

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Tabel 4.1 Data Pengujian *Perforated Burner Tanpa Grid*

No	Waktu (s)	Temperatur (°C)		
		Air	Ruang Bakar	Selubung
1	60	30.9	468.00	33
2	120	37.1	484.00	37
3	180	43.4	494.00	42
4	240	49.7	509.67	48
5	300	56.1	514.67	54
6	360	62.4	522.67	57
7	420	68.7	531.00	64
8	480	74.9	535.00	69
9	540	80.8	531.33	75
10	600	86.3	527.33	81
11	660	91.4	529.67	86
12	669	92	529.33	88

Tabel 4.2 Data Pengujian *Perforated Burner Dengan Grid Segitiga*

No	Waktu (s)	Temperatur (°C)		
		Air	Ruang Bakar	Selubung
1	60	30.6	466.67	32
2	120	36.6	480.67	35
3	180	43	497.67	40
4	240	49.6	512.67	50
5	300	56.5	518.67	55
6	360	63.1	523.67	60
7	420	69.6	526.67	63
8	480	76.2	531.33	65
9	540	82.4	531.33	67
10	600	88.1	530.33	73
11	652	92	528.33	83



Tabel 4.3 Data Pengujian *Perforated Burner Dengan Grid Kotak*

No	Waktu (s)	Temperatur (°C)		
		Air	Ruang Bakar	Selubung
1	60	30.6	470.33	33
2	120	36.7	493.67	38
3	180	43.2	507.67	44
4	240	49.8	516.33	48
5	300	56.7	521.67	54
6	360	63.6	525.67	59
7	420	70.4	532.00	64
8	480	76.7	533.33	69
9	540	83.1	533.33	73
10	600	88.6	533.67	78
11	645	92	532.33	84

Tabel 4.4 Data Pengujian *Perforated Burner Dengan Grid Lingkaran*

No	Waktu (s)	Temperatur (°C)		
		Air	Ruang Bakar	Selubung
1	60	30.7	500.00	34
2	120	36.9	525.33	41
3	180	43.2	531.33	47
4	240	50.1	464.16	53
5	300	57.2	539.33	59
6	360	64.1	544.67	64
7	420	70.7	545.00	67
8	480	77.2	559.00	54
9	540	83.4	561.33	75
10	600	89.1	564.33	79
11	631	92	565.00	83

4.1.2 Pengolahan Data

Untuk mencari nilai panas hasil pembakaran, panas yang diserap oleh air, panas yang hilang dan juga efisiensi maka dilakukan pengolahan data. Di bawah ini adalah

contoh perhitungan data hasil penelitian dari *burner* konvensional tanpa selubung pada waktu 120 detik.

Diketahui :

- $T_0 H_2O$ = 25 °C
- $T_0 \text{Selubung}$ = 24 °C
- m_{H_2O} = 1,5 kg
- Cp_{H_2O} = 4,19 kJ/kg K
- Komposisi LPG = *Propane 50% + Butane 50%*
- $LHV_{\text{bahan bakar (propane)}}$ = 46133,884 kJ/kg
- $LHV_{\text{bahan bakar (butane)}}$ = 46464,176 kJ/kg
- Massa Jenis LPG (ρ LPG) = 0,0021 kg/l
- Debit LPG (Q LPG) = 0,0125 l/s

Perhitungan Efisiensi :

1. Energi yang diserap oleh air

$$T_2 = 36,9 \text{ °C} = 309,9 \text{ °K}$$

$$T_0 = 25 \text{ °C} = 298 \text{ °K}$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= T_2 - T_0 \\ &= 309,9 - 298 \\ &= 11,9 \text{ °K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Qserap air} &= m_{H_2O} \times Cp_{H_2O} \times (\Delta T) \\ &= 1,5 \text{ kg} \times 4,19 \text{ kJ/kg K} \times 11,9 \text{ K} \\ &= 74,79 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Energi Bahan Bakar

➤ Massa Alir LPG (\dot{m})

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \rho \text{ LPG} \times Q \text{ LPG} \\ &= 0,0021 \times 0,0125 \\ &= 2,625 \times 10^{-5} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

➤ $LHV_{\text{bahan bakar}}$

$$\begin{aligned} LHV_{LPG} &= (LHV_{\text{propane}} \times 50\%) + (LHV_{\text{butane}} \times 50\%) \\ &= (46133,884 \times 50\%) + (46464,17 \times 50\%) \\ &= 46299,03 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{bahan bakar}} &= \dot{m} \times t \times LHV_{LPG} \\
 &= 2,625 \times 10^{-5} \text{ kg/s} \times 120 \text{ s} \times 46299,03 \text{ kJ/kg} \\
 &= 145,84 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

3. Efisiensi Sistem Pemanasan

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q_{\text{serap air}}}{Q_{\text{bahan bakar}}} \times 100 \% \\
 &= \frac{74,63 \text{ kJ}}{145,84 \text{ kJ}} \times 100 \% \\
 &= 51,28 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Panas yang Hilang

Diketahui dari kesetimbangan energi untuk sistem tertutup adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{masuk}} &= Q_{\text{keluar}} \\
 Q_{\text{bahan bakar}} &= Q_{\text{serap air}} + Q_{\text{hilang}} + Q_{\text{selubung}}
 \end{aligned}$$

Untuk pemanasan dengan menggunakan selubung =

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{hilang}} &= Q_{\text{bahan bakar}} - Q_{\text{serap air}} - Q_{\text{selubung}} \\
 Q_{\text{selubung}} &= \varepsilon_{\text{selubung}} \sigma A_{\text{selubung}} (T_{\text{selubung}}^4 - T_{\text{lingkungan}}^4)
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan untuk *perforated burner* dengan *grid* lingkaran pada waktu 120 detik

Untuk Q_{selubung} :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{selubung}} &= \varepsilon_{\text{selubung}} \sigma A_{\text{selubung}} (T_{\text{selubung}}^4 - T_{\text{lingkungan}}^4) \\
 &= 0,62 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 0,0211 (324,17^4 - 298^4) \\
 &= 2,34 \text{ W} \\
 &= 2,34 \text{ J/s}
 \end{aligned}$$

Dengan lama waktu 120 s, maka:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{selubung}} &= 2,34 \text{ J/s} \times 120 \text{ s} \\
 &= 280,8 \text{ J} \\
 &= 0,280 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dan untuk } Q_{\text{hilang}} &= Q_{\text{bahan bakar}} - Q_{\text{serap air}} - Q_{\text{selubung}} \\
 &= 145,84 \text{ kJ} - 74,79 \text{ kJ} - 0,280 \text{ kJ} \\
 &= 70,77 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan *Perforated burner* Tanpa Grid

No	Waktu (s)	ΔT (K)	E Serap (kJ)	E Pemb (kJ)	Efisiensi (%)
1	60	5.9	37.08	72.92	50.85
2	120	12.1	76.05	145.84	52.14
3	180	18.4	115.64	218.76	52.86
4	240	24.7	155.24	291.68	53.22
5	300	31.1	195.46	364.60	53.61
6	360	37.4	235.06	437.53	53.72
7	420	43.7	274.65	510.45	53.81
8	480	49.9	313.62	583.37	53.76
9	540	55.8	350.70	656.29	53.44
10	600	61.3	385.27	729.21	52.83
11	660	66.4	417.32	802.13	52.03
12	669	67	421.10	813.07	51.79

Tabel 4.6 Data Hasil Perhitungan *Perforated burner* Dengan Grid Segitiga

No	Waktu (s)	ΔT (K)	E Serap (kJ)	E Pemb (kJ)	Efisiensi %
1	60	5.6	35.20	72.92	48.27
2	120	11.6	72.91	145.84	49.99
3	180	18	113.13	218.76	51.71
4	240	24.6	154.61	291.68	53.01
5	300	31.5	197.98	364.60	54.30
6	360	38.1	239.46	437.53	54.73
7	420	44.6	280.31	510.45	54.91
8	480	51.2	321.79	583.37	55.16
9	540	57.4	360.76	656.29	54.97
10	600	63.1	396.58	729.21	54.39
11	652	67	421.10	792.41	53.14

Tabel 4.7 Data Hasil Perhitungan *Perforated burner* dengan Grid Kotak

No	Waktu (s)	ΔT (K)	E Serap (kJ)	E Pemb (kJ)	Efisiensi (%)
1	60	5.6	35.20	72.92	48.27
2	120	11.7	73.53	145.84	50.42
3	180	18.2	114.39	218.76	52.29
4	240	24.8	155.87	291.68	53.44
5	300	31.7	199.23	364.60	54.64
6	360	38.6	242.60	437.53	55.45
7	420	45.4	285.34	510.45	55.90
8	480	51.7	324.93	583.37	55.70
9	540	58.1	365.16	656.29	55.64
10	600	63.6	399.73	729.21	54.82
11	645	67	421.10	783.90	53.72

Tabel 4.8 Data Hasil Perhitungan *Perforated burner* dengan *Grid* Lingkaran

No	Waktu (s)	ΔT (K)	E Serap (kJ)	E Pemb (kJ)	Efisiensi (%)
1	60	5.7	35.82	72.92	49.13
2	120	11.9	74.79	145.84	51.28
3	180	18.2	114.39	218.76	52.29
4	240	25.1	157.75	291.68	54.08
5	300	32.2	202.38	364.60	55.51
6	360	39.1	245.74	437.53	56.17
7	420	45.7	287.22	510.45	56.27
8	480	52.2	328.08	583.37	56.24
9	540	58.4	367.04	656.29	55.93
10	600	64.1	402.87	729.21	55.25
11	631	67	421.10	766.89	54.91

Tabel 4.9 Data Prosentase Distribusi Energi Masing-Masing Sistem Pemanasan

	Prosentase %			
	E pem	E serap	E rad selubung	E hilang
TANPA <i>GRID</i>	100.000	51.791	0.83	47.383
<i>GRID</i> SEGITIGA	100.000	53.141	0.76	46.097
<i>GRID</i> LINGKARAN	100.000	54.910	0.79	44.303
<i>GRID</i> KOTAK	100.000	53.718	0.79	45.495

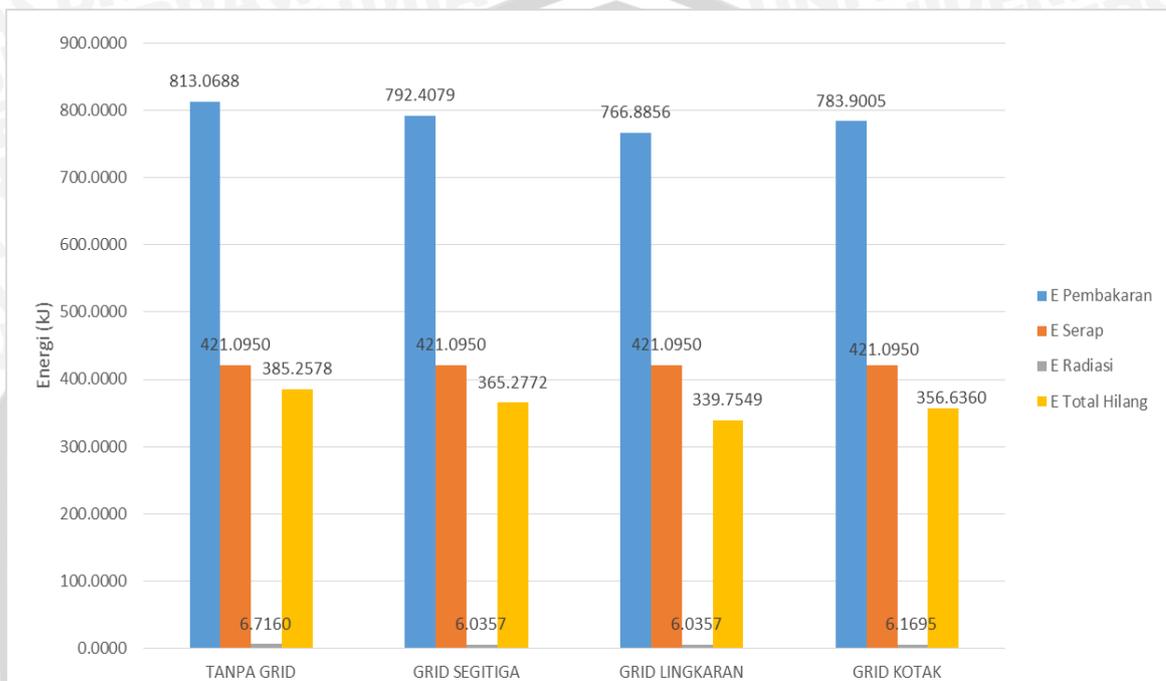
4.2 Pembahasan

4.2.1 Diagram Distribusi Energi Panas Dengan Variasi Bentuk *Grid*

Gambar 4.4 dapat dilihat distribusi energi pada variasi *perforated burner* tanpa *grid*, dengan *grid* lingkaran, dengan *grid* kotak dan dengan *grid* segitiga. Pada diagram dapat dilihat bahwa energi serap untuk semua variasi sama yaitu sebesar 421,0950 kJ. Hal ini dikarenakan ΔT suhu akhir sama yaitu sebesar 67°C.

Untuk energi radiasi dapat kita lihat bahwa energi radiasi yang dialami *perforated burner* tanpa *grid* paling besar yaitu sebesar 6,7160 kJ dibandingkan yang menggunakan *grid* karena energi panas untuk *perforated burner* menggunakan *grid* panas lebih banyak terserap oleh *grid* sehingga panas yang terbuang ke lingkungan sedikit. Sedangkan pada *perforated burner* tanpa *grid* panas langsung diradiasikan ke lingkungan. Namun untuk konsumsi bahan bakar paling besar ditunjukkan pada *perforated* tanpa selubung kemudian disusul *perforated* dengan segitiga, kotak, dan yang terakhir lingkaran, Hal ini disebabkan karena *perforated burner* tanpa *grid* memiliki

energi radiasi paling besar ke lingkungan dibandingkan variasi lainnya, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memanaskan air hingga mendidih. Akan tetapi untuk perbandingan bahan bakar tiap *grid* juga berbeda segitiga dan kotak membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak dibandingkan lingkaran karena bentuk dari penampang yang berbeda.



Gambar 4.1 Diagram Distribusi Energi Panas Dengan Variasi Bentuk *Grid*

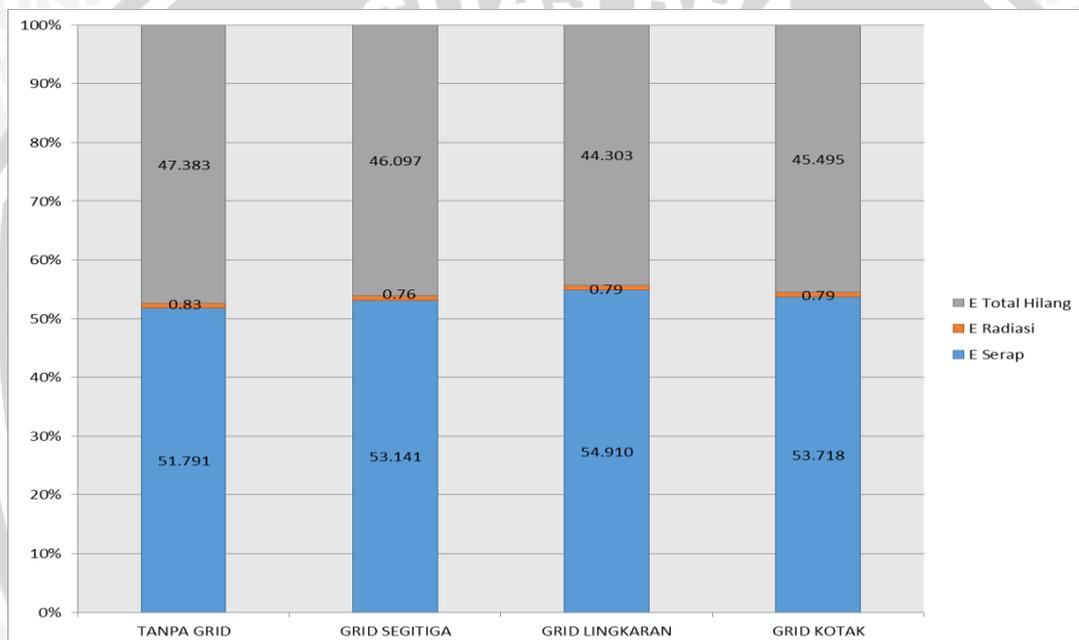
Untuk energi total yang hilang merupakan hasil pengurangan dari energi pembakaran dikurangi energi radiasi serta dikurangi energi serap. Dari gambar 2 urutan energi total hilang paling besar adalah *perforated burner* tanpa *grid*, *grid* segitiga, *grid* kotak, dan *grid* lingkaran. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pemanasan air maka energi pembakaran yang dibutuhkan semakin besar dan mengakibatkan energi yang hilang akibat radiasi ke lingkungan juga semakin besar.

4.2.2 Diagram Prosentase Distribusi Energi Pembakaran

Gambar 4.5 dapat kita lihat urutan untuk energi serap paling besar pada *perforated burner* dengan *grid* lingkaran, *grid* kotak, *grid* segitiga, kemudian untuk paling kecil adalah *perforated burner* tanpa *grid*. Prosentasenya berturut-turut sebagai berikut : 54,910%, 53,718%, 53,141% ; dan 51,791%. Hal ini disebabkan karena untuk

grid berbentuk lingkaran panas lebih banyak terserap ke panci karena hambatan dari *grid* lingkaran lebih sedikit dibandingkan *grid* lainnya.

Kemudian untuk energi radiasi *Perforated burner* tanpa *grid* memiliki energi hilang yang paling besar karena panas dari api yang hilang terbang ke lingkungan, sedangkan pada *perforated burner* yang menggunakan *grid* panas dari api yang akan terbang ke lingkungan terserap oleh *grid* sehingga energi total yang hilang lebih sedikit dibandingkan *perforated* tanpa *grid* yang mengakibatkan energi radiasi yang paling besar yaitu 0,83 %, kemudian disusul oleh *grid* segitiga, *grid* kotak, dan *grid* lingkaran sebesar 0,79 % ; 0,79 % ; 0,76%.



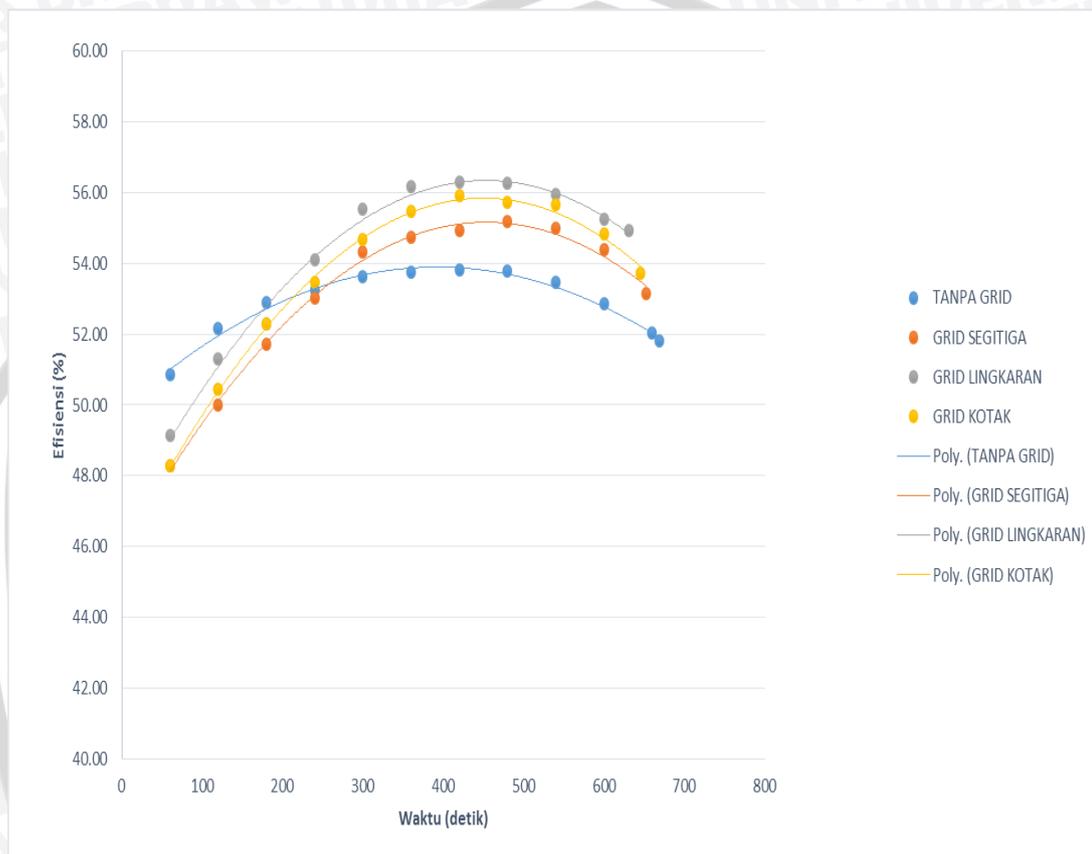
Gambar 4.2 Diagram Prosentase Distribusi Pembakaran

Namun urutan untuk energi total yang hilang paling besar adalah *perforated burner* tanpa *grid*, *perforated burner* dengan *grid* segitiga, *grid* kotak, kemudian *grid* lingkaran yaitu 47,383 % ; 46,097 % ; 45,495 % ; 44,303 %. Hal ini disebabkan karena energi serap dan energi radiasi yang dialami oleh *perforated burner* tanpa *grid* lebih besar dibandingkan *perforated burner* menggunakan *grid* lingkaran, *grid* kotak, maupun *grid* segitiga.

4.2.3 Grafik Hubungan Antara Waktu terhadap Efisiensi

Gambar 4.6 menunjukkan hubungan Antara Waktu terhadap Efisiensi. Data grafik dapat kita lihat efisiensi untuk *perforated burner* tanpa *grid* dan *perforated*

burner dengan menggunakan beberapa variasi bentuk *grid*. Dari grafik dapat kita lihat untuk menit pertama efisiensi dari *perforated burner* tanpa *grid* terletak pada posisi paling atas dibandingkan *perforated* menggunakan *grid* lainnya, akan tetapi pada detik ke 240 *grid* lingkaran dan *grid* kotak mulai memotong grafik dari tanpa *grid* dan berada di atas grafik tanpa *grid*. Untuk *grid* segitiga baru memotong setelah detik ke 300.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Efisiensi Dan Waktu

Pada *grid* berbentuk lingkaran, kotak, dan segitiga pada detik atau menit awal efisiensi lebih rendah karena panas awal dari api tidak langsung ke panci akan tetapi panas diserap oleh *grid* tersebut. Untuk *grid* lingkaran memiliki efisiensi tertinggi dibandingkan dengan *grid* bentuk kotak dan segitiga karena pada bentuk lingkaran memiliki nilai diameter hidrolis (D_h) yang paling besar yang menunjukan panas yang melewati *grid* lebih banyak dibandingkan bentuk lainnya. Dari grafik tersebut dapat dilihat efisiensi rata-rata dari setiap variasi yaitu tanpa *grid* sebesar 52,84 ; *grid* segitiga sebesar 53,14% ; *grid* kotak sebesar 53,66% ; dan *grid* lingkaran sebesar 54,28 %. Jadi kesimpulannya memakai *grid* lebih efisien dibandingkan tidak memakai *grid* dan *grid* yang berpenampang lingkaran memiliki efisiensi yang paling tinggi.

4.2.4 Visualisasi Api

Berikut merupakan gambar visualisasi dari api dari berbagai macam variasi.



Gambar 4.4 Api tanpa *grid*.



Gambar 4.5 Api *grid* segitiga.



Gambar 4.6 Api *grid* kotak.



Gambar 4.7 Api *grid* lingkaran.

