

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Cara Menentukan Volume

##### 4.1.1 Menghitung Volume Reaktor

Untuk menentukan volume reaktor digunakan rumus :

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$V = 3,14 \times (23,6 \text{ cm})^2 \times 92 \text{ cm}$$

$$V = 160894,6 \text{ cm}^3$$

$$V = 160 \text{ Liter}$$

##### 4.1.2 Menghitung Volume Penampung

Untuk menentukan volume penampungan digunakan rumus :

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$V = 3,14 \times (14 \text{ cm})^2 \times 34 \text{ cm}$$

$$V = 20924,96 \text{ cm}^3$$

$$V = 21 \text{ Liter}$$

#### 4.2 Perhitungan

Untuk menghitung beda tekanan dalam reaktor digunakan rumus :

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta H$$

$$P_2 - P_1 = \rho \cdot g \cdot \Delta H$$

Keterangan :

$$\rho = 995,8 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta H = \text{beda ketinggian (m)}$$

$$\Delta P = \text{beda tekanan (N/m}^2\text{)}$$

$$P_1 = \text{Tekanan didalam digester}$$

$$P_2 = \text{Tekanan lingkungan (1 atm)}$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2$$

Maka :

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta H$$

$$\Delta P = 995,8 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,198 \text{ m}$$

$$\Delta P = 1934,22 \text{ N/m}^2$$

Jadi :

$$P_1 - P_2 = \Delta P$$

$$P_1 - 1 \text{ atm} = \Delta P$$

$$P_1 = \Delta P + 1 \text{ atm}$$

$$P_1 = 1934,22 \text{ N/m}^2 + 101325 \text{ N/m}^2$$

$$P_1 = 103259,22 \text{ N/m}^2$$

Analog dengan perhitungan di atas didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Tekanan Di Dalam Digester Pada Limbah Kotoran Sapi

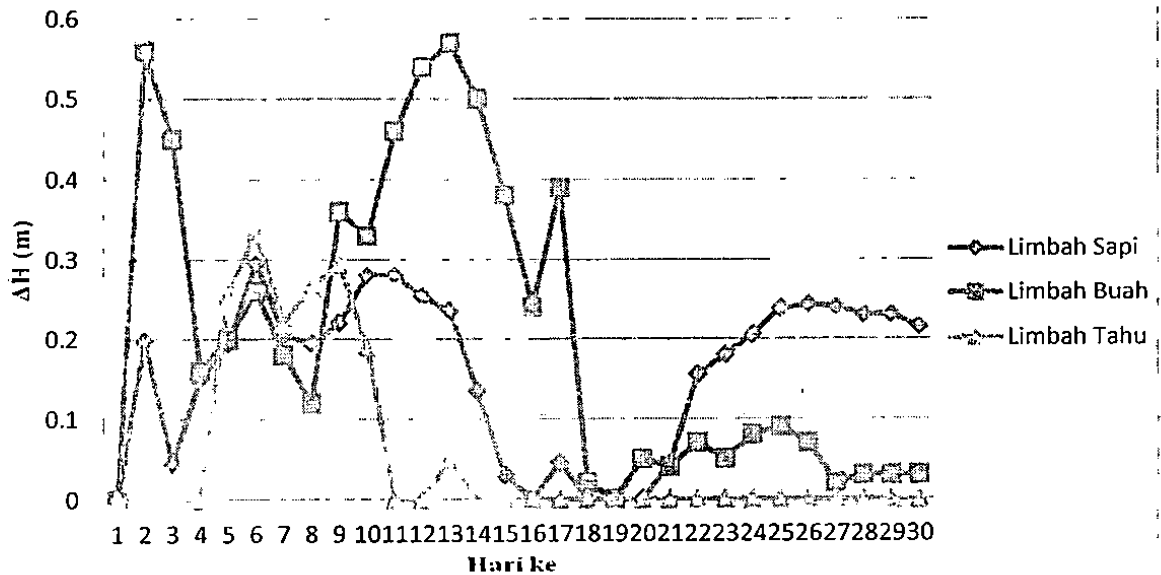
| No. | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $g$ (m/s <sup>2</sup> ) | $\Delta H$ (m) | $\Delta P$ (N/m <sup>2</sup> ) | $P_1$ (N/m <sup>2</sup> )  |
|-----|-----------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1   | 995.8                       | 9.81                    | 0              | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 2   | 995.8                       | 9.81                    | 0.198          | 1934.22 N/m <sup>2</sup>       | 103259.22 N/m <sup>2</sup> |
| 3   | 995.8                       | 9.81                    | 0.045          | 439.60 N/m <sup>2</sup>        | 101764.60 N/m <sup>2</sup> |
| 4   | 995.8                       | 9.81                    | 0.15           | 1465.32 N/m <sup>2</sup>       | 102790.32 N/m <sup>2</sup> |
| 5   | 995.8                       | 9.81                    | 0.195          | 1904.92 N/m <sup>2</sup>       | 103229.92 N/m <sup>2</sup> |
| 6   | 995.8                       | 9.81                    | 0.295          | 2881.80 N/m <sup>2</sup>       | 104206.80 N/m <sup>2</sup> |
| 7   | 995.8                       | 9.81                    | 0.205          | 2002.60 N/m <sup>2</sup>       | 103327.60 N/m <sup>2</sup> |
| 8   | 995.8                       | 9.81                    | 0.195          | 1904.92 N/m <sup>2</sup>       | 103229.92 N/m <sup>2</sup> |
| 9   | 995.8                       | 9.81                    | 0.22           | 2149.14 N/m <sup>2</sup>       | 103474.14 N/m <sup>2</sup> |
| 10  | 995.8                       | 9.81                    | 0.28           | 2735.26 N/m <sup>2</sup>       | 104060.26 N/m <sup>2</sup> |
| 11  | 995.8                       | 9.81                    | 0.28           | 2735.26 N/m <sup>2</sup>       | 104060.26 N/m <sup>2</sup> |
| 12  | 995.8                       | 9.81                    | 0.253          | 2471.51 N/m <sup>2</sup>       | 103796.51 N/m <sup>2</sup> |
| 13  | 995.8                       | 9.81                    | 0.235          | 2295.67 N/m <sup>2</sup>       | 103620.67 N/m <sup>2</sup> |
| 14  | 995.8                       | 9.81                    | 0.135          | 1318.79 N/m <sup>2</sup>       | 102643.79 N/m <sup>2</sup> |
| 15  | 995.8                       | 9.81                    | 0.03           | 293.06 N/m <sup>2</sup>        | 101618.06 N/m <sup>2</sup> |
| 16  | 995.8                       | 9.81                    | 0              | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 17  | 995.8                       | 9.81                    | 0.045          | 439.60 N/m <sup>2</sup>        | 101764.60 N/m <sup>2</sup> |
| 18  | 995.8                       | 9.81                    | 0              | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 19  | 995.8                       | 9.81                    | 0              | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 20  | 995.8                       | 9.81                    | 0              | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 21  | 995.8                       | 9.81                    | 0.045          | 439.60 N/m <sup>2</sup>        | 101764.60 N/m <sup>2</sup> |
| 22  | 995.8                       | 9.81                    | 0.155          | 1514.16 N/m <sup>2</sup>       | 102839.16 N/m <sup>2</sup> |
| 23  | 995.8                       | 9.81                    | 0.18           | 1758.38 N/m <sup>2</sup>       | 103083.38 N/m <sup>2</sup> |
| 24  | 995.8                       | 9.81                    | 0.205          | 2002.60 N/m <sup>2</sup>       | 103327.60 N/m <sup>2</sup> |
| 25  | 995.8                       | 9.81                    | 0.238          | 2324.97 N/m <sup>2</sup>       | 103649.97 N/m <sup>2</sup> |
| 26  | 995.8                       | 9.81                    | 0.243          | 2373.82 N/m <sup>2</sup>       | 103698.82 N/m <sup>2</sup> |
| 27  | 995.8                       | 9.81                    | 0.24           | 2344.51 N/m <sup>2</sup>       | 103669.51 N/m <sup>2</sup> |
| 28  | 995.8                       | 9.81                    | 0.23           | 2246.82 N/m <sup>2</sup>       | 103571.82 N/m <sup>2</sup> |
| 29  | 995.8                       | 9.81                    | 0.23           | 2246.82 N/m <sup>2</sup>       | 103571.82 N/m <sup>2</sup> |
| 30  | 995.8                       | 9.81                    | 0.215          | 2100.29 N/m <sup>2</sup>       | 103425.29 N/m <sup>2</sup> |

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Tekanan Di Dalam Digester  
Pada Limbah buah-buahan

| No. | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $g$ (m/s <sup>2</sup> ) | $\Delta H$ (m) | $\Delta P$ (N/m <sup>2</sup> ) | $P1$ (N/m <sup>2</sup> )   |
|-----|-----------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1   | 995.8                       | 9.81                    | 0              | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 2   | 995.8                       | 9.81                    | 0.56           | 5470.53 N/m <sup>2</sup>       | 106795.53 N/m <sup>2</sup> |
| 3   | 995.8                       | 9.81                    | 0.45           | 4395.96 N/m <sup>2</sup>       | 105720.96 N/m <sup>2</sup> |
| 4   | 995.8                       | 9.81                    | 0.16           | 1563.01 N/m <sup>2</sup>       | 102888.01 N/m <sup>2</sup> |
| 5   | 995.8                       | 9.81                    | 0.2            | 1953.76 N/m <sup>2</sup>       | 103278.76 N/m <sup>2</sup> |
| 6   | 995.8                       | 9.81                    | 0.26           | 2539.89 N/m <sup>2</sup>       | 103864.89 N/m <sup>2</sup> |
| 7   | 995.8                       | 9.81                    | 0.18           | 1758.38 N/m <sup>2</sup>       | 103083.38 N/m <sup>2</sup> |
| 8   | 995.8                       | 9.81                    | 0.12           | 1172.26 N/m <sup>2</sup>       | 102497.26 N/m <sup>2</sup> |
| 9   | 995.8                       | 9.81                    | 0.36           | 3516.77 N/m <sup>2</sup>       | 104841.77 N/m <sup>2</sup> |
| 10  | 995.8                       | 9.81                    | 0.33           | 3223.70 N/m <sup>2</sup>       | 104548.70 N/m <sup>2</sup> |
| 11  | 995.8                       | 9.81                    | 0.46           | 4493.65 N/m <sup>2</sup>       | 105818.65 N/m <sup>2</sup> |
| 12  | 995.8                       | 9.81                    | 0.54           | 5275.15 N/m <sup>2</sup>       | 106600.15 N/m <sup>2</sup> |
| 13  | 995.8                       | 9.81                    | 0.57           | 5568.21 N/m <sup>2</sup>       | 106893.21 N/m <sup>2</sup> |
| 14  | 995.8                       | 9.81                    | 0.5            | 4884.40 N/m <sup>2</sup>       | 106209.40 N/m <sup>2</sup> |
| 15  | 995.8                       | 9.81                    | 0.38           | 3712.14 N/m <sup>2</sup>       | 105037.14 N/m <sup>2</sup> |
| 16  | 995.8                       | 9.81                    | 0.24           | 2344.51 N/m <sup>2</sup>       | 103669.51 N/m <sup>2</sup> |
| 17  | 995.8                       | 9.81                    | 0.39           | 3809.83 N/m <sup>2</sup>       | 105134.83 N/m <sup>2</sup> |
| 18  | 995.8                       | 9.81                    | 0.02           | 195.38 N/m <sup>2</sup>        | 101520.38 N/m <sup>2</sup> |
| 19  | 995.8                       | 9.81                    | 0              | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 20  | 995.8                       | 9.81                    | 0.05           | 488.44 N/m <sup>2</sup>        | 101813.44 N/m <sup>2</sup> |
| 21  | 995.8                       | 9.81                    | 0.04           | 390.75 N/m <sup>2</sup>        | 101715.75 N/m <sup>2</sup> |
| 22  | 995.8                       | 9.81                    | 0.07           | 683.82 N/m <sup>2</sup>        | 102008.82 N/m <sup>2</sup> |
| 23  | 995.8                       | 9.81                    | 0.05           | 488.44 N/m <sup>2</sup>        | 101813.44 N/m <sup>2</sup> |
| 24  | 995.8                       | 9.81                    | 0.08           | 781.50 N/m <sup>2</sup>        | 102106.50 N/m <sup>2</sup> |
| 25  | 995.8                       | 9.81                    | 0.09           | 879.19 N/m <sup>2</sup>        | 102204.19 N/m <sup>2</sup> |
| 26  | 995.8                       | 9.81                    | 0.07           | 683.82 N/m <sup>2</sup>        | 102008.82 N/m <sup>2</sup> |
| 27  | 995.8                       | 9.81                    | 0.02           | 195.38 N/m <sup>2</sup>        | 101520.38 N/m <sup>2</sup> |
| 28  | 995.8                       | 9.81                    | 0.03           | 293.06 N/m <sup>2</sup>        | 101618.06 N/m <sup>2</sup> |
| 29  | 995.8                       | 9.81                    | 0.03           | 293.06 N/m <sup>2</sup>        | 101618.06 N/m <sup>2</sup> |
| 30  | 995.8                       | 9.81                    | 0.03           | 293.06 N/m <sup>2</sup>        | 101618.06 N/m <sup>2</sup> |

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Tekanan Di Dalam Digester  
Pada Limbah tahu

| No. | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $g$ (m/s <sup>2</sup> ) | $\Delta H$ (m) | $\Delta P$ (N/m <sup>2</sup> ) | $P_1$ (N/m <sup>2</sup> )  |
|-----|-----------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1   | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 2   | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 3   | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 4   | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 5   | 995.8                       | 9.81                    | 0.255          | 2491.04 N/m <sup>2</sup>       | 103816.04 N/m <sup>2</sup> |
| 6   | 995.8                       | 9.81                    | 0.335          | 3272.55 N/m <sup>2</sup>       | 104597.55 N/m <sup>2</sup> |
| 7   | 995.8                       | 9.81                    | 0.220          | 2149.14 N/m <sup>2</sup>       | 103474.14 N/m <sup>2</sup> |
| 8   | 995.8                       | 9.81                    | 0.265          | 2588.73 N/m <sup>2</sup>       | 103913.73 N/m <sup>2</sup> |
| 9   | 995.8                       | 9.81                    | 0.293          | 2862.26 N/m <sup>2</sup>       | 104187.26 N/m <sup>2</sup> |
| 10  | 995.8                       | 9.81                    | 0.190          | 1856.07 N/m <sup>2</sup>       | 103181.07 N/m <sup>2</sup> |
| 11  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 12  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 13  | 995.8                       | 9.81                    | 0.050          | 488.44 N/m <sup>2</sup>        | 101813.44 N/m <sup>2</sup> |
| 14  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 15  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 16  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 17  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 18  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 19  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 20  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 21  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 22  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 23  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 24  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 25  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 26  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 27  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 28  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 29  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |
| 30  | 995.8                       | 9.81                    | 0.000          | 0.00 N/m <sup>2</sup>          | 101325.00 N/m <sup>2</sup> |



Gambar 4.1 Grafik Biogas

### 1. Limbah sapi

Pada hari pertama sampai hari ke 11 merupakan tahapan hidrolisis, produksi biogas tidak stabil dan menghasilkan  $H_2+CO_2+H_2O$ . Pada tahapan ini gas yang dihasilkan tidak bisa terbakar dengan baik. Pada hari ke 12 sampai hari ke 20 yaitu proses asidogenesis, produksi gas mulai menurun itu terjadi dikarenakan kecepatan pembentukan asam lebih cepat sehingga meracuni bakteri metanogen dan pada proses asidogenesis bakteri membutuhkan  $O_2$  yang diperoleh dari  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Pada hari ke 21 sampai 30 yaitu proses metanogenesis, produksi gas cukup tinggi, gas yang dihasilkan adalah gas metana ( $CH_4$ ) pada tahapan inilah bakteri mulai aktif memproduksi gas metana, pada tahapan ini biogas dapat dibakar dengan baik. Biogas kira-kira memiliki berat 20%

650-750<sup>0</sup> C. Biogas tidak berbau dan tidak berwarna yang apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti LPG. Nilai kalor gas metana adalah 20 MJ/m<sup>3</sup> dengan efisiensi pembakaran 60% pada konvensional kompor biogas.(Wahyuni, 2010). Semakin banyak kandungan gas metana dalam biogas, maka nilai kalor biogas tersebut akan semakin tinggi.

## 2. Limbah buah-buahan

Pada hari pertama gas yang dihasilkan sangat signifikan tetapi hari berikutnya mengalami penurunan karena hari pertama sampai hari ke 13 itu adalah tahap hidrolisis, gas yang dihasilkan adalah asam H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. Pada tahap asidogenesis pada hari ke 14 – 19 tekanan gas mengalami penurunan, penurunan tersebut dimungkinkan karena bakteri menghisap oksigen dari CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Pada tahap metanogenesis pada hari ke 20 – 30 produksi gas terbentuk dari CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> relatif sedikit karena kemungkinan terbentuknya etanol hal ini dibuktikan dengan bau etanol yang khas.

## 3. Limbah tahu

Pada hari pertama sampai ke 4 gas tidak berproduksi, pada hari ke 4 – 9 merupakan tahapan hidrolisis, produksi yang dihasilkan adalah etanol, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan H<sub>2</sub>. Hari ke 9 – 13 merupakan tahapan asidogenesis yang membutuhkan O<sub>2</sub> gas yang diperoleh dari CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Pada hari

dihasilkan dari limbah tahu kemungkinan terbentuk etanol dalam fase cair hal ini dibuktikan dengan bau etanol yang khas.

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa produksi gas yang dihasilkan dari kotoran sapi lebih efektif dibandingkan dengan limbah tahu dan limbah buah-buahan. Untuk limbah tahu dan limbah buah perlu ditambahkan pemicu seperti ragi atau tetes tebu.