

Studi Eksperimen Distribusi Temperatur Nyala Api Kompor Bioetanol Tipe *Side Burner* dengan Variasi Diameter *Firewall*

R.R. Vienna Sona Saputri Soetadi dan Djoko Sungkono Kawano,
 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
 E-mail: hdkawano@me.its.ac.id

Untuk mendapatkan kompor bioetanol efisiensi thermal maksimal diperlukan penelitian komprehensif. Salah satunya adalah penelitian terhadap posisi peletakkan beban pada kompor bioetanol kompak. Pengujian dilakukan pada kompor uji bioetanol dengan kadar 99%, yaitu kompor bioetanol tipe *side burner* dengan *firewall* 2.5 inci dan *firewall* 3 inci. Pengukuran temperatur api dengan 13 thermocouple K dengan pengukuran searah api keatas setiap 5 mm-an. Kemudian, *water boiling test* dilakukan untuk mendapatkan daya dan beban dan dilanjutkan mengukur waktu pendidihan air. Hasil penelitian ini menunjukkan gambaran total distribusi temperatur nyala api difusi. Hasil menunjukkan untuk kompor 2.5 inci dengan daya 1.6 kW mempunyai temperatur 542 °C dengan jarak ketinggian 5 mm dari rim kompor sedangkan kompor 3 inci menghasilkan daya 2.38 kW dengan temperatur 516 °C.

Kata Kunci—Kompor, bioetanol, *side burner*, *field temperature*

I. PENDAHULUAN

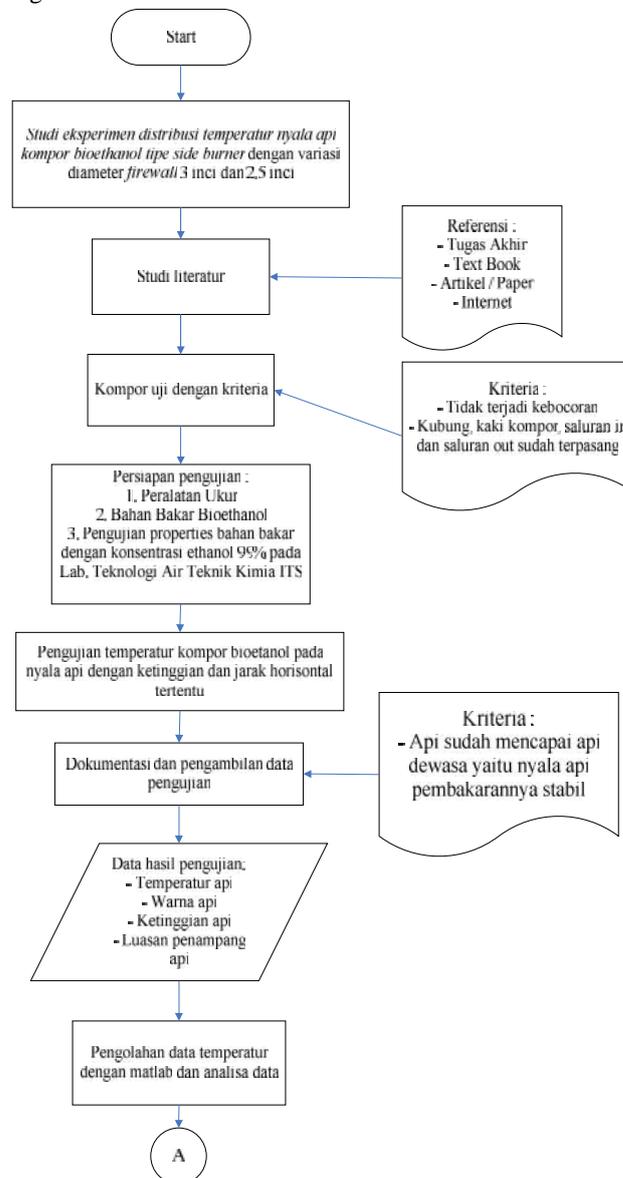
Seiring bertambahnya waktu, populasi manusia semakin bertambah. Kenaikan populasi ini menghasilkan resiko naiknya kebutuhan energi. Sejak wacana krisis energi *non-renewable* muncul, berkembang penelitian – penelitian terhadap energi terbarukan atau *renewable energi*. Energi terbarukan tersebut kini sedikit demi sedikit menjadi alternatif bagi masyarakat dalam menunjang aktifitas sehari-hari. Salah satunya adalah penelitian kompor bioetanol. Untuk bisa mendapatkan kompor bioetanol yang optimal dari segi penggunaannya sehingga menghasilkan pemanfaatan energi maksimal diperlukan penelitian komprehensif. Salah satunya adalah penelitian terhadap posisi peletakkan beban pada kompor bioetanol.

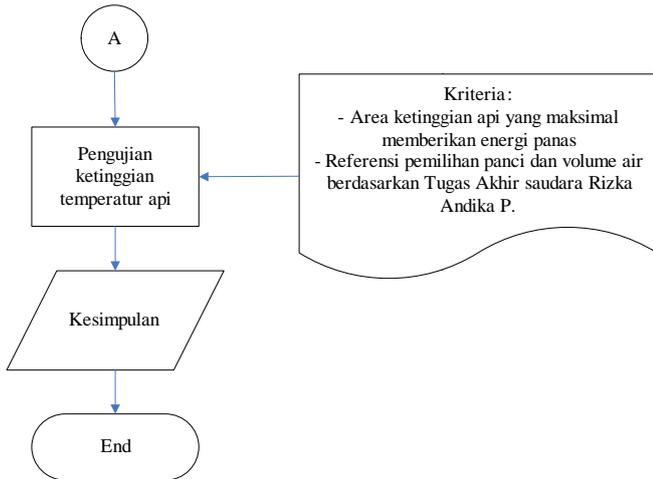
Berangkat dari pemikiran tersebut, maka muncul ide penelitian bagaimana karakteristik api dan pola distribusi temperatur dinding isothermal api yang dihasilkan. Dimana distribusi temperatur dinding isothermal api berhubungan erat dengan posisi peletakkan beban pada kompor. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dan bertempat di Laboratorium Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar – Teknik Mesin ITS Surabaya. Penelitian ini menggunakan kompor penelitian terdahulu tanpa sumbu tipe *side burner* dengan variasi *firewall* 3 inci dan 2.5 inci.

II. METODE PENELITIAN

1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan berdasarkan pada diagram alir sebagai berikut:

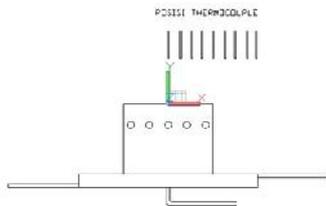




Gambar1. Diagram alir

2. Pengujian Temperatur Api

Pengujian temperatur api bertujuan untuk menentukan temperatur optimum dari api biru tanpa adanya warna merah dari profil api tersebut. Temperatur api diukur menggunakan *thermocouple* sebanyak 13 buah dengan jarak antar *center thermocouple* 5 mm disusun radial.



Gambar 2. Pengambilan data temperatur api

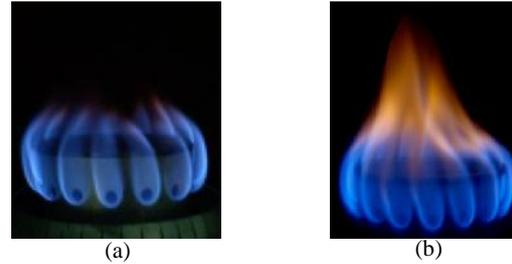
3. Pengujian Waktu Pendidihan Air

Pengujian ini dilakukan setelah pengambilan data dan analisa temperatur api. Dari profil api dan garis isothermal api akan didapatkan lokasi tinggi temperatur yang mampu memberikan energi panas tertinggi. Pengambilan data waktu pendidihan air kembali dengan posisi peletakan beban – 0,5mm dan + 5mm dari ketinggian beban sebelumnya. Sesuai dengan daftar VEG Gas Institute Belanda mengenai penentuan diameter panci berdasarkan daya yang dihasilkan kompor. Untuk kompor uji diameter 2.5 inci digunakan panci dengan diameter 22 cm dan volume air 2.7 L dan kompor uji diameter 3 inci menggunakan panci berdiameter 26 cm dengan volume air 5,7 L.

III. HASIL DAN DISKUSI

1. Pengukuran Temperatur Api

Pengukuran ini dimaksudkan untuk mengetahui temperatur tertinggi yang dihasilkan oleh api stabil. Terjadinya api stabil dapat diindikasikan melalui temperatur api biru tertinggi yang mampu dihasilkan oleh kompor.

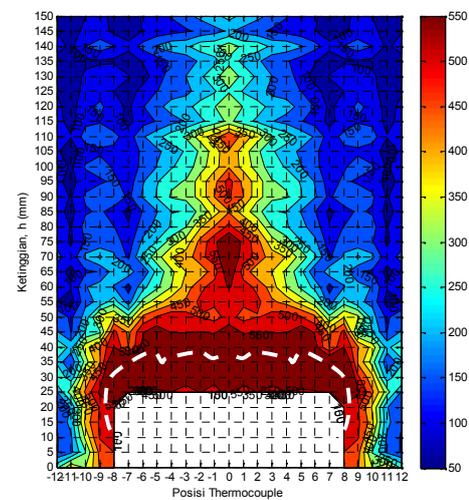


(a) Gambar 3. Profil api biru kompor uji
a) *firewall* 2.5 inci; b) *firewall* 3 inci

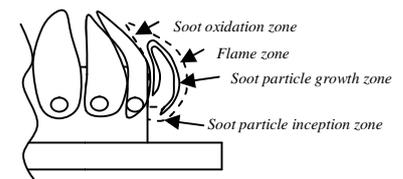
Dari gambar di atas tampak kedua kompor uji mampu menampilkan api yang stabil dan berwarna biru. Meskipun untuk kompor uji dengan *firewall* 3 inci didapatkan model api yang tidak hanya berwarna biru tetapi juga berwarna kuning pada ujung apinya. Warna kuning ini diakibatkan karena radiasi jelaga. Pada daerah berwarna kuning disebut juga daerah non-stoikiometri dimana pada daerah non-stoikiometri ini rasio campuran antara bahan bakar dan udara kurang dari 1 (< 1) [1]. Akibat adanya radiasi karbon yakni jelaga mengakibatkan kecilnya kesempatan bahan bakar dan udara yang berperan sebagai oksidator untuk bertemu.

2. Distribusi Temperatur

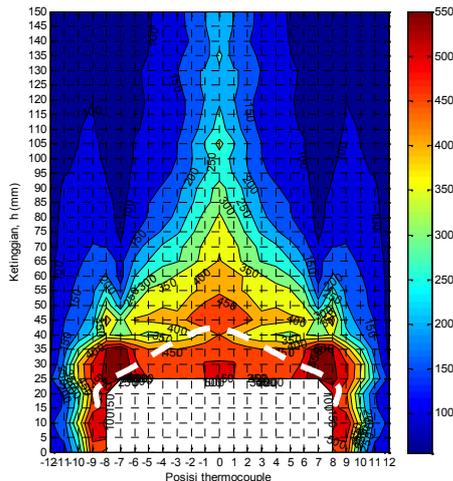
Untuk dapat mengetahui bagaimana besar daerah api yang optimal dalam melepaskan panas. Maka dalam sub bab ini akan ditampilkan bagaimana kontur temperatur dan garis-garis isothermal pada kedua kompor uji dengan menggunakan *tools MATLAB® R2010b*.



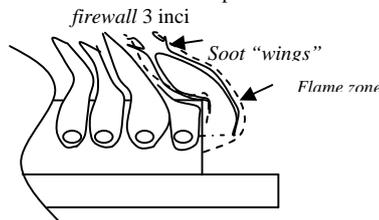
Gambar 4. Kontur isothermal distribusi temperatur rata-rata kompor *firewall* 2.5 inci



Gambar 5 Struktur api kompor *firewall* 2.5 inci [1]



Gambar 6 Kontur isothermal distribusi temperatur rata-rata kompor firewall 3 inci



Gambar 7. Struktur api kompor firewall 3 inci [1]

Pada nyala api kedua kompor ini tergolong dalam nyala api yang terdifusi. Hal tersebut dikarenakan nyala api yang terbentuk merupakan nyala api yang timbul sewaktu udara berdifusi atau masuk ke dalam aliran uap bahan bakar tanpa dicampur terlebih dahulu sehingga oksidator berasal dari udara luar. Dari gambar struktur api nyala api kompor uji dapat dijelaskan daerah – daerah api sebagai berikut [2]:

Reaction zone, adalah daerah dimana semua reaksi kimia dan pelepasan panas terjadi. *Reaction zone* dimulai pada titik dimana reaksi stoikiometri mulai terjadi sampai ketika pembakaran telah sempurna. Daerah api terdifusi ini dibagi menjadi daerah :

1. Luminous Region (yellow region)
2. Non luminous region (blue zone)

Sebagian besar proses reaksi terjadi pada daerah berwarna biru sehingga mempunyai temperatur yang relatif lebih tinggi, sedangkan daerah berwarna kuning menunjukkan persentase partikel karbon.

Burnt gas zone

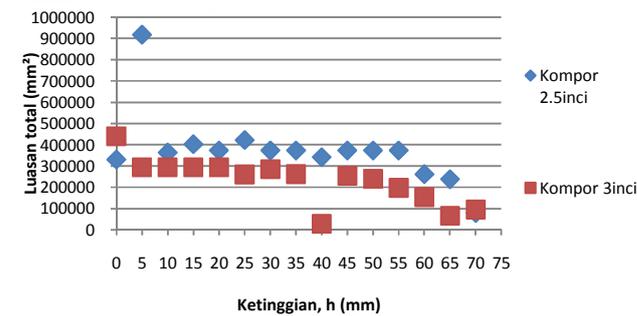
Daerah dimana terdapat gas-gas yang terbentuk dari api pada proses-proses sebelumnya dengan kecepatan, temperatur dan konsentrasi species (*fuel*, *product*, *oxidizer*) yang sama. Daerah dimana reaksi kimia terjadi biasanya cukup sempit. Seperti pada gambar struktur api pada gambar 4.11 dan gambar 4.13, daerah reaksi temperatur tinggi terjadi pada daerah yang berbentuk gelang.

3. Analisa Distribusi Temperatur

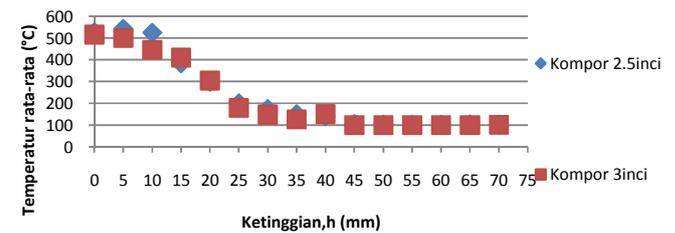
Untuk membandingkan kualitas distribusi temperatur dari kedua kompor uji dianalisa berdasarkan luasan temperatur rata-rata dengan perhitungan menggunakan rumus di bawah ini:

$$A_{tot} = \sum_{i=1}^n [\pi(ro_i^2 - ri_i^2)] \dots \dots \dots (1)$$

$$T_{rata-rata} = \frac{(A \times T)_{tot}}{A_{tot}} \dots \dots \dots (2)$$



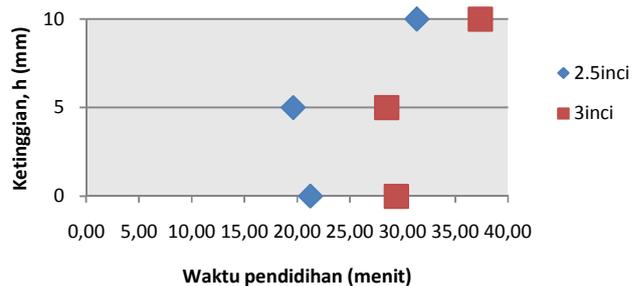
Gambar 8. Grafik luasan total distribusi temperatur pada ketinggian tertentu



Gambar 9. Grafik temperatur rata-rata distribusi temperatur api pada ketinggian tertentu

Dari gambar 7 dan 8 terlihat bahwa kompor *firewall* 2.5 inci memiliki besar luasan total dan temperatur rata-rata yang terdistribusi lebih besar dibandingkan dengan kompor *firewall* 3 inci. Hal tersebut dikarenakan kompor 2.5 inci memiliki nyala api yang dominan berwarna biru yakni nyala api stoikiometri. Sementara kompor *firewall* 3 inci nyala apinya masih kekuningan atau nyala api yang non-stoikiometri.

Dari data temperatur rata-rata yang diperoleh didapatkan untuk kompor *firewall* 2.5 inci ketinggian yang memiliki temperatur rata-rata terbesar adalah ketinggian 5 mm dari rim kompor. Untuk kompor *firewall* 3 inci didapatkan ketinggiannya 0 mm dari rim kompor. Selanjutnya data ini akan digunakan dalam pengujian waktu pendidihan air.



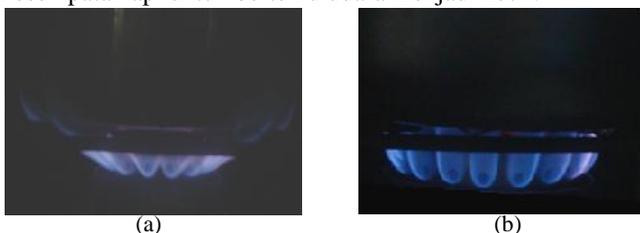
Gambar 10. Grafik waktu pendidihan air terhadap ketinggian beban tertentu

Dari gambar 9. dapat terlihat waktu pendidihan air dari kompor *firewall* 2.5 inci lebih singkat yakni 19.62 menit dibandingkan dengan kompor *firewall* 3 inci yaitu 28.47 menit. Hal ini dapat dilihat dari luasan total distribusi temperatur dan temperatur rata-rata dari kedua kompor, kompor *firewall* 2.5 inci lebih besar dibandingkan dengan kompor *firewall* 3 inci. Sehingga analisa melalui luasan total dan temperatur rata-rata distribusi temperatur nyala api sesuai dapat memberikan gambaran untuk peletakan beban.

4. Analisa Waktu Pendidihan Air

Dengan melihat gambar 9 pada analisa distribusi temperatur, untuk kompor uji *firewall* 2.5 inci ketinggian peletakan beban direkomendasikan pada ketinggian 5 mm dari rim kompor. Pada hasil pengujian didapatkan bahwa waktu pendidihan yang paling singkat dicapai pada ketinggian yang sesuai dengan analisa distribusi temperatur.

Untuk kompor uji *firewall* 3 inci, rekomendasi dari analisa distribusi temperatur adalah pada ketinggian 0 mm dari rim kompor. Pada hasil pengujian didapatkan bahwa waktu paling cepat didapatkan pada ketinggian 5 mm. Hal ini tidak sesuai dengan hasil analisa distribusi temperatur, dikarenakan pada ketinggian 0 mm nyala api merambat ke bagian dinding panci seperti gambar 10.(a). Sehingga mengakibatkan panas yang diterima beban tidak maksimal dan tidak merata pada bagian bawah panci. Dan juga apabila beban diletakkan terlalu dekat dengan kompor, maka api sulit untuk berkembang, kesempatan api untuk bertemu udara menjadi kecil.



Gambar 11. Model api pada saat pengujian waktu pendidihan air
 (a) Kompor *firewall* 2.5 inci pada ketinggian 0 mm
 (b) Kompor *firewall* 3 inci pada ketinggian 5 mm

5. Analisa Transfer Energi

Untuk menganalisa besarnya energi yang ditransfer bahan bakar untuk menaikkan temperatur air dalam bejana aluminium, dari 30°C menjadi 100°C, berikut data yang dibutuhkan :

Tabel 1. Indikator kinerja kompor

Indikator	Jenis kompor	
	Firewall 2.5 inci	Firewall 3 inci
Temperatur api rata-rata	542°C	516°C
Diameter panci *	22 cm	26 cm
Volume air *	2.7 liter	5.7 liter
Daya	1.6 kW	2.38 kW
Ketinggian peletakan beban	5 mm	5 mm
Efisiensi*	54.91%	56.57%
Waktu pendidihan	19'62"	28'47"
Bahan Bakar yang Dikonsumsi	0.055869kg	0.065728kg
Energi yang ditransfer	0.582319kW	0.486369kW

*Diambil dari Ref.: [3]

Besarnya energi yang ditransfer oleh bahan bakar ke beban dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Energi bioetanol yang ditransfer} = \eta \times \frac{LHV}{t} \times m \dots\dots(3)$$

keterangan :

η = efisiensi kompor (%)

LHV = nilai kalor bawah bioetanol (kJ/kg)

T = waktu pendidihan air (sekon)

m = massa bahan bakar yang dikonsumsi (kg)

Perbedaan energi yang ditransfer saat pengujian dapat terjadi karena beberapa hal, yakni karena adanya perbedaan waktu pendidihan, ukuran panci, volume air yang dipanaskan, profil dan temperatur api dari masing-masing kompor juga berbeda.

Pada tabel terlihat kompor uji dengan diameter *firewall* 3 inci memiliki nilai efisiensi, waktu pendidihan air, dan konsumsi bahan bakar yang lebih besar dibandingkan dengan kompor uji *firewall* 2.5 inci sedangkan untuk energi yang ditransfer nilainya lebih kecil. Hal tersebut dikarenakan pada kompor *firewall* 3 inci temperatur rata-rata dan luasan total temperaturnya lebih rendah daripada kompor *firewall* 2.5 inci selain itu, pada kedua kompor ukuran panci dan jumlah air yang dipanaskan pun berbeda yakni lebih besar volume air dan diameter panci yang digunakan pada kompor uji 3 inci.

IV. HASIL DAN DISKUSI

Pada hasil analisa luasan total terbesar didapatkan untuk kompor *firewall* 2.5 inci sebesar 916928.57 mm² pada ketinggian 5 mm dan kompor *firewall* 3 inci sebesar 439899.43 mm² pada ketinggian 0 mm. Untuk temperatur rata-rata tertinggi yang didapatkan oleh kompor 2.5 inci adalah 542 °C pada ketinggian 5 mm dan kompor *firewall* 3 inci 516 °C pada ketinggian 0 mm. Waktu pendidihan tercepat pada kompor *firewall* 2.5 inci adalah 19,62 menit pada ketinggian peletakan beban 5 mm dan untuk kompor *firewall* 3 inci mendidihkan pada waktu 28,47 menit pada ketinggian 5 mm. Energi yang ditransfer untuk mendidihkan air 30°C ke 100°C pada kompor *firewall* 2.5 inci adalah 0.582319kW dan untuk kompor *firewall* 3 inci sebesar 0.486369kW.

Hasil dari analisis distribusi temperatur dan pengujian waktu pendidihan air menunjukkan untuk posisi peletakan beban yang paling baik untuk kompor uji *firewall* 2.5 inci adalah 5 mm dari rim kompor. Posisi peletakan beban untuk kompor uji *firewall* 3 inci yaitu pada ketinggian 5 mm dari rim kompor. Pada ketinggian tersebut nyala api yang diterima beban telah mencapai fase api yang stabil sehingga bisa mendapatkan waktu pendidihan yang tersingkat.

Pada eksperimen ini kompor *firewall* 3 inci membutuhkan waktu lebih panjang untuk mendidihkan air daripada kompor *firewall* 2.5 inci. Hal tersebut dikarenakan ukuran panci dan volume air yang digunakan untuk kompor *firewall* 3 inci lebih besar. Selain itu, pada kompor *firewall* 3 inci luasan total dan temperatur rata-ratanya pun lebih kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis R.R.V.S.S.S. mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin ITS dan Bapak Djoko Sungkono

Kawano selaku dosen pembimbing Tugas Akhir. Ibu Suryani Soelaksana dan Bapak R. Sonny Soetadi selaku orang tua penulis atas dukungan moril dan materiil. Dosen-dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya, terutama Bapak Suwarmin, PE selaku dosen wali dan Bapak Karmono karyawan Lab.TPBB Teknik Mesin ITS. Teman-teman angkatan M51 dan Yusufa rekan tugas akhir kompor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Turns,S.R., *An Introduction To Combustion Concepts and Application*. Mc Graw Hill, (1996).
- [2] Darana, Cahya, "*Studi Distribusi Temperatur Api Transisi pada Bunsen Burner Bertekanan*". Teknik Mesin ITS, (2001).
- [3] Pratama, Rizka Andika. "*Perbandingan Unjuk Kerja Kompor Bioetanol Tipe Side Burner dengan Variasi Diameter Firewall 3 Inchi dan 2.5 Inchi*". Tugas Akhir. Teknik Mesin ITS, Surabaya. (2012).