

BAB III

PELAKSANAAN KERJA PRAKTIK

3.1. Jadwal Kegiatan

Kerja praktik dilaksanakan dari tanggal 10 Agustus 2020 sampai dengan 9 Oktober 2020 selama 8 minggu. Secara umum, kegiatan yang dilakukan selama kerja praktik adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Daftar Ringkasan Pelaksanaan KP secara Mingguan

Minggu ke-	Deskripsi Pelaksanaan Kerja Praktik
1	<ul style="list-style-type: none"> - Mengikuti <i>plant tour</i> (Pengenalan lingkungan kerja) - Mempelajari kalkulasi efisiensi <i>boiler</i> secara <i>direct method</i> - Membaca buku panduan cara kerja mesin boiler
2	<ul style="list-style-type: none"> - Melengkapi rumus persamaan untuk efisiensi boiler secara <i>indirect method</i> - Melengkapi tabel <i>Electric Spare Parts Control List</i>
3	<ul style="list-style-type: none"> - Melengkapi tabel <i>Mechanical Spare Parts Control List</i> - Melengkapi tabel <i>Utility Spare Parts Control List</i>
4	<ul style="list-style-type: none"> - Melengkapi <i>file Purchase Request</i> dengan <i>Parts and Control List</i> - Melengkapi <i>Part and Order List</i> dengan <i>Invoice</i>
5	<ul style="list-style-type: none"> - Menganalisis perbedaan biodiesel B-30 dan PGN sebagai bahan bakar <i>boiler</i> - Merapikan dokumen surat jalan, surat kerja, dan surat permohonan perbaikan mesin
6	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan pengecekan Laporan Pemeriksaan Mesin Harian Operator - Melakukan peng-<i>input</i>-an data laporan pemeriksaan mesin bulanan dan data <i>boiler</i> harian bulan Agustus 2020
7	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan penyusunan laporan praktik kerja
8	<ul style="list-style-type: none"> - Meng-<i>input</i> pengecekan laporan pemeriksaan mesin bulanan - Melakukan penyusunan laporan praktik kerja

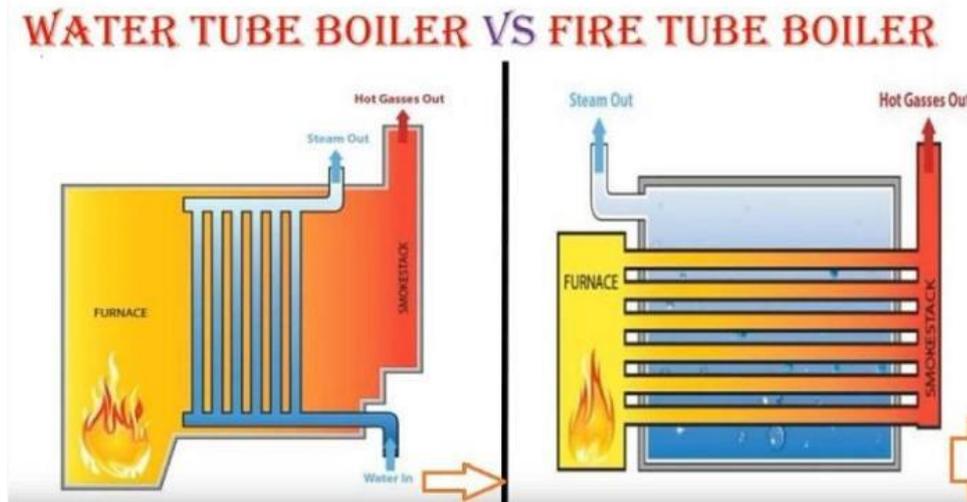
Waktu kerja praktik seharusnya adalah dari hari Senin sampai dengan Jumat, pukul 09.00 sampai dengan pukul 16.00 WIB. Namun dikarenakan adanya anjuran bekerja dari rumah (*work from home*) oleh pemerintah dan juga adanya jadwal perkuliahan, maka jam kerja praktik disesuaikan dengan waktu selesainya kegiatan belajar perkuliahan.

3.2. Uraian Data dan Analisis

Pada pelaksanaan kerja praktik ini, penulis memiliki tugas untuk menghitung efisiensi ketel uap, membandingkan hubungan antara bahan bakar dan jumlah produksi uap panas pada ketel uap, serta melakukan analisa segi efisiensi dan biaya dari bahan bakar jenis gas alam dan biodiesel B-30 untuk digunakan pada ketel uap.

PT. Mitsuboshi Belting Indonesia memiliki tiga buah ketel uap, yang selanjutnya akan disebut dengan ketel uap I, II, dan III, dimana ketel uap I dan II merupakan *fire tube boiler* dengan merk IHI dan ketel uap III merupakan *water tube boiler* dengan merk Miura. Berdasarkan *website* Bureau of Energy Efficiency, *fire tube boiler* adalah salah satu jenis ketel uap dimana gas panas dari tungku pembakaran dialirkan melalui pipa-pipa menuju tangki di dalam ketel uap yang berisi air untuk diubah menjadi uap panas, sedangkan pada *water tube boiler*, air umpan yang akan diubah menjadi uap panas dialirkan melalui pipa-pipa menuju tangki yang berisi gas panas dari tungku pembakaran sehingga akan menghasilkan nilai efisiensi yang lebih besar dibandingkan *fire tube boiler*. Hal

ini juga yang mendasari alasan dari penambahan ketel uap dengan jenis *water tube* di PT. Mitsuboshi Belting Indonesia.



Gambar 3.1. Perbedaan Ketel Uap *Water Tube* (Kiri) dan *Fire Tube* (Kanan)
Sumber: (Mariners Point, 2020)

Pada dasarnya, terdapat dua cara perhitungan efisiensi ketel uap yaitu dengan metode langsung (perbandingan antara perbandingan *input* dan *output* ketel uap) dan metode tidak langsung (metode rugi-rugi panas (*heat loss*)) (Oktriviana, 2017). Pada pelaksanaan kerja praktik, penulis hanya menghitung efisiensi ketel uap dengan metode langsung dikarenakan kurangnya data yang diperlukan untuk perhitungan efisiensi ketel uap dengan metode tidak langsung.

Persamaan untuk menghitung efisiensi ketel uap dengan metode langsung adalah sebagai berikut (Wahyu et al., 2019).

$$\eta = \frac{Q \times (h_g - h_f)}{q \times GCV} \times 100\% \quad (3.1.)$$

dimana:

η adalah efisiensi ketel uap dalam persen (%)

Q adalah jumlah produksi uap panas dengan satuan kg

h_g adalah entalpi dari *saturated vapor* dengan satuan kCal/kg

h_f adalah entalpi *saturated water* dengan satuan kCal/kg

q merupakan banyak bahan bakar yang digunakan dengan satuan Nm^3 untuk bahan bakar berjenis gas alam dan satuan kg untuk biodiesel

GCV adalah *Gross Calorific Value* (nilai kalori kotor) atau biasa disebut sebagai HHV (*High Heating Value*) dengan satuan kCal/ Nm^3 untuk bahan bakar gas dan satuan kCal/kg untuk bahan bakar biodiesel.

Pada ketiga boiler di PT. Mitsuboshi Belting Indonesia, tekanan saturasi uap panas (*saturated steam*) dijaga dengan nilai sebesar 1.2 Mpa dan temperatur saturasi air umpan (*saturated water*) yang berasal dari alat penukar kalor (*heat exchanger*) sebesar $95\text{ }^\circ\text{C}$ sehingga didapatkan nilai h_g sebesar 665.15 kCal/kg serta nilai h_f sebesar 95.146 kCal/kg (Klein & Nellis, 2011). Tekanan uap panas dapat dijaga dengan cara memasang katup (*valve*) pada sistem ketel uap sehingga jika tekanan uap panas telah melebihi 1.2 Mpa, maka katup akan terbuka dan membuang uap panas berlebih hingga tekanan uap panas kembali ke titik 1.2 Mpa. Sementara itu, berdasarkan website Bureau of Energy Efficiency, gas alam memiliki GCV sebesar 9,350 kCal/ Nm^3 , sementara menurut Ali dan Nugroho (2017), bahan bakar jenis biodiesel B-30 memiliki nilai GCV sebesar 10,340 kCal/kg.

Berikut ini adalah data tabel jumlah produksi uap panas, banyak bahan bakar dengan jenis gas alam yang digunakan, dan hasil perhitungan efisiensi dari tiga buah ketel uap yang dimiliki PT. Mitsuboshi Belting Indonesia.

Tabel 3.2. Efisiensi Ketel Uap I

Bulan	Jumlah Produksi Uap (kg)	Bahan Bakar Gas yang Terpakai (Nm³)	Efisiensi (%)
Desember 2019	683,800	49,264	84.62%
Januari 2020	677,700	49,509	83.45%
Februari 2020	367,000	27,803	80.47%
Maret 2020	690,400	48,911	86.05%
April 2020	632,500	44,592	86.47%
Mei 2020	371,200	25,913	87.33%
Juni 2020	437,900	29,498	90.50%
Juli 2020	440,750	30,588	87.84%
Agustus 2020	376,300	26,546	86.42%

Tabel 3.3. Efisiensi Ketel Uap II

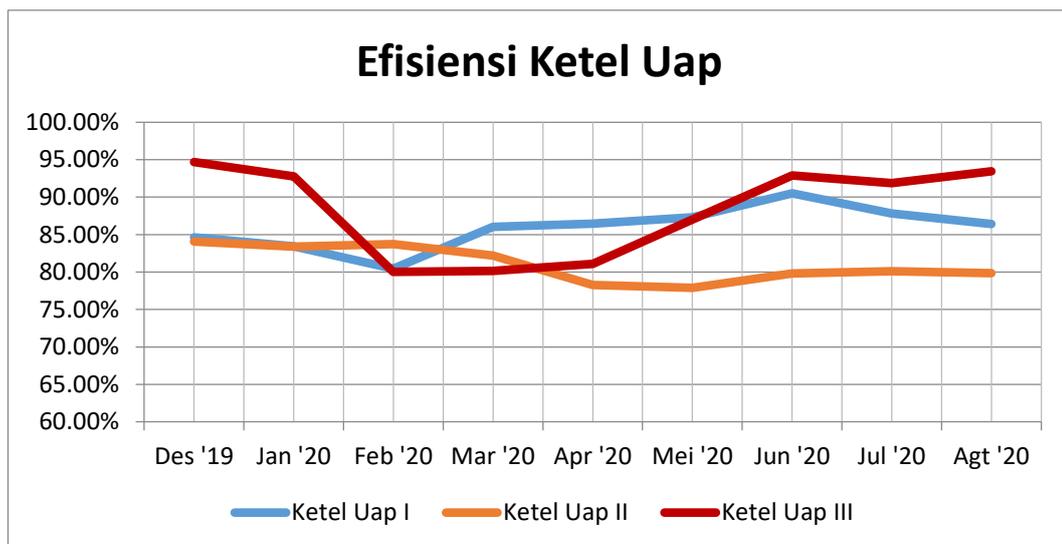
Bulan	Jumlah Produksi Uap (kg)	Bahan Bakar Gas yang Terpakai (Nm³)	Efisiensi (%)
Desember 2019	660,500	47,884	84.09%
Januari 2020	703,100	51,388	83.41%
Februari 2020	502,620	36,601	83.72%
Maret 2020	595,800	44,193	82.19%
April 2020	70,500	5,491	78.28%
Mei 2020	15,500	1,213	77.91%
Juni 2020	22,400	1,711	79.80%
Juli 2020	28,400	2,161	80.11%
Agustus 2020	22,250	1,698	79.86%

Tabel 3.4. Efisiensi Ketel Uap III

Bulan	Jumlah Produksi Uap (kg)	Bahan Bakar Gas yang Terpakai (Nm³)	Efisiensi (%)
Desember 2019	13,900	895	94.68%
Januari 2020	13,500	887	92.78%
Februari 2020	208,700	15,895	80.04%
Maret 2020	89,500	6,806	80.17%
April 2020	599,002	45,038	81.08%
Mei 2020	580,200	40,653	87.01%
Juni 2020	712,800	46,775	92.90%
Juli 2020	722,300	47,923	91.88%
Agustus 2020	646,800	42,202	93.43%

Berdasarkan Tabel 3.2., Tabel 3.3., dan Tabel 3.4., maka kita dapat membuat grafik perbandingan efisiensi ketiga jenis ketel uap dari bulan Desember 2019 hingga bulan Agustus 2020, seperti pada Grafik 3.1. berikut.

Grafik 3.1. Perbandingan Efisiensi Ketel Uap I, II, dan III



Dapat dilihat berdasarkan grafik 3.1. di atas, ketiga jenis ketel uap memiliki efisiensi yang cenderung tidak stabil. Ketidakstabilan efisiensi ketel uap disebabkan oleh penyesuaian kebutuhan uap panas oleh divisi produksi. Ketika pada satu bulan produktivitas pabrik sedang tinggi, maka uap panas yang dibutuhkan akan sangat banyak sehingga ketel uap pun digunakan secara maksimal setiap harinya. Namun apabila produksi dari pabrik sedang rendah, maka uap panas yang dibutuhkan tidak banyak sehingga tidak semua ketel uap digunakan setiap hari dan ketika digunakan tentu akan membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak karena perlu memanaskan mesin ketel uap terlebih dahulu.

Pada Grafik 3.1. terlihat bahwa ketel uap I dan III meskipun memiliki nilai efisiensi yang berbeda, namun pola pada grafik cukup terlihat sama yakni, pada bulan Desember 2019 sampai dengan Februari 2020 efisiensi mengalami penurunan, lalu efisiensi keduanya akan terus meningkat hingga bulan Juni 2020, namun kembali turun pada bulan Agustus 2020. Sementara itu untuk ketel uap II memiliki efisiensi yang cenderung stabil hingga bulan Februari 2020, namun efisiensinya menurun hingga bulan April 2020, mengalami kestabilan hingga bulan Mei 2020 kemudian meningkat dan kembali stabil hingga bulan Agustus 2020. Namun secara keseluruhan, ketel uap III yang merupakan *water tube boiler*, memiliki efisiensi yang paling tinggi yakni hingga 95%, dibandingkan ketel uap lainnya yang berjenis *fire tube boiler*.

Ketel uap I dan II meskipun merupakan ketel uap dengan jenis yang sama, namun memiliki nilai efisiensi maksimal yang berbeda yaitu masing-masing sebesar 90% untuk ketel uap I dan 80% untuk efisiensi maksimal dari ketel uap II. Hal ini disebabkan oleh jumlah produksi uap panas pada ketel uap II sedikit, frekuensi penggunaan ketel uap II yang lebih jarang digunakan, serta tidak ada pengurangan signifikan terhadap penggunaan bahan bakar, sehingga mengakibatkan efisiensi ketel uap yang tidak terlalu baik. Keterkaitan antara produksi uap panas dan penggunaan bahan bakar gas akan ditunjukkan pada grafik 3.2., grafik 3.3., dan grafik 3.4. pada bagian berikutnya.

Tabel 3.5. Jumlah Produksi Uap Panas dengan Bahan Bakar yang Digunakan pada Ketel Uap Bulan Agustus 2020

Hari ke-	Jumlah Produksi Uap Panas (kg) pada Ketel Uap ...			Banyak Bahan Bakar Gas yang Terpakai (Nm ³) pada Ketel Uap ...		
	I	II	III	I	II	III
1	19,900	1,700	40,000	1,461	232	2,645
2	21,700	1,100	37,300	1,460	162	2,438
3	20,700	1,300	36,800	1,462	204	2,389
4	19,800	4,900	36,400	1,415	506	2,380
5	19,700	10,500	35,000	1,386	855	2,310
6	22,800	2,750	38,500	1,572	317	2,487
7	21,300	-	37,100	1,475	-	2,383
8	21,000	-	37,000	1,458	-	2,398
9	20,800	-	36,900	1,484	-	2,381
10	19,400	-	36,300	1,385	-	2,333
11	24,700	-	39,500	1,795	-	2,606
12	21,300	-	37,100	1,508	-	2,328
13	19,400	-	38,300	1,404	-	2,567
14	21,800	-	36,800	1,536	-	2,406
15	18,800	-	28,200	1,340	-	1,820
16	21,000	-	21,000	1,475	-	1,425
17	22,200	-	35,300	1,499	-	2,328
18	20,000	-	39,300	1,431	-	2,578

Untuk mencari seberapa erat hubungan atau relasi antara jumlah produksi uap panas dengan banyaknya bahan bakar gas yang digunakan adalah dengan mencari nilai regresinya. Regresi adalah sebuah nilai yang digunakan untuk membandingkan sebuah variabel *dependent* yang dinotasikan dengan y dengan variabel *independent* x (Sharma, 2005). Pada laporan kerja praktik ini, akan digunakan analisis regresi linear sederhana dikarenakan penulis hanya membandingkan hubungan variabel *dependent* dengan sebuah variabel *independent*. Persamaan linear yang didapatkan dari analisis ini berupa

$$y = ax + b \tag{3.2.}$$

dimana:

y adalah banyak bahan bakar yang digunakan oleh ketel uap (q)

x adalah jumlah produksi uap panas masing-masing ketel uap (Q)

a adalah konstanta yang akan mendiskripsikan hubungan rata-rata dari variabel x

b adalah konstanta yang akan mendiskripsikan hubungan rata-rata dari variabel y

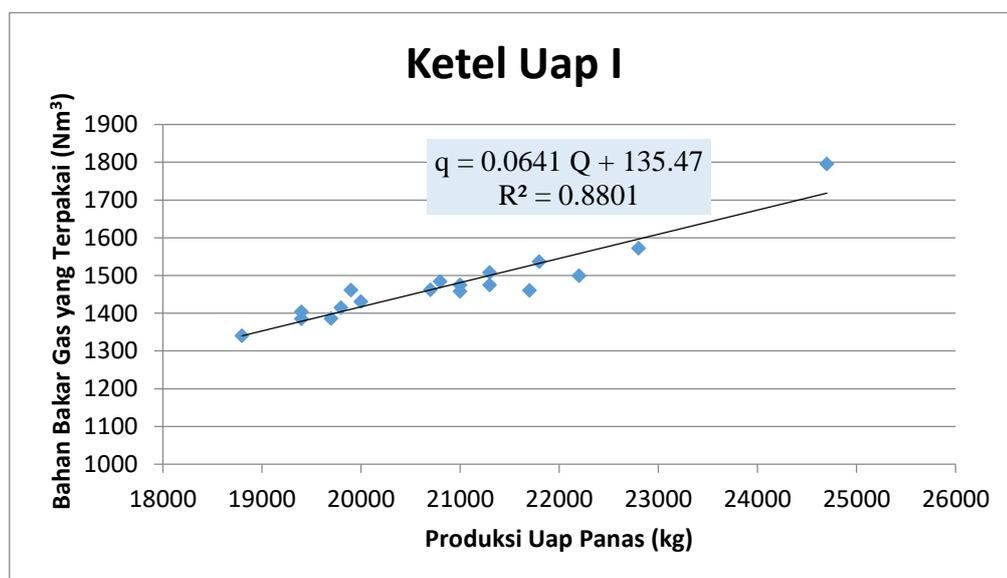
Oleh karena itu, persamaan analisis regresi linear sederhana dari persamaan 3.2.

dapat disimpulkan menjadi:

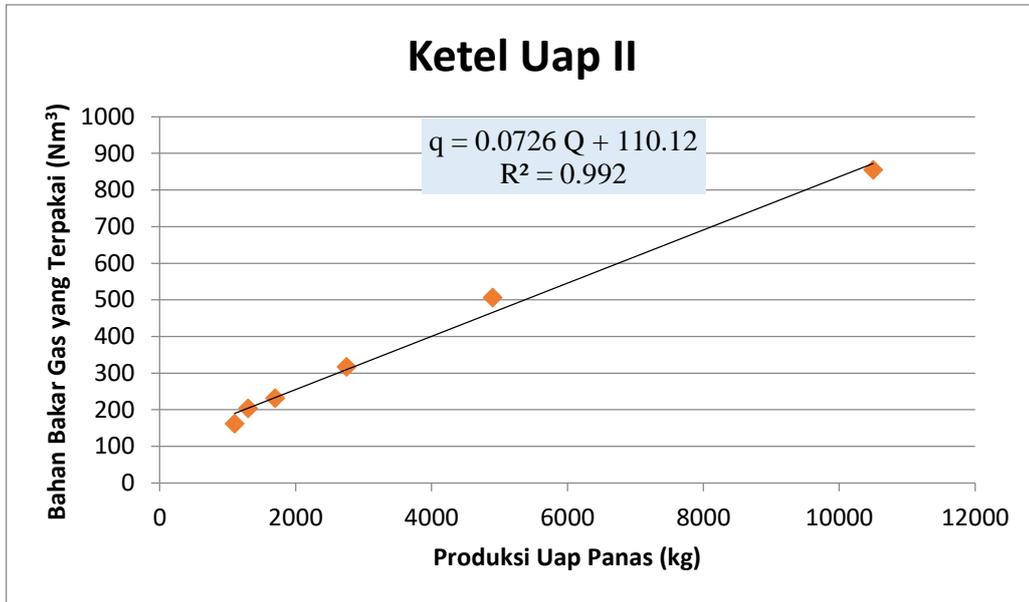
$$q = aQ + b \quad (3.3)$$

Setelah didapatkan persamaan 3.3., maka analisis regresi linear sederhana antara jumlah produksi uap panas dengan bahan bakar gas yang digunakan pada ketel uap selama bulan Agustus 2020 akan didasarkan pada Tabel 3.5. di atas, dan dapat dilihat hasilnya pada Grafik 3.2., Grafik 3.3., dan Grafik 3.4. berikut.

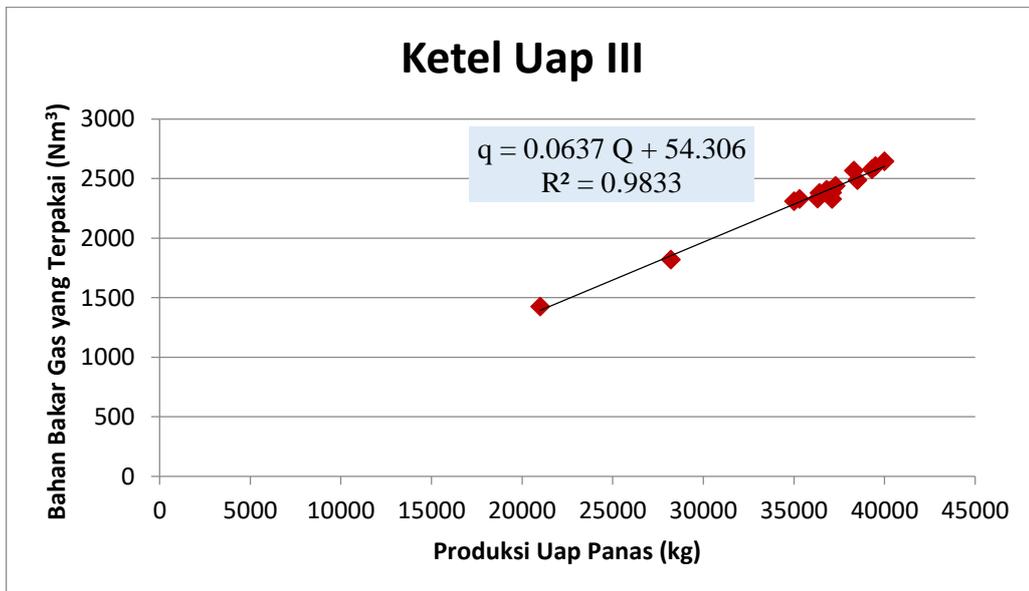
Grafik 3.2. Pengaruh Produksi Uap Panas dengan Bahan Bakar Gas pada Ketel Uap I



Grafik 3.3. Pengaruh Produksi Uap Panas dengan Bahan Bakar Gas pada Ketel Uap II



Grafik 3.4. Pengaruh Produksi Uap Panas dengan Bahan Bakar Gas pada Ketel Uap III



Berdasarkan Grafik 3.2., Grafik 3.3., Grafik dan 3.4. di atas, menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan bahan bakar sangat berhubungan erat dengan produksi uap panas pada ketel uap. Hal ini ditandai dengan nilai R^2 yang lebih besar dari 0.5 dan semakin mendekati 1, maka variabel pada sumbu Y semakin terikat dengan variabel pada sumbu X (Kurniawan, 2016). Sementara itu pada masing-masing grafik, terdapat konstanta b yang menandakan bahwa sebesar itulah bahan bakar yang diperlukan ketika ketel uap baru mulai beroperasi. Terbukti ketel uap III sebagai ketel uap jenis *water tube* memiliki nilai konstanta b yang paling kecil yakni 54.306 Nm^3 , disusul ketel uap II sebesar 110.12 Nm^3 , dan terakhir adalah ketel uap I sebesar 135.47 Nm^3 .

Dengan adanya nilai konstanta a dan b melalui Grafik 3.2., Grafik 3.3., dan Grafik 3.4., dengan nilai hg, hf, dan GCV yang konstan, maka dari persamaan 3.3. bisa didapatkan persamaan 3.4. dan persamaan 3.5. berikut.

$$q' = aQ + b \quad (3.4)$$

$$\eta' = \frac{Q \times (hg - hf)}{q' \times GCV} \times 100\% \quad (3.5)$$

dimana:

q' adalah estimasi banyak bahan bakar yang digunakan oleh ketel uap berdasarkan perhitungan analisis regresi linear sederhanas

η' adalah nilai estimasi efisiensi berdasarkan perhitungan analisis regresi linear sederhana

Dengan persamaan 3.4. dan persamaan 3.5., maka estimasi banyak bahan bakar gas yang digunakan dan efisiensi masing-masing ketel uap secara ideal dapat dihitung dengan asumsi bahwa tidak ada perubahan dalam jumlah produksi

uap panas yang digunakan pada proses pembakaran masing-masing ketel uap, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.6., Tabel 3.7, dan Tabel 3.8. berikut.

Tabel 3.6. Efisiensi Ketel Uap I Berdasarkan Perhitungan Regresi Linear Sederhana

Bulan	Q (kg)	Aktual		Estimasi	
		q (Nm ³)	η (%)	q' (kg)	η' (%)
Desember 2019	683,800	49,264	84.62%	43,967	94.8%
Januari 2020	677,700	49,509	83.45%	43,576	94.8%
Februari 2020	367,000	27,803	80.47%	23,660	94.6%
Maret 2020	690,400	48,911	86.05%	44,390	94.8%
April 2020	632,500	44,592	86.47%	40,679	94.8%
Mei 2020	371,200	25,913	87.33%	23,929	94.6%
Juni 2020	437,900	29,498	90.50%	28,205	94.6%
Juli 2020	440,750	30,588	87.84%	28,388	94.7%
Agustus 2020	376,300	26,546	86.42%	24,256	94.6%

Tabel 3.7. Efisiensi Ketel Uap II Berdasarkan Perhitungan Regresi Linear Sederhana

Bulan	Q (kg)	Aktual		Estimasi	
		q (Nm ³)	η (%)	q' (kg)	η' (%)
Desember 2019	660,500	47,884	84.09%	42,474	94.8%
Januari 2020	703,100	51,388	83.41%	45,204	94.8%
Februari 2020	502,620	36,601	83.72%	32,353	94.7%
Maret 2020	595,800	44,193	82.19%	38,326	94.8%
April 2020	70,500	5,491	78.28%	4,655	92.3%
Mei 2020	15,500	1,213	77.91%	1,129	83.7%
Juni 2020	22,400	1,711	79.80%	1,571	86.9%
Juli 2020	28,400	2,161	80.11%	1,956	88.5%
Agustus 2020	22,250	1,698	79.86%	1,562	86.9%

Tabel 3.8. Efisiensi Ketel Uap III Berdasarkan Perhitungan Regresi Linear Sederhana

Bulan	Q (kg)	Aktual		Estimasi	
		q (Nm ³)	η (%)	q' (kg)	η' (%)
Desember 2019	13,900	895	94.68%	1,026	82.6%
Januari 2020	13,500	887	92.78%	1,001	82.2%
Februari 2020	208,700	15,895	80.04%	13,513	94.2%
Maret 2020	89,500	6,806	80.17%	5,872	92.9%
April 2020	599,002	45,038	81.08%	38,531	94.8%
Mei 2020	580,200	40,653	87.01%	37,326	94.8%
Juni 2020	712,800	46,775	92.90%	45,826	94.8%
Juli 2020	722,300	47,923	91.88%	46,435	94.8%
Agustus 2020	646,800	42,202	93.43%	41,595	94.8%

Berdasarkan Tabel 3.6., Tabel 3.7., dan Tabel 3.8. di atas, dapat dilihat bahwa dengan perhitungan dengan analisis regresi linear sederhana, didapatkan estimasi jumlah produksi uap panas dan efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan data aktual yang didapatkan dari hasil pengukuran, yang menunjukkan adanya pemborosan dalam penggunaan ketel uap. Adapun perbedaan nilai aktual dengan estimasi disebabkan oleh adanya beberapa faktor pada saat pengukuran yang luput dari perhatian pada metode perhitungan, seperti nilai temperatur air umpan yang bersifat fluktuatif atau berubah-ubah, sehingga mengakibatkan perbedaan pada besar nilai hf.

Apabila PT. Mitsuboshi Belting Indonesia ingin melakukan penggantian bahan bakar dari gas alam menjadi Biodiesel B-30, maka dapat dilakukan perhitungan berapa banyak Biodiesel B-30 yang akan terpakai berdasarkan persamaan 3.1. menjadi persamaan 3.6. berikut.

$$q = \frac{Q \times (hg - hf)}{\eta \times GCV} \times 100\% \quad (3.6.)$$

Dimana diasumsikan bahwa jumlah produksi uap panas dan nilai efisiensi pada masing-masing ketel uap dengan bahan bakar Biodiesel B-30 tetap sama seperti pada saat penggunaan bahan bakar gas alam pada bulan Agustus 2020 yang tertulis pada Tabel 3.2., Tabel 3.3., dan Tabel 3.4. sebelumnya. Berdasarkan Buchari Ali dan Prasetyo Adi Nugroho (2017) diketahui nilai GCV biodiesel B-30 adalah sebesar 10,450 kCal/kg. Sementara itu, harga jual gas alam pada bulan September 2020 adalah Rp 5,046.52/Nm³ dan sebesar Rp 7,500.00/kg untuk harga jual Biodiesel B-30. Persamaan untuk menghitung biaya untuk penggunaan bahan bakar yang terpakai adalah sebagai berikut.

$$\text{Biaya} = \text{Bahan bakar yang terpakai} \times \text{harga jual bahan bakar} \quad (3.7.)$$

Maka dengan persamaan 3.6. dan persamaan 3.7. akan didapatkan hasil perbandingan jenis bahan bakar seperti pada Tabel 3.9. berikut.

Tabel 3.9. Perbandingan Jenis Bahan Bakar pada Ketel Uap I, II, dan III

Ketel Uap	Bahan Bakar		Jumlah Produksi Uap Panas (kg)	Efisiensi (%)	Biaya (Rp)
	Jenis	Yang Terpakai			
I	Gas Alam	26,546 Nm ³	376,300	86.42%	133,964,919.92
	Biodiesel B-30	24,009.80 kg			180,073,501.58
II	Gas Alam	1,698 Nm ³	22,250	76.86%	8,568,990.98
	Biodiesel B-30	1,596.24 kg			11,971,800.98
III	Gas Alam	42,202 Nm ³	646,800	93.43%	212,973,237.04
	Biodiesel B-30	38,172.64 kg			286,294,836.73

Dengan jumlah produksi uap panas dan besar efisiensi yang sama pada masing-masing ketel uap, penggunaan bahan bakar biodiesel B-30 lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar gas alam. Dari segi biaya, menggunakan bahan bakar gas alam akan lebih menguntungkan karena harganya yang lebih murah. Akan tetapi, selain menghitung biaya bahan bakar, perlu juga dilihat biaya *maintenance* atau perawatan dari masing-masing ketel uap. Karena masing-masing bahan bakar memiliki tingkat korosif yang berbeda-beda.

Namun jika dilihat dari sisi sektor energi, pemanfaatan biodiesel B-30 merupakan salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan gas serta meningkatkan keamanan energi. Terutama pasokan gas dunia yang juga semakin menurun (Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral, 2013). Biodiesel juga dikatakan akan membakar mesin lebih panas dan lebih efisien, sehingga diperlukan perhitungan nilai efisiensi dengan menggunakan biodiesel B-30 kembali untuk mendapatkan hasil perbandingan yang lebih pasti (Buchari Ali & Prasetyo Adi Nugroho. 2017).