

## PENGARUH VARIASI LAJU ALIR GAS ALAM TERHADAP ABSORPSI GAS CO<sub>2</sub> DAN WAKTU PEMBAKARAN GAS ALAM

Agung Kurniawan<sup>1)\*</sup>, Muhrinsyah Fatimura<sup>1)</sup>, Nurlela<sup>1)</sup>, Rully Masriatini<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

<sup>\*)</sup> Correspondence email: guung.kurniawan@gmail.com

### Abstrak

Absorpsi adalah proses penyerapan atau pemisahan bahan tertentu dari suatu campuran gas dengan melalui ikatan fisik ataupun ikatan kimia. Penyerapan gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam dapat meningkatkan kadar senyawa lain yang ada didalam gas alam tersebut, sehingga akan meningkat mutu pembakaran suatu gas. Penyerapan gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam dapat dilakukan salah satu nya dengan menggunakan absorben KOH. Reaksi penyerapan antara kalium hidroksida (KOH) dengan carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) berlangsung secara kimia dimana pada tahap awal akan membentuk senyawa potassium bicarbonate (KHCO<sub>3</sub>), reaksi lebih lanjut antara KHCO<sub>3</sub> dengan KOH akan membentuk senyawa potassium carbonate (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O). Gas alam dengan laju alir 3 l/m, 5 l/m, 7 l/m dilewatkan media penyerap (KOH) dengan konsentrasi 30 % Wt dengan waktu kontak 2, 4, 6, 8 menit dianalisa kadar persenyawaan nya dengan Ca(OH)<sub>2</sub> secara gravimetric dengan membandingkan hasil penyerapan sebelum dan sesudahnya. Hasil penyerapan optimal pada laju alir 3 l/m terdapat pada waktu kontak 2 menit dengan persentase penyerapan mencapai 72,77%, pada laju alir 5 l/m terdapat pada waktu kontak 2 menit dengan persentase penyerapan mencapai 68,30%, pada laju alir 7 l/m terdapat pada waktu kontak 2 menit dengan persentase penyerapan mencapai 65,12%.

Kata kunci : Absorpsi CO<sub>2</sub>, Variasi Laju Alir, Kalium Hidroksida (KOH).

### PENDAHULUAN

Gas alam sering juga disebut sebagai gas bumi, merupakan bahan bakar yang berasal dari fosil yang berbentuk gas, dimana sebagian besar komponennya tersusun dari senyawa metana (CH<sub>4</sub>). Metana (CH<sub>4</sub>) merupakan molekul hidrokarbon rantai terpendek dan teringan, selain itu terdapat molekul-molekul hidrokarbon lain seperti etana (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), butana (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), dan molekul molekul penyusun lainnya dalam jumlah relative lebih kecil seperti nitrogen (N), helium (He), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dan lain sebagainya. Komposisi gas alam dapat berbeda-beda antara satu tempat dengan tempat lainnya, hal tersebut terjadi dikarenakan sumber ladang gas yang terdapat dimasing-masing tempat atau daerah dapat berbeda-beda. Perbedaan komposisi gas disetiap tempat atau daerah dipengaruhi oleh jenis dari setiap fosil yang terkubur di wilayah tersebut, lamanya waktu dan proses pembentukan yang berlangsung mulai dari jasad renik hingga menjadi minyak dan gas alam, selain itu dipengaruhi pula oleh proses migrasi minyak dan gas alam dibawah permukaan tanah dari suatu tempat ketempat lainnya dan bermuara dicekungan anticline (Syahrizal, 2016). Pada proses pembakaran keberadaan gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam akan mempengaruhi nilai kalor yang akan dihasilkan, dimana semakin tinggi kadar gas CO<sub>2</sub> dalam suatu gas alam maka nilai kalor yang dihasilkan akan semakin rendah dan waktu pembakaran yang diperlukan juga akan semakin lama dan begitupun sebaliknya, hal ini dikarenakan terjadi pembakaran yang tidak sempurna sehingga akan menghasilkan emisi yang berlebih ketika dilepaskan ke lingkungan, dimana gas CO<sub>2</sub> merupakan gas yang memiliki sifat tidak mudah terbakar.

Karbon dioksida merupakan komponen gas alam dan merupakan kontaminan yang sangat merugikan dan tidak diinginkan dikarenakan dapat menimbulkan berbagai dampak seperti halnya terjadi icing, pengkaratan (korosi), sehingga dapat menimbulkan terjadinya pembengkakan biaya untuk perawatan peralatan dalam suatu pabrik. Gas CO<sub>2</sub> merupakan salah satu gas rumah kaca yang dianggap memiliki kontribusi terhadap pemanasan global, selain itu gas CO<sub>2</sub> merupakan salah satu gas pengotor (*impurities*) yang mana keberadaannya didalam gas bumi dapat mempengaruhi nilai gas *methane* (CH<sub>4</sub>) sehingga akan menurunkan nilai pembakaran suatu bahan bakar gas, oleh karena itu gas harus terlebih dahulu dimurnikan dari keberadaan CO<sub>2</sub>. Gas CO<sub>2</sub> dapat diserap salah satunya dengan menggunakan absorben, dimana gas yang dihasilkan nantinya akan memiliki kadar CO<sub>2</sub> yang lebih rendah (Hadi Salekun. 2007).

Proses absorpsi merupakan salah satu proses yang dapat menghilangkan kandungan CO<sub>2</sub> dalam gas alam. Proses tersebut dapat dilakukan dengan mengontakkan gas alam dengan absorben pada Menara absorber. Absorben sendiri adalah cairan yang dapat melarutkan bahan yang akan diabsorpsi, baik secara fisik ataupun dengan reaksi kimia. Dengan kata lain absorben memiliki kemampuan untuk melarutkan bahan yang tidak dikehendaki baik secara fisik maupun kimia sehingga kadar dari bahan yang tidak diinginkan tersebut didalam suatu sampel dapat berkurang sampai jumlah tertentu tergantung dari kemampuan suatu absorben untuk mengabsorpsi.

Absorpsi merupakan salah satu operasi pemisahan dalam industri kimia di mana suatu campuran gas dikontakkan dengan suatu cairan penyerap yang sesuai, sehingga satu atau lebih komponen dalam campuran gas terlarut dalam cairan penyerap. Absorpsi dapat berlangsung dalam dua macam proses, yaitu absorpsi fisik atau absorpsi kimia. Absorpsi fisik merupakan absorpsi dimana gas terlarut dalam cairan penyerap tanpa disertai dengan reaksi kimia (Treybal, 1951).

Menurut Hadi Salekun (2007), dalam pemilihan suatu absorben terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan :

- Stabil secara termis
- Sedapat mungkin tidak korosif (Menyebabkan pengkaratan)
- Memiliki daya melarutkan yang baik (Selektif)
- Memiliki viskositas yang relative rendah
- Harganya murah.

Adapun beberapa jenis absorben lain selain KOH yang dapat digunakan dalam penyerapan gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam, diantaranya :

- NaOH (Natrium Hidroksida)
- Ca(OH)<sub>2</sub> (Kalsium Hidroksida)
- KHCO<sub>3</sub> (Kalium Bikarbonat)
- K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Potasium Bikarbonat)

Berdasarkan permasalahan diatas maka perlu dilakukan penelitian bagaimana pengaruh variasi laju alir dan waktu pembakaran pada Absorpsi gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam. Adapun tujuan dari penelitian ini mengetahui pengaruh variasi laju alir gas alam terhadap absorpsi gas CO<sub>2</sub> serta waktu pembakaran gas alam.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh urutan kerja yang terstruktur, sistematis, dan logis serta dapat dilakukan analisa yang mendalam pada setiap tahap pengujian yang berlangsung dan mendapatkan data yang diperlukan.

Adapun penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Perancangan peralatan

2. Pembuatan media penyerap gas CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi tertentu
3. Variabel penelitian
4. Prosedure kerja

### Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini akan diketahui waktu pembakaran suatu gas alam yang diperlukan untuk memanaskan suatu media hingga mencapai suhu tertentu sebelum dan setelah dilakukan absorpsi gas CO<sub>2</sub> menggunakan absorben KOH yang didasarkan pada **variabel tetap** konsentrasi absorben KOH 30% Wt, dan **variabel bebas** yaitu laju alir 3, 5, 7 Liter/Menit serta waktu kontak 2, 4, 6 dan 8 menit.

### Alat dan Bahan

**Alat :** Clamp, Selang/Tube and Connector, Regulator, Flow Meter, Penyebar gas, Tabung reagen (KOH & Ca(OH)), Portable Card, Erlenmeyer, Neraca Analitis, Corong, Cutter Tube, Tube Bender, Beaker Glass/Stainless Cup, Tabung Gas Alam, Thermometer, Gelas Ukur.

**Bahan :** Kalsium Hidroksida (Ca(OH)), Kalium Hidroksida (KOH), Aquades / Demineral

### Tahapan Pengujian

#### Persiapan Peralatan dan Bahan

#### Prosedur Refill gas alam

1. Siapkan tabung penampung gas dan alat transfer gas
2. Koneksikan/hubungkan tabung gas dengan *gas suction pipe*, lalu buka valve dan tunggu beberapa saat hingga tabung gas terisi
3. Setelah tabung gas terisi, tutup valve dan lepaskan koneksi antara alat transfer gas dan *gas suction pipe*.

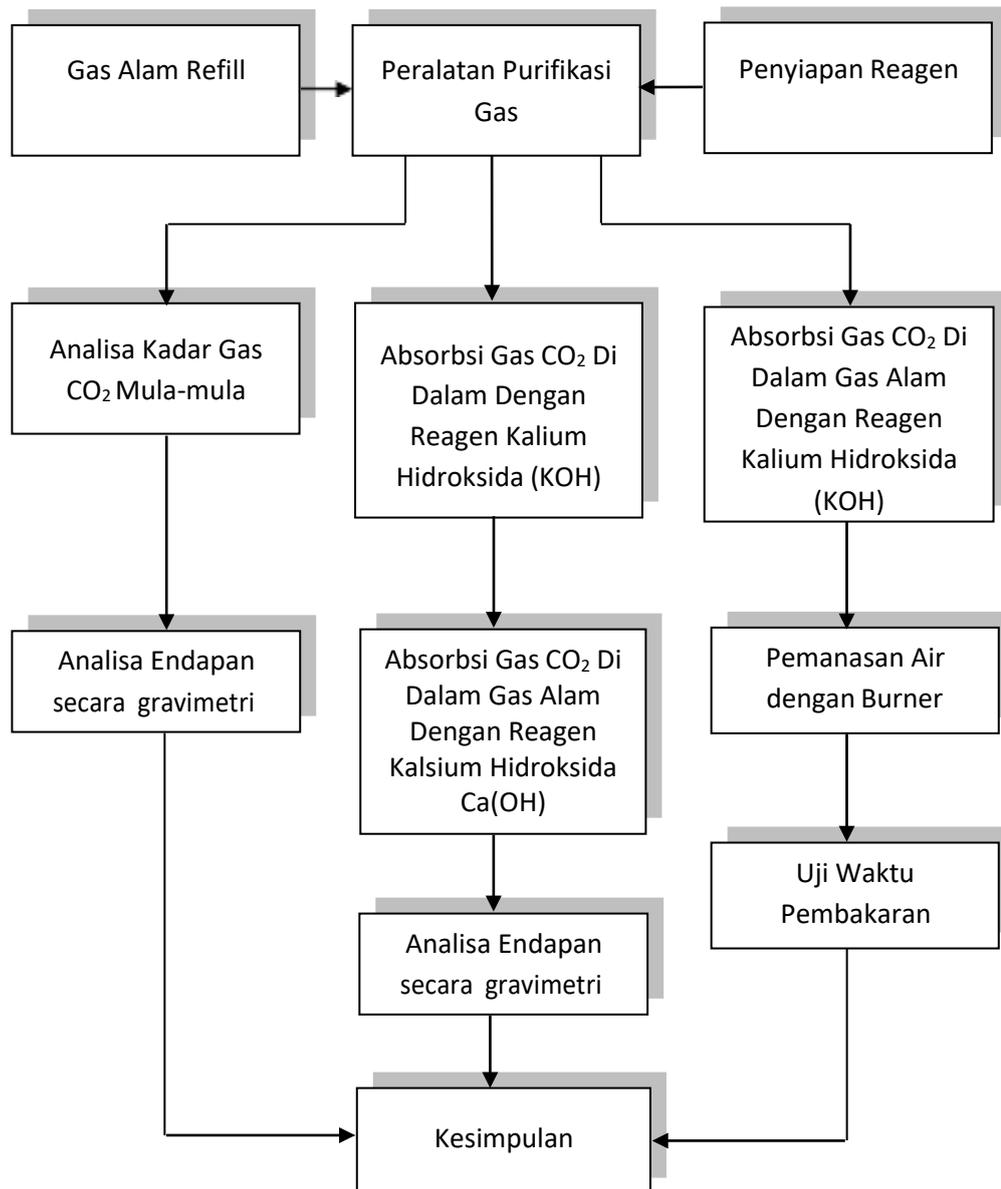
#### Pembuatan larutan Absorben KOH dan Ca(OH)<sub>2</sub>

Tabel 1. Komposisi Pembuatan Larutan

Reagen	Konsentrasi	Berat Reagen (gr)	Aquades (ml)
KOH	30 % Wt	428	1000
Ca(OH) <sub>2</sub>	0.5 M	37	1000

Pembuatan Larutan KOH konsentrasi 30 % Wt.

Masukan Larutan KOH dengan konsentrasi 100% sebanyak 428 gram kedalam erlenmeyer 1000 ml. Tambahkan aquades sebanyak 1000 ml kedalam Erlenmeyer. Homogenkan larutan didalam Erlenmeyer dengan digerakkan searah. Lakukan dengan langkah yang sama pada pembuatan larutan Ca(OH)<sub>2</sub> 0,5 M



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Persiapan Peralatan Absorpsi gas CO<sub>2</sub>

Masukkan larutan Ca(OH) dan KOH sebanyak 1000 ml secara berurutan kedalam tabung reagen II dan tabung reagen I lalu hubungkan dengan penyebar gas, usahakan ketika memasukkan larutan tidak mengenai permukaan tabung reagen karena dapat membuat permukaan menjadi licin. Pasang atau koneksikan tabung reagen dengan peralatan purifikasi gas. Hubungkan konektor peralatan purifikasi gas dengan tabung gas. Buka valve inlet gas secara perlahan, kemudian buka valve flowmeter dengan cara diputar. Atur laju alir yg masuk kedalam tabung reagen.

### Persiapan Peralatan Pengujian Waktu pembakaran

Masukkan larutan KOH sebanyak 1000 ml kedalam tabung reagen I lalu hubungkan dengan penyebar gas, usahakan ketika memasukkan larutan tidak mengenai permukaan tabung reagen karena dapat membuat permukaan menjadi licin. Koneksikan tabung reagen dengan peralatan purifikasi gas. Koneksikan peralatan purifikasi gas dengan *portable card*. Hubungkan konektor peralatan purifikasi

gas dengan tabung gas. Buka valve inlet gas secara perlahan, kemudian buka valve flowmeter dengan cara diputar. Atur laju alir yg masuk kedalam tabung reagen I.

## **Prosedur Pengujian**

### **Penentuan kadar mula-mula gas CO<sub>2</sub>**

Buka *valve inlet gas* dan biarkan gas mengalir sesuai waktu kontak (2,4,6,8 menit), melalui media absorben Ca(OH). Setelah waktu kontak terpenuhi, tutup inlet valve tunggu beberapa detik. Lepas tabung reagen Ca(OH), lalu saring larutan pada tabung reagen Ca(OH) dengan kertas saring dan kemudian keringkan didalam oven beberapa saat untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung pada hasil penyaringan. Timbang hasil penyaringan, berat sampel yang diperoleh merupakan jumlah CO<sub>2</sub> mula-mula.

### **Penentuan kadar gas CO<sub>2</sub> yang terserap**

Buka *valve inlet gas* dan biarkan gas mengalir sesuai waktu kontak (2,4,6,8 menit), melalui media absorben KOH dan Ca(OH). Setelah waktu kontak terpenuhi, tutup inlet valve tunggu beberapa detik. Lepas tabung reagen KOH dan Ca(OH), lalu saring larutan pada tabung reagen Ca(OH) dengan kertas saring dan kemudian keringkan didalam oven beberapa saat untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung pada hasil penyaringan. Timbang hasil penyaringan, berat sampel yang diperoleh merupakan jumlah CO<sub>2</sub> yang tidak berhasil diserap. Ulangi dengan cara dan perlakuan yang sama pada waktu kontak yang berbeda dan pada konsentrasi sampel yang sama. Setelah pengambilan sampel selesai pastikan valve *inlet gastelah* tertutup sempurna dan kemudian rapikan peralatan.

### **Prosedur pengujian waktu pembakaran**

Masukan 500 ml air kedalam *beaker glass/Stainless cup*. Taruh thermometer pada *beaker glass/Stainless cup*. Hubungkan portable card dengan peralatan purifikasi. Buka *valve inlet gas* dan biarkan gas mengalir sesuai waktu kontak (2,4,6,8 menit), melalui media absorben KOH. Air dipanaskan hingga mencapai suhu 80 °C dengan gas hasil purifikasi. Hitung berapa lama waktu yang dibutuhkan masing-masing sampel gas. Input data yang diperoleh kedalam tabel hasil analisa.

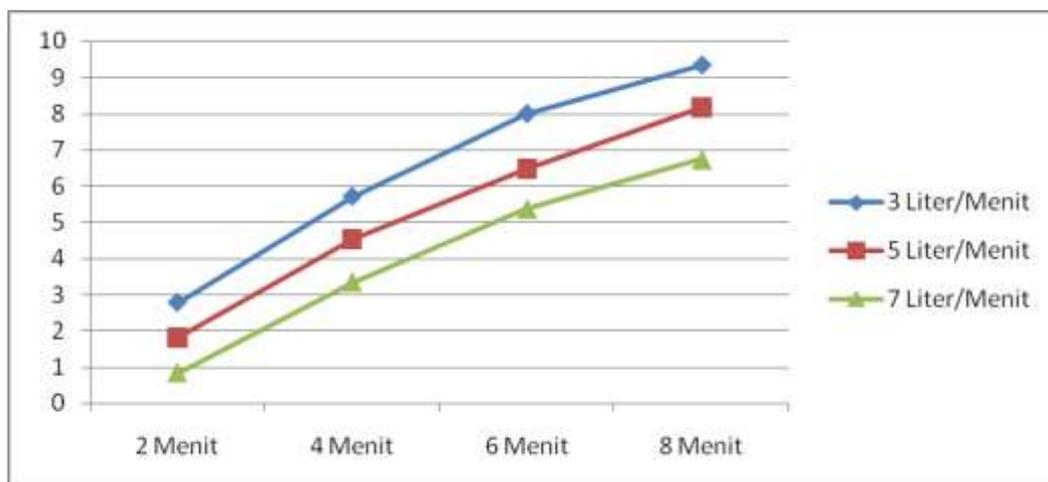
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada pengujian penyerapan gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam menggunakan reagen kalium hidroksida (KOH) dan kalsium hidroksida Ca(OH)<sub>2</sub> dengan metode analisa secara gravimetri, yang mana berat endapan yang terbentuk diidentifikasi sebagai gas CO<sub>2</sub> sisa yang tidak terserap sempurna dan dilakukan analisa secara gravimetri (Fatimura Muhrinsyah, 2012). Dari pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan jumlah gas CO<sub>2</sub> yang terserap pada tabel 2. berikut ini.

Tabel 2 Lembar Analisa CO<sub>2</sub> Terserap

No	KOH (% Wt)	Laju Alir (L/M)	Waktu Kontak (Menit)	CO <sub>2</sub> Awal (gr)	CO <sub>2</sub> Sisa (gr)	CO <sub>2</sub> terserap (gr)
1	30 % Wt	3	2	3.82	1.04	2.78
			4	8.12	2.41	5.71
			6	11.79	3.79	8
			8	14.21	4.87	9.34
2	30 % Wt	5	2	2.65	0.84	1.81
			4	6.82	2.29	4.53
			6	10.02	3.56	6.46
			8	12.84	4.68	8.16
3	30 % Wt	7	2	1.29	0.45	0.84
			4	5.38	2.03	3.35
			6	8.77	3.4	5.37
			8	11.29	4.55	6.74

Dari data hasil analisa penyerapan CO<sub>2</sub> yang tertuang pada tabel 2. dapat diketahui bahwasanya semakin lama waktu kontak maka jumlah CO<sub>2</sub> yang terserap semakin meningkat dan tingkat penyerapan pada masing-masing sampel dapat berbeda-beda disesuaikan dengan laju alir gas alam.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu Kontak dan Laju Alir Gas Alam Pada Penyerapan Gas CO<sub>2</sub>.

Semakin besar laju alir gas alam yang diinjeksikan maka tingkat ketelitian penyerapan nya akan semakin menurun, hal tersebut dikarenakan singkatnya waktu kontak gas dengan reagen (Hadi Salekun, 2007), selain itu dipengaruhi oleh terbatasnya ruang penyerapan didalam tabung sehingga tidak seluruh gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam dapat terabsorbsi dengan sempurna.

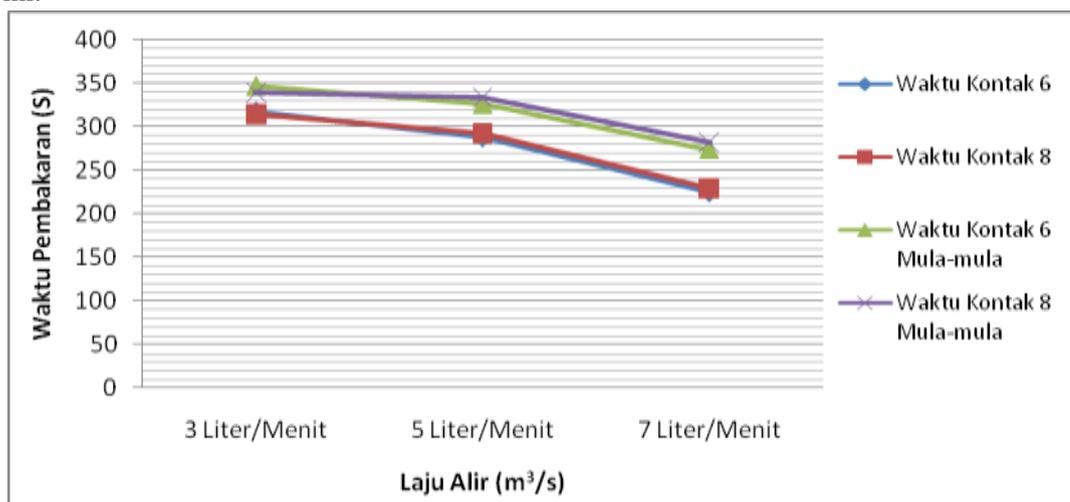
Hal tersebut didasarkan pada analisa hasil penyerapan yang terjadi, dimana dapat kita ketahui pada gambar 2 diatas bahwasanya laju alir suatu gas alam sangat berpengaruh terhadap proses penyerapan gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam, dimana semakin besar laju alir gas alam maka semakin sedikit CO<sub>2</sub> yang terserap (Ningrum Sari Sekar, 2017), dikarenakan ketelitian pemisahanya akan semakin menurun, dimana pada dasarnya terjadinya pemisahan yang ideal adalah pada saat gas yang masuk setara dengan kemampuan serap reagen (Hadi Salekun, 2007), sehingga hasil yang didapatkan akan optimal Pada pengujian waktu pembakaran peneliti menggunakan gas alam yang telah diabsorbsi kadar gas

CO<sub>2</sub> nya, dimana gas alam yang telah diabsorpsi dialirkan ke *portable card/burner* untuk dilakukan pengujian waktu pembakaran, dari pengujian yang dilakukan tabel 3. diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 3 Lembar Analisa Waktu Pembakaran

No	KOH (% Wt)	Laju Alir (L /M)	Waktu Kontak (Menit)	Waktu Awal (detik)	Waktu yang diperlukan (detik)	Temperature Tercapai (°C)
1	30 % Wt	3	2	-	-	40
			4	-	-	63
			6	347	318	80
			8	340	310	80
2	30 % Wt	5	2	-	-	46
			4	-	-	71
			6	326	288	80
			8	334	293	80
3	30 % Wt	7	2	-	-	54
			4	-	-	78
			6	274	225	80
			8	282	229	80

Pada tabel 3. analisa waktu pembakaran diatas dapat diketahui bahwasanya terjadi selisih waktu pembakaran antara gas alam sebelum dan setelah dilakukan absorpsi gas CO<sub>2</sub>, penyerapan gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam akan meningkatkan yield komponen lainnya pada gas alam tersebut sehingga mutu setiap komponen juga akan meningkat (Hartono Joko Tri, 2016), maka dengan demikian mutu pembakaran, yang dihasilkan akan semakin baik. Selain dipengaruhi oleh gas CO<sub>2</sub> yang diabsorpsi waktu pembakaran juga dipengaruhi oleh laju alir gas alam, hal tersebut dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 4 Grafik Hubungan Laju Alir Gas, CO<sub>2</sub> Terserap Dengan Waktu Pembakaran

Dari gambar 4 grafik hubungan diatas, dapat diketahui bahwa semakin besar laju alir dari gas alam maka akan semakin singkat waktu pembakaran yang terjadi, hal tersebut ditunjukkan pada penurunan tiap satuan waktu dari masing-masing laju alir gas alam.

Keberadaan gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam dapat menurunkan *heating value* dan menyebabkan pembakaran tidak sempurna, dikarenakan gas CO<sub>2</sub> memiliki sifat yang tidak mudah terbakar

(Fatimura Muhrinsyah, 2012), maka dari itu keberadaan gas CO<sub>2</sub> akan mempengaruhi waktu pembakaran yang akan dihasilkan, dimana semakin rendah kadar gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam maka nilai kalor yang dihasilkan akan semakin tinggi dan waktu pembakaran yang diperlukan juga semakin singkat.

Setelah dilakukan absorpsi kadar gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam maka kadar gas CO<sub>2</sub> akan semakin rendah dan kadar gas methane (CH<sub>4</sub>) akan meningkat (Purba Elida, 2021), gas methane merupakan komponen utama pada berlangsungnya proses pembakaran, dimana semakin tinggi kadar gas methane dan semakin rendah kadar gas CO<sub>2</sub> maka waktu pembakaran yang terjadi akan berlangsung singkat.

Konsentrasi gas CO<sub>2</sub> didalam gas alam dapat menurunkan kualitas pembakaran, semakin meningkatnya kadar gas CO<sub>2</sub> dapat menurunkan luas daerah api berwarna kuning (Sasongko Mega Nur, 2014), dimana menurut sifat nya keberadaan CO<sub>2</sub> didalam gas alam dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna serta menurunkan kualitas pembakaran dan dari hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini diperoleh hasil yang sama dimana terdapat selisih waktu antara gas alam sebelum dan setelah dilakukan absorpsi CO<sub>2</sub>.

## KESIMPULAN

Semakin rendah laju alir gas alam maka penyerapan (absorpsi) gas CO<sub>2</sub> akan semakin baik. Laju alir gas alam sebesar 3 liter/menit menghasilkan penyerapan CO<sub>2</sub> yang paling baik yaitu 72,77%. Semakin rendah kadar gas CO<sub>2</sub> yang terikat didalam gas alam maka waktu pembakaran yang diperoleh akan semakin singkat. Selisih waktu pembakaran pada laju alir 3 liter/menit sebesar 8,82%, pada laju alir 5 liter/menit sebesar 12,27%, pada laju alir 7 liter/menit sebesar 18,79%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bphmigas. 2015. *Penetapan harga gas bumi dan wilayah distribusi gas alam*: Learning. Retrieved November 19, 2021, from <https://www.bphmigas.go.id/>
- Fatimura, Muhrinsyah. 2012. *Studi Absorpsi CO<sub>2</sub> Didalam Gas Alam Menggunakan Larutan Kalium Karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) Dengan Promotor Metil Dietanol Amin (MDEA)*. Palembang. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya
- Hadi, Salekun. 2007. *Dasar-Dasar Kromatografi Gas*. Politeknik Akamigas Palembang. Palembang.
- Hartono, Joko Tri. 2016. *Petrokimia*. Politeknik Akamigas Palembang. Palembang.
- Ningrum, Sari Sekar. 2017. *Absorpsi Gas CO<sub>2</sub> Pada Biogas Dengan Larutan Methyl dietanolamine (MDEA) Menggunakan Kolom Bahan Isian*. Yogyakarta. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada.
- Oil and gas management center. 2015. *Sifat-sifat gas alam dan pengujian komposisinya*: Learning. Retrieved November 17, 2021, from <https://oilandgasmanagement.net/sifat-sifat-gas-alam-dan-pengujian-komposisinya/>
- Pendopo, Field. 2021. *Database Gas Komposisi Stasiun Kompresi Gas 08 Musi Timur*. PT Pertamina EP. Pendopo
- Purba, Elida, dkk. 2021. *CO<sub>2</sub> Gas Absorbtion In Biogas Using Absorber Bubble Column With Variation Of NaOH Absorbent Concentration and Sparger Forms*. Lampung. Fakultas Teknik. Universitas Lampung.
- Ridwan. 2016. *Pengawasan Mutu Petrokimia*. Palembang. Politeknik Akamigas Palembang.
- Sasongko, Mega Nur, dkk. 2014. *Pengaruh Persentase CO<sub>2</sub> Terhadap Karakteristik Pembakaran Difusi Gas: A Review. Persentase CO<sub>2</sub>, 01–02*.
- Syahrizal. 2016. *Minyak Bumi dan Produk*. Palembang. Politeknik Akamigas Palembang

- Treybal, R. E., 1980. *Mass Transfer Operation, 3rd edition*, McGraw Hill Book Co.Ltd. New York.
- Wahyudi, Djoko, dkk. 2012. *Pengaruh Kadar Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan Nitrogen (N<sub>2</sub>) Pada Karakteristik Pembakaran Gas Metana*. Malang. Fakultas Teknik. Universitas Panca Marga.