

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Tabel 4.1 Data Pengujian *Burner* Konvensional dengan Selubung

Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
	Air	Ruang Bakar Rata-rata	Selubung
1	30,0	438,84	35,0
2	35,5	458,48	42,7
3	41,9	468,10	52,5
4	48,9	468,33	63,0
5	55,2	472,05	71,1
6	61,8	470,77	79,0
7	68,0	469,51	85,5
8	72,5	465,64	90,5
9	77,6	465,07	96,5
10	82,2	463,34	100,0
11	86,5	463,62	103,0
12	90,8	462,41	106,5
	92	460,56	110,0

Untuk mendidih pada suhu 92 membutuhkan waktu 12'30"

Tabel 4.2 Data Pengujian *Perforated Burner* dengan Selubung

Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
	Air	Ruang Bakar Rata-rata	Selubung
1	30,8	401,15	33,9
2	36,9	448,80	41,2
3	42,7	460,18	51,4
4	49,7	468,44	64,3
5	56,1	474,02	71,6
6	62,4	479,10	76,2
7	69,3	488,62	78,0
8	75,3	489,58	80,0
9	80,1	492,55	85,6
10	84,9	493,56	87,0
11	89,9	494,81	92,6
	92	493,13	97,2

Untuk mendidih pada suhu 92 membutuhkan waktu 11'46"



Tabel 4.3 Data Pengujian *Perforated Burner* dengan Selubung Bertingkat

Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
	Air	Ruang Bakar Rata-rata	Selubung
1	30,4	387,93	32,5
2	36,2	414,92	39,8
3	43,4	422,74	46,5
4	50,1	436,15	53,5
5	56,8	444,77	59,0
6	63,3	457,44	66,8
7	70,3	465,35	72,5
8	76,9	473,04	75,6
9	83,4	479,23	82,9
10	88,7	488,28	83,1
11	91,3	497,80	88,3
	92	510,32	92,0

Untuk mendidih pada suhu 92 membutuhkan waktu 11'10"

4.1.2 Pengolahan Data

Perhitungan data dilakukan untuk mencari nilai panas yang diserap oleh air, panas hasil pembakaran, efisiensi dan panas yang hilang. Pada perhitungan dibawah ini, data yang diambil pada menit 1 pengujian *burner* konvensional dengan selubung.

Data yang diperoleh pada saat penelitian antara lain:

- Massa air : 1,5 kg
- Cp air rata-rata (25°C-92°C) : 4,19 kJ/kg K
- LHV *propane* : 46133,884 kJ/kg
- LHV *butane* : 46464,176 kJ/kg
- Massa jenis LPG : 0,0021 kg/l
- Debit LPG : 0,0125 l/s
- Komposisi LPG : *propane* 50% + *butane* 50%
- Temperatur awal air (T_0) : 25°C = 298K
- Temperatur air (T_1) : 30°C = 303K
- Temperatur Lingkungan : 24°C = 297K

Perhitungan efisiensi per kenaikan waktu sampai mendidih

- Energi yang diserap oleh air

$$\begin{aligned} E_{\text{serap}} &= m_{\text{air}} \times C_{p\text{air}} \times \Delta T \\ &= 1,5 \text{ kg} \times 4,181 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \times 5 \text{ K} \\ &= 31,43 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Massa Alir LPG

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \rho_{\text{LPG}} \times Q_{\text{LPG}} \\ &= 0,0021 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \times 0,0125 \frac{\text{l}}{\text{s}} \\ &= 2,625 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \end{aligned}$$

- LHV LPG

$$\begin{aligned} \text{LHV}_{\text{LPG}} &= (\text{LHV}_{\text{propane}} \times 50\%) + (\text{LHV}_{\text{butane}} \times 50\%) \\ &= (46133,884 \times 50\%) + (46464,176 \times 50\%) \\ &= 46299,03 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

- Energi panas hasil pembakaran

$$\begin{aligned} E_{\text{pembakaran}} &= \dot{m} \times t \times \text{LHV}_{\text{LPG}} \\ &= 2,625 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 60\text{s} \times 46299,03 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ &= 72,92 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Efisiensi

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{E_{\text{serap}}}{E_{\text{pembakaran}}} \times 100\% \\ &= \frac{31,43 \text{ kJ}}{72,92 \text{ kJ}} \times 100\% \\ &= 43,09\% \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan *Burner* Konvensional dengan Selubung

Waktu (detik)	ΔT (K)	E_{Serap} (kJ)	$E_{Pembakaran}$ (kJ)	Efisiensi (%)
60	5,0	31,43	72,92	43,09
120	10,5	65,99	145,84	45,25
180	16,9	106,22	218,76	48,55
240	23,9	150,21	291,68	51,50
300	30,2	189,81	364,60	52,06
360	36,8	231,29	437,53	52,86
420	43,0	270,26	510,45	52,94
480	47,5	298,54	583,37	51,17
540	52,6	330,59	656,29	50,37
600	57,2	359,50	729,21	49,30
660	61,5	386,53	802,13	48,19
720	65,8	413,55	875,05	47,26
750	67	421,10	911,51	46,20
Efisiensi Rata-Rata				49,13

Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan *Perforated Burner* dengan Selubung

Waktu (detik)	ΔT (K)	E_{Serap} (kJ)	$E_{Pembakaran}$ (kJ)	Efisiensi (%)
60	5,8	36,45	72,92	49,99
120	11,9	74,79	145,84	51,28
180	17,7	111,24	218,76	50,85
240	24,7	155,24	291,68	53,22
300	31,1	195,46	364,60	53,61
360	37,4	235,06	437,53	53,72
420	44,3	278,43	510,45	54,55
480	50,3	316,14	583,37	54,19
540	55,1	346,30	656,29	52,77
600	59,9	376,47	729,21	51,63
660	64,9	407,90	802,13	50,85
706	67	421,10	858,04	49,08
Efisiensi Rata-Rata				52,14

Tabel 4.6 Data Hasil Perhitungan *Perforated Burner* dengan Selubung Bertingkat

Waktu (detik)	ΔT (K)	E_{Serap} (kJ)	$E_{Pembakaran}$ (kJ)	Efisiensi (%)
60	5,4	33,94	72,92	46,54
120	11,2	70,39	145,84	48,27
180	18,4	115,64	218,76	52,86
240	25,1	157,75	291,68	54,08
300	31,8	199,86	364,60	54,82
360	38,3	240,72	437,53	55,02
420	45,3	284,71	510,45	55,78
480	51,9	326,19	583,37	55,92
540	58,4	367,04	656,29	55,93
600	63,7	400,35	729,21	54,90
660	66,3	416,70	802,13	51,95
670	67,0	421,10	814,28	51,71
Efisiensi Rata-Rata				53,15

Perhitungan Energi Panas yang Hilang

Berikut merupakan keseimbangan energi dari proses pembakaran

$$E_{pembakaran} = E_{Serap} + E_{rad.selubung} + E_{hilang}$$

dengan,

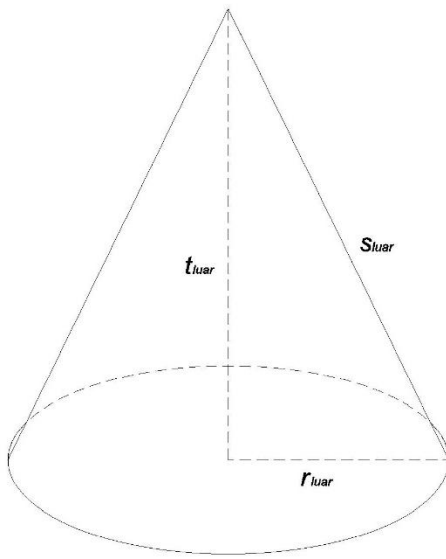
$$E_{rad.selubung} = \varepsilon_{selubung} \sigma A_{selubung} (T^4_{selubung} - T^4_{lingkungan})$$

$A_{selubung}$ merupakan luasan yang meradiasikan panas ke lingkungan

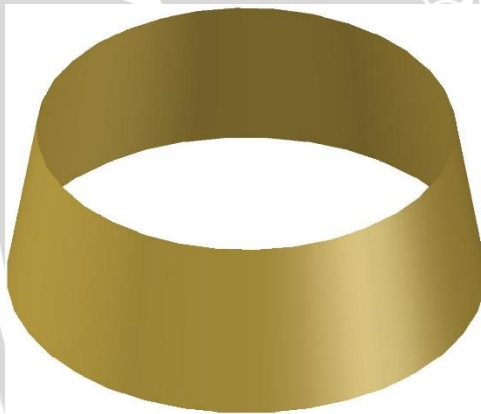
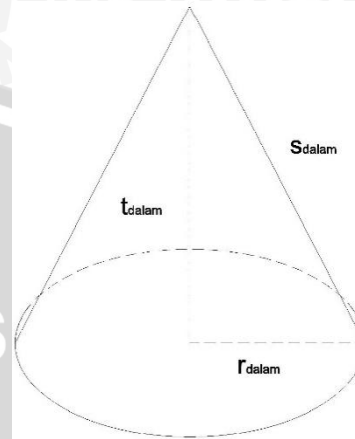
$$A_{selubung} = \text{Luas selimut selubung}$$

$$A_{selubung} = L_{selimut 2} - L_{selimut 1}$$

Lselimut I



Lselimut II



Diketahui :

$$r_1 = 10,5 \text{ cm} ; t_1 = 10 \text{ cm}$$

$$r_2 = 8 \text{ cm} ; t_2 = 7 \text{ cm}$$

$$s_1 = \sqrt{(10,5^2) + (10^2)} = 14,5 \text{ cm}$$

$$s_2 = \sqrt{(8^2) + (7^2)} = 10,63 \text{ cm}$$

$$\diamond L_{selimut\ 1} = \pi \cdot r^2 \cdot s = \pi \times 10,5 \times 14,5 = 478,065 \text{ cm}^2$$

$$\diamond L_{selimut\ 2} = \pi \cdot r^2 \cdot s = \pi \times 8 \times 10,63 = 267,025 \text{ cm}^2$$

Jadi :

$$\blacktriangleright A_{selubung} = L_{selimut\ 2} - L_{selimut\ 1}$$

$$A_{selubung} = 478,065 - 267,025$$

$$A_{selubung} = 211,04 \text{ cm}^2 = 0,0211 \text{ m}^2$$

$$\blacktriangleright E_{rad.selubung} = \epsilon_{selubung} \sigma A_{selubung} (T^4_{selubung} - T^4_{lingkungan})$$

$$E_{rad.selubung} = 0,62 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 0,0211 \times (383^4 - 297^4)$$

$$= 10,19 \text{ W}$$

dengan lama waktu yang diperlukan 750 detik, maka:

$$E_{\text{rad.selubung}} = 10,19 \text{ J/s} \times 750 \text{ s} = 7,64 \text{ kJ}$$

➤ Energi hilang

$$\begin{aligned} E_{\text{hilang}} &= E_{\text{pembakaran}} - E_{\text{serap}} - E_{\text{rad.selubung}} \\ &= 911,51 - 420,19 - 8,59 \\ &= 482,78 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Data Hasil Perhitungan Energi Yang Hilang Masing-Masing Variasi

Variasi	E Pembakaran (kJ)	E Serap (kJ)	E Radiasi (kJ)	E Hilang (kJ)
<i>Burner</i> Konvensional	911,51	421,10	7,64	482,78
<i>Perforated</i>	858,04	421,10	5,73	431,21
P Selubung Bertingkat	814,28	421,10	4,93	388,26

Tabel 4.8 Data Distribusi Energi Yang Hilang Masing-Masing Variasi

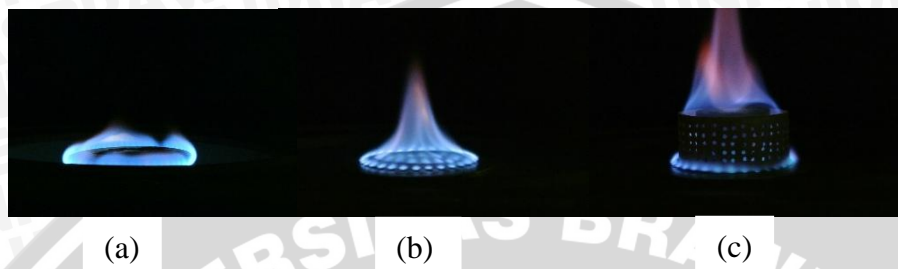
Variasi	E Pembakaran (%)	E Serap (%)	E Radiasi (%)	E Hilang (kJ)
<i>Burner</i> Konvensional	100	46,20	0,84	52,96
<i>Perforated</i>	100	49,08	0,67	50,26
P Selubung Bertingkat	100	51,71	0,61	47,68

4.2 Pembahasan

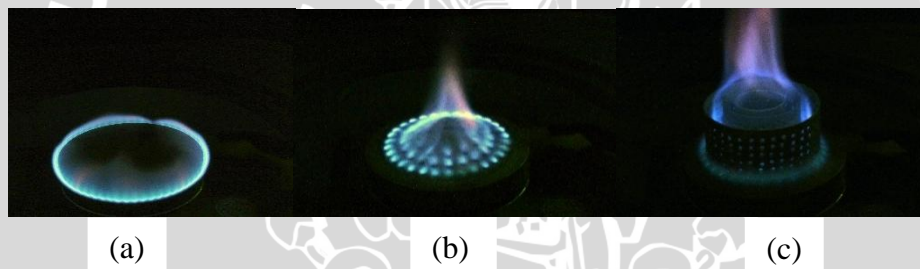
4.2.1 Visualisasi Api

Pada penelitian ini, dilakukan visualisasi tentang nyala api pada masing-masing variasi *burner* dan penggunaan selubung bertingkat. Untuk *burner* konvensional, api terbentuk pada samping *burner* sehingga panas yang ditimbulkan dari proses pembakaran tidak langsung mengenai panci sehingga efisiensinya menjadi kecil daripada perforated dengan selubung bertingkat. Pada *burner* perforated dengan selubung bertingkat pembentukan api terjadi dibagian tengah *burner* sehingga api langsung mengenai panci dan panas yang ditimbulkan dari reaksi pembakarannya akan langsung ditransferkan langsung ke panci yang mengakibatkan *burner* perforated dengan selubung bertingkat mempunyai efisiensi sistem pemanasan lebih tinggi daripada variasi yang lain.

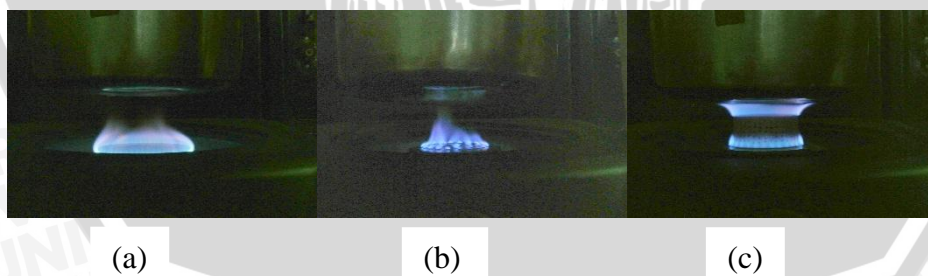
Pada gambar 4.1 menunjukkan tentang visualisasi api yang terbentuk pada masing-masing variasi tampak dari samping. Gambar 4.2 menunjukkan tentang visualisasi api yang terbentuk tampak dari atas. Sedangkan pada gambar 4.3 menunjukkan tentang visualisasi api pada masing-masing variasi dengan adanya panci tampak pada samping. Visualisasi api tampak samping



Gambar 4.1 Visualisa api tampak samping : (a) *burner* konvensional (b) *perforated burner* (c) *perforated burner* dengan selubung bertingkat

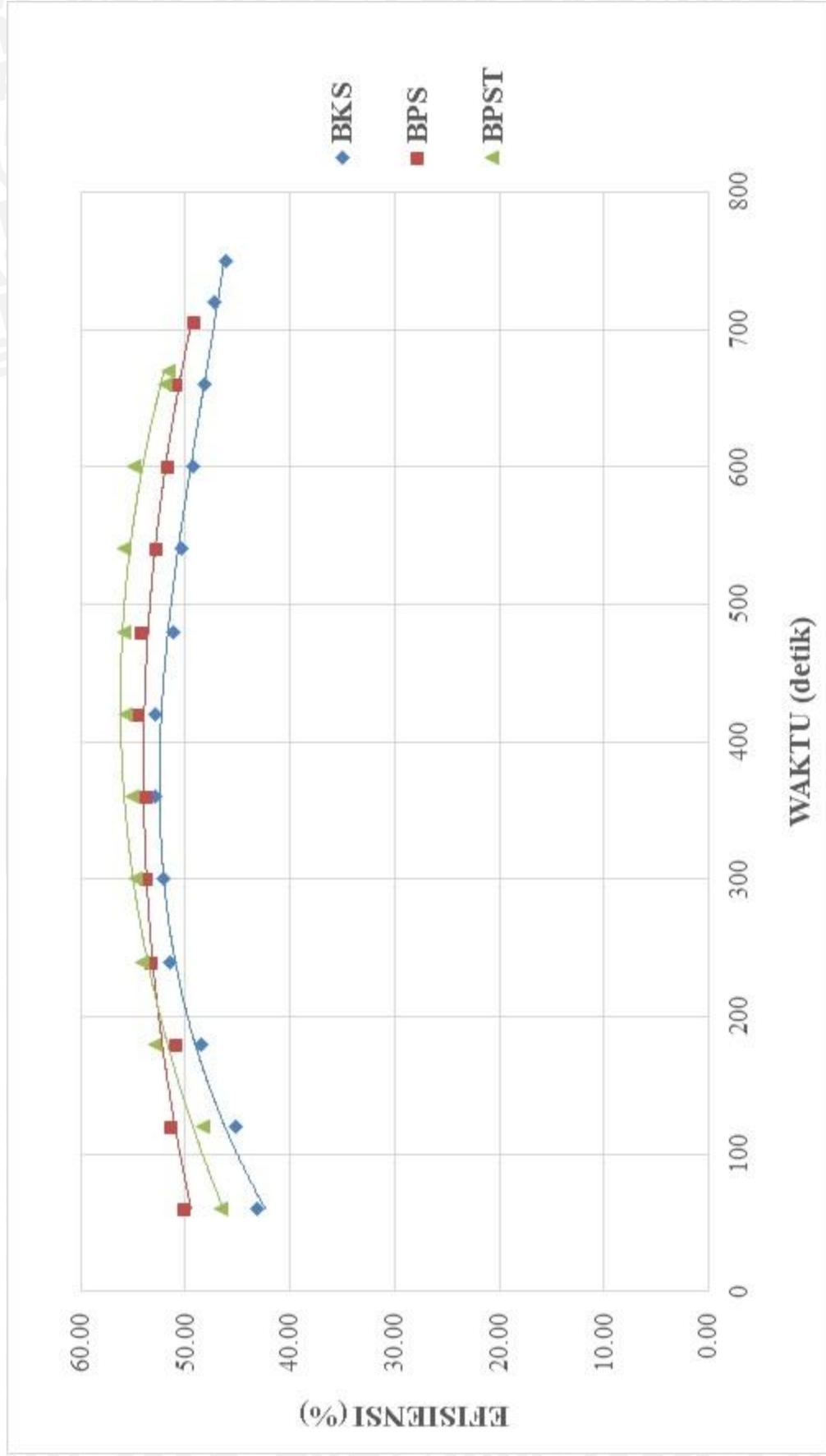


Gambar 4.2 Visualisa api tampak atas : (a) *burner* konvensional (b) *perforated burner* (c) *perforated burner* dengan selubung bertingkat



Gambar 4.3 Visualisa api dengan panci : (a) *burner* konvensional (b) *perforated burner* (c) *perforated burner* dengan selubung bertingkat

4.2.2 Diagram Distribusi Energi Panas Kompor Gas Dengan Variasi Perforated Burner



Gambar 4.4 Diagram distribusi energi panas kompor gas dengan variasi perforated burner

Pada gambar 4.4 menunjukkan grafik hubungan antara efisiensi terhadap waktu. Nilai yang didapat tersebut didapatkan dari perhitungan antara waktu 0 detik sampai air mendidih yaitu pada temperatur 92⁰C. Pada grafik tersebut dapat dilihat tentang pengaruh penggunaan selubung bertingkat pada *perforated burner* (BPST) dengan *burner perforated* selubung (BPS) dan *burner* konvensional selubung (BKS) terhadap efisiensi pemanasan. Dari grafik tersebut, semakin bertambahnya waktu pemanasan untuk penggunaan selubung bertingkat maka kecenderungan grafik efisiensinya semakin mengalami peningkatan. Nilai efisiensi didapatkan dari rumus (2-11)

Dari grafik tersebut bisa dilihat bahwa yang memiliki efisiensi terendah sampai yang tertinggi secara berurutan yaitu pada BKS, BPS dan BPST. Waktu yang diperlukan untuk mendidihkan air pada BKS yaitu selama 750 detik, BPS selama 706 detik, dan pada BPST selama 670 detik. Sedangkan untuk nilai rata-rata efisiensinya BPST memiliki nilai rata-rata tertinggi yaitu sebesar 53,15% kemudian BPS sebesar 52,14% dan BKS sebesar 49,13%. Dari data yang diperoleh tersebut diketahui bahwa penggunaan selubung bertingkat pada *perforated burner* dapat meningkatkan efisiensi pembakaran sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air akan semakin cepat.

Pada menit 0 sampai 400 detik, efisiensi BKS mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan air lebih banyak menyerap bahan bakar untuk menaikkan temperaturnya sehingga efisiensinya cenderung meningkat. Namun pada waktu 400 detik efisiensi mengalami penurunan karena temperatur air sudah mulai merata dan membutuhkan energi dari bahan bakar yang lebih besar dan juga energi dari bahan bakar tersebut mulai diserap oleh selubung untuk diradiasikan kelingkuangan sehingga energi hilang kelingkungannya juga semakin banyak.

Pada awal pemanasan dari 0 sampai 300 detik, BPST memiliki efisiensi dibawah BPS. Hal ini disebabkan karena adanya material tambahan yang berupa selubung bertingkat sehingga panas hasil pembakaran cenderung diserap oleh selubung bertingkat tersebut. Tetapi semakin bertambahnya waktu pemanasan, nilai efisiensi pada BPST bertingkat lebih besar daripada nilai efisiensi pada BKS dan BPS. Hal ini dikarenakan dengan adanya selubung bertingkat membuat temperatur ruang bakar menjadi meningkat sehingga menyebabkan perpindahan energi panasnya menjadi lebih mudah karena perbedaan temperatur pada ruang bakar dan objek yang dipanaskan yaitu panci. Selain itu pemberian selubung bertingkat berfungsi untuk menjaga api agar tersebar merata pada panci sehingga panas hasil pembakarannya dapat terserap merata dan memperkecil panas

hasil pembakaran terlepas ke lingkungan. Penggunaan selubung bertingkat juga membuat turbulensi aliran bahan bakar sehingga bahan bakar akan lebih mudah bercampur dengan udara dan membuat bahan bakar tersebut dapat terbakar secara sempurna pada burner sehingga panas yang dihasilkan akan lebih tinggi dari pada tanpa menggunakan selubung bertingkat.

Pada grafik 4.4 juga menunjukkan tentang waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air pada berbagai variasi yang digunakan. Pada BPST, waktu yang digunakan untuk mendidihkan air yaitu selama 670 detik, lebih cepat 36 detik dari BPS dan 80 detik dari BKS. BPST memiliki waktu yang lebih singkat karena temperatur pada ruang bakarnya lebih tinggi dari variasi yang lain sehingga transfer energi panas dari ruang bakar ke objek yang dipanaskan lebih cepat. Hal tersebut yang menyebabkan energi serap air semakin tinggi karena perubahan temperaturnya semakin besar pula. Dengan energi pembakaran yang sama, namun energi serap pada BPST paling besar daripada variasi yang lain sehingga nilai efisiensinya juga semakin tinggi. Hal tersebut sesuai ada rumus (2-9).



4.2.3 Diagram Prosentase Distribusi Energi Panas Dengan Variasi Perforated Burner



Gambar 4.5 Diagram prosentase distribusi energi panas berbagai jenis burner kompor gas

Pada gambar 4.5 menunjukkan grafik prosentase distribusi energi panas dengan penggunaan selubung bertingkat. Pada grafik tersebut dapat dilihat prosentase panas yang hilang dari hasil pembakaran kompor gas. Besarnya prosentase panas yang hilang dapat terlihat jelas pada prosentase dari energi hilang. Pada grafik, energi panas yang hilang paling besar terjadi pada BKS yaitu sebesar 52,96% kemudian pada BPS sebesar 50,26% dan BPST sebesar 47,68%. Sedangkan untuk energi serapnya pada BKS yaitu sebesar 46,20%, pada BPS sebesar 49,08% dan pada BPST sebesar 51,71%, dan untuk energi radiasinya pada BKS yaitu sebesar 0,84%, pada BPS sebesar 0,67% dan pada BPST sebesar 0,61%.

Pada BKS memiliki prosentase energi hilang yang lebih besar karena tempat keluarnya api melewati samping burner sehingga energi bahan bakar tidak langsung menuju objek yang dipanaskan dan banyak yang keluar ke lingkungan. Sedangkan prosentase energi panas yang hilang paling kecil yaitu pada BPST. Hal ini disebabkan karena energi pembakaran yang dihasilkan banyak diserap oleh air untuk menaikkan temperaturnya. Hal tersebut terjadi karena selubung bertingkat menjaga agar api dapat menyala secara lurus mengenai panci sehingga energi pemanasannya lebih banyak diserap oleh air untuk menaikkan temperaturnya. Sehingga prosentase energi serap paling tinggi terdapat pada BPST sebesar 51,71% berbeda dengan BKS yaitu hanya sebesar 46,20%.



4.2.4 Grafik Distribusi Energi Panas Kompor Gas Dengan Variasi Penggunaan Selubung



Gambar 4.6 Grafik Distribusi Energi Panas Kompor Gas Dengan Variasi Penggunaan Selubung Bertingkat

Pada gambar 4.6 menunjukkan grafik distribusi energi panas kompor gas dengan pengaruh penggunaan selubung bertingkat. E_{serap} untuk semua variasi memiliki nilai yang sama besar karena perubahan temperatur saat mendidihkan air sama besarnya yaitu pada temperatur 92°C , maka energi yang diserap untuk memanaskan air dengan volume 1,5 liter sama besarnya. Namun untuk memperoleh energi yang diserap masing-masing variasi memiliki nilai yang berbeda. Faktor yang mempengaruhi dalam grafik tersebut adalah panas akibat radiasi dan panas yang hilang karena sebab lain.

Pada grafik 4.7 energi pembakaran untuk BKS sebesar 911,51 kJ, paling tinggi daripada BPS yang hanya sebesar 858,04 kJ dan BPST sebesar 814,28 kJ. Energi pembakaran untuk kompor gas dipengaruhi oleh fungsi waktu pemanasan air sampai mendidih yang ditunjukkan pada rumus (2-10). Semakin lama waktu yang digunakan untuk mendidihkan air, maka energi pembakaran yang digunakan akan semakin banyak. Pada grafik 4.5 yang telah dijelaskan sebelumnya, BPST membutuhkan waktu yang lebih cepat dari BPS dan BKS secara berurutan.

Urutan energi hilang dari yang paling besar ke yang paling kecil yaitu pada BKS sebesar 482,78 kJ, BPS sebesar 431,21 kJ, dan BPST sebesar 388,26 kJ. Energi hilang adalah energi yang hilang karena sebab lain. Perhitungan untuk energi hilang seperti yang telah ditunjukkan pada rumus (2-17). Dari banyaknya energi hilang, dapat diketahui bahwa BKS lebih tidak efisien daripada BPST karena energi hilang dari BKS yang paling tinggi daripada variasi yang lain. Salah satu penyebab besarnya energi hilang dari BKS karena pada BKS memiliki energi radiasi selubung yang lebih besar daripada variasi yang lain yaitu sebesar 7,64 kJ.

Dari grafik juga dapat disimpulkan bahwa penggunaan selubung bertingkat memiliki efisiensi pembakaran tertinggi dikarenakan energi pembakaran yang dibutuhkan untuk mendidihkan air paling kecil daripada BKS dan BPS. Selain itu dengan penggunaan selubung bertingkat, waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air dengan volume 1,5 liter yaitu selama 670 detik, lebih cepat 36 detik dari BPS tanpa selubung bertingkat dan 80 detik dari BKS. Dengan penelitian ini maka penggunaan selubung bertingkat lebih efektif dan dapat menghemat penggunaan bahan bakar gas lebih banyak dari pada variasi yang lain.