

## Perancangan Proses Pembuatan Reaktor Pirolisis Model Horizontal Kapasitas 75 Kg/Jam

Eka Maulana<sup>1</sup>, Briyan Nul Fajri<sup>1,\*</sup>, Didik Mahardika<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jagakarsa Jakarta Selatan, 12640,  
Indonesia

\*e-mail: briyanulf@gmail.com

### ABSTRAK

Reaktor pirolisis adalah alat pengurai senyawa – senyawa kimia yang dilakukan dengan cara pemanasan tanpa tercampur dengan udara luar. Cara kerja pada reaktor pirolisis plastik ini adalah dengan cara memanaskan ruang tungku menggunakan burner terlebih dahulu, memasukan plastik melalui saluran masuk (*hopper*) kemudia plastik akan dipanaskan didalam tungku reaktor yang memiliki suhu sekitar 350°C - 480 °C, dan akan terjadi perubahan pada plastik menjadi uap. Metode yang digunakan dalam proses pembuatan adalah dengan metode DFMA (*Design For Manufacturing and Assembly*) yang dimana dalam metode ini dibagi menjadi dua bagian yaitu DFM (*Design For Manufacturing*) dan DFA (*Design For Assembly*). Untuk setiap kali proses manufaktur yang dilakukan mengacu pada SOP (*Standard operation Procedure*) yang telah dibuat. dalam pembuatan reaktor pirolisis ini terdapat 16 SOP dengan estimasi waktu pengerjaan 27,6 sama dengan 3,5 hari dan proses perakitan dikerjakan secara *parallel*, sedangkan estimasi waktu pengerjaan berdasarkan OPC (*Operation Procedure Chart*) adalah 23 jam sama dengan 3 hari.

**Kata kunci** : Reaktor Pirolisis, DFMA

### ABSTRACT

*Pyrolysis reactors are chemical decomposers which are carried out by heating without being mixed with outside air. The workings of this plastic pyrolysis reactor is to heat the furnace chamber using a burner first, inserting the plastic through the inlet (hopper) then the plastic will be heated in the reactor furnace which has a temperature of around 350°C - 480°C, and there will be a change of plastic into steam. The method used in the manufacturing process is the DFMA (Design for Manufacturing and Assembly) method which in this method is divided into two parts namely DFM (Design for Manufacturing) and DFA (Design For Assembly). For each time the manufacturing process is carried out refers to the SOP (Standard operation Procedure) that has been made. In making this pyrolysis reactor there are 16 SOPs with an estimated work time of 27.6 equal to 3.5 days and the assembly process is done in parallel, while the estimated processing time based on the OPC (Operation Procedure Chart) is 23 hours equal to 3 days.*

**Keywords:** *Pyrolysis Reactor, DFMA.*

## 1. PENDAHULUAN

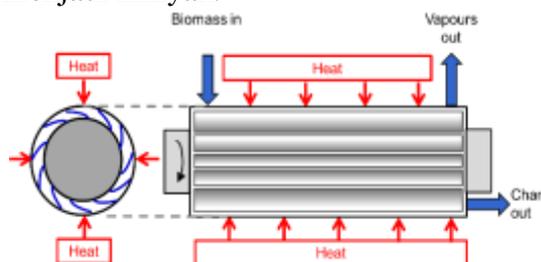
Sejak ditemukannya plastik pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang-barang yang berbahan dasar plastik semakin meningkat. Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari kemajuan teknologi, industri dan jumlah populasi penduduk. Semakin banyak penggunaan barang berbahan plastik mengakibatkan meningkatnya limbah plastik. Limbah ini dapat menyebabkan dampak buruk pada lingkungan yang dikarenakan proses terurainya yang sangat lama.

Pirolisis adalah proses penurunan sifat termal dari material-material polimer atau plastik dengan pemanasan tanpa adanya oksigen, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pada saat proses tersebut, struktur kimia hidrokarbon akan berubah menjadi struktur hidrokarbon yang baru. Selanjutnya proses pendinginan dilakukan pada gas tersebut sehingga akan mengalami kondensasi dan membentuk cairan. Cairan inilah yang nantinya menjadi bahan bakar minyak.

## TEORI DASAR

### A. Reaktor Pirolisis

Reaktor pirolisis plastik adalah alat pengurai senyawa – senyawa kimia yang dilakukan dengan cara pemanasan tanpa tercampur dengan udara luar. Sebuah reaktor adalah alat utama dalam proses pirolisis yang dimana bahan baku diubah menjadi minyak.



**Gambar 1.** Reaktor pirolisi

Cara kerja pada reaktor pirolisis plastik ini adalah dengan cara memasukkan plastik melalui saluran masuk (*hopper*)

kemudian plastik akan dipanaskan didalam tungku reaktor yang memiliki suhu sekitar 350°C - 480 °C, dan akan terjadi perubahan pada plastik menjadi uap dan cair. Uap hasil pemanasan akan keluar menuju proses selanjutnya dan uap cair sisa pemanasan akan keluar kesaluran sisa proses pemanasan.

### B. Bagian-bagian Utama Reaktor Pirolisis

#### 1. Tungku Reaktor

Tungku reaktor pirolisis adalah tempat untuk pemanasan dari reaktor pirolisis yang didalam tungku tersebut memiliki suhu berkisar 600° - 800°, tungku reaktor ini dibuat dengan penambahan lapisan batu tahan api guna mencegah panas berlebih keluar dari dalam tungku.

#### 2. Screw dan Barrel

Screw pada reaktor pirolisis berfungsi sebagai poros pendorong dan pengaduk cacahan plastik yang telah meleleh pada bagian dalam barrel. Barrel adalah komponen pasangan screw yang berbentuk selongsong yang merupakan ruang pemanas, dimana screw berada didalamnya. Barrel berfungsi sebagai tempat plastifikasi, tempat dimana terjadinya proses pemanasan dan pengadukan cacahan plastik.

#### 3. Motor Listrik

Motor listrik merupakan komponen untuk menggerakkan suatu alat atau kendaraan, motor penggerak ini dibagi menjadi dua jenis yaitu motor AC dan motor DC. Dimana motor listrik ini menggerakkan screw pada barrel.

### C. Proses Manufaktur Reaktor Pirolisis

Pada proses pembuatan reaktor pirolisis terdapat beberapa proses pengerjaan yaitu:

#### 1. Cutting

Proses memotong dilakukan untuk memperoleh dimensi atau ukuran yang diinginkan sesuai dengan desain yang

telah dibuat. Setiap pengerjaan proses pemotongan terdapat rumus perhitungan untuk mendukung hasil dari pengerjaan pemotongan secara maksimal. Berikut adalah rumus gaya pemotongan:

- Gaya untuk pemotongan plat

$$F_s = 0.8 \times U \times s \times \sigma$$

Dimana:

$F_s$  = Gaya potong [N]

$U$  = Keliling potong [mm]

$s$  = Tebal benda potong [mm]

$\sigma$  = Tegangan tarik maksimum benda yang dipotong [N/mm<sup>2</sup>].

- Rumus mencari gerak makan radial pada mesin gerinda

$$Fr = \frac{ap(1+k)}{K} = \frac{dw \times lw}{G \times ds \times bs}$$

Dimana:

$Fr$  = Gerak makan radial yang diatur pada mesin [mm/langkah]

$ap$  = Kedalaman penggerindaan yang diinginkan [mm]

$K$  = Kompensasi karena keausan batu gerinda dan pengecilan diameter benda kerja.

$dw$  = Diameter (mula) benda kerja [mm]

$lw$  = Panjang benda kerja yang digerinda [mm]

$ds$  = Diameter (mula) gerinda [mm]

$bs$  = Lebar (aktif) gerinda [mm]

$G$  = Rasio penggerindaan

- Perhitungan gaya potong gerinda

$$F_t = \frac{E_{sp} \times Z}{v_s}$$

$$Z = Fr \times bs \times V_{ft}$$

Dimana:

$Z$  = kecepatan penghasil gram.

$Fr$  = Gerak makan radial [mm/langkah]

$bs$  = lebar batu gerinda [mm]

$V_{ft}$  = kecepatan makan tangensial [mm/s]

$E_{sp}$  = Energi penggerindaan spesifik [J/mm]

## 2. Drilling

Pada saat proses pelubangan ujung mata bor menempel pada benda kerja bram (*chips*) harus keluar melalui alur

helix pahat keluar lubang untuk menghasilkan pelubangan sempurna.

Pada proses pembuatan lubang tentunya mata pahat yang digunakan harus sesuai dengan bahan benda kerja yang mempunyai sudut - sudut yang berbeda besarnya. Berikut adalah tabel Geometri mata bor :

**Table 1.** Geometri mata bor

Jenis bahan	Carbide Drills Meter/merit	HSS Drills Meter/merit
Aluminium dan paduannya	200 – 300	80 – 150
Kuningan dan Bronze	200 – 300	80 – 150
Bronze liat	70 – 100	30 – 50
Besi tuang lunak	100 – 150	40 – 75
Besi tuang sedang	70 – 100	30 – 50
Tembaga	60 – 100	25 – 50
Besi tempa	80 – 90	30 – 45
Magnesium dan paduannya	250 – 400	100 – 200
Monel	40 – 50	15 – 25
Baja mesin	80 – 100	30 – 55
Baja lunak	60 – 70	25 – 35
Baja alat	50 – 60	20 – 30
Baja tempa	50 – 60	20 – 30
Baja dan paduannya	50 – 70	20 – 35
Stainless steel	60 – 70	25 – 35

Berikut rumus yang digunakan pada proses drilling:

- Kecepatan Potong  

$$n = \frac{1000 C_s}{\pi d}$$

dimana:

$n$  = Kecepatan Putaran Setiap Menit (rpm) = 3.14

$C_s$  = Kecepatan Potong (m/min)

$D$  = Diameter *Drill* (mm)

- Kedalaman Potong

$$a = \frac{d}{2}$$

dimana:

$a$  = Kedalaman Potong (mm)

$d$  = Diameter Pahat (mm)

- Kecepatan Makan  

$$V_f = f \times n$$

dimana:

$f$  = gerak makan (mm/r)

$n$  = putaran poros utama (r/min)

## 3. Rolling

Pengerolan dapat dipahami sebagai pembentukan dengan cara menjepit pelat diantara dua rol dimana dalam hal ini terdapat rol penekanan dan rol utama yang saling berputar berlawanan arah sehingga dapat menjepit dan menggerakkan pelat. Gaya yang dibutuhkan pada saat proses pengerolan sebagai berikut:

$$F = \frac{(UTS) LT^2}{w}$$

dimana:

- F = Gaya Roll (N)
- T = Tebal (mm)
- UTS = *Ultimate Tensile Strength* (Mpa)
- W = Lebar dies (mm)
- L = Panjang yang akan diroll (mm)

#### 4. Pengelasan SMAW

Pengelasan busur elektroda terbungkus *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) adalah proses pengelasan yang perpaduan logam-logamnya dihasilkan melalui panas dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda terbungkus dan permukaan logam yang dilas. Dalam pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks.

Selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak yang berfungsi sebagai lapisan pelindung logam las terhadap oksidasi udara sekitar serta menghasilkan gas yang melindungi butiran-butiran logam cair dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ke tempat sambungan. Panas yang dihasilkan dari lompatan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000 °C sampai 4500 °C. Sumber tegangan yang digunakan pada pengelasan SMAW ini ada dua macam yaitu AC (Arus bolak balik) dan DC (Arus searah).

**Table 2.** Penentuan arus berdasarkan elektrodanya

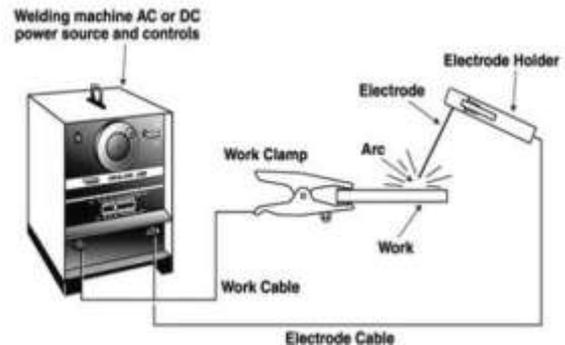
No	Diameter Elektroda		Bear Arus
1	1/16 Inchi	1,5 mm	20-40 Amper
2	5/64 Inchi	2,0 mm	30-60 Amper
3	3/32 Inchi	2,5 mm	40-80 Amper
4	1/8 Inchi	3,2 mm	70-120 Amper
5	5/32 Inchi	4,0 mm	120-170 Amper
6	3/16 Inchi	4,8 mm	140-240 Amper
7	1/4 Inchi	6,4 mm	200-350 Ampere

Adapun perlengkapan Las SMAW adalah :

1. Transformator DC/AC
2. Kabel massa dan kabel elektroda
3. *Holder* dan klem massa
4. Elektroda
5. *Connectors*

#### 6. Palu *cipping*

7. Sikat kawat dan alat perlindungan diri yang sesuai.

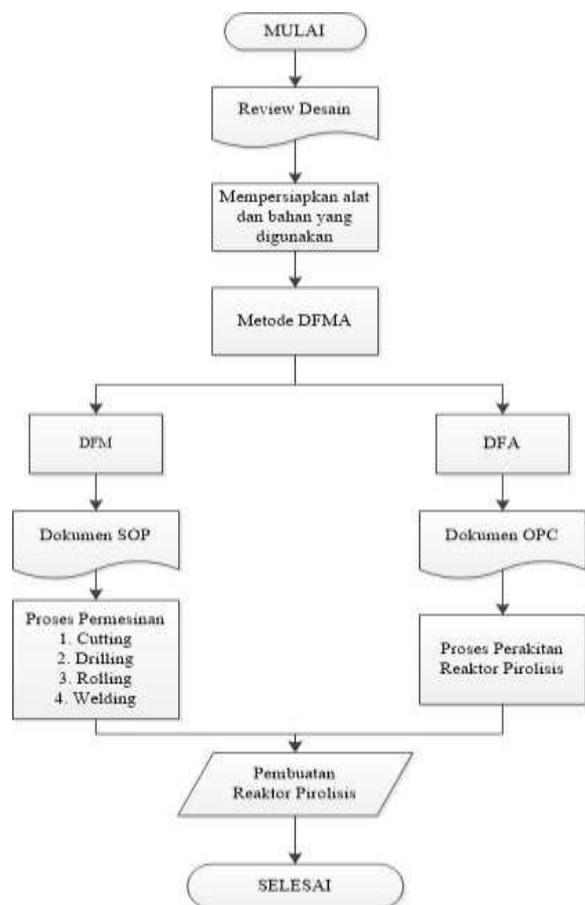


**Gambar 2.** Peralatan las SMAW

## 2. METODE PENELITIAN

### A. Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 3 dapat dilihat diagram alir penelitian yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang diinginkan, maka penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap yaitu :

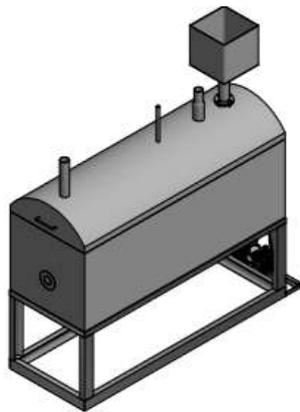


**Gambar 3.** Diagram alir penelitian

Berdasarkan alur kerja diatas maka dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Review Desain

Proses *review* desain ini berfungsi sebagai penentu fisible atau non-fisiblenya desain tersebut sebelum dilakukannya proses manufaktur. Desain tersebut berdasarkan spesifikasi, perhitungan, serta analisis yang telah dilakukan dan dibuat oleh perancangan sebelumnya.



**Gambar 4.** Reaktor pirolisis

#### 2. Mempersiapkan Alat dan Bahan

Mempersiapkan alat – alat yang digunakan pada proses manufaktur seperti:

- Mesin gerinda
- Mesin potong hidrolik
- Mesin bor
- Mesin las SMAW

Mempersiapkan bahan yang digunakan seperti:

- Plat *stainless steel* AISI 304
- Besi UNP 75 × 40 × 5 mm
- Besi siku 25 × 25 × 3 mm
- Besi *Hollow* 25 × 25 × 3 mm
- Pipa SCH 40 ukuran 2", 3", 4", 6"

#### 3. Metode DFMA

Pada tahap ini yang dimana proses metode yang digunakan adalah:

##### 1) DFM

*Design For Manufacture* (DFM) merupakan tahap awal pada proses *manufacturing*. Pada fase ini me-

entukan material yang akan digunakan dan sesuai dengan spesifikasi, proses manufaktur yang akan dilakukan, estimasi waktu pembuatan dan estimasi biaya yang akan dikeluarkan. Berikut adalah proses manufaktur yang akan dilakukan dengan metode DFM:

- Proses *Cutting*
- Proses *Drilling*
- Proses *Rolling*
- Proses *Welding*

Rencana rancangan produk kemudian dikaji dan dianalisa yang selanjutnya dibuatlah SOP (*Standard Operation Produce*) untuk mempermudah proses pengerjaan.

##### 2) DFA

*Design For Assembly* (DFA) merupakan metode untuk perakitan suatu komponen. Pada proses *assembly* yang dilakukan pada pembuatan reaktor pirolisis menggunakan pengelasan jenis SMAW, diperlukannya OPC (*Operation Process Chart*) untuk menggambarkan skema proses perakitan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perhitungan Dan Proses Manufaktur Reaktor Pirolisis.

Pada pembuatan Reaktor Pirolisis terdapat beberapa perhitungan yang dibutuhkan dalam berlangsungnya proses permesinan.

##### 1. Perhitungan *Cutting*

Perhitungan *cutting* melibatkan pada Besi UNP, besi siku, besi *hollow*, dan plat.

- Untuk pemotongan besi UNP

Gerak makan radial

$$K = \frac{(155\text{mm} \times 5\text{mm})}{(1\text{langkah} \times 355\text{mm} \times 3\text{mm})} = 0,72$$

$$Fr = 0,05 \text{ mm} (1 + 0,72)$$

Fr = 0,086 mm/langkah maka untuk satu kali langkah mesin grinda dapat memotong 0,086 mm

Gaya potong gerindra

$$V_s = \frac{(\pi \times 355 \times 3,389)}{60000} = 59,44 \text{ m/s}$$

$$Z = 0,086 \times 355 \times 63 = 1,923 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$F_t = \frac{(100 \times 1,923)}{59,44} = 3,235 \text{ N/mm}$$

- Untuk pemotongan besi siku

Gerak makan radial

$$K = \frac{(50 \text{ mm} \times 3 \text{ mm})}{(1 \text{ langkah} \times 355 \text{ mm} \times 3 \text{ mm})} = 0,14$$

$$F_r = 0,05 \text{ mm} (1 + 0,14) = 0,057 \text{ mm}$$

Gaya potong gerindra

$$V_s = \frac{(\pi \times 355 \times 3,389)}{60000} = 59,44 \text{ m/s}$$

$$Z = 0,057 \times 355 \times 63 = 1,275 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$F_t = \frac{(100 \times 1,257)}{59,44} = 2,14 \text{ N/mm}$$

- Untuk pemotongan besi *hollow*

Gerak makan radial

$$K = \frac{(100 \text{ mm} \times 3 \text{ mm})}{(1 \text{ langkah} \times 355 \text{ mm} \times 3 \text{ mm})} = 0,2816$$

$$F_r = 0,05 \text{ mm} (1 + 0,2816) = 0,0640 \text{ mm}$$

Gaya potong gerindra

$$V_s = \frac{(\pi \times 355 \times 3,389)}{60000} = 59,44 \text{ m/s}$$

$$Z = 0,0640 \times 355 \times 63 = 1431,36 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$F_t = \frac{(100 \times 1431,36)}{59,44} = 2408,07 \text{ N/mm}$$

- Untuk pemotongan plat

Gaya potong pada plat

$$F_s = 0,8 \times 1760 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \times 515 \text{ N/mm}^2 = 2,900,480 \text{ N untuk panjang } 1760 \text{ mm}$$

Maka untuk 1 mm membutuhkan gaya potong  $\frac{2.900.480 \text{ N}}{176 \text{ cm}} = 16,480 \text{ N/mm}^2$

## 2. Perhitungan Drilling

- Kecepatan putar setiap menit pada proses *drilling*

$$n = \frac{(1000 \text{ Cs})}{\pi d}$$

$$C_s = 35 \text{ m/min (pada gambar tabel 2.1)}$$

$$d = 12 \text{ mm}$$

$$\pi = 3,14$$

$$n = (1000 \times 35) / (\pi \times 12) = 93,08 \text{ rpm}$$

- Kedalaman potong

$$a = \frac{d}{2}$$

$$a = \frac{12}{2} = 6 \text{ mm}$$

- Untuk mendapatkan kecepatan makan

$$V_f = f \times n$$

$$V_f = 0,228 \times 93,08 = 21,22 \text{ mm/min}$$

## 3. Perhitungan Rolling

Gaya yang dibutuhkan

$$F = \frac{(UTS) LT^2}{w}$$

$$F = \frac{(515 \times 1760 \times 4^2)}{2500} = 5800,96 \text{ N}$$

## 4. Perhitungan Pengelasan

- Daya yang dibutuhkan untuk las SMAW

$$P = I \times E$$

$$I = 120 \text{ A}$$

$$E = 220 \text{ Volt}$$

$$P = 120 \text{ A} \times 220 \text{ V} = 26.400 \text{ W}$$

Maka daya yang digunakan untuk mengelas adalah 26.400 Watt

- Tegangan tarik izin bahan las

Gaya maksimal yang diterima pada rangka:

$$F = \sigma_{(t)} \times b \times t$$

$$= 550 \times 75 \times 5$$

$$= 206250 \text{ N}$$

$$= 206,250 \text{ kN}$$

Tegangan yang diizinkan:

$$k = 1,5$$

$$\tau = \frac{t_1}{k}$$

$$= \frac{500}{1,5}$$

$$= 366,07 \text{ mPa}$$

## B. Proses Perakitan Komponen Utama

Pada proses perakitan reaktor pirolisis ini dilakukan secara bertahap, berikut adalah tahapan – tahapan proses dan alat yang digunakan pada perakitan reaktor pirolisis model horizontal

kapasitas 75 kg/jam dari awal hingga akhir:

1. Pemasangan tungku reaktor pada rangka yang sudah dibuat dengan menggunakan mesin las jenis SMAW
2. Pemasangan bata tahan api didalam tungku reaktor.
3. Setelah pemasangan bata tahan api pada tungku sudah selesai dan semen pada bata tahan api sudah kering, lakukan pemasangan screw dan barrel pada dalam tungku serta pemasangan pillow block bearing.
4. Pemasangan tutup reaktor serta pemasangan engsel pada tungku dan tutup reaktor.
5. Pemasangan flange pada pipa saluran masuk dilanjut dengan pemasangan hopper.
6. Lakukan proses pengecatan.
7. Dilanjut pemasangan motor listrik, gearbox, gear dan rantai

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan pada perancangan pembuatan reaktor pirolisis ini didapat kesimpulan bahwa reaktor pirolisis terdapat komponen utama yaitu rangka, tungku reaktor, tutup tungku reaktor, hopper. Proses permesinan yang dilakukan untuk membuat reaktor pirolisis meliputi proses pemotongan *cutting*, *drilling*, *welding*, *rolling*. Pada proses *cutting* didapat perhitungan gerak makan radial pada besi UNP.

#### DAFTAR PUSTAKA

- U. B. Suroño, "Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik," *J. Tek.*, vol. 3, no. 1, pp. 32–40, 2017.
- A. Ramadhan and M. Ali, "Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis," *J. Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 4, no. 1, pp. 44–53, 2016.
- J. Mekanika et al., "Penerapan Teknologi Pirolisis Untuk Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar

Minyak di Kabupaten Bantul," no. April, 2017.

- F. Maulana, "Perancangan Jig Md Cutting Sebagai Pengganti Proses Pemotongan Manual Pada Md Konektor Design of Md Cutting Jig As Replacement for the Process of Cutting Manual Md Connector."
- Y. Rahmatullah, Bayu Wiro, Fipka Bisono, "Perancangan dan Pembuatan Jig untuk Proses Drilling pada CNC Router," *Ppns*, vol. 1, pp. 105–110, 2018.
- Mardalil, "Analisa Alat Pengerol Pelat Pada Laboratorium Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Uho D," vol. 2, no. 2, pp. 17–24, 2016.
- M. Nur, A. Syahrani, and Naharuddin, "Analisis Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Smaw Stainless Steel 312 Dengan Variasi Arus Listrik," *J. Mek.*, vol. 9, no. 1, pp. 814–822, 2018.
- G. Boothroyd, P. Dewhurst, and W. Knight, *Product Design for Manufacture and Assembly*. Florida: CRC Press, 2011

