

Penggunaan Alternatif Gas Non Elpiji Untuk Pemotongan Plat Di Workshop Pabrik Kelapa Sawit

Leo Frengki Sihaloho^{1,2*}, Hotma Antoni Hutahaean¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

²PTPN IV Regional I, Jalan Sei Batanghari No. 2 Medan.

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i> Received October 31, 2025 Accepted November 24, 2025 <i>Keywords:</i> Energy efficiency, Non-LPG gas, Peralite, Workshop, Industry	<i>The demand for LPG gas at the Sei Silau Palm Oil Mill (PKS Sei Silau) for plate and metal cutting activities in the technical workshop is relatively high, while the cost of LPG refills is comparatively expensive, thus encouraging the need for innovation in alternative fuels. This research and innovation aim to identify a more efficient and economical alternative fuel gas to replace LPG, offering comparable or better performance while remaining safe for use in an industrial environment. The research method employed an experimental approach involving the design of a modified gas cylinder and testing the use of Peralite as an alternative fuel. Through stages of brainstorming, design, experimentation, and evaluation, the results showed that Peralite can be effectively used as an alternative fuel substitute for LPG. In addition to being more cost-effective, the non-LPG alternative gas proved to be more fuel-efficient, with a consumption ratio of 1:2 compared to LPG. This finding was validated through experiments conducted in the workshop, where one 3-kg cylinder of non-LPG alternative gas achieved the same cutting performance as two 3-kg LPG cylinders when used for cutting metal and steel plates.</i>

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i> Diserahkan: 31 Oktober 2025 Diterim: 24 November 2025 <i>Kata Kunci:</i> Efisiensi energi, Gas non-Elpiji, Peralite, Workshop, Industri	Kebutuhan gas Elpiji di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Sei Silau untuk kegiatan pemotongan plat dan logam atau besi di workshop teknik cukup tinggi, sementara harga isi ulang gas Elpiji relatif mahal sehingga mendorong perlunya inovasi bahan bakar alternatif. Penelitian dan inovasi ini bertujuan untuk mencari alternatif bahan bakar gas yang lebih efisien dan ekonomis untuk menggantikan Elpiji, yang memiliki kinerja sebanding atau lebih baik serta aman digunakan di lingkungan industri. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan perancangan tabung modifikasi dan uji coba penggunaan Peralite sebagai bahan bakar alternatif. Melalui proses brainstorming, perancangan, uji coba, dan evaluasi, diperoleh hasil bahwa Peralite dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti Elpiji. Selain biayanya lebih murah alternative gas non elpiji lebih hemat dibandingkan dengan gas elpiji yaitu 1 : 2. Hal ini telah dilakukan percobaan di workshop. Gas elpiji dengan volume 3 Kg digunakan untuk memotong besi dan plat dibandingkan dengan alternative gas non elpiji dengan volume yang sama dan hasilnya satu tabung alternative gas non elpiji sebanding dengan dua tabung gas elpiji.

*Corresponding author. Leo Frengki Sihaloho
Email address: leo.aloho@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Sei Silau merupakan salah satu unit kerja dari PT Perkebunan Nusantara III (Persero) Distrik Asahan, Sumatera Utara. Unit ini berdiri sejak tahun 1976 dan memiliki kapasitas produksi 60 ton TBS per jam.

Dalam operasionalnya, workshop teknik di PKS Sei Silau berperan penting dalam kegiatan perawatan dan perbaikan mesin dan salah satunya adalah kegiatan proses pemotongan plat, besi dan peleburan logam secara rutin untuk kebutuhan perawatan dan perbaikan mesin dan peralatan. Selama ini, kegiatan tersebut menggunakan gas Elpiji (Liquefied Petroleum Gas) sebagai sumber bahan bakar utama. Berdasarkan data tahun 2021, realisasi penggunaan gas Elpiji mencapai 62 tabung dengan total biaya Rp10.337.250 sementara anggaran yang tersedia 33 tabung dengan total biaya Rp. 8.316.000 (diatas anggaran sebesar Rp. 2.021.250). Harga isi ulang yang tinggi dan tingginya frekuensi pemakaian menyebabkan meningkatnya biaya operasional.

Kondisi ini menunjukkan adanya **gap kinerja** yang perlu diperbaiki melalui inovasi teknis. Salah satu pendekatan adalah mengganti bahan bakar Elpiji dengan alternatif yang lebih murah dan mudah diperoleh, tanpa menurunkan efisiensi proses pemotongan plat dan besi.

Menurut Prasetyo (2019), efisiensi energi dalam sektor industri dapat dicapai dengan mengganti sumber energi konvensional yang mahal dengan bahan bakar alternatif yang memiliki nilai kalor cukup tinggi dan ramah lingkungan. Selain itu, Kurniawan & Putra (2020) menjelaskan bahwa biaya bahan bakar merupakan komponen terbesar dalam kegiatan perawatan peralatan industri, sehingga efisiensi pada aspek ini berdampak signifikan terhadap profitabilitas perusahaan.

Menurut Prasetyo (2023), Peralite memiliki kelebihan pada nilai efisiensi yang lebih besar daripada gas LPG, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan besaran massa tertentu akan lebih singkat. Kelebihan lain dari peralite ketika digunakan sebagai bahan bakar memasak rumah tangga adalah pada rentan besaran api yang dihasilkan lebih luas daripada penggunaan gas LPG dengan kompor dan regulator low pressure. Peralite berpotensi digunakan sebagai bahan bakar memasak rumah tangga. Berdasarkan hasil pengujian dengan metode Boiling Test Water menurut SNI 7368:2007, peralite memiliki efisiensi lebih besar dari gas LPG.

Berdasarkan dari referensi ini dan adanya gap biaya antara realisasi dan anggaran biaya di PKS Sei Silau serta telah dilakukannya peralite sebagai pengganti elpiji untuk memasak di rumah tangga maka dilakukan penelitian ataupun eksperimen peralite sebagai alternatif pengganti elpiji untuk pemotongan plat, besi ataupun peleburan logam di workshop yang mana selama ini PKS Sei Silau masih menggunakan elpiji dan oxygen dalam pemotongan plat, besi dan peleburan logam.

Elpiji merupakan campuran hidrokarbon ringan (propana dan butana) yang digunakan secara luas sebagai bahan bakar rumah tangga dan industri (Badan Standardisasi Nasional, 2018). Keunggulannya adalah pembakaran bersih, namun harga jualnya terus meningkat karena subsidi energi yang berkurang. Peralite merupakan bahan bakar minyak jenis bensin dengan nilai oktan 90 yang memiliki sifat mudah terbakar dan nilai kalor cukup tinggi (Kementerian ESDM, 2020). Dalam konteks industri kecil dan menengah, Peralite telah diuji sebagai pengganti gas Elpiji dalam pembakaran kecil dan menunjukkan efisiensi panas yang memadai (Siregar *et al.*, 2021).

Menurut Rachman (2021), efisiensi energi dapat dicapai melalui tiga pendekatan: (1)

modifikasi teknologi, (2) perbaikan sistem operasional, dan (3) penggantian sumber energi. Dalam konteks workshop teknik, pendekatan penggantian bahan bakar menjadi salah satu langkah strategis yang relatif mudah diterapkan.

2. METODE PELAKSANAAN

Menurut Cengel dan Boles (2019) bahwa hukum pertama termodinamika, energi kimia bahan bakar diubah menjadi energi panas (kalor) melalui proses pembakaran. Daya guna bahan bakar diukur dari nilai kalor (heating value), yaitu jumlah energi panas yang dilepaskan per satuan massa bahan bakar. Nilai kalor LPG (propana-butana) $\approx 46\text{--}50$ MJ/kg, sedangkan Pertalite (bensin RON 90) $\approx 44\text{--}46$ MJ/kg. Secara teoritis, Pertalite mampu menghasilkan panas setara LPG, sehingga dapat diuji efektivitasnya untuk kebutuhan pemanasan di workshop. Dalam konteks pembakaran bahan bakar, energi kimia yang tersimpan dalam molekul hidrokarbon (seperti Pertalite atau LPG) diubah menjadi energi panas melalui proses oksidasi.

Menurut Moran dan Shapiro (2020), efisiensi termal suatu sistem pembakaran didefinisikan sebagai rasio antara energi berguna yang dihasilkan terhadap energi total yang disuplai oleh bahan bakar. Dalam konteks penelitian ini, energi berguna berupa energi panas yang diterima oleh air selama proses *Boiling Water Test (BWT)*, sedangkan energi yang disuplai berasal dari pembakaran bahan bakar Pertalite dan LPG. Nilai kalor bawah (*Lower Heating Value, LHV*) masing-masing bahan bakar digunakan untuk menentukan energi input aktual yang tersedia selama proses pembakaran.

Penelitian ini dilaksanakan di Workshop Teknik PKS Sei Silau selama tiga minggu pada tahun 2022 dengan tahapan sebagai berikut :

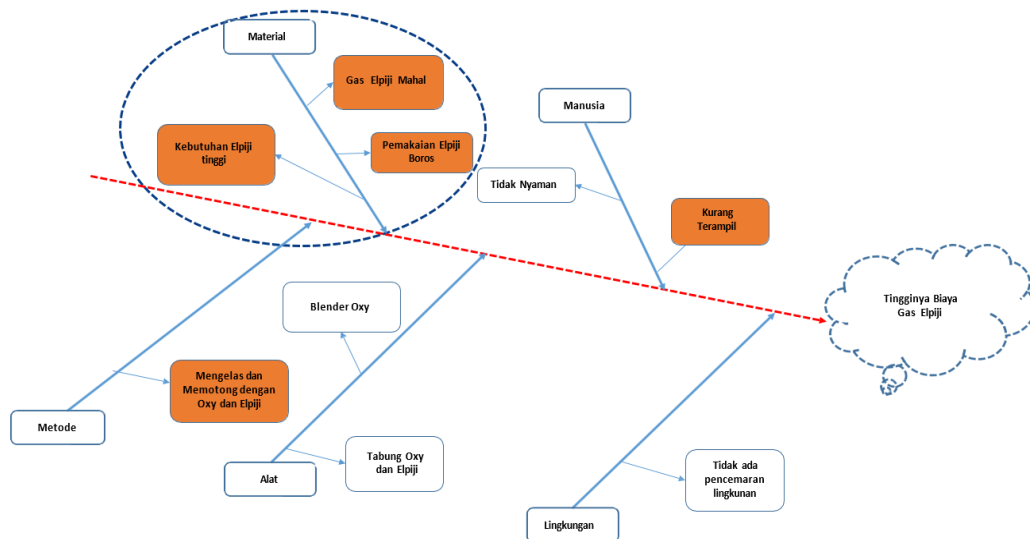
1. Penentuan Bahan Bakar Alternatif

Tahap awal dilakukan brainstorming bersama tim teknik dan laboratorium untuk menentukan alternatif gas non-Elpiji (Tabel 1). Hasil diskusi menyimpulkan bahwa Pertalite dipilih karena mudah diperoleh, harganya lebih murah, dan memiliki sifat pembakaran yang cukup stabil.

Tabel 1.

Tim Brainstorming dan Perannya

Nama	Jabatan	Peranan
Leo Frengki Sihaloho	Asisten QA	Leader dan merencanakan ide yang akan dilakukan
Ebinson Nainggolan	Petugas Laboratorium	Merencanakan alternatif gas non elpiji
Darwin	Mandor Teknik	Mengidentifikasi kebutuhan material dan peralatan yang dibutuhkan
Iwan	Mekanik	Merencanakan design tabung
Fardiansyah	Mekanik	Merencanakan alat yang dibutuhkan untuk mengubah cairan menjadi gas
Agus	Pembantu Mekanik	Merencanakan pelaksanaan eksperimen di lapangan

**Gambar 1.**

Fish bond Brainstorming

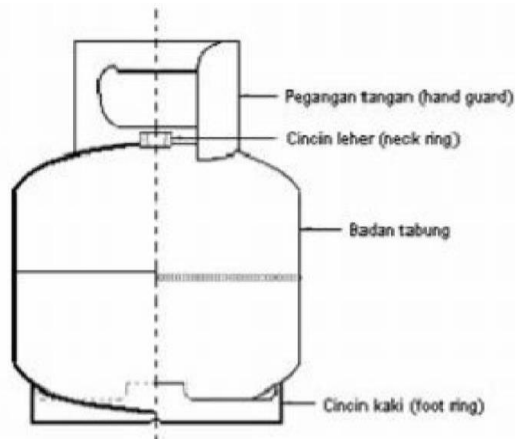
Proses brandstorming dilakukan dengan membentuk dan menentukan tim yang berkompeten terlebih dahulu oleh tim leader, setelah itu tim leader mengumpulkan nama-nama tim dan tim leader menyampaikan maksud dan tujuan tim dibentuk dan mengkonfirmasi kesediaan tim untuk ikut berperan dalam eksperimen ini. Setelah tim sudah terbentuk maka dilakukan brandstorming dengan topik (alternatif pengganti gas elpiji) yang telah disampaikan oleh tim leader. Dan kemudian setiap anggota tim memberikan ide, saran dan rencana-rencana yang akan dilakukan. Setelah rencana yang akan dilakukan ditentukan maka setiap anggota tim mengambil peranannya masing-masing sesuai dengan kompetensinya. Kemudian anggota tim mempersiapkan dan melakukan rencana tersebut dengan waktu yang telah ditentukan sampai dengan eksperimen dilakukan.

2. Perancangan Tabung dan Sistem Pembakaran

Berdasarkan hasil brandstorming adapun tahapan-tahapan perancangan tabung dan sistem pembakaran yang diusulkan adalah sebagai berikut :

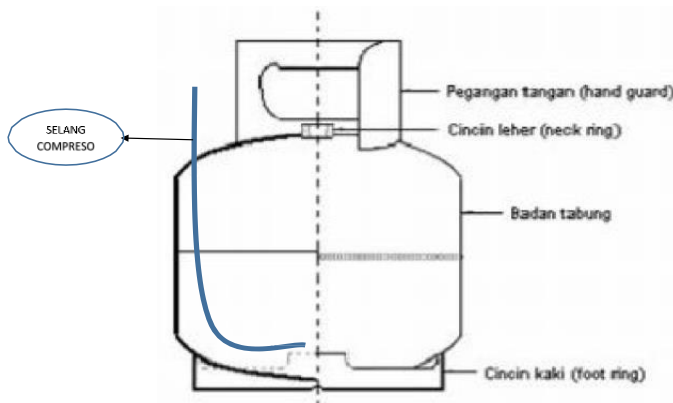
- Berdasarkan dari referensi dan eksperimen yang telah dilakukan yaitu bahwa pertalite mampu menghasilkan panas setara LPG maka tim menentukan dan menetapkan pertalite sebagai alternatif pengganti elpiji
- Kemudian tim memilih tabung elpiji kapasitas 3 Kg (karena akan dijadikan pembanding) yang kosong untuk dimodifikasi
- Tabung elpiji tersebut dibor bagian atas untuk memasukan pipa tembaga dengan diameter 3-4 mili yang akan dikoneksikan dengan regulator
- Tim menggunakan aerator (aerator yang digunakan dalam aquarium) yang berfungsi untuk mengubah pertalite menjadi gelembung dan gas metan. Aerator digunakan dengan menggunakan tenaga listrik
- Pertalite dimasukan kedalam tabung elpiji yang sudah dimodifikasi dari atas penutup tabung dan diatasnya diletakan regulator untuk mengukur tekanan dalam tabung
- Setelah kelima point diatas diakukan maka dilakukan eksperimen.

Modifikasi ini mengacu pada prinsip keselamatan kerja berdasarkan SNI 1452:2011 tentang tabung gas tekanan rendah (BSN, 2018).



Gambar 2.

Skets Tabung Gas Elpiji 3 Kg Sebelum dimodifikasi



Gambar 3.

Skets Tabung Gas Elpiji 3 Kg Setelah dimodifikasi

Total biaya perancangan tabung dan pertalite sebanyak 1 liter adalah Rp. 710.000 dengan rincian biaya seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2.

Rincian Biaya

NO	BAHAN	FISIK	SATUAN	HARGA (@ Rp)	JUMLAH (Rp.)
1	PERTALITE	1	Ltr	10,000	10,000
2	TABUNG ELPIJI	2	Bh	150,000	300,000
3	REGULATOR GAS	1	Bh	100,000	100,000
4	AERATOR	1	Bh	300,000	300,000
Jumlah					710,000

3. Uji Coba dan Evaluasi

Uji coba dilakukan dengan membandingkan kecepatan pemotongan pelat baja menggunakan Elpiji dan Pertalite. Metode ini sesuai dengan SNI 7368:2007 (Metode Pengujian Kompor Gas LPG) yang dapat dimodifikasi untuk Pertalite dengan sistem pembakaran cair. Parameter yang diamati meliputi :

- Waktu pemotongan
- Stabilitas nyala api

- Volume konsumsi bahan bakar
- Total biaya operasional

Data dikumpulkan selama 7 hari dengan pengulangan untuk memastikan konsistensi hasil seperti dalam Tabel 3.

Tabel 3
Hasil Pengamatan

Hari Ke -	Waktu Pemotongan Plat (Panjang 1 Mtr)	Stabilitas nyala api	Volume konsumsi bahan bakar	Total Biaya
1	1 menit	Biru dan Stabil	1 Liter	10.000
2	1 menit	Biru dan Stabil	-	-
3	1 menit	Biru dan Stabil	-	-
4	1 menit	Biru dan Stabil	-	-
5	1 menit	Biru dan Stabil	-	-
6	1 menit	Biru dan Stabil	-	-
7	1 menit	Biru dan Stabil	-	-

4. Analisis Data

Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan total biaya penggunaan Elpiji tahun 2021 dan Peralite tahun 2022. Efisiensi dihitung berdasarkan persentase penghematan biaya. Adapun data yang diamati adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan volume peralite yang dibutuhkan tiap bulan tahun 2022 dengan kebutuhan elpiji pada tahun 2021
2. Biaya yang dibutuhkan untuk pembelian elpiji pada tahun 2021 dan dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian peralite pada tahun 2022
3. Melakukan perhitungan perbandingan biaya elpiji tahun 2021 dengan biaya peralite tahun 2022

Tabel 4.
Pelaksanaan Program Kerja

Program Kerja	Mekanisme Pelaksanaan	Waktu Penyelesaian	Sumberdaya Yang Diperlukan	Pic	Indikator Penyelesaian/ Pencapaian	Evidence Penyelesaian
1. Menentukan Pengganti Alternatif Gas Non Elpiji	Brainstorming	7 Hari	Karyawan Laboratorium	Leo Fs	Terdapat Ide Gas Non Elpiji	Gas Non Elpiji
2. Merencanakan Dan Merancang Dan Mendesign Tabung	Praktek Di Workshop	3 Hari	Karyawan Teknik Dan Peralatan Teknik	Leo Fs	Design Tabung Selesai	Dokumentasi Desain Tabung
3. Melakukan Uji Coba Dan Melaksanakan Perbaikan	Praktek Di Workshop	7 Hari	Karyawan Teknik Dan Peralatan Teknik	Leo Fs	Gas Non Elpiji	Video Pemakaian Gas Non Elpiji
4. Evaluasi Hasil Dan Membandingkan Keefektifan Pemakaian Gas Non Elpiji Dengan Gas Elpiji (Jumlah/Volume Dan Biaya)	Praktek Di Workshop	3 Hari	Karyawan Teknik Dan Peralatan Teknik	Leo Fs	Efektif	Data Pemakaian Gas Non Elpiji Dengan Gas Elpiji

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Efisiensi Biaya

Data atau aspek yang akan dianalisis adalah volume pertalite yang dibutuhkan tiap bulan tahun 2022 dengan kebutuhan elpiji pada tahun 2021, biaya yang dibutuhkan untuk pembelian elpiji pada tahun 2021 dengan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian pertalite pada tahun 2022 dan membandingkan biaya kebutuhan elpiji tahun 2021 dengan kebutuhan pertalite tahun 2022.

Data menunjukkan bahwa penggunaan Pertalite menghasilkan biaya tahun 2022 sebesar Rp930.000, sedangkan Elpiji mencapai pada tahun 2021 sebesar Rp10.337.250. Terjadi penghematan sekitar Rp9.407.250 (90-93%) (Tabel 5). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Siregar *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa Pertalite memiliki biaya pembakaran lebih rendah dibandingkan LPG karena densitas energi yang lebih optimal untuk aplikasi kecil.

Tabel 5.

Hasil Uji Coba dan Perhitungan Biaya Elpiji dan Pertalite

Bulan	Realisasi Kebutuhan dan Biaya Elpiji 2021		Bulan	Realisasi Kebutuhan dan Biaya Pertalite 2022		Penghematan (Rp)
	Realisasi (Tabung) Vol 15 Kg	Biaya Elpiji (Rp)		Pemakaian Pertalite (Ltr)	Biaya Pertalite (Rp)	
Jan-21	4	866,250	Jan-22	9	90,000	776,250
Feb-21	5	1,155,000	Feb-22	10	100,000	1,055,000
Mar-21	5	1,212,750	Mar-22	11	110,000	1,102,750
Apr-21	5	1,155,000	Apr-22	10	100,000	1,055,000
May-21	5	1,155,000	May-22	10	100,000	1,055,000
Jun-21	5	1,212,750	Jun-22	11	110,000	1,102,750
Jul-21	5	1,155,000	Jul-22	10	100,000	1,055,000
Aug-21	5	1,212,750	Aug-22	11	110,000	1,102,750
Sept-21	5	1,212,750	Sept-22	11	110,000	1,102,750
Jumlah		10,337,250	Jumlah		930,000	9,407,250

3.2 Efektivitas Pemotongan

Dari hasil uji coba, pemotongan plat sepanjang 1 meter dengan Pertalite menghasilkan api yang lebih stabil dan waktu pemotongan yang lebih singkat dibanding Elpiji. Proses pemanasan awal juga lebih cepat. Ini menunjukkan peningkatan produktivitas operator tanpa tambahan biaya peralatan.

Tabel 6.

Hasil Uji Coba pemotongan Plat

Percobaan Ke -	Waktu Pemotongan Plat (Panjang 1 Mtr)		Stabilitas nyala api	
	Pertalite (Menit)	Elpiji (Menit)	Pertalite	Elpiji
1	1.05	1.58	Biru dan Stabil	Biru dan Orange
2	1.04	2.05	Biru dan Stabil	Biru dan Orange
3	1.04	2.03	Biru dan Stabil	Biru dan Orange
4	1.03	2.04	Biru dan Stabil	Biru dan Orange
5	1.05	2.02	Biru dan Stabil	Biru dan Orange
6	1.02	2.07	Biru dan Stabil	Biru dan Orange
7	1.04	2.05	Biru dan Stabil	Biru dan Orange

3.3 Aspek Keselamatan dan Lingkungan

Selama uji coba pemotongan plat sepanjang 1 meter berdasarkan Tabel 5 diatas tidak ditemukan indikasi kebocoran atau emisi berlebih. Peralite menghasilkan residu karbon lebih rendah dibanding Elpiji. Hal ini menunjukkan potensi penerapan yang aman dan ramah lingkungan jika dilakukan dengan prosedur keselamatan yang ketat.

3.4 Dampak terhadap Kinerja Workshop

Dengan efisiensi bahan bakar dan peningkatan kecepatan kerja, workshop teknik PKS Sei Silau dapat meningkatkan produktivitas dan menekan biaya operasional tahunan. Hal ini sesuai dengan hasil uji coba pada Tabel 4 dimana penggunaan pertalite dapat menekan biaya operasional dibandingkan dengan penggunaan elpiji dan pada Tabel 5 terlihat peningkatan kecepatan kerja (waktu lebih singkat) pada saat pemotongan plat sepanjang 1 meter dengan menggunakan pertalite dibandingkan dengan menggunakan elpiji. Implementasi ini juga menjadi contoh nyata penerapan prinsip *continuous improvement* dalam sistem manajemen operasional PTPN III (Tabel 7).

Tabel 7.

Hasil Implementasi Program Kerja

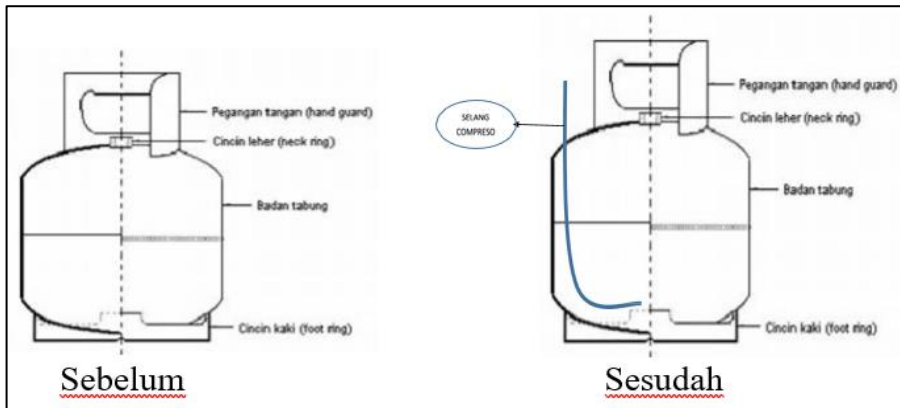
PROGRAM KERJA	INDIKATOR PENCAPAIAN	PENCAPAIAN	EVIDENCE
1. Menentukan Pengganti alternatif gas non elpiji	Ide alternatif gas elpiji	Pertalite dapat digunakan sebagai pengganti elpiji	Pertalite dimasukan kedalam tabung
2. Merencanakan, merancang/mendesain tabung	Design tabung/material dan biaya pembuatan tabung	Design tabunh dapat digunakan	Dokumentasi tabung sebelum dan sesudah
3. Melakukan uji coba dan melakukan perbaikan	Gas non elpiji dapat digunakan untuk memotong plat di workshop	Gas non elpiji dapat digunakan untuk memotong plat dibandingkan gas elpiji	Uji coba gas non elpiji dengan gas elpiji
4. Evaluasi dan membandingkan keefektifan pemakaian gas non elpiji dengan gas elpiji	Jumlah dan biaya lebih efisien	Jumlah dan biaya lebih efisien	Data pemakaian, jumlah dan biaya gas non elpiji dibandingkan dengan gas elpiji



Gambar 4.

Evidence Pertalite dimasukan kedalam tabung

Pada Gambar 4. diatas salah satu anggota tim memasukan pertalite sebanyak 1 liter kedalam tabung elpiji yang telah dimodifikasi.



Gambar 5.

Evidence Skets tabung sebelum dan sesudah dimodifikasi



Gambar 6.

Evidence Dokumentasi pembuatan design tabung

Pada Gambar 6. Diatas merupakan tahapan modifikasi tabung elpiji dimulai dari pembuatan lubang sebagai tempat memasukan pipa tembaga, memasukan pipa tembaga, mengisi pertalite kedalam tabung sampai dengan pemasangan aerator dan regulator.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil percobaan dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan **Pertalite sebagai gas non-Elpiji** terbukti efektif dan efisien untuk kegiatan pemotongan logam di workshop teknik PKS Sei Silau.
2. Inovasi ini menghasilkan **penghematan biaya 90–93%** dibandingkan penggunaan Elpiji konvensional.
3. Modifikasi tabung dengan aerator dan regulator dapat dilakukan dengan biaya rendah tanpa mengorbankan keselamatan.
4. Implementasi metode ini dapat direplikasi di unit pabrik lain sebagai bentuk inovasi efisiensi energi industri perkebunan.

Saran untuk penerapan ini adalah agar mekanik dan pembantu mekanik di workshop yang melakukan sistem ini adalah tenaga yang terampil dan berpengalaman dan sebelum

pekerjaan berjalan agar mekanik dan pembantu mekanik menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) sesuai yang dibutuhkan. Dan diharapkan sistem ini dapat mendukung efisiensi biaya operasional pabrik secara berkelanjutan.

Keterbatasan penelitian ini adalah masih menggunakan peralatan yang sederhana dan konvensional serta biaya yang terbatas. Dan untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan peralatan berteknologi tinggi sehingga penelitian ini dapat memberikan hasil yang lebih akurat serta hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian pertalite dalam aplikasi atau implementasi lainnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terimakasih kepada Manajemen PKS Sei Silau PT. Perkebunan Nusantara III yang telah membantu kelancaran dalam pelaksanaan eksperimen/inovasi ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standardisasi Nasional. (2007). *SNI 7368:2007 – Kompor gas untuk rumah tangga: Persyaratan mutu dan metode uji*. Jakarta: BSN.
2. Badan Standardisasi Nasional. (2018). *SNI 1452:2011 – Tabung baja las untuk gas tekanan rendah*. Jakarta: BSN.
3. Cengel, Y.A. and Boles, M.A. (2019) *Thermodynamics: An Engineering Approach*. 9th Edition, Mcgraw-Hill Education.
4. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2020). *Laporan Tahunan Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Migas.
5. Kurniawan, D., & Putra, R. (2020). *Analisis Efisiensi Energi di Industri Pengolahan Pangan*. Jurnal Energi dan Lingkungan, 7(2), 45–53.
6. Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., & Bailey, M. B. (2020). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics* (9th ed.). Wiley
7. Prasetyo, H. (2019). *Optimasi Penggunaan Bahan Bakar Alternatif dalam Industri Kecil*. Jurnal Teknologi Energi, 5(1), 12–20.
8. Rachman, A. (2021). *Pendekatan Efisiensi Energi di Industri Manufaktur*. Bandung: ITENAS Press.
9. Siregar, A., Nasution, R., & Ginting, T. (2021). *Studi Pemanfaatan Pertalite sebagai Alternatif Pengganti LPG pada Proses Pembakaran Skala Kecil*. Jurnal Rekayasa Energi, 9(3), 25–31.