

Analisa Rasio Perbandingan Pembakaran Kaca Antara Gas Elpiji Dan Oksigen

M. Iqbal Yulfa¹, Kuni Nadliroh²

^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: iqbalcuruut@gmail.com¹, Kuninadliroh@unpkediri.ac.id²

Abstrak-Tujuan penelitian ini adalah mengukur laju aliran antara gas LPG dan oksigen dengan menggunakan Flowrate 0-8 LPM dengan pressure 0,2 (Mpa) dan temperature 20°C dengan diameter 6 mm serta mengukur rasio pembakaran. Dan pengujian ini dilakukan 2 kali percobaan dengan menggunakan tungku dan tidak menggunakan tungku, dari hasil pengujian pembakaran didapatkan hasil AFR 1 : 1 dan 2 : 1 penggunaan tungku dengan dimensi 40 cm sangatlah tidak efektif dikarenakan titik didih pada kaca sangatlah tinggi sangat berbeda dengan logam, dari percobaan menggunakan sekitar 6-3 LPM gas LPG dan untuk oksigen 3 LPM dan AFR yang paling optimal adalah 2 : 1 dengan temperatur mencapai 1350 °C sedangkan AFR 1 : 1 temperatur yang dicapai hanya 800 °C.

Kata kunci: Flowrate, Rasio Pembakaran, Tungku bakar

1. PENDAHULUAN

Dengan situasi pandemi ini, kita sebagai Mahasiswa Teknik Mesin harus bisa berkreasi memanfaatkan limbah yang ada di sekitar kita salah satunya botol kaca, padahal sangat jarang saya temui di sekitaran kota Kediri yang memanfaatkan limbah kaca untuk menjadi souvenir padahal daerah Kediri memiliki potensi Wisata yang sangat menarik dan tidak kalah dengan Kota lain. Botol kaca kerap kali menjadi limbah yang sering dibuang, Padahal limbah kaca bisa dimanfaatkan dan mempunyai nilai jual yang sangat tinggi, asalkan Kita bisa mengolah limbah kaca menjadi suatu hasil kerajinan. Mayoritas rumah tangga di Indonesia menggunakan LPG sebagai sumber bahan bakar kompor mereka. Tanpa kita sadari penggunaan LPG tersebut sudah mulai mencapai batasnya[1].

Maka dari itu dilakukan sebuah penelitian dibidang energi khususnya LPG yang dilakukan di laboratorium biomassa kampus Universitas Telkom dengan cara melakukan penyempurnaan pembakaran dan akan berdampak kepada penghematan LPG, alat yang digunakan untuk penelitian tersebut adalah generator gas HHO dengan variasi konsentrasi elektrolit NaOH sebesar 3 gram, 4 gram, 6 gram, 10 gram dan 12 gram, penggunaan gas HHO tersebut dengan cara mencampurkan gas HHO dengan LPG ketika memasak air yang mana akan berdampak pada proses memasak yang lebih cepat yang dilakukan pengujian masing – masing elektrolit sebanyak tiga kali. Larutan elektrolit NaOH yang paling optimal yang berdampak pada proses memasak menjadi lebih cepat yaitu sebesar 6 gram dengan prosentase penghematan sebesar antara 26,849 - 27,422 dan konsumsi LPG untuk memasak air hanya sebesar 0,297 kg yang menghabiskan waktu sebesar 8,917 menit, disisi lain energi kalor dari pembakaran LPG juga bertambah sebesar 2.01 kJ/kg dibandingkan tanpa menggunakan HHO proses memasak air

menghabiskan LPG berkisar antara 0,406 - 0,407 kg dengan menghabiskan waktu sebesar 12,17 - 12,22 menit Proses peleburan limbah kaca di UMKM saat ini dilakukan dengan 2 cara yaitu tradisional yaitu brandersaja yang „ditembakkan“ ke limbah kaca (400° C - 500° C) yang menghabiskan waktu sangat lama disebabkan kapasitas yang sangat terbatas dan modern yaitu tungku pelebur logam yang dimodifikasi namun hanya bisa untuk produksi kaca tiup serta tungku keramik yang dimodifikasi namun harganya sangat mahal sulit untuk dijangkau oleh pengrajin UMKM dengan kapasitas peleburan yang besar menggunakan tungku peleburan besar ($\leq 1800^{\circ}$ C), yang juga lama karena butuh waktu untuk mencapai suhu tinggi dan secara keseluruhan membutuhkan biaya yang besar. Permasalahan sampah kaca tidak terlepas dari permasalahan sampah secara keseluruhan[2]

Karena kaca banyak digunakan industri atau perusahaan dalam pembuatan kebutuhan rumah seperti jendela dan hiasan manik-manik lainnya, maka dari itu sampah kaca juga bertambah jumlahnya. Permasalahan tersebut meliputi aspek teknis operasional, hukum, pendanaan, sosial, dan institusi atau manajemen. Contoh paling populer dari permasalahan tersebut antara lain semakin sulitnya mencari lahan untuk tempat pembuangan akhir (TPA) di daerah perkotaan dan mahalnya biaya transportasi sampah. Berdasarkan uraian di atas, penulis akan melakukan daur ulang limbah kaca menjadi manik – manik kaca dengan alat Rancang bangun alat pelebur limbah kaca dengan kapasitas 5 liter. Cara kerja alat pelebur limbah kaca kapasitas 5 liter ini menggunakan bahan bakar gas LPG 12 kg dan menggunakan 2 kompor dengan pembakaran 1200°C dengan waktu 15 jam hingga kaca sampai mencair. Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan, alat pelebur limbah kaca kapasitas 5 liter. Spesifikasi alat sebagai berikut: kerangka mesin tinggi 71 cm, panjang 66 cm dan lebar 43 cm,

dengan tungku dalam tinggi 250 mm, diameter 60 cm dan tungku luar tinggi 430 mm, diameter 940 mm, dengan ketebalan tungku 5 cm [3]

Sebagai bahan bakar dapat digunakan gas-gas asetilen, propana atau hidrogen. Ketiga bahan bakar ini yang paling banyak digunakan adalah gas asetilen, sehingga las gas pada umumnya diartikan sebagai las oksidasi-asetelin. Karena tidak menggunakan tenaga listrik, las oksidasi-asetelin banyak dipakai di lapangan walaupun pemakaiannya tidak sebanyak las busur elektrode terbungkus. Liquified Petroleum Gas (LPG) yang diproduksi PT Pertamina merupakan salah satu bahan bakar yang paling banyak digunakan dalam rumah tangga aplikasi dan juga dalam aplikasi industri di Indonesia. LPG Pertamina mengandung 30% propana dan 70% butana, dan memiliki nilai kalor yang cukup untuk menghasilkan gelombang detonasi dalam kondisi yang tepat. Gelombang detonasi dapat merambat hingga kecepatan 2000 m/s dan hingga 28 kali tekanan awalnya. Demikian kecelakaan terkait kebocoran pada pembakaran LPG sistem dapat merugikan manusia, lingkungan, dan sistem perpipaan. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengamati pengaruh suatu inisiasi tekanan terhadap karakteristik pembakaran LPG-Oksigen. Tabung reaksi yang digunakan dalam percobaan ini memiliki diameter dalam 50 mm dan panjang 6000 mm. Tabung ini dibagi menjadi dua bagian dengan panjang 1000 mm untuk bagian pengemudi dan 5000 mm untuk bagian penggerak. Bagian pengemudi bagian yang digerakkan dipisahkan oleh film mylar untuk mencegah pencampuran antara gas pengemudi dan gas yang digerakkan yang biasanya mengandung campuran gas berbeda dan tekanan berbeda. Tiga sensor tekanan dipasang untuk mendeteksi gelombang kejut propagasi dan juga tiga sensor probe ionisasi digunakan untuk mendeteksi waktu datangnya api depan. Bagian pengemudi mengandung campuran hidrogen-oksigen untuk memicu ledakan di bagian yang digerakkan sebagai inisiasi langsung dengan tekanan awal 100 kPa pada kondisi stoikiometri. Bagian yang digerakkan berisi campuran stoikiometri LPG dan oksigen dengan sebuah tekanan awal bervariasi dari 10 hingga 100 kPa. Tiga tipikal pembakaran di dalam tabung penggerak diamati dalam percobaan ini, yaitu (a) deflagrasi, terjadi saat bagian depan api merambat dengan kecepatan subsonik (b) peledakan tidak stabil, terjadi saat bagian depan api merambat dengan kecepatan supersonik yang sangat berfluktuasi dan (c) peledakan yang stabil, terjadi saat bagian depan api merambat dengan kecepatan supersonik yang stabil [4].

Deflagrasi terjadi pada tekanan awal 10 kPa, sedangkan ledakan tidak stabil terjadi pada tekanan awal 20 kPa sampai dengan 50 kPa, dan peledakan stabil terjadi pada tekanan awal 60 kPa sampai dengan 100 kPa. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa campuran LPG-Oksigen sangat mudah meledak untuk tekanan awal di atas 20

kPa. Sebagaimana minyak bumi, gas pada dasarnya tidak langsung tersedia tetapi harus melalui proses pembuatan, secara harfiah gas liquified petroleum gas atau gas LPG adalah gas minyak bumi yang di cairkan yang terdiri dari campuran berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari alam, secara umum lebih dari 80% komponen gas yang digunakan sebagai bahan bakar gas adalah metana, 10 sampai 15% gas ethana [5].

Panas jenis spesifik campuran Observasi dilakukan dengan mensurvei alat-alat pengolah limbah kaca dan mengamati proses mekanisme pengolahan di sentra industri pengrajin kaca yang ada di desa Plumbon – Jombang. Data awal yang didapat disentra pengrajin limbah kaca adalah pengerajin manik - manik masih menggunakan cara tradisional saat pengolahan limbah kaca yaitu dengan menggunakan sebuah tungku berbahan bakar gas elpiji, dengan skill dan kemampuan khusus pada proses produksinya. Proses produksinya meliputi pemilihan bahan kaca, penghancuran kaca, penimbangan berat kaca, pembakaran kaca sekaligus membentuk batangan kaca yang nantinya diproses lagi untuk dibuat manik – manik yang memanjakan mata [6].

2. METODE PENELITIAN

Melakukan pembuatan tungku pelebur kaca agar mendapatkan nilai panas yang efisiensi pada pembakaran menggunakan gas LPG dan oksigen, yang nanti akan di manfaatkan untuk menekan biaya penggunaan bahan bakar terhadap pelaku pengrajin kaca [6]

2.1 Variabel bebas independent

Untuk menentukan volume penggunaan oksigen dan gas LPG diperlukan satu perangkat yang mampu mengukur aliran oksigen yang melawati selang oksigen yang digunakan, alat ini dapat disebut dengan istilah flowmeter oksigen, alat ini berfungsi mengukur aliran oksigen dan Gas LPG dari tabung oksigen atau sentral oksigen ke tungku kompor. Flowmeter terdapat pada hampir semua tabung oksigen dan oksigen konsentrator. Banyak sistem yang menggabungkan flowmeter oksigen sebagai bagian dari regulator oksigen. Regulator oksigen, disebut juga flow regulator, merupakan bagian yang mengatur aliran oksigen dan Gas LPG yang mengalir ke tungku pembakaran. Regulator oksigen biasanya memiliki meteran pengukur sebagaimana flowmeter oksigen dan Gas LPG pengukur tekanan. Flowmeter oksigen biasanya mengukur aliran gas oksigen dalam satuan liter per menit (LPM). Umumnya flowmeter oksigen dan Gas LPG mampu mengukur aliran oksigen dengan jangkauan 0 – 15 LPM.

2.2 Variabel terikat atau dependen

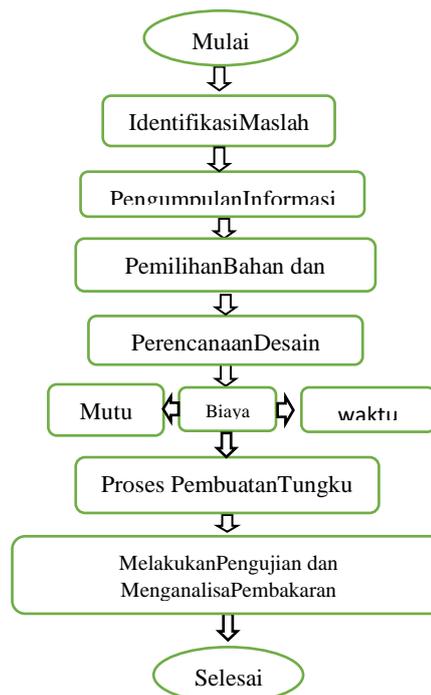
Menganalisa perbandingan pembakaran menggunakan gas LPG dan oksigen untuk menentukan biaya, mutu dan waktu proses pengolahan limbah kaca. Yang nantinya akan menganalisa Temperature proses ketika peleburan limbah kaca dan lama proses pengolahan limbah kaca dan suhu pada tungku pembakaran limbah kaca selama proses pengolahan limbah kaca berlangsung.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan informasi penulis melakukan pengumpulan data dengan tujuan merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi mendukung lainnya yang berhubungan dengan judul tugas akhir. Proses pengumpulan data dilakukan melalui observasi secara langsung dan studi literatur untuk menunjang pembuatan laporan dan perancangan tungku pelebur kaca berkapasitas 5 kg. Proses Pengumpulan data dilakukan melalui, sebagai berikut:

- 1) Study literature Studi dilakukan dengan cara melakukan pencarian buku mengenai termodinamika yang nantinya akan digunakan sebagai acuan perhitungan untuk menentukan rasio pembakaran tungku.
- 2) Panas jenis spesifik campuran Observasi dilakukan dengan mensurvei alat-alat pengolah limbah kaca dan mengamati proses mekanisme pengolahan di sentra industri pengrajin kaca yang ada di desa Plumbon – Jombang. Data awal yang didapat disentra pengrajin limbah kaca adalah pengerajin manik - manik masih menggunakan cara tradisional saat pengolahan limbah kaca yaitu dengan menggunakan sebuah tungku berbahan bakar gas elpiji, dengan skill dan kemampuan khusus pada proses produksinya. Proses produksinya meliputi pemilihan bahan kaca, penghancuran kaca, penimbangan berat kaca, pembakaran kaca sekaligus membentuk batangan kaca yang nantinya diproses lagi untuk dibuat manik – manik yang memanjakan mata.

2.4 Langkah Metodologi Penelitian



Gambar 1 Diagram Alur Perancangan

2.5 Tempat Waktu Pengumpulan

Dan untuk tempat perakitan sendiri saya dan kelompok sepakat untuk membuat alat ini di rumah teman kami dan untuk pengujian nya akan dilakukan di kampus Universitas Nusantara PGRI Berikut ini adalah penjadwalan pembuatan mesin dan analisis laporan pada mesin pengolah limbah kaca akan di optimalisasikan selama 5 bulan.

2.6 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan informasi penulis melakukan pengumpulan data dengan tujuan merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi mendukung lainnya yang berhubungan dengan judul tugas akhir. Proses pengumpulan data dilakukan melalui observasi secara langsung dan studi literatur untuk menunjang pembuatan laporan dan perancangan tungku pelebur kaca berkapasitas 5 kg. Proses Pengumpulan data dilakukan melalui, sebagai berikut:

- 1) literature Studi dilakukan dengan cara melakukan pencarian buku mengenai termodinamika yang nantinya akan digunakan sebagai acuan perhitungan untuk menentukan rasio pembakaran tungku.
- 2) Panas jenis spesifik campuran Observasi dilakukan dengan mensurvei alat-alat pengolah limbah kaca dan mengamati proses mekanisme pengolahan di sentra industri pengrajin kaca yang ada di desa Plumbon – Jombang. Data awal yang didapat disentra pengrajin limbah kaca adalah pengerajin manik - manik masih menggunakan cara tradisional saat pengolahan

limbah kaca yaitu dengan menggunakan sebuah tungku berbahan bakar gas elpiji, dengan skill dan kemampuan khusus pada proses produksinya. Proses produksinya meliputi pemilihan bahan kaca, penghancuran kaca, penimbangan berat kaca, pembakaran kaca sekaligus membentuk batangan kaca yang nantinya diproses lagi untuk dibuat manik – manik yang memanjakan mata.

2.7 Teknik Pendekatan

Penelitian eksperimen dilakukan untuk mengetahui hubungan sebab-akibat antar variabel. Dalam penelitian sosial, riset eksperimental biasanya melibatkan lebih dari dua variabel karena permasalahan sosial yang selalu kompleks. Desain penelitian riset eksperimental dapat menerapkan pendekatan kualitatif atau pun kuantitatif. Namun pada umumnya, penelitian eksperimen menerapkan pendekatan kuantitatif karena memerlukan hipotesis. Dan eksperimen pembuatan alat pelebur tungku ini menggunakan media bahan bakar gas LPG dan oksigen serta alat ukur flow meter untuk mengatur volume oksigen dan gas LPG ketika proses pengolahan limbah kaca berlangsung.

2.8 Teknik Analisis Data

Analisa deskriptif menggunakan regresi dan menggunakan analisa perbandingan dari riset sebelumnya, yaitu penyempurnaan dalam pembuatan alat dan menganalisa perbandingan pembakaran untuk mencari nilai ekonomis dalam pembuatan alat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengujian

Menganalisa perbandingan pembakaran menggunakan flowrate untuk menentukan laju aliran fluida pada gas LPG dan oksigen serta menghitung rasio perbandingan pembakaran pada tungku peleburan kaca dan temperatur suhu ketika proses peleburan kaca. Adapun data yang di hasilkan pada pembakaran kaca jenis Alkali silikat dilakukan 2 kali pengujian menggunakan flowmeter.

1) Hasil pengujian Massa

Tabel 2 Pengujian Massa

3.1 Data Hasil pengujian Penelitian

Laju aliran bahan bakar Liter/ menit	Massa LPG	
	(Kg/menit) Di dalam tungku	(Kg/5 menit) Di dalam tungku
3 LPM	6,456 gr/menit	19,368 gr/menit
6 LPM	10,76 gr/menit	38,736 gr/menit

Dari hasil data 2 kali pengujian menggunakan flowrate dengan setingan laju aliran massa sekitar 3 LPM dan 5 LPM pada pembakaran gas yang dilakukan di dalam tungku dengan waktu 30 menit dengan menggunakan kaca alkali silikat kisaran tekanan gas 239 atm. laju aliran flow rate pada gas LPG di setting di angka 3 LPM dan hasil pengujian

diatas di dapat sekitar 6,456 gr/menit sedangkan jika 5 LPM itu kisaran 10,76 gr/menit.

2) Data Hasil Pengujian Oksigen

Tabel 3 Pengujian Oksigen

3.2 Data Hasil Pengujian oksigen

Laju aliran bahan bakar Liter/ menit	Oksigen	
	(Kg/menit)	(Kg/5 menit)
3 LPM	3,05 gr/menit	15,25 gr/menit

Dari hasil data 2 kali pengujian menggunakan flow meter dengan setingan laju alir massa oksigen sekitar 3 LPM pada pembakaran gas yang dilakukan di dalam tungku dengan waktu 5 menit dengan menggunakan kaca alkali silikat kisaran gas yang keluar jika flow meter di setting 3 LPM itu kisaran 15,25 gr/menit.

3) Data Hasil Pengujian Rasio Pembakaran

Tabel 4 Rasio Pembakaran

3.3 Data hasil Pengujian Rasio Pembakaran

Massa gas LPG (Kg/m ³)	Oksigen (kg)	Waktu (s)	Temperature (C ^o)
3	3	5 menit	800
6	3	5 menit	1350

Dari hasil data pengujian di atas rasio pembakaran antara gas LPG dan oksigen adalah 1:2 dan 1:1, dengan waktu pembakaran peleburan kaca sekitar 30 menit dengan temperture berkisar 800 C^o sampai 1350 C^o.

3.2 Analisis Data

Dari percobaan yang telah dilakukan serta pengujian pembakaran pada tungku pelebur kaca didapat hasil pembakaran paling sempurna untuk AFR Aktual adalah pada perbandingan 2:1 sedangkan untuk pembakaran 1:1 belum sempurna dikarenakan perbandingan antara gas LPG dan oksigen sama dan api tidak bisa menyala dengan sempurna dan memerlukan waktu yang lama untuk memanaskan ruang tungku.

Tabel 5. Tabel Analisis Data

AFR Aktual	Massa Kg	Oksigen	Temperatura	Waktu
1:1	19,368 gr/menit	800	800	5 Menit
2:1	38,736 gr/menit	1350	1350	5 Menit

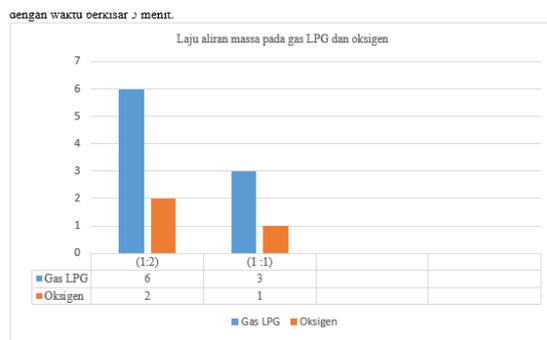
Dari tabel yang diatas dipaparkan didapatkan hasil pembakaran atau AFR aktual untuk pembakaran tungku pelebur kaca jika AFR 1 : 1 laju aliran massa pada gas LPG adalah 19,368 dan oksigen berkisar 15,25 gr/menit temperature yang dicapai sebesar 800 C^o dan tidak bisa melelehkan

kaca Alike silka dan hanya membuat permukaan kaca hanya retak-retak saja sedangkan AFR 2 : 1 laju aliran pada gas LPG adalah 38.736 dan oksigen berkisar 15,25 gr/menit dan temperature yang dicapai sebesar 1350 C° dan AFR aktual untuk meleburkan kaca dalam waktu 5 menit.



Gambar 2 Peleburan kaca

Dan ini adalah hasil peleburan kaca menggunakan AFR 2 : 1 dengan menggunakan kaca Alike silka dengan waktu berkisar 5 menit.



Gambar 3. Grafik Laju Aliran Massa Pada Gas LPG dan Oksigen

Jika dilihat dari tabel diatas AFR pembakaran menggunakan gas LPG jauh lebih dominan daripada oksigen dan untuk perbandingan massa 1:1 dan 1: 2 dari penggunaan gas LPG dikarenakan untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna.



Gambar 4. Grafik Perbedaan Temperatur Pada Pengujian Sebelumnya

Dan jika dibandingkan dengan alat yang pernah di buat sebelumnya dari hasil uji coba untuk meleburkan kaca yang ada di dalam tungku dan suhu yang di capai hanya 1200 C° sedangkan pembuatan

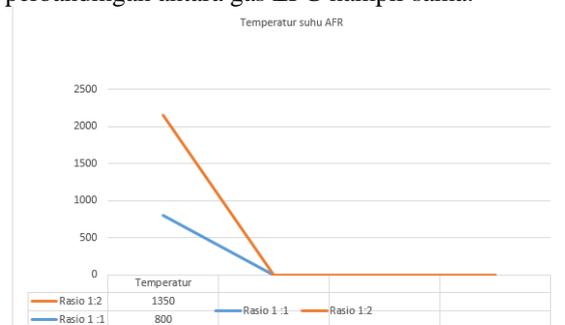
tungku penyempurnaan saat ini bisa mencapai suhu 1350C°.

3.3 Pengujian Hipotesis

di karenakan dinilai sangat ekonomis dan efisiensi sedangkan untuk oksigen sendiri saat ini sangatlah langka di karenakan lonjakan kasus Covid 19 dengan varian delta banyak dari masyarakat yang mengalami sesak nafas dikarenakan terinfeksi virus Covid 19 .Dikarenakan kelangkaan oksigen saat ini sulit sekali untuk mendapat tabung serta isi ulang tabung oksigen karena keterbatasan stok tabung oksigen yang ada di indonesia bahkan karena situasi saat ini banyak orang mengantri untuk mendapatkan tabung oksigen karena pada umumnya oksigen digunakan untuk dunia medis untuk membantu masyarakat jika ada kesulitan dalam bernafas Dan untuk tungku pelebur kaca ini sangatlah efisien untuk membantu UMKM pada saat ini di karenakan biaya pembuatan yang murah dan sangat ekonomis dan sederhana untuk kontruksi dan untuk panas pembakaran yang dihasilkan mencapai suhu 1350 c°.

3.4 Pembahasan

Berdasarkan pengujian pada tabel diatas AFR pembakaran 2:1 sangatlah efisien karena pembakaran yang dihasilkan sangat optimal karena panas yang dihasilkan sangat tinggi berbeda dengan pembakaran AFR 1:1 karena temperatur suhunya hanya mencapai 800 c° dan tidak membuat kaca meleleh dan hanya retak dan pembakaran pun tidak optimal karena perbandingan antara gas LPG hampir sama.



Gambar 5. Grafik Temperatur suhu AFR

4. SIMPULAN

- Untuk pembakaran limbah kaca dengan menggunakan tungku sangatlah tidak efektif dikarenakan sifat kaca yang mudah kering akan menyulitkan proses pencetak atau pembentukan kaca.
- Untuk pembakaran kaca secara konvensional sebaiknya di lakukan di luar tungku agar mempermudah melakukan pengecekan ketika kaca meleleh.
- Dengan mencampurkan gas LPG dan oksigen bisa menghasilkan panas yang bertemperatur tinggi dalam waktu 5 menit dengan temperatur 1350 c°.

- d. Kontruksi yang sangat sederhana menyebabkan rambat panas ketika pembakaran tidak menyeluruh karena adanya rongga yang membuat panas pembakaran didalam tungku keluar.

5. SARAN

- a. Pada perancangan ini hanya sebatas pada komponen utama saja sehingga perlu banyak penyempurnaan untuk memperoleh alat yang ideal, serta inovasi yang lebih baik lagi dari segala pertimbangan agar mendapatkan hasil yang sangat baik pada alat pembakaran tungku.
- b. Untuk peneliti selanjutnya disarankan tidak perlu menggunakan tungku untuk melakukan pengujian analisa sebaiknya menggunakan metode heater atau proses elektrolisasi untuk mempermudah meleburkan limbah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darmanto, S., Nugroho, A., Umardani, Y., & Sutanto. (2016). *Desain dan Pembuatan Tungku Bakar Arang untuk Proses*, 1. Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi.
- [2] Harianto, W., Rohman, F., & Nadliroh, K. (2020).. *Rancang Bangun Alat Pelebur Limbah Kaca*. Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri
- [3] Justin, J. (2015). Eksplorasi Limbah Kaca. e-Proceeding of Art & Design, 908.
- [4] Murjana, A. (2020, Februari 28). Pengertian, Manfaat, Dan Rumus Kimia Batu Karbit (Asetilin). Pengertian, Manfaat, Dan Rumus Kimia Batu Karbit (Asetilin).
- [5] planetcopas. (2013, September 10). Proses Pembentukan dan Pengolahan Gas Alam.
- [6] Sentanuhady, J., & Wirawan, A. P. (2016). Pengaruh Durasi dan Metoda Pencampuran. National Symposium on Thermofluids VIII 2016.
- [7] Tamara, P., & Gultom, P. I. (2016).. *Rancang Bangun Tungku Pelebur Limbah Kaca Untuk Sentra Ukm Manik-Manik Kaca*. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang