



## Pemetaan Durasi Injeksi Dengan Metode *Maximum Best Torque* (MBT) Pada Mesin Otto 1 Silinder 4 Langkah Berbahan bakar Bioetanol 85% (E85)

Yuli Mafendro Dedet<sup>1)</sup>, Eka Saputra<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: yulimafendro@mesin.pnj.ac.id

### ARTICLE INFO

Received xxx  
revision xxx  
accepted xxx  
Available online xxx

### ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar bioethanol dalam konsentrasi tinggi membutuhkan modifikasi pada beberapa parameter mesin. Karena bioethanol memiliki perbedaan karakteristik yang cukup banyak dengan kuat dengan gasoline. Salah satu modifikasi yang bisa dilakukan adalah dengan menambah durasi injeksi bahan bakar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan durasi injeksi yang optimal pada setiap putaran mesin otto 1 silinder 4 langkah berbahan bakar E85 dengan metode *maximum best torque* (MBT). Dari hasil penelitian didapatkan durasi injeksi yang optimal pada putaran mesin 2000 sampai 3000 RPM adalah 200%, pada putaran mesin 5000 sampai 6000 RPM adalah 175%, dan pada putaran mesin 7000 sampai 8000 RPM adalah 150%.

*The use of bioethanol fuel in high concentrations requires modification of several engine parameters. Because bioethanol has quite a lot of characteristic differences with gasoline. One modification that can be done is to increase the duration of fuel injection. The purpose of this study was to obtain the optimal injection duration at each revolution of the otto 1 cylinder 4 stroke engine with E85 fuel with the maximum best torque (MBT) method. From the research results, the optimal injection duration at engine speed of 2000 to 3000 RPM is 200%, at engine speed of 5000 to 6000 RPM is 175%, and at engine speed of 7000 to 8000 RPM is 150%.*

**Kata kunci:** E85, Bioetanol 85%, Mesin Otto 1 silinder.

### PENDAHULUAN

Pemakaian etanol sebagai campuran bahan bakar bensin dengan kadar rendah yaitu bioetanol 10% dan bensin 90% (E10 atau sering disebut gasohol) untuk bahan bakar pada motor bensin sudah dilakukan negara seperti Brasil, USA, dan beberapa Negara Eropa lainnya. Ada kecenderungan sebagian besar negara mengikuti penggunaan gasohol seperti: Cina, Thailand, Indonesia, Jepang, India dll. Pemakaian E10 pada motor bensin tidak perlu dilakukan perubahan ataupun modifikasi pada motor karena masih kompatibel dengan bahan bakar premium/bensin. Sedangkan pemakaian etanol murni (dedicated fuel) atau pencampuran etanol dengan bensin dalam presentase besar masih dalam proses penelitian yang terus menerus karena dibutuhkan modifikasi tertentu. [1]

Penerapan campuran gasoline dan ethanol dalam konsentrasi tinggi khususnya E85 (85% etanol + 15% gasoline) pada motor bensin (sering disebut *Flexible Fuel Vehicles/FFV*) memerlukan beberapa modifikasi pada mesin yang akan dipakai karena adanya

perbedaan karakteristik/sifat-sifat fisik dan kimia yang signifikan antara etanol dan gasoline. Modifikasi dilakukan agar tidak terjadi penurunan performa pada motor bensin tersebut. Salah satu modifikasi yang dilakukan adalah dengan memetakan durasi injeksi dengan metode *maximum best torque*.

Bioethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) mempunyai beberapa keuntungan diantaranya mengatasi masalah lingkungan jika diaplikasikan pada mesin kendaraan. Oksigen yang terkandung dalam bioethanol mencapai 35% dapat memicu pembakaran yang sempurna sehingga mereduksi emisi CO dan HC [2]. Sementara itu penguapan laten bioethanol yang tinggi akan memberi efek dingin pada silinder sehingga dapat meningkatkan torsi dan efisiensi volumetrik serta mengendalikan kenaikan temperatur ruang bakar dan NO<sub>x</sub>. Angka oktan bioethanol yang lebih tinggi dapat meningkatkan daya mesin dengan menaikkan rasio kompresi. Selain itu ditemukan pula beberapa kekurangan bioethanol diantaranya nilai kalor yang rendah menyebabkan daya yang dihasilkan lebih kecil dari pada gasoline pada volume injeksi yang

sama. Untuk mendapatkan daya yang sama, diperlukan volume injeksi yang lebih besar melalui perubahan diameter injector atau durasi injeksi yang diperpanjang. Selain itu panas laten penguapan bioethanol yang tinggi mengakibatkan tekanan penguapannya (reid vapor pressure) menjadi rendah. Dengan karakteristik dua sifat fisik tersebut, mesin sulit dinyalakan pada kondisi dingin jika menggunakan bahan bakar bioethanol [3, 4]. Untuk mengatasi permasalahan ini, ada beberapa solusiteknis yang dapat diterapkan. Solusi yang paling sering digunakan adalah dengan menggunakan E85 (85% etanol ditambah 15% gasoline). Penambahan 15% gasoline dalam menginduksi kuat peningkatan volatilitas dan akibatnya start awal mesin lebih mudah [5]. Hal juga ini di buktikan dengan penelitian uji properties (E85) yang dilakukan oleh setiyawan [1]. Nilai dari reid vapour pressure pada E85 hanya turun sedikit dibandingkan dengan gasoline yaitu sekitar 5,5, hal ini berarti bahwa dengan penggunaan E85 tidak akan menimbulkan masalah mesin sulit di jalankan pada kondisi dingin.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Gayuh dkk tentang “Studi Eksperimen Pengaruh Mapping Ignition Timing Dan Durasi Penginjeksian Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Engine Honda CB150R Berbahan Bakar Bioetanol E100” mendapatkan hasil pemetaan injeksi bahan bakar yang optimal terhadap Engine Honda CB 150R berbahan bakar E100 adalah 200% pada Rpm 2000-4000, 175% pada RPM 5000-6000, dan 150% pada RPM 7000-8000 [6]. Pada penelitian ini akan dilakukan metode yang sama tetapi dengan menggunakan bahan bakar E85. Penggunaan bahan bakar ini dalah untuk mengatasi permasalahan pada penelitian sebelumnya yaitu mesin susah hidup dikondisi dingin karena nilai kalor dari E100 yang rendah. Dan berikut adalah properties premium, ethanol, dan campuran gasoline ethanol E85 yang di sajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Properties Bahan bakar.

Jenis Pengujian	Unit	Gasoline	Ethanol	E85
SG		0.7391	0.813	0.801
Nilai Kalor	Kkal/Kg	10674.6	4275.8	4640
RON		91-98	±108	> 111
RVP	KPA	5.59	2.35	5.46
Density	Kg./m <sup>3</sup>	764	790	801
Stoichiometri air/fuel		14,7 9	9	9,8
Lower Heating Value	KJ/Kg	42,9	26,7	29,2

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan durasi injeksi yang optimal di setiap putaran mesin dengan menggunakan bahan bakar E85. Manfaat penelitian ini dalah sebagai data acuan untuk menalnjutkan

penelitian selanjutnya yang masih berkaitan dengan peforma mesin berbahan bakar E85.

## 1. METODE

### 1.1 Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen pada mesin otto 1 silinder 4 langkah . Bahan bakar yang akan digunakan pada pengujian ini ada dua jenis. Untuk pengambilan data acuan, bahan bakar yang digunakan adalah Pertamina, sedangkan untuk pengambilan data uji, bahan bakar yang dipakai adalah ethanol E85(85% ethanol + 15% Pertamina). Variasi yang dilakukan adalah durasi penginjeksian 100%-200% interval kenaikan 25% dengan putaran engine yang bervariasi antara 2000 rpm dengan kenaikan setiap 1000 rpm hingga mencapai 8000 rpm.

### 1.2 Peralatan Pengujian

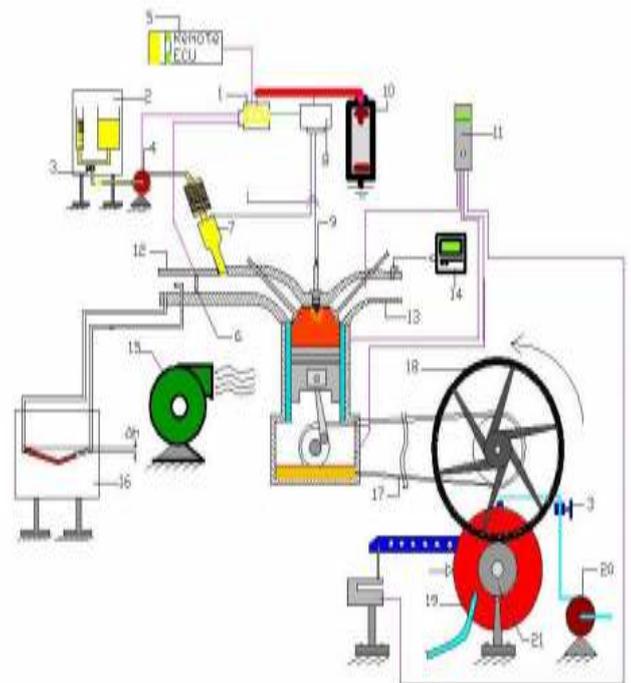
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Mesin Port Fuel Injeksi (PFI) Satu silinder.
2. *Elektronik Control Unit Proggamable*
3. *Waterbreak dynamometer*
4. *Blower*

### 1.3 Prosedur Penelitian

Prosedur pada penilitan ini dalah sebagi berikut :

#### 1. Skema Pengujian



Gambar 1. Skema Pengujian

Keterangan gambar 1.

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| 1. ECU               | 12. Intake manifold   |
| 2. Meja gelas ukur   | 13. Exhaust manifold  |
| 3. Valve             | 14. Gas analyzer      |
| 4. Pompa bahan bakar | 15. Blower            |
| 5. Remote ECU        | 16. Meja V-manometer  |
| 6. Katup kupu – kupu | 17. Chain             |
| 7. Injektor          | 18. Roda              |
| 8. Trigger           | 19. Waterbrake Dynamo |

- 9. Busi
- 10. Baterai
- 11. Monitor suhu - suhu sensor
- 20. Pompa air
- 21. Roller

4000	1.044
5000	1.184
6000	1.354
7000	1.422
8000	1.38

**2. Persiapan Pengujian**

Adapun tahapan dari persiapan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemeriksaan terhadap kondisi fisik mesin, minyak pelumas, sistem pendinginan, sistem pemasukan bahan bakar, dan sistem kelistrikannya.
2. Memeriksa kondisi kelayakan Waterbrake dynamometer test.
3. Pengecekan terhadap kualitas alat ukur serta sensor-sensor yang akan digunakan.
4. Merangkai seluruh peralatan uji, peralatan bantu dan instrumentasi sesuai dengan gambar.
5. Mempersiapkan alat tulis dan tabel untuk pengambilan data

**3. Pengambilan data**

Tahapan dalam pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data acuan dengan bahan bakar E0 (pertamax) pada putaran mesin 2000-8000 dengan interval kenaikan 1000..
2. Pengambilan data uji dengan bahan bakar E85) pada putaran mesin 2000-8000 dengan interval kenaikan 1000 dengan memetakan durasi injeksi mulai dari 100%-200% dengan interval kenaikan 25%.

**2. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari Hasil pengujian didapatkan data sebagai berikut :

**1. Pengujian berbahan bakar E0**

**Tabel 2. Data Acuan Berbahan Bakar E0**

RPM	Torsi (Kg.F.m)
2000	0.71
3000	0.95

RPM	Torsi (Kg.F.m)
2000	0.55
3000	0.81
4000	1.08
5000	1.25
6000	1.48
7000	1.73
8000	1.66

Tabel diatas adalah pengujian mesin otto 1 silinder 4 langkah berbahan bakar E0 yang akan digunakan sebagai data acuan untuk pembandingan data dengan pengujian berbahan bakar E85 pada setiap pemetaan durasi ai injeksi.

**2. Pengujian Berbahan bakar E85 Durasi Injeksi 100%.**

**Tabel 3. Pengujian Durasi Injeksi 100% berbahan bakar E85**

RPM	Torsi (Kg.F.m)
2000	0.29
3000	0.41
4000	0.46
5000	0.64
6000	0.71
7000	0.81
8000	0.7

**3. Pengujian Berbahan bakar E85 Durasi Injeksi 125%.**

**Tabel 4. Pengujian Durasi Injeksi 125% berbahan bakar E85**

RPM	Torsi (Kg.F.m)
2000	0.42
3000	0.68
4000	0.8
5000	0.94
6000	1.11
7000	1.21
8000	1.16

**4. Pengujian Berbahan bakar E85 Durasi Injeksi 150%.**

**Tabel 5. Pengujian Durasi Injeksi 150% berbahan bakar E85**

**5. Pengujian Berbahan bakar E85 Durasi Injeksi 175%.**

**Tabel 6. Pengujian Durasi Injeksi 175% berbahan bakar E85**

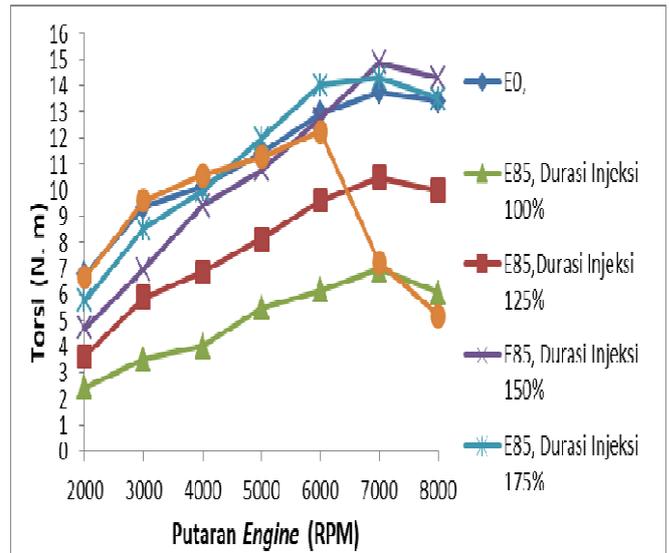
RPM	Torsi (Kg.F.m)
2000	0.66
3000	0.98
4000	1.16
5000	1.38
6000	1.62
7000	1.65
8000	1.57

**6. Pengujian Berbahan bakar E85 Durasi Injeksi 200%.**

**Tabel 6. Pengujian Durasi Injeksi 200% berbahan bakar E85**

RPM	Torsi (Kg.F.m)
2000	0.77
3000	1.11
4000	1.22
5000	1.3
6000	1.42
7000	0.84
8000	0.6

Dari data hasil pengujian didapatkan data berupa torsi dari mesin Otto 1 silinder 4 langkah pada penggunaan bahan bakar Bioetanol E85 dengan ECU programable. Pengujian dilakukan pada putaran engine antara 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, dan 8000 rpm. Pengukuran terhadap torsi yang dikeluarkan oleh engine dilakukan menggunakan *waterbrake dynamometer* sehingga hasil dari pengujian dapat langsung terbaca berupa data torsi dengan satuan kgf.m, yang nantinya akan dikonversi dan diolah terlebih dahulu sebelum disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut .



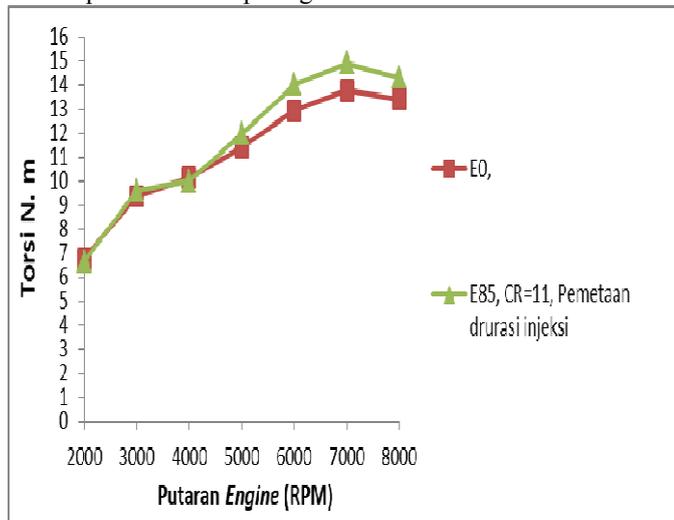
Gambar 1. Grafik Torsi Vs Mesin (RPM)

Dari gambar 1 diatas ditunjukkan trendline yang mempresentasikan torsi dari mesin pada tiap putaran mesin dan variasi durasi penginjeksian bahan bakar dengan pemakaian bahan bakar Bioetanol 85% (E85). Torsi yang dihasilkan oleh durasi 100%, 125%, 150%, dan 175% memiliki trendline yang hampir sama dengan trendline yang ditunjukkan oleh bahan bakar Pertamina yaitu nilai torsi terus meningkat hingga putaran 7000 rpm kemudian turun saat di putaran 8000 rpm. Hal ini tidak terjadi pada durasi 200%, pada durasi ini nilai torsi terus meningkat hingga putaran 6000 rpm kemudian turun drastis di putaran 7000 rpm dan 8000 rpm. Penurunan torsi yang drastis ini disebabkan oleh semakin tingginya putaran mesin membuat proses pembakaran bakar semakin cepat sedangkan jumlah bahan bakar yang di injeksikan sama sehingga membuat banyak bahan bakar yang tidak terbakar yang membuat torsi semakin menurun.

Bila grafik diatas di ambil dari sampel putaran mesin 7000 , bisa dilihat pada pemakaian bahan bakar bioethanol dengan pemetaan durasi injeksi 100% torsi mengalami penurunan sebesar 49,7% dari torsi bahan bakar pertamax (E0). Maka dari itu untuk meningkatkan torsi engine Honda CB150R berbahan bakar bioethanol E85 dibutuhkan pemetaan durasi injeksi. Pada pemetaan durasi injeksi 125% torsi meningkat dari pemetaan durasi injeksi 100% sebesar 33,6%, namun masih berada dibawah dari torsi bahan bakar pertamax (E0). Pada pemetaan durasi injeksi 150% torsi meningkat sebesar 29,63% terhadap torsi pemetaan durasi injeksi 125% dan 7,1% terhadap torsi bahan bakar pertamax (E0). Pada pemetaan durasi injeksi 175% torsi meningkat sebesar 3,2% terhadap torsi bahan bakar pertamax (E0), namun mengalami penurunan sebesar 3,9% terhadap pemetaan injeksi 150%. Dan pada pemetaan durasi injeksi 200% torsi mengalami penurunan signifikan sebesar 48% terhadap torsi bahan bakar pertamax (E0) dan 49,3% terhadap pemetaan durasi injeksi 175%.

Pengujian pemetaan durasi injeksi bahan bakar terhadap mesin otto 1 silinder 4 langkah berbahan bakar pertamax (E0) dan bioethanol 85% (E85). Pemetaan durasi injeksi bahan bakar yang dilakukan adalah menambah besar durasi injeksi yang masuk, dari 100%

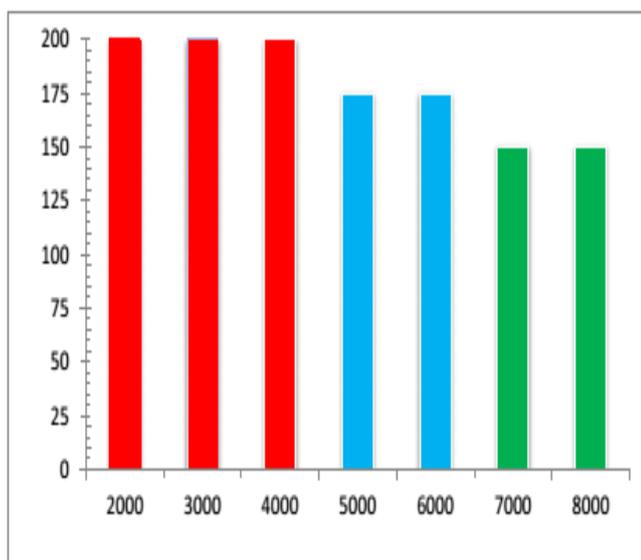
hingga 200%. persentase angka menunjukkan *injection size* yang diatur pada remot ECU yang dihubungkan dengan ECU progamamble. Pemetaan durasi injeksi ini dilakukan dengan metode Maximum Best Torque (MBT) dan didapatkan hasil seperti gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Torsi Pemetaan Durasi Injeksi MBT Fungsi Putaran Engine (RPM)

Dari gambar 2 terlihat dari trendline grafiknya bahwa torsi yang dihasilkan oleh pemetaan durasi injeksi pada E85 lebih besar dari torsi dengan bahan bakar Pertamina (E0), sehingga dengan pemetaan durasi injeksi ini bisa disimpulkan terjadi peningkatan nilai torsi dari penggunaan bahan bakar Pertamina.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diatas maka didapatkan durasi injeksi yang optimal pada setiap putaran mesin seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Pemetaan Injeksi Optimal Tiap putaran Mesin

Dari gambar 3 terlihat hasil pengujian dengan variasi pemetaan durasi injeksi pada mesin otto 1 silinder 4 langkah . dari grafik diatas didapat pemetaan yang optimal untuk mesin otto 1 silinder 4 langkah berbahan bakar bioethanol E85 yaitu pada putaran mesin 2000 hingga

4000 rpm terbaik pada pemetaan injeksi bahan bakar 200%, putaran mesin 5000 dan 6000 rpm pada pemetaan durasi injeksi bahan bakar 175%, serta pada putaran mesin 7000 dan 8000 rpm pemetaan durasi injeksi bahan bakar 150%.

## 7. KESIMPULAN

- 1) Pemetaan durasi injeksi yang optimal pada putaran mesin 2000-4000 Rpm adalah 200%.
- 2) Pemetaan durasi injeksi yang optimal pada putaran mesin 5000-6000 Rpm adalah 175%.
- 3) Pemetaan durasi injeksi yang optimal pada putaran mesin 7000-8000 Rpm adalah 150%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiyawan, Atok ”Pengaruh Ignition Timing dan Rasio kompresi Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Campuran Etanol 85% dan Premium 15%” Seminar Nasional Teknik”, 2007, UII Yogyakarta.
- [2] Sulistiyo, B., Sentanuhady, J., dan Santoso. “Pemanfaatan Etanol sebagai Octane Improver Bahan Bakar Bensin Pada Sistem Bahan Bakar Injeksi Sepeda Motor 4 Langkah 1 Silinder”. Jurnal Teknik. Vol.1, pp. 1-2, 2009.
- [3] Setiyawan, Atok. “Kajian Eksperimen Pengaruh Etanol pada Gasoline terhadap Kerja Mesin Bensin” Disertasi Fakultas Teknik : Universitas Indonesia, 2012
- [4] Turkoz N et All ”Experimental investigation of the effect of E85 on engine Performance and emissions under various ignition timings”, Elsevier, Fuel 115, pp., 826-832, 2014
- [5] Jeuland, N., Montagne. X., dan Gaurot. “Potentiality of Ethanol as a Fuel for Dedicated Engine”. Journal of Oil & Gas Science and Technology. Vol. 59, No. 6, pp.560-565, 2004
- [6] Pamuji, Gayuh Agung., dan Sudarmanta, Bambang. “Studi Eksperimen Pengaruh Mapping Ignition Timing Dan Durasi Penginjeksian Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Engine Honda CB150R Berbahan Bakar Bioetanol E100”. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya : Indonesia 2016