

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengolahan Data

Dalam penelitian purifikasi biogas dengan menggunakan NaOH secara *continue* dengan variasi konsentrasi NaOH 10%, 20%, 30%, 40%, 50%. Biogas tersebut dialirkan terus menerus dengan interval waktu 15, 30, 45, dan 60 menit. Data yang diperoleh berupa kandungan metana (CH<sub>4</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>), oksigen (O<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), uap air (H<sub>2</sub>O), dan hidrogen (H<sub>2</sub>) akan dibuat dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 4.1 Data kandungan CO<sub>2</sub> untuk konsentrasi NaOH 10%, 20%, 30%, 40%, 50% purifikasi sistem *continue* alat purifikasi tidak menggunakan batu *porous*

Konsentrasi NaOH	Kandungan CO <sub>2</sub> (% Volume)				
	0 menit	15 menit	30 menit	45 menit	60 menit
10%	43.2	25.6	26.4	28.3	31.7
20%	43.4	21.4	23.2	24.1	25.7
30%	42.9	20.8	22.3	23.5	24.9
40%	43.7	18.2	21.1	22.4	23.5
50%	43.5	17.1	20.4	21.5	22.7

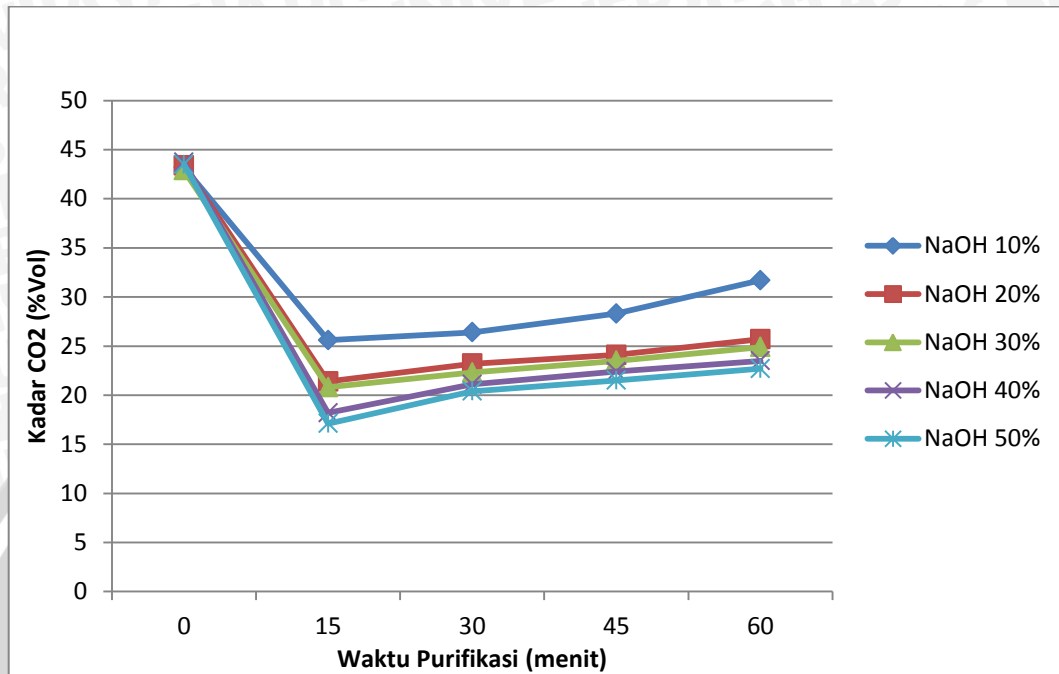
Tabel 4.2 Data kandungan CH<sub>4</sub> untuk konsentrasi NaOH 10%, 20%, 30%, 40%, 50% purifikasi sistem *continue* alat purifikasi tidak menggunakan batu *porous*

Konsentrasi NaOH	Kandungan CH <sub>4</sub> (% Volume)				
	0 menit	15 menit	30 menit	45 menit	60 menit
10%	46.2	67.9	55.9	51.1	48.1
20%	45.9	70.2	67.1	56.6	55
30%	46.1	74.3	67.8	60.6	57
40%	46.4	77	71.1	61.2	57.8
50%	46.6	77.8	72.8	64.1	59.3

#### 4.2 Analisis Dan Pembahasan

Dari tabel diatas selanjutnya akan dibuat grafik yang menunjukkan kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> agar perbandingan penyerapan dapat lebih mudah untuk dibandingkan.

#### 4.2.1 Grafik Hubungan Antara Kandungan CO<sub>2</sub> Terhadap Waktu Penyerapan Pada Berbagai Konsentrasi NaOH Sistem *Continue* Alat Purifikasi Tidak Menggunkan Batu *Porous*



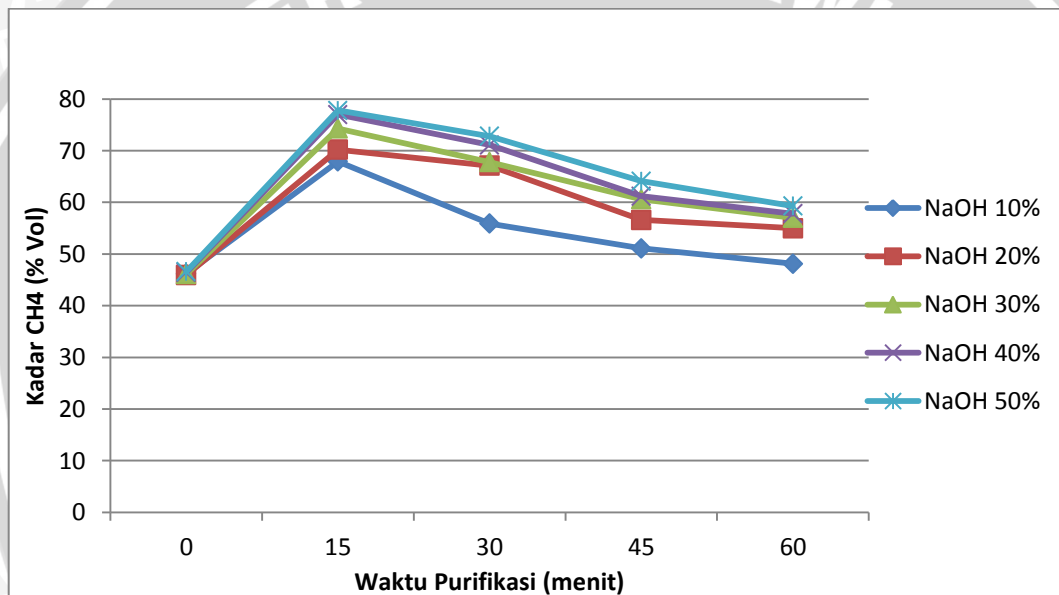
Gambar 4.1 Hubungan Kandungan CO<sub>2</sub> terhadap Waktu Penyerapan pada Berbagai Konsentrasi NaOH Sistem *Continue* Alat Purifikasi Tidak Menggunkan Batu *Porous*

Pada gambar 4.1 menunjukkan penurunan kandungan CO<sub>2</sub> dalam biogas pada 0 menit sampai dengan 15 menit waktu purifikasi, tetapi setelah 15 menit sampai dengan 60 menit terjadi peningkatan kandungan CO<sub>2</sub> dalam biogas. Dari fenomena tersebut menunjukkan bahwa pada 0 menit sampai dengan 15 menit waktu purifikasi terjadi pengikatan CO<sub>2</sub> dengan jumlah yang besar karena keadaan larutan NaOH belum terlalu banyak mengikat CO<sub>2</sub> dengan kata lain larutan NaOH tersebut belum jenuh akibatnya larutan NaOH akan dapat mengikat CO<sub>2</sub> yang lebih besar, sedangkan pada 15 menit sampai dengan 60 menit waktu purifikasi terjadi peningkatan kandungan CO<sub>2</sub> dalam biogas yang dikarenakan pada 15 menit sampai dengan 60 menit waktu purifikasi larutan NaOH telah semakin banyak mengikat gas CO<sub>2</sub> sehingga larutan NaOH juga semakin jenuh. Keadaan larutan NaOH yang semakin jenuh tersebut yang menyebabkan kemampuan mengikat CO<sub>2</sub> semakin berkurang sehingga daya serap NaOH pun juga semakin berkurang.

Pada gambar 4.1 juga menunjukkan pada konsentrasi larutan NaOH 10% kandungan gas CO<sub>2</sub> dalam biogas merupakan kandungan tertinggi, sedangkan pada

konsentrasi larutan NaOH 50% kandungan gas CO<sub>2</sub> merupakan kandungan terendah pada semua waktu purifikasi. Keadaan tersebut menunjukkan kemampuan mengikat CO<sub>2</sub> terbesar terdapat pada konsentrasi NaOH 50% dan kemampuan mengikat CO<sub>2</sub> terkecil terdapat pada konsentrasi NaOH 10%. Dari keadaan tersebut dapat disimpulkan semakin besar konsentrasi maka akan semakin banyak mengikat gas CO<sub>2</sub> yang ada dalam biogas karena kandungan NaOH semakin besar maka akan dapat membentuk ikatan yang lebih banyak.

#### 4.2.2 Grafik Hubungan Antara Kandungan CH<sub>4</sub> Terhadap Waktu Penyerapan Pada Berbagai Konsentrasi NaOH Sistem *Continue* Alat Purifikasi Tidak Menggunakan Batu *Porous*



Gambar 4.2 Hubungan Kandungan CH<sub>4</sub> terhadap Waktu Penyerapan pada Berbagai Konsentrasi NaOH Sistem *Continue* Alat Purifikasi Tidak Menggunakan Batu *Porous*

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa pada 0 menit sampai pada 15 menit waktu purifikasi terjadi peningkatan kandungan CH<sub>4</sub> dalam biogas, tetapi setelah 15 menit sampai dengan 60 menit waktu purifikasi terjadi penurunan kandungan CH<sub>4</sub> dalam biogas. Hal itu disebabkan pada saat 0 menit sampai dengan 15 menit keadaan larutan NaOH belum terlalu banyak mengikat gas CO<sub>2</sub>, sehingga daya serap CO<sub>2</sub> oleh larutan NaOH tersebut masih besar. Jika kandungan CO<sub>2</sub> yang diserap lebih banyak maka prosentase kandungan CH<sub>4</sub> akan semakin meningkat sehingga pada 0 menit sampai dengan 15 menit waktu purifikasi akan terjadi peningkatan. Sementara itu pada 15 menit sampai dengan 60 menit waktu purifikasi terjadi penurunan kandungan CH<sub>4</sub>. Hal itu disebabkan pada 15 menit sampai 60 menit jumlah CO<sub>2</sub> yang telah diserap oleh

larutan NaOH semakin banyak, sehingga larutan NaOH sudah semakin jenuh untuk mengikat CO<sub>2</sub>, dengan berkurangnya daya serap larutan NaOH tersebut maka jumlah CO<sub>2</sub> yang diserap semakin sedikit akibatnya prosentase kandungan CH<sub>4</sub> dalam biogas akan semakin menurun.

Pada konsentrasi larutan NaOH 10% terdapat kandungan CH<sub>4</sub> terendah, sedangkan pada konsentrasi larutan NaOH 50% terdapat kandungan CH<sub>4</sub> tertinggi pada semua waktu purifikasi. Hal itu dikarenakan pada konsentrasi 10% terjadi penyerapan CO<sub>2</sub> yang sedikit, sedangkan pada konsentrasi NaOH 50% lebih besar karena pada semakin besar konsentrasi larutan NaOH maka jumlah NaOH dalam larutan semakin besar sehingga akan lebih banyak menghasilkan ikatan antara CO<sub>2</sub> dengan NaOH sehingga lebih banyak menyerap CO<sub>2</sub>. Jika kandungan CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam biogas turun maka kandungan CH<sub>4</sub> akan meningkat. Sehingga pada konsentrasi larutan NaOH 50% terdapat jumlah CH<sub>4</sub> tertinggi.

Pada gambar 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa pada saat CO<sub>2</sub> mengalami nilai kandungan terkecil maka CH<sub>4</sub> memiliki kandungan terbesar pada waktu purifikasi yang sama. Selanjutnya peningkatan kandungan CO<sub>2</sub> juga terjadi penurunan kandungan CH<sub>4</sub> dalam waktu purifikasi yang sama meskipun sebenarnya kandungan CH<sub>4</sub> dalam biogas adalah tetap. Keadaan diatas terjadi karena pada saat purifikasi terjadi penyerapan CO<sub>2</sub> oleh larutan NaOH sehingga volume CO<sub>2</sub> akan berkurang akibatnya volume total dari biogas akan berkurang. Dengan berkurangnya volume total (volume CO<sub>2</sub> + volume CH<sub>4</sub>) dan volume CO<sub>2</sub> sementara itu volume CH<sub>4</sub> tetap maka akan meningkatkan prosentase kandungan CH<sub>4</sub> dan menurunkan prosentase kandungan CO<sub>2</sub>. Hal tersebut dapat dibuktikan secara sebagai berikut. Dimisalkan volume total kedua gas tersebut 1000 ml dengan prosentase 50% CH<sub>4</sub> dan 50% CO<sub>2</sub> sehingga volume CH<sub>4</sub> = 500 ml dan volume CO<sub>2</sub> = 500 ml. Apabila CO<sub>2</sub> diserap oleh larutan NaOH sebanyak 200 ml maka volume CO<sub>2</sub> tinggal 300 ml, sehingga volume total menjadi 800 ml dengan komposisi volume CO<sub>2</sub> = 300 ml dan CH<sub>4</sub> 500 ml. Dari kedua volume diatas apabila dijadikan prosentase maka prosentase CO<sub>2</sub> =  $300/800 \times 100\% = 37,5\%$  dan prosentase CH<sub>4</sub> =  $500/800 \times 100\% = 62,5\%$ . Hal tersebut terbukti bahwa dengan berkurangnya kandungan CO<sub>2</sub> dari 50% menjadi 37,5% maka akan meningkat kandungan CH<sub>4</sub> dari 50% menjadi 62,5%.

Dari gambar 4.1 terlihat penurunan kandungan CO<sub>2</sub> sebelum purifikasi dan sesudah purifikasi sekitar 50% kandungan CO<sub>2</sub>. Penyerapan CO<sub>2</sub> yang relatif kecil tersebut dimungkinkan karena ukuran gelembung yang terbentuk pada saat proses purifikasi relatif besar, sehingga dengan volume gelembung biogas yang sama akan memiliki luas kontak dengan larutan NaOH relatif kecil. Dari pemikiran tersebut maka memunculkan ide baru untuk memperkecil ukuran gelembung agar dengan volume gelembung biogas yang sama maka akan mendapatkan luas kontak yang semakin besar, sehingga daya serap akan semakin tinggi. Untuk memperkecil ukuran gelembung biogas yang terbentuk maka perlu dibuat suatu batu *porous* agar menghasilkan ukuran gelembung yang semakin kecil.

#### 4.2.3 Alat Purifikasi Biogas Menggunakan Batu *Porous* Untuk Memperkecil Ukuran Gelembung

Pada alat purifikasi ini ditambahkan suatu batu *porous* untuk memperkecil ukuran gelembung yang terdapat pada bagian ujung saluran masuk biogas sehingga alat purifikasi ini akan menghasilkan gelembung yang lebih kecil dari pada alat purifikasi yang sebelumnya. Dengan semakin kecil ukuran gelembung maka akan semakin mudah larutan NaOH untuk menyerap gas CO<sub>2</sub> karena luas permukaan sentuh gelembung tersebut akan lebih besar dengan volume biogas yang sama. Hal itu dapat dibuktikan secara matematika sebagai berikut.



Gambar 4.3 Gelembung besar dan gelembung kecil

Dari gambar diatas diketahui  $x \cdot V_a = V_b$ . Jika diumpamakan  $r = 7$  dan  $R = 21$  maka :

$$\begin{aligned} x V_a &= V_b \\ x \left( \frac{4}{3} \pi r^3 \right) &= \frac{4}{3} \pi R^3 \\ x (r^3) &= R^3 \end{aligned}$$

$$x (7^3) = 21^3$$

$$x = 27$$

Luas permukaan bola a

$$4 \pi r^2 = 4 \cdot 22/7 \cdot (7^2) = 616 \text{ cm}^2$$

Luas permukaan bola b

$$4 \pi R^2 = 4 \cdot 22/7 \cdot (21^2) = 5544 \text{ cm}^2$$

Sehingga untuk memperoleh volume yang sama  $x \cdot V_a = V_b$  maka jumlah total luas permukaan bola a adalah  $27 \cdot 616 \text{ cm}^2 = 16632 \text{ cm}^2$ . Terbukti bahwa dengan volume yang sama  $x \cdot V_a = V_b$  dan  $r < R$  maka diperoleh luas permukaan total bola a > luas permukaan total bola b. Sehingga permukaan sentuh gelembung yang lebih kecil akan mengakibatkan luas permukaan sentuh yang lebih besar.

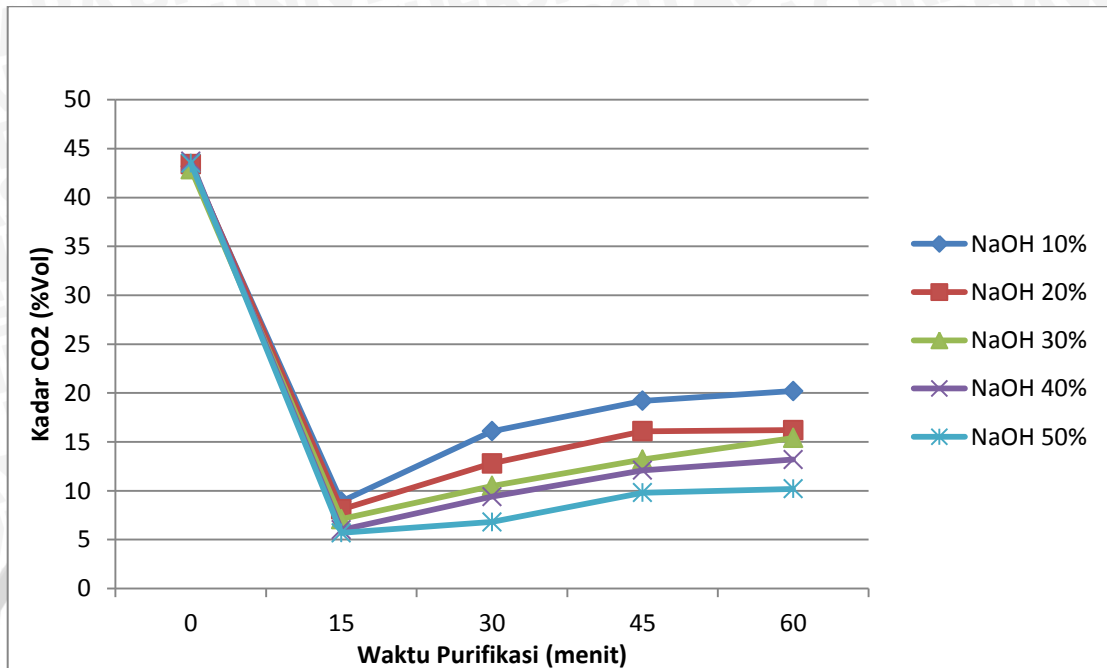
Tabel 4.3 Data kandungan CO<sub>2</sub> untuk konsentrasi NaOH 10%, 20%, 30%, 40%, 50% pada alat purifikasi sistem *continue* menggunakan batu *porous*.

Konsentrasi NaOH	Kandungan CO <sub>2</sub> (% Volume)				
	0 menit	15 menit	30 menit	45 menit	60 menit
10%	43.2	8.9	16.1	19.2	20.2
20%	43.4	8.1	12.8	16.1	16.2
30%	42.9	7.1	10.5	13.2	15.4
40%	43.7	6	9.4	12.1	13.2
50%	43.5	5.7	6.8	9.8	10.2

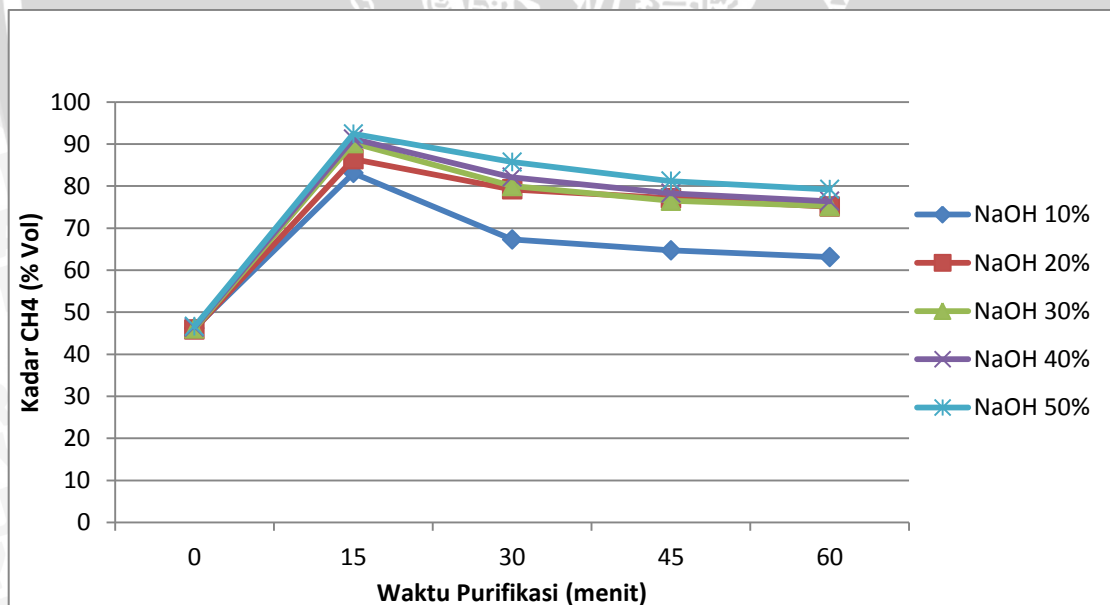
Tabel 4.4 Data kandungan CH<sub>4</sub> untuk konsentrasi NaOH 10%, 20%, 30%, 40%, 50% pada alat purifikasi sistem *continue* menggunakan batu *porous*.

Konsentrasi NaOH	Kandungan CH <sub>4</sub> (% Volume)				
	0 menit	15 menit	30 menit	45 menit	60 menit
10%	46.2	83.1	67.3	64.7	63.1
20%	45.9	86.4	79.2	77.1	75.1
30%	46.1	90.2	80	76.5	75.2
40%	46.4	91.2	82.1	78.3	76.4
50%	46.6	92.4	85.7	81.2	79.2

Dari tabel diatas akan dibuat dalam bentuk grafik agar lebih mudah untuk dibandingkan.



Gambar 4.4 Hubungan Kandungan CO<sub>2</sub> terhadap Waktu Penyerapan pada Berbagai Konsentrasi NaOH Sistem *Continue* Alat Purifikasi Menggunakan Batu *Porous*



Gambar 4.5 Hubungan Kandungan CH<sub>4</sub> terhadap Waktu Penyerapan pada Berbagai Konsentrasi NaOH Sistem *Continue* Alat Purifikasi Menggunakan Batu *Porous*

Pada alat purifikasi jenis ini memiliki pola kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> yang sama seperti pada alat purifikasi yang sebelumnya. Tetapi pada alat purifikasi ini memiliki kandungan CH<sub>4</sub> yang lebih besar dan kandungan CO<sub>2</sub> yang lebih kecil dari alat

purifikasi yang sebelumnya. Pada alat purifikasi yang menggunakan batu *porous* memiliki kandungan  $\text{CH}_4$  tertinggi yaitu 92,4% pada konsentrasi NaOH 50%, sedangkan pada alat purifikasi yang sebelumnya memiliki kandungan  $\text{CH}_4$  tertinggi 77,8%. Selain itu pada alat purifikasi yang menggunakan batu *porous* memiliki kandungan  $\text{CO}_2$  terendah 5,7%, sedangkan pada alat purifikasi yang sebelumnya memiliki kandungan  $\text{CO}_2$  terendah 17,1%. Hal itu menunjukkan penyerapan  $\text{CO}_2$  dalam proses purifikasi dengan alat purifikasi yang menggunakan batu *porous* memiliki daya serap  $\text{CO}_2$  yang lebih besar, karena pada alat purifikasi yang menggunakan batu *porous* akan terbentuk gelembung yang lebih kecil sehingga luas bidang sentuh antara gelembung biogas dengan larutan NaOH akan lebih besar akibatnya lebih banyak  $\text{CO}_2$  yang dapat diikat oleh Larutan NaOH. Tetapi pada alat purifikasi yang menggunakan batu *porous* memiliki kelemahan yaitu terjadi penurunan tekanan antara gas masuk dan gas keluar yang sangat tinggi sehingga tidak memungkinkan untuk dapat mempurifikasi gas dalam jumlah yang besar dalam waktu yang cukup singkat. Selain itu pada alat purifikasi yang menggunakan batu *porous* akan mudah tersumbat oleh kristal akibat reaksi NaOH dengan  $\text{CO}_2$  pada bagian batu *porous* di ujung pipa masuk biogas. Karena pada bagian tersebut lubang keluar gas cukup kecil sehingga kristal yang terbentuk akibat reaksi larutan NaOH dengan  $\text{CO}_2$  akan menyumbat saluran tersebut. Penyumbatan akibat pengkristalan hasil reaksi NaOH dengan gas  $\text{CO}_2$  tersebut terjadi pada selang waktu 7 hari pemakaian, sehingga perlu dipikirkan keadaan batu *porous* yang mudah untuk di bersihkan atau diganti.

#### **4.2.4 Nyala Api Pada Konsentrasi NaOH 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%**

Pada pembakaran biogas hasil purifikasi menggunakan larutan NaOH ini menghasilkan nyala api pada kompor yang berwarna merah, selain itu juga ditunjukkan pada konsentrasi yang terkecil warna nyala biru sedikit kemerahan. Kemudian warna nyala akan semakin merah dengan bertambahnya konsentrasi larutan NaOH. Nyala api tersebut memiliki kecenderungan yang sama baik alat purifikasi yang pertama maupun alat purifikasi yang kedua. Untuk gambar nyala api dapat dilihat sebagai berikut.





Gambar 4.6 Nyala Api pada Konsentrasi NaOH 10%



Gambar 4.7 Nyala Api pada Konsentrasi NaOH 20%



Gambar 4.8 Nyala Api pada Konsentrasi NaOH 30%



Gambar 4.9 Nyala Api pada Konsentrasi NaOH 40%



Gambar 4.10 Nyala Api pada Konsentrasi NaOH 50%

Keadaan nyala api yang merah tersebut dimungkinkan akibat penguapan larutan NaOH. Hal itu dapat dilihat dari persamaan reaksi antara NaOH dengan  $\text{CO}_2$  di bawah ini.



Pada persamaan reaksi NaOH dengan  $\text{CO}_2$  tersebut akan melepaskan panas sebesar -792 KJ. Tanda (-) berarti reaksi tersebut melepaskan panas, sehingga panas dari sistem tersebut akan masuk kedalam lingkungan yang berupa larutan, wadah, dan udara. Panas yang dilepaskan kelarutan akan menyebabkan suhu pada larutan meningkat sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  akan mengalami penguapan. Uap yang diperoleh dari penguapan  $\text{H}_2\text{O}$  tersebut kemudian akan terbawa biogas dan terbakar bersama biogas sehingga warna nyala api pada kompor berubah menjadi merah. Hal tersebut dikarenakan pada pembakaran yang disertai oleh uap air akan mengganggu pembakaran. Gangguan tersebut muncul akibat pada sebagian panas hasil pembakaran yang digunakan sebagai aktifator untuk pembakaran selanjutnya diserap oleh uap air, sehingga panas untuk aktifator akan berkurang. Hal tersebut mengakibatkan pada pembakaran yang selanjutnya tidak bisa memiliki aktifator yang cukup untuk memperoleh pembakaran sempurna sehingga  $\text{CH}_4$  tidak mampu terbakar semua dan warna nyala api pada proses pembakaran akan berubah menjadi merah.