan *heat input* mulai dari gaya tekan 13000 N sampai 15000 N dengan nilai *heat input* tertinggi 84,91 J/mm yang terjadi pada gaya tekan 15000 N. Lalu mengalami penurunan *heat input* pada gaya tekan 14000 N dengan 79,25 J/mm dan *heat input* terendah terdapat pada gaya tekan 13000 N yaitu 73,59 J/mm. *Heat input* merupakan panas yang dihasilkan ketika *friction tool* dengan *base metal* mulai bergesekan, panas dihasilkan oleh proses pencampuran mekanis dan panas adiabatik yang ada didalam material sehingga menyebabkan material melunak tanpa mencapai titik lelehnya. *Heat input* menurut N. Rajamanickam, (2016) terjadi karena dipengaruhi oleh beberapa parameter proses *friction stir welding*, seperti: koefisien gesek, gaya tekan, diameter pin dan *shoulder* serta *rotational speed*. Sehingga didapatkan persamaan *heat input* sebagai berikut.

$$Q = \frac{1}{2} \mu F_N (R_i + R_o) \omega \quad (2-1)$$

Dengan:

Q = Kalor yang dihasilkan (J/mm)

$\mu$  = Koefisien gesek (Aluminium dan Baja = 0,47) Sumber : M. Ihsan, (2008)

$F_N$  = Gaya tekan (N) (13000, 14000, 15000 N)

$R_i$  = Diameter pin (mm) (7 mm)

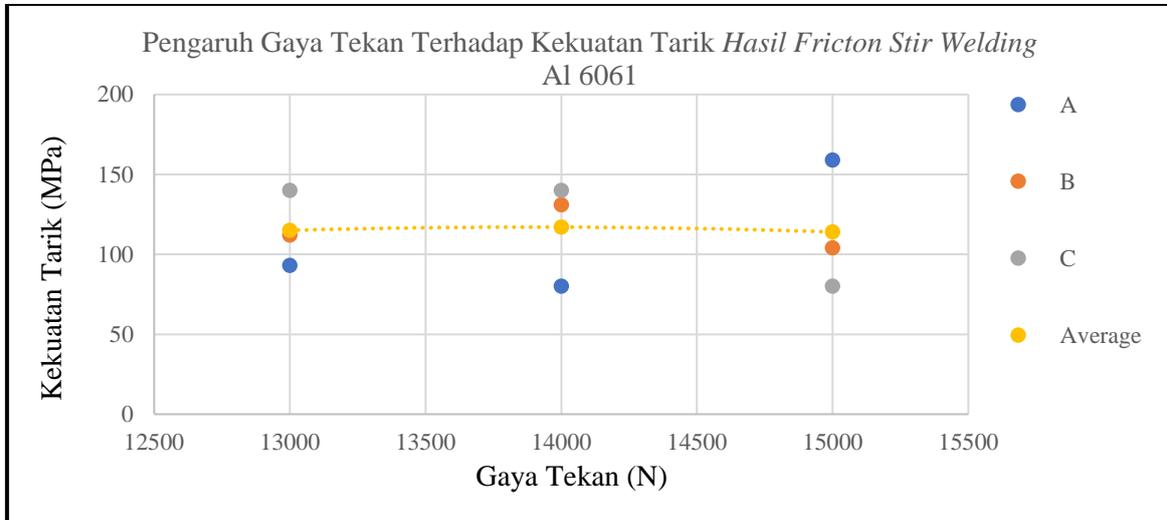
$R_o$  = Diameter *shoulder* (mm) (15 mm)

$\omega$  = *Rotational speed* (rpm) (1095 rpm)

Dari persamaan *heat input* diatas dapat dilihat bahwa gaya tekan merupakan salah satu parameter proses *friction stir welding* yang dapat memengaruhi nilai *heat input* yang

dihasilkan. Semakin besar gaya tekan yang diberikan ketika proses *friction stir welding* akan menghasilkan *heat input* yang besar pula.

#### 4.2.2 Hubungan Gaya Tekan Terhadap Kekuatan Tarik Hasil *Friction Stir Welding*



Gambar 4.2 Grafik hubungan pengaruh gaya tekan terhadap kekuatan tarik hasil *friction stir welding* pada aluminium 6061

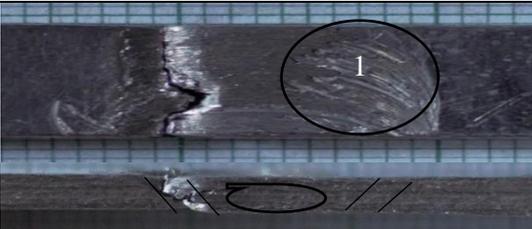
Pada Gambar 4.2 diatas merupakan grafik hubungan pengaruh gaya tekan terhadap kekuatan tarik hasil *friction stir welding* pada aluminium 6061. Dari grafik diatas dapat dilihat kekuatan tarik dengan rata - rata terbesar terjadi pada gaya tekan 14000 N dengan nilai kekuatan tarik 117 Mpa lalu pada gaya tekan 13000 N mengalami penurunan nilai rata - rata kekuatan tarik menjadi 115 Mpa dan kekuatan tarik dengan rata-rata terendah terdapat pada gaya tekan 15000 N dengan nilai kekuatan tarik 114 Mpa. Besarnya gaya tekan yang diberikan akan menghasilkan *heat input* yang besar pula. Dengan gaya tekan yang rendah seperti pada variasi gaya tekan 13000 N akan menghasilkan *heat input* yang rendah pula sehingga proses rekristalisasi kurang optimal. Meningkatnya gaya tekan akan menghasilkan *heat input* yang besar pula yang membuat meningkatnya temperatur pada *weld nugget* dan menyebabkan berkembangnya butiran yang mengalami rekristalisasi. Sehingga gaya tekan berpengaruh signifikan pada proses *friction stir welding*. Pada gaya tekan 14000 N terjadi penurunan rata-rata kekuatan tarik terjadi karena 2 faktor yaitu, Seperti temperatur pada *weld nugget* yang sangat tinggi dan terjadinya penyusutan luas penampang pada daerah pengelasan akibat dari besarnya gaya tekan yang diberikan.

#### 4.3 Analisis Patahan

Analisa patahan bertujuan untuk mengetahui lebih detail material lasan dan jenis patahan setelah mengalami pengujian kekuatan tarik. Berikut ini hasil foto patahan dari

spesimen hasil *friction stir welding*. Metode foto patahan ini menggunakan kamera DSLR Canon eos 650 dengan lensa standar perbesaran 50 mm serta jarak lensa 20 cm terhadap spesimen.

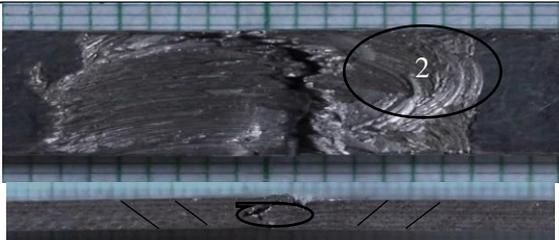
#### 1. Gaya Tekan 13000 N

Gaya Tekan	Foto Patahan	Keterangan
13000 N		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Surface tearing</i></li> <li>2. Patahan getas</li> <li>3. Patahan di HAZ</li> </ol>

Gambar 4.3 Foto patahan spesimen setelah uji tarik dengan gaya tekan 13000 N

Pada Gambar 4.3 merupakan foto patahan dari spesimen dengan gaya tekan 13000 N. Dapat dilihat pada spesimen setelah dilakukan pengujian kekuatan tarik tidak terjadinya kemuluran pada sambungan las disebabkan rendahnya gaya tekan yang diberikan yang berakibat panas yang dihasilkan pada saat pengelasan menjadi tidak cukup yang membuat proses rekristalisasi kurang optimal menyebabkan kekuatan tariknya rendah. Tidak terjadinya *necking* pada patahan tersebut hal ini terjadi proses rekristalisasi kurang optimal pada *stir zone*, sehingga patahan tersebut merupakan patahan getas. Pada gaya tekan 13000 N lokasi patahan terletak pada HAZ hal ini terjadi karena kurangnya *heat input* yang dihasilkan.

#### 2. Gaya Tekan 14000 N

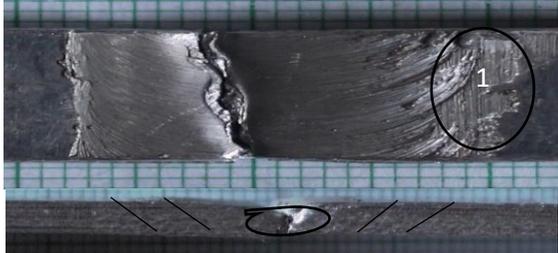
Gaya Tekan	Foto Patahan	Keterangan
14000 N		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Patahan getas</li> <li>2. <i>Surface tearing</i></li> <li>3. Patahan di <i>weld nugget</i></li> </ol>

Gambar 4.4 Foto patahan spesimen setelah uji tarik dengan gaya tekan 14000 N

Pada Gambar 4.4 merupakan foto patahan dari spesimen dengan gaya tekan 14000 N. Dapat dilihat pada spesimen setelah dilakukan pengujian kekuatan tarik pada patahan tersebut berbentuk tegak lurus terhadap arah pembebanan (*loading direction*) hal itu dikarenakan kekuatan pada sambungan pengelasan kurang maksimal hal ini terjadi karena adanya cacat di permukaan *weld nugget*. Tidak terjadinya *necking* pada patahan tersebut hal ini terjadi proses rekristalisasi kurang optimal pada *stir zone*, sehingga patahan tersebut merupakan patahan getas. Adanya *surface tearing* disebabkan oleh kurangnya penekanan yang diberikan membuat permukaan lasan pecah. Serta lokasi

patahan terletak pada *weld nugget* yang disebabkan karena kurangnya aliran material yang mengalami pelunakan.

### 3. Gaya Tekan 15000 N

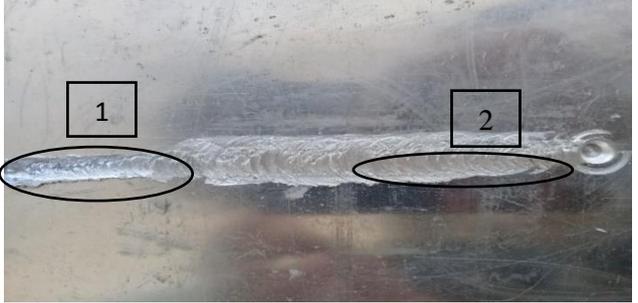
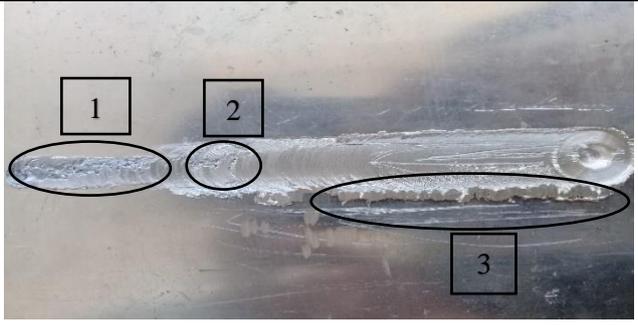
Gaya Tekan	Foto Patahan	Keterangan
15000 N		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Weld flash</i></li> <li>2. Patahan ulet</li> <li>3. Patahan di <i>weld nugget</i></li> </ol>

Gambar 4.5 Foto patahan spesimen setelah uji tarik dengan gaya tekan 15000 N

Pada Gambar 4.5 merupakan foto patahan dari spesimen dengan gaya tekan 15000 N. Dapat dilihat pada spesimen setelah dilakukan pengujian kekuatan tarik pada patahan tersebut membentuk sudut  $45^\circ$  terhadap arah pembebanan (*loading direction*) dan terjadi *necking* pada daerah pengelasan hal ini terjadi karena deformasi plastis yang cukup besar pada daerah patahan sehingga permukaan patahan terlihat kasar dan berserabut, hal ini merupakan jenis patahan ulet. Pada permukaan lasan terjadi *weld flash* yang disebabkan besarnya *heat input* pada saat pengelasan yang membuat lapisan *base metal* mengelupas lalu mejadi *weld flash*. Serta lokasi patahan terletak pada *weld nugget* yang disebabkan karena kurangnya aliran material yang mengalami pelunakan.

#### 4.4 *Weld Morphology*

Kualitas hasil pengelasan *friction stir welding* dapat dilihat dari morfologi pengelasannya. Berikut ini penampilan permukaan hasil *friction stir welding* pada aluminium 6061.

Gaya Tekan (N)	Weld Morphology	Keterangan
13000		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Surface Irragularitis</i></li> <li>2. <i>Surface Tearing</i></li> </ol>
14000		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Surface Irragularitis</i></li> <li>2. <i>Surface Tearing</i></li> <li>3. <i>Weld Flash</i></li> </ol>
15000		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Weld Flash</i></li> </ol>

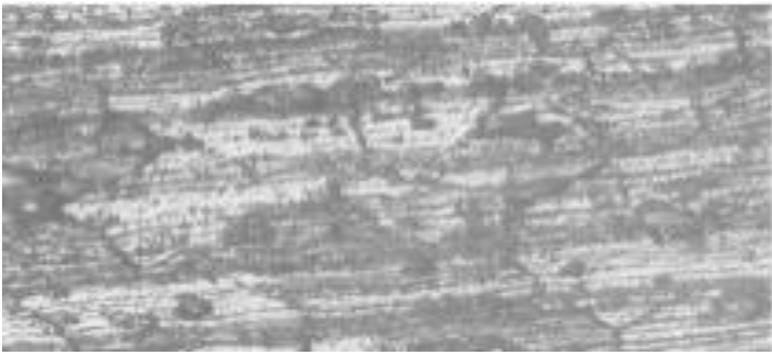
Gambar 4.6 Weld morphology dengan variasi gaya tekan 13000, 14000, 15000 N

Pada analisis morfologi pengelasan hasil *friction stir welding* seperti pada Gambar 4.6 dengan variasi gaya tekan 13000 N dan 14000 N terdapat *surface tearing* yaitu cacat pengelasan yang disebabkan oleh kurangnya gaya tekan yang diberikan oleh *friction tool* pada spesimen benda kerja. Sedangkan pada variasi gaya tekan 13000 N dan 14000 N juga terdapat *surface irregularitis* hal ini dikarenakan adanya beberapa material permukaan yang ikut teraduk pada awal pengelasan serta suhu pengelasan yang masih rendah pada saat *dwel time*. Pada variasi gaya tekan 14000 N dan 15000 N terdapat *weld flash* yang disebabkan oleh besarnya gaya tekan yang diberikan yang membuat *heat input* yang dihasilkan menjadi lebih besar sehingga pada *reatreating side* dan *advancing side* menimbulkan *weld flash*.

#### 4.5 Analisis Mikrostruktur

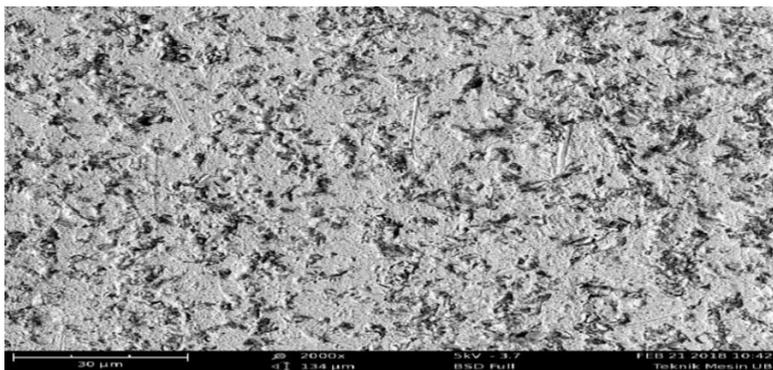
Analisis mikrostruktur bertujuan untuk menganalisis struktur butiran pada daerah *weld nugget*. Analisis mikrostruktur menggunakan *scanning electron microschoop* tipe phantom G2 pro dengan perbesaran 2000x sehingga struktur butiran dapat diketahui lebih jelas, seperti Gambar 4.7 sampai Gambar 4.10.

Mikrostruktur *base metal* aluminium 6061



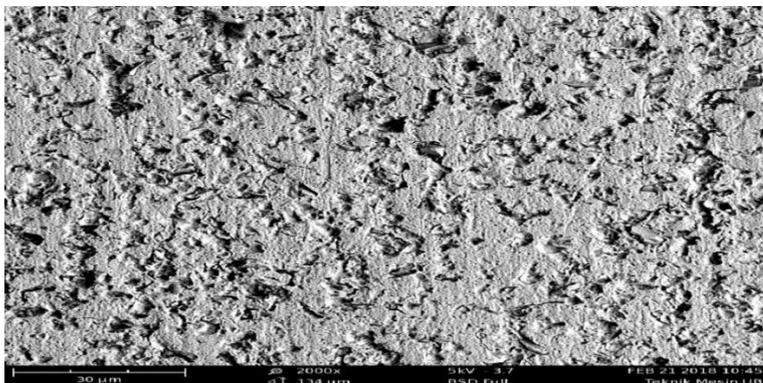
Gambar 4.7 Mikrostruktur *base metal* pada aluminium 6061

1. Gaya Tekan 13000 N



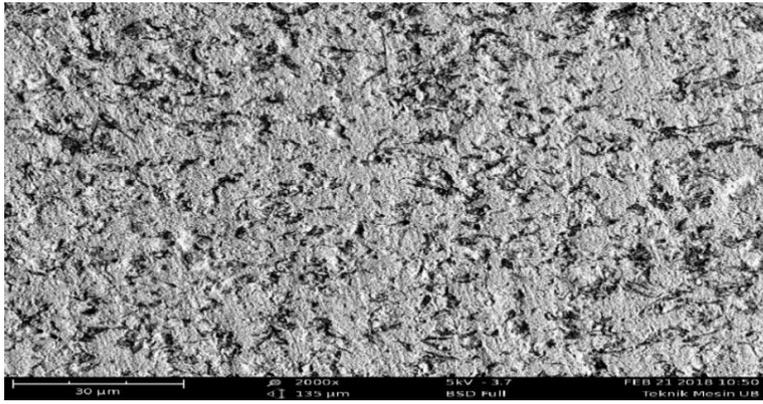
Gambar 4.8 Mikrostruktur daerah *weld nugget* dengan variasi gaya tekan 13000 N

2. Gaya Tekan 14000 N



Gambar 4.9 Mikrostruktur daerah *weld nugget* dengan variasi gaya tekan 14000 N

## 3. Gaya Tekan 15000 N



Gambar 4.10 Mikrostruktur daerah *weld nugget* dengan variasi gaya tekan 15000 N

Dalam analisis mikrostruktur dapat mengetahui pola aliran, struktur butir dan orientasi bentuk butir menggunakan *scanning electron microschoop* dengan pembesaran 2000x pada daerah *weld nugget*. Pada variasi gaya tekan 13000 N struktur butir terlihat memanjang hal ini dikarenakan gaya tekan yang diberikan terlalu rendah yang membuat temperatur pada *weld nugget* menjadi kurang optimal sehingga rekristalisasi tidak terjadi sempurna. Temperatur yang dihasilkan pada proses *friction stir welding* menyebabkan logam induk mengalami perubahan sifat mekanik yang bergantung terhadap besarnya gaya tekan yang diterima. Pada penelitian ini menggunakan variasi 3 gaya tekan yang berbeda yaitu 13000, 14000, 15000 N. Pada saat *friction stir welding* berlangsung logam induk mengalami pelunakan akibat panas yang diterima sehingga terjadi proses rekristalisasi yang membuat atom atom mengalami pergerakan serta akibat dari pendinginan yang sangat cepat menyebabkan berkembangnya butiran yang mengalami rekristalisasi. Hal ini yang dapat membuat struktur butir pada variasi gaya tekan 15000 N menjadi lebih halus dikarenakan rekristalisasi material yang mengalami pelunakan cukup baik sehingga pada gaya tekan 15000 N menghasilkan kekuatan tarik yang optimal.