

Peningkatan Keterampilan Pengelolaan Sampah Plastik Berbasis Metode Ilmiah melalui Teknologi Pirolisis di SMA Kanisius Jakarta

Nona Merry Merpati Mitan¹, Arie Sukma Jaya^{2*}, Agung Nugroho³, Evelin Grace Elisabet Simanullang⁴, Indy Inasa Rizqita⁵, Lintang Saksi Maharana⁶, Rialfi Putri Nur Harfilani⁷, Nuraini⁸, Arbhy Bramantya Hehamahwa⁹

^{1,4,5,6,7,8}Program Studi Kimia, Universitas Pertamina, Jakarta Selatan, DKI Jakarta

^{2*,9}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pertamina, Jakarta Selatan, DKI Jakarta

³Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pertamina, Jakarta Selatan, DKI Jakarta

Email: ¹nona.merry@universitaspertamina.ac.id, ^{2*}arie.sj@universitaspertamina.ac.id, ³agung.n@universitaspertamina.ac.id, ⁴105122010@student.universitaspertamina.ac.id, ⁵105122004@student.universitaspertamina.ac.id, ⁶105122012@student.universitaspertamina.ac.id, ⁷105122017@student.universitaspertamina.ac.id, ⁸105123005@student.universitaspertamina.ac.id, ⁹102221015@student.universitaspertamina.ac.id

(Naskah masuk: 16 Jan 2025, direvisi: 12 Mei 2025, diterima: 13 Mei 2025)

Abstrak

Permasalahan sampah plastik di Indonesia, khususnya di lingkungan sekolah, menjadi perhatian utama mengingat dampak lingkungan yang ditimbulkan. Program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan untuk memberikan solusi berbasis metode ilmiah dan meningkatkan keterampilan peserta kegiatan dengan mengimplementasikan teknologi pirolisis untuk mengelola sampah plastik di lingkungan sekolah. Kegiatan PkM dilaksanakan di SMA Kanisius Jakarta dan melibatkan siswa kelas XII serta staf laboran. Melalui kegiatan ini diharapkan para siswa tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tapi juga memahami proses dan dampak teknologi tersebut secara ilmiah. Metode pelaksanaan mencakup sosialisasi, pelatihan teori, serah terima alat pirolisis, dan pendampingan teknis pengoperasian alat. Survei pra-pelatihan dan pasca-pelatihan digunakan untuk mengevaluasi peningkatan pemahaman dan keterampilan peserta. Hasil pelatihan menunjukkan peningkatan signifikan pada tingkat pemahaman, dari 11,7% (pra-pelatihan) menjadi 76,4% (pasca-pelatihan). Peserta dapat memahami persiapan sampah plastik, pengoperasian alat, serta fungsi komponen alat pirolisis. Produk pirolisis berupa minyak cair berhasil dihasilkan dengan konfigurasi suhu maksimum 350°C. Survei kepuasan mitra menunjukkan bahwa 75% responden menyatakan "Sangat Setuju" dan 25% menyatakan "Setuju" terhadap relevansi dan manfaat program. Program ini berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa dalam mengelola sampah plastik melalui teknologi pirolisis, sekaligus mendukung pengembangan pola pikir berbasis metode ilmiah dan efisien dalam menghadapi permasalahan lingkungan. Keberlanjutan program dapat dilakukan melalui pendampingan pemeliharaan alat dan penggunaan alat pirolisis untuk penelitian siswa SMA Kanisius Jakarta. Dengan pendekatan berbasis metode ilmiah melalui penerapan teknologi ramah lingkungan seperti pirolisis, program ini dapat menjadi model implementasi di sekolah lain.

Kata Kunci: Sampah plastik, teknologi pirolisis, lingkungan sekolah, peningkatan keterampilan siswa, pengabdian kepada masyarakat.

Enhancing Scientific Method-Based Plastic Waste Management Skills through Pyrolysis Technology at SMA Kanisius Jakarta

Abstract

The issue of plastic waste in Indonesia, particularly within school environments, has become a major concern due to its environmental impact. This Community Service Program (PkM) aims to provide an innovative solution based on scientific methods and to enhance the skills of activity participants by implementing pyrolysis technology for managing plastic waste in

the school environment. The program was conducted at SMA Kanisius Jakarta and involved grade twelve students and laboratory staff. Through this initiative, students are expected not only to use the technology but also to understand its processes and impacts from a scientific perspective. The implementation methods included socialization, theoretical training, equipment handover, and technical assistance for operating the pyrolysis unit. Pre-training and post-training surveys were used to evaluate the improvement in participants understanding and skills. The training results showed a significant increase in understanding, from 11.7% before the training to 76.4% after the training. Participants were able to comprehend plastic waste preparation, equipment operation, and the functions of the pyrolysis components. The pyrolysis process successfully produced liquid oil at a maximum temperature of 350 °C. A partner satisfaction survey showed that 75% of respondents stated “Sangat Setuju” and 25% stated “Setuju” regarding the relevance and benefits of the program. However, the aspect of equipment maintenance requires further support. This program successfully improved students understanding and skills in managing plastic waste through pyrolysis technology, while also supporting the development of an innovative and scientific mindset that is efficient in addressing environmental challenges. The sustainability of the program can be ensured through continued assistance in equipment maintenance and the use of the pyrolysis unit for student research at SMA Kanisius Jakarta. With a scientific method-based approach through the application of environmentally friendly technology such as pyrolysis, this program has the potential to serve as an implementation model for other schools.

Keywords: Plastic waste, pyrolysis technology, school environment, student skill enhancement, community service.

I. PENDAHULUAN

Sampah plastik telah menjadi salah satu isu lingkungan yang paling mendesak di abad ke-21, dengan perhatian global yang terus meningkat terhadap dampaknya terhadap lingkungan [1,2]. Indonesia, sebagai salah satu negara penghasil sampah plastik terbesar di dunia, menghadapi tantangan serius dalam pengelolaannya [3,4]. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), total timbunan sampah nasional pada tahun 2023 mencapai 69,9 juta ton. Dari jumlah tersebut, sampah plastik menyumbang sekitar 18,71%, atau setara dengan sekitar 13,1 juta ton [5]. Secara khusus, di Jakarta, jumlah sampah plastik yang dihasilkan pada tahun 2023 mencapai lebih dari 7.000 ton per hari [6,7,8]. Masalah ini menunjukkan kebutuhan yang mendesak untuk menemukan solusi inovatif dalam mengatasi tantangan limbah plastik yang terus meningkat [9,10,11].

Lingkungan sekolah turut memberikan kontribusi terhadap permasalahan ini, dengan berbagai masalah pengelolaan sampah plastik yang masih terjadi [12,13]. Dalam lingkungan sekolah, terdapat berbagai tantangan, seperti kurangnya fasilitas tempat penampungan sampah yang memadai, perilaku peserta didik yang masih sering membuang sampah sembarangan, serta rendahnya kesadaran dan tanggung jawab mereka terhadap pengelolaan sampah plastik. Kondisi ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sekolah, yang pada akhirnya menciptakan suasana yang kurang nyaman untuk kegiatan belajar mengajar. Jika tidak diatasi, pola pikir yang kurang peduli terhadap pengelolaan sampah plastik ini dapat terbawa ke lingkungan masyarakat yang lebih luas, memperburuk masalah lingkungan secara umum.

Kebiasaan peserta didik membeli makanan dalam kemasan plastik dan membuang sampah sembarangan menjadi penyebab utama penumpukan sampah plastik di sekolah. Ditambah lagi, kurangnya tempat penampungan sementara sampah di sekolah menyebabkan pencemaran yang berkelanjutan. Persepsi peserta didik terhadap pentingnya pengelolaan sampah plastik juga masih sangat minim, yang

berkontribusi pada rendahnya tanggung jawab mereka terhadap dampak lingkungan dari penggunaan plastik. Namun, seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan, banyak sekolah telah mulai menggiatkan berbagai program ramah lingkungan. Program-program tersebut meliputi pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, penerapan prinsip 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*), hingga pembuatan barang kerajinan dari limbah plastik sebagai upaya edukasi dan pemanfaatan limbah [14,15].

Melalui latar belakang tersebut, sebuah program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilaksanakan sebagai bagian dari implementasi *Sustainable Development Goals* (SDGs) nomor 12, yang berfokus pada konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab. Program ini bertujuan tidak hanya untuk mengurangi sampah plastik di lingkungan sekolah tetapi juga memberikan pemahaman berbasis metode ilmiah yang lebih mendalam dan keterampilan praktis tentang pengelolaan sampah plastik berbasis teknologi. Program ini, yang berjudul “Pengolahan Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak Berbasis Pirolisis yang Berwawasan Lingkungan di SMA Kanisius Jakarta,” didukung oleh hibah PkM Kemendikbud tahun 2024. SMA Kanisius Jakarta dipilih sebagai mitra karena reputasinya sebagai sekolah unggulan dengan komitmen kuat terhadap pelestarian lingkungan. Berbagai program ramah lingkungan telah diinisiasi di sekolah ini, termasuk himbauan untuk membawa tumbler guna mengurangi plastik sekali pakai serta daur ulang limbah plastik menjadi barang fungsional, seperti meja dan kursi.

SMA Kanisius Jakarta memiliki program unggulan bernama *Canisius Exhibition of Learning Experience* (C-XLENCE), yang terdiri dari berbagai aktivitas, seperti pameran komik dan poster, serta presentasi artikel ilmiah [16]. Kegiatan presentasi artikel ilmiah ini dirancang untuk mengevaluasi pencapaian pembelajaran siswa selama tiga tahun terakhir melalui penelitian. Dengan potensi siswa yang tinggi dalam penelitian, khususnya di bidang pengelolaan limbah plastik, pemanfaatan teknologi pirolisis dalam kegiatan PkM ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas

pembelajaran sekaligus memberikan dampak positif yang signifikan. Teknologi ini tidak hanya dapat digunakan untuk mengolah sampah plastik di lingkungan sekolah tetapi juga dapat mendorong pola pikir berbasis metode ilmiah, efektif, dan efisien dalam memecahkan permasalahan lingkungan.

Teknologi pirolisis sendiri menawarkan solusi yang unggul dan ramah lingkungan dalam pengelolaan sampah plastik [17,18]. Proses ini melibatkan pemanasan plastik tanpa kehadiran oksigen, sehingga tidak menghasilkan emisi berbahaya seperti yang terjadi pada metode pembakaran konvensional. Berbagai jenis plastik, seperti HDPE, LDPE, PP, PET, dan PS, diketahui paling ideal untuk diproses melalui pirolisis karena sifatnya yang mudah diolah dan mampu menghasilkan produk dengan nilai ekonomi tinggi [19,20,21,22]. Keunggulan utama teknologi ini terletak pada kemampuannya untuk mengurangi limbah plastik sekaligus menghasilkan energi alternatif [23,24,25]. Produk utama dari proses pirolisis meliputi minyak pirolisis, gas pirolisis, dan residu padat [26,27,28]. Minyak pirolisis adalah produk utama yang berbentuk cair, mengandung hidrokarbon seperti alkana, alkena, dan senyawa aromatik [29,30]. Minyak pirolisis ini dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar minyak yang memiliki nilai ekonomis [23,31,32].

Kegiatan PkM ini telah dirancang dalam beberapa tahapan, dimulai dari sosialisasi program hingga pelatihan teori pirolisis [33]. Hasil dari pelatihan teori menunjukkan peningkatan pengetahuan siswa hingga 81,4% terkait konsep dasar, proses, dan hasil teknologi pirolisis. Pada tahapan lanjutan, kegiatan ini mencakup serah terima alat pirolisis dan pendampingan pelatihan teknis penggunaannya. Melalui kegiatan ini, diharapkan terjadi peningkatan keterampilan siswa dan staf sekolah dalam menggunakan teknologi pirolisis untuk mengelola sampah plastik. Dengan keberlanjutan program, alat pirolisis yang disediakan dapat dimanfaatkan secara rutin dalam kegiatan penelitian ilmiah sekolah dan mendukung pengelolaan limbah plastik di lingkungan sekitar.

Signifikansi dari kegiatan PkM ini terletak pada penggabungan edukasi berbasis metode ilmiah melalui penerapan teknologi ramah lingkungan. Selain meningkatkan pemahaman siswa mengenai dampak sampah plastik, kegiatan ini juga bertujuan untuk memberikan keterampilan teknis yang relevan dengan perkembangan teknologi ramah lingkungan. Dengan demikian, SMA Kanisius Jakarta diharapkan menjadi model bagi sekolah lain dalam mengintegrasikan pendekatan berbasis metode ilmiah untuk menangani tantangan lingkungan. Selain itu, dengan pendekatan ini, diharapkan kegiatan PkM berbasis teknologi pirolisis di SMA Kanisius Jakarta dapat menjadi tonggak penting dalam mengintegrasikan lingkungan pendidikan dengan teknologi berkelanjutan, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap pengelolaan sampah plastik di Indonesia.

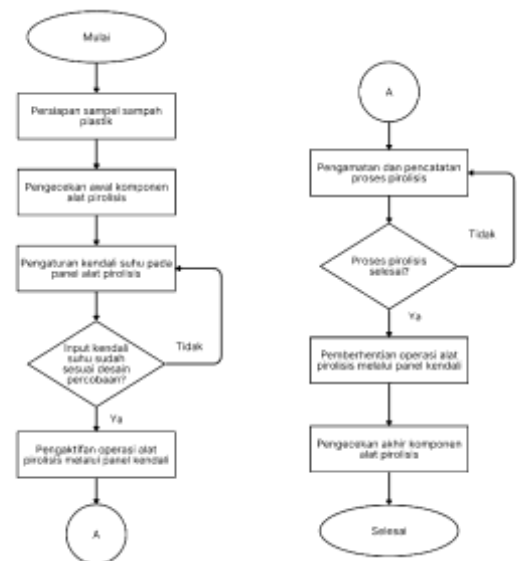
II. METODOLOGI KEGIATAN

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini berfokus pada peningkatan keterampilan mengelola sampah plastik melalui teknologi pirolisis. Sasaran utama dari kegiatan ini adalah siswa kelas XII dan staf laboran Laboratorium Kimia di SMA Kanisius Jakarta. Tim Pengabdian melakukan penerapan teknologi pirolisis untuk mengolah sampah plastik melalui penyerahan alat

pirolisis. Selanjutnya Tim Pengabdian melakukan pendampingan teknis penggunaan alat pirolisis.

Untuk tahapan sebelumnya seperti pendefinisian masalah, sosialisasi ke pihak sekolah dan juga pelatihan teori pirolisis telah dilakukan melalui tahapan-tahapan yang terstruktur [33]. Sama halnya dengan tahapan pelatihan teori, pada pendampingan teknis penggunaan alat juga dilakukan survei pra-pelatihan dan survei paska-pelatihan untuk melihat peningkatan pemahaman dan keterampilan siswa mengenai pengoperasian alat pirolisis. Evaluasi kegiatan dilakukan dalam bentuk survei paska-kegiatan pengabdian secara keseluruhan kepada mitra. Kegiatan pendampingan teknis dilakukan dengan penjelasan komponen alat pirolisis sampai dengan demonstrasi penggunaan alat pirolisis dengan sampel sampah plastik sebenarnya. Kegiatan dilakukan secara interaktif sehingga untuk setiap tahapan operasi alat, peserta kegiatan dilibatkan secara aktif. Diagram alir penggunaan alat pirolisis pada kegiatan pendampingan teknis penggunaan alat dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1, tahapan pertama untuk proses penggunaan alat pirolisis adalah persiapan sampel sampah plastik. Sampah plastik yang digunakan dalam kegiatan ini berjenis polipropilena (PP) yang telah dicuci hingga bersih dan dipotong ukuran kecil, seperti pada Gambar 2. Persiapan sampel sampah plastik diikuti tahap selanjutnya yaitu tahap persiapan alat melalui pengecekan awal komponen alat pirolisis. Komponen utama alat pirolisis ini antara lain furnace sebagai penghantar panas dengan suhu tinggi, reaktor sebagai tempat sampel sampah plastik dipanaskan, kondensor sebagai komponen pendingin yang mengubah fase gas menjadi fase cair produk pirolisis, dan panel kendali untuk mengendalikan nilai suhu dan waktu pemanasan sesuai kebutuhan. Tahapan pengecekan kelengkapan komponen, menghubungkan alat pirolisis ke sumber daya pemanas, dan memasukkan sampel sampah plastik ke dalam komponen reaktor. Pada bagian luar reaktor ditempatkan satu termokopel digital, seperti ditunjukkan pada Gambar 3, yang bertujuan untuk memonitor temperatur permukaan luar dari reaktor.



Gambar 1. Diagram alir penggunaan alat pirolisis



Gambar 2. Sampel sampah plastik

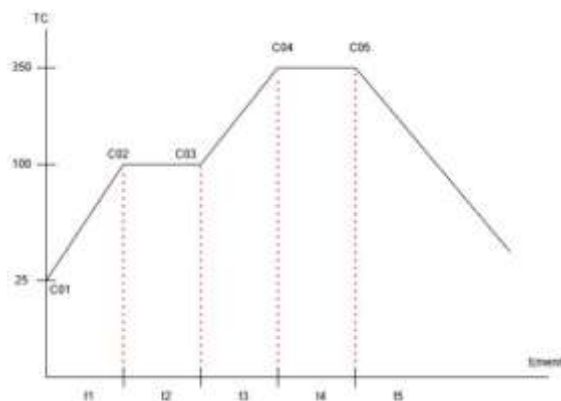


Gambar 3. Penempatan termokopel eksternal

Langkah selanjutnya adalah pengaturan suhu furnace berdasarkan skenario pemanasan yang berupa peningkatan temperatur terhadap waktu, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Pada grafik tersebut terdapat lima tahap peningkatan suhu yang diberi variabel $C01$, $C02$, $C03$, $C04$ dan $C05$, dalam rentang waktu peningkatan mulai dari $t1$, $t2$, $t3$, $t3$ dan $t5$. Dengan pengaturan tersebut, suhu maksimum yang ingin dicapai alat pirolisis dalam kegiatan ini adalah 350°C , pada $C04$ dan $C05$, sampai dengan rentang waktu $t3$ dan bertahan konstan pada rentang waktu $t4$. Untuk skenario dalam kegiatan ini digunakan laju pemanasan, $v = 10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. Dengan variabel ΔT adalah nilai beda temperatur yang diharapkan, maka variabel waktu, t , yang diperlukan untuk meningkatkan suhu dapat ditentukan menggunakan Persamaan (1) sebagai berikut

$$t = \frac{\Delta T}{v} \quad (1)$$

Hasil dari perhitungan waktu untuk setiap nilai suhu dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai waktu pada variabel suhu terakhir didefinisikan sebagai *stop* melalui kode input -121. Nilai pada tabel tersebut dimasukkan secara manual ke panel kendali dan jika sudah sesuai maka dapat dilanjutkan dengan pengaktifan operasi alat pirolisis melalui saklar pada panel kendali.



Gambar 4. Skenario pengaturan suhu proses pirolisis

Tabel 1. Nilai suhu dan rentang waktu pemanasan

No.	Suhu, C ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu, t (menit)
1	25	8
2	100	5
3	100	25
4	350	30
5	350	<i>stop (-121)</i>

Tim Pengabdian dan juga peserta pelatihan melakukan pengamatan dan pencatatan variabel penting dalam proses pirolisis seperti waktu dan suhu reaktor yang ditunjukkan baik dari panel kendali maupun termokopel eksternal. Secara visual, pengamatan juga dilakukan untuk melihat terbentuknya produk pirolisis seperti gas dan cairan yang melewati kondensor. Jika keseluruhan proses pirolisis sudah selesai, yang ditandai dengan tidak keluarnya lagi hasil produk gas dan cair dari proses pirolisis, maka dapat masuk ke tahap pemberhentian operasi alat pirolisis. Pemberhentian operasi ini dapat secara otomatis dengan menunggu waktu pada $t05$ atau secara manual melalui saklar pada panel kendali. Pada bagian akhir dari kegiatan pendampingan penggunaan alat ini dilakukan pengecekan akhir komponen alat pirolisis. Pengecekan tersebut mencakup pemutusan kontak daya listrik ke alat pirolisis, prosedur pembersihan residu dalam reaktor, pembersihan kondensor dan juga penyimpanan hasil produk pirolisis.

III. PELAKSANAAN KEGIATAN

Program PkM dengan kegiatan serah terima alat beserta persiapannya, pendampingan teknis penggunaan alat pirolisis, pengolahan data dan pelaporan dilakukan secara efektif pada selama tiga bulan dari Oktober 2024 sampai dengan Desember 2024. Serah terima alat pirolisis sebagai langkah awal penerapan teknologi pirolisis di SMA Kanisius Jakarta dapat dilihat pada Gambar 5. Prosesi serah terima ini dihadiri lengkap seluruh anggota Tim Pengabdian dan juga Pimpinan, Guru dan Staf, serta siswa SMA Kanisius Jakarta. Spesifikasi teknis dari alat pirolisis dapat dilihat pada Tabel 2. Dari spesifikasi yang diberikan, dapat dilihat bahwa alat pirolisis ini telah disesuaikan untuk digunakan sebagai media

pembelajaran pengolahan sampah di lingkungan sekolah. Alat ini memiliki komponen proses pirolisis yang lengkap dan penggunaan yang mudah dipahami secara praktis. Oleh karena itu, alat ini juga diharapkan tidak hanya meningkatkan pengetahuan siswa dan laboran mengenai pirolisis, tetapi juga secara praktis meningkatkan keterampilan dalam menggunakan teknologi pirolisis sebagai salah satu cara pengolahan sampah plastik. Penempatan alat pirolisis di Laboratorium Kimia juga dapat memberikan dampak positif untuk meningkatkan minat siswa dalam meneliti pengolahan sampah plastik berbasis metode ilmiah.



Gambar 5. Serah Terima Alat Pirolisis

Tabel 2. Spesifikasi Alat Pirolisis

Komponen	Spesifikasi	Dimensi
Furnace	Diameter (mm)	250
	Tinggi (mm)	360
	Diameter Hotzone (mm)	50
Reaktor tipe batch	Diameter (mm)	48
	Panjang (mm)	325
	Tebal (mm)	4
Sumber panas	Listrik (Watt)	1500
Panel kendali	XMT 808 Series	-
Kondensor	Allihn kondensor	-

Tahapan persiapan penggunaan alat pirolisis dari kegiatan pendampingan ini dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar 6.(a) menunjukkan tahapan pengecekan awal komponen alat pirolisis. Penjelasan dilakukan secara terstruktur dan interaktif untuk memudahkan siswa memahami penggunaan fungsi dasar alat pirolisis. Siswa kelas XII SMA Kanisius Jakarta sebagai peserta kegiatan berpartisipasi aktif dalam setiap tahapan, termasuk memasukkan sampel sampah plastik ke dalam reaktor, seperti pada Gambar 6.(b). Pada demonstrasi tersebut digunakan sampah plastik Polipropilena (PP) kode plastik No. 5. Pengaturan kendali suhu dan pengaktifan operasi alat pirolisis dilakukan bersama dengan Tim Pengabdian seperti pada Gambar 6.(c). Pengoperasian alat pirolisis yang dilakukan pada kegiatan pelatihan teknis terlihat pada Gambar 7. Gambar 7.(a) menunjukkan alat yang sedang beroperasi melakukan peningkatan suhu secara otomatis sesuai dengan skenario pengaturan suhu pada panel kendali. Gambar 7.(b) menunjukkan terjadinya uap hasil

proses pirolisis yang melewati komponen kondensor. Pendinginan yang terjadi pada kondensor akan mengubah fasa uap menjadi fraksi cair hasil proses pirolisis yang berpotensi menjadi bahan bakar minyak, seperti pada Gambar 7.(c).



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Persiapan Penggunaan Alat Pirolisis (a) Pengecekan Awal Komponen, (b) Peserta Kegiatan Memasukkan Sampel Sampah Plastik, (c) Pengaturan Kendali Suhu dan Pengaktifan Operasi Alat Pirolisis



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Pengoperasian Alat Pirolisis (a) Proses Pemanasan Otomatis melalui Panel Kendali, (b) Fraksi Uap pada Kondensor, (c) Fraksi Cair Pirolisis

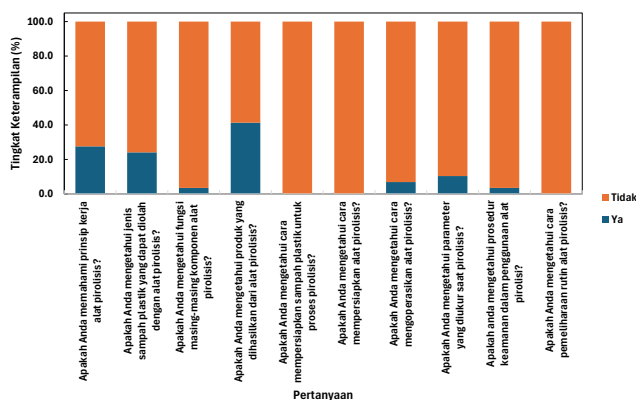
Tabel 3 menunjukkan hasil pengamatan pengujian alat pirolisis yang dilakukan. Pada tabel tersebut terdapat dua variabel suhu yaitu T_1 yang merupakan suhu yang diukur oleh termokopel eksternal dan T_2 yang merupakan suhu yang diukur oleh termokopel internal yang terhubung dengan panel kendali. Pengamatan nilai suhu yang dilakukan dengan interval 5 menit dapat menunjukkan bahwa panel kendali mampu untuk meningkatkan suhu pemanasan sesuai dengan skenario yang diberikan. Pada bagian keterangan, Tim Pengabdian mencatat beberapa hal penting secara kualitatif seperti tetesan fraksi cair pertama dan telah selesainya proses pirolisis yang terjadi pada alat.

Tabel 3. Pengamatan Pengujian Alat Pirolisis

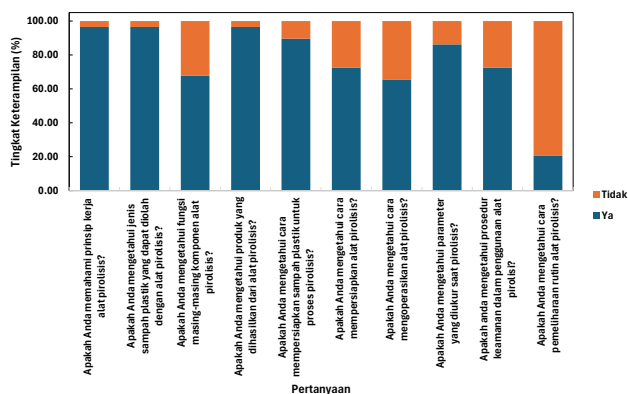
No.	Waktu t (menit)	Suhu Reaktor T_1 (°C)	Suhu Reaktor T_2 (°C)	Keterangan
1	5	50	57	
2	10	90	85	
3	15	100	99	
4	20	197	142	Asap terbentuk (19 menit)
5	25	375	191	Tetesan fraksi cair pertama (22 menit)
6	30	463	257	Pengurangan asap (27 menit)
7	35	435	318	Asap jauh berkurang (32 menit)
8	40	403	349	
9	45	377	366	
10	50	359	372	Reaksi selesai
11	55	347	373	Stop alat secara manual
12	60	337	370	
13	65	330	366	
14	70	326	363	

Hasil survei pada Gambar 8 menunjukkan adanya peningkatan rata-rata tingkat pemahaman dan keterampilan peserta secara keseluruhan dari 11.7% sebelum pelatihan (pre-test) menjadi 76.4% setelah pelatihan (post-test). Peningkatan tertinggi terdapat pada cara mempersiapkan sampah plastik, parameter yang diukur saat pengujian, dan fungsi masing-masing komponen alat pirolisis. Peserta juga menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan mengenai cara pengoperasian alat pirolisis, dari awalnya tidak ada siswa yang memahami cara pengoperasian sampai lebih dari 70% siswa yang dapat mengoperasikan alat pirolisis setelah pelatihan. Hal ini menunjukkan tidak hanya pemahaman siswa yang meningkat, tetapi juga peningkatan keterampilan

siswa dalam mengoperasikan alat pirolisis. Peningkatan ini mencerminkan keberhasilan pelatihan dalam membangun pemahaman peserta mengenai teknologi pirolisis dan meningkatkan kemampuan mereka untuk mengoperasikan alat. Hasil survei juga menunjukkan adanya skor peningkatan yang rendah pada pertanyaan terkait dengan perawatan alat pirolisis. Hasil ini mengindikasikan bahwa peserta masih memerlukan pendampingan lebih lanjut untuk memastikan pemahaman yang lebih baik terkait aspek pemeliharaan alat.

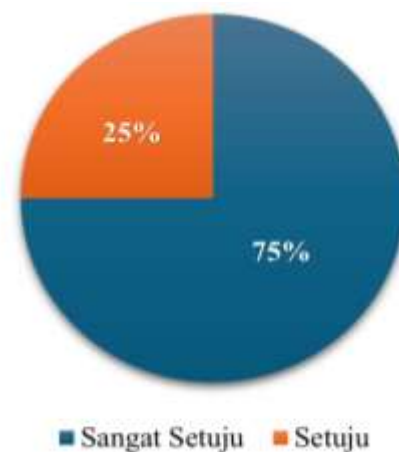


(a)



(b)

Gambar 8. Hasil Survei Keterampilan Penggunaan Teknis Alat Pirolisis (a) Pre-test, (b) Post-test



Gambar 9. Hasil Survei Kepuasan Peserta Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat

Hasil survei kepuasan, seperti pada Gambar 9, yang ditujukan pada pimpinan dan guru sekolah SMA Kanisius Jakarta menunjukkan bahwa 75% responden menyatakan Sangat Setuju dan 25% responden menyatakan Setuju bahwa kegiatan PkM yang dilakukan memberikan peningkatan keterampilan dan relevan dengan kebutuhan siswa dan lingkungan SMA Kanisius Jakarta. Hasil yang baik ini berkaitan juga dengan proses persiapan yang matang dari Tim Pengabdian, baik pada saat sebelum pelaksanaan maupun pada saat pelaksanaan pendampingan teknis penggunaan alat pirolisis. Tingkat kepuasan yang tinggi ini mencerminkan juga pentingnya persiapan kegiatan yang menyeluruh dan interaksi langsung yang efektif antara peserta dengan Tim Pengabdian. Peserta kegiatan pelatihan yang dilibatkan langsung dalam mengoperasikan alat pirolisis memungkinkan peningkatan keterampilan siswa dan laboran yang akan menggunakan alat pirolisis tersebut. Dari sisi Tim Pengabdian, umpan balik positif ini memberikan motivasi untuk terus memperbaiki dan mengembangkan metode pelaksanaan kegiatan yang lebih inovatif di masa mendatang.

Gambar 10 menunjukkan kebersamaan Tim Pengabdian dan pihak mitra setelah kegiatan pendampingan teknis penggunaan alat pirolisis selesai dilakukan. Program ini diharapkan menciptakan dampak jangka panjang melalui keberlanjutan penggunaan alat pirolisis di SMA Kanisius Jakarta. Alat ini dapat digunakan secara rutin dalam kegiatan penelitian siswa tahunan C-XLENCE, di mana siswa dapat mengaplikasikan teknologi pirolisis dalam proyek mereka dan mempresentasikan hasilnya kepada masyarakat. Selain itu, pihak sekolah juga berencana untuk menjalin kemitraan dengan komunitas di sekitar sekolah untuk mendukung pengelolaan sampah plastik secara lebih luas.



Gambar 10. Foto Bersama Setelah Kegiatan Pendampingan Pelatihan Teknis Penggunaan Alat Pirolisis

IV. KESIMPULAN

Program Pengabdian kepada Masyarakat ini berhasil mengimplementasikan teknologi pirolisis sebagai solusi efektif berbasis metode ilmiah dan ramah lingkungan untuk mengelola sampah plastik di SMA Kanisius Jakarta. Kegiatan ini mencakup sosialisasi, pelatihan teori, serah terima alat, dan pendampingan teknis. Pendampingan teknis yang dilakukan sangat efektif meningkatkan keterampilan siswa tentang penggunaan teknologi pirolisis, dari 11,7% sebelum pendampingan menjadi 76,4% setelah pendampingan. Alat pirolisis yang diberikan tidak hanya mempermudah pengelolaan sampah tetapi juga menjadi media pembelajaran teknologi pirolisis yang ramah lingkungan dan berbasis metode ilmiah. Survei kepuasan mitra menunjukkan penerimaan yang sangat positif terhadap program ini. Produk pirolisis berupa minyak cair telah dihasilkan dengan optimal, menunjukkan potensi yang cukup besar dari teknologi pirolisis sebagai solusi pengelolaan sampah plastik berbasis metode ilmiah. Untuk keberlanjutan program, SMA Kanisius Jakarta dapat memanfaatkan alat pirolisis secara rutin dalam kegiatan pembelajaran dan penelitian siswa. Keberadaan kegiatan rutin C-XLENCE (*Creative Learning and Experience*) dapat menjadi wadah bagi siswa untuk mengembangkan penelitian lanjutan dalam pengolahan sampah plastik berbasis teknologi pirolisis. Dengan demikian, pemanfaatan alat tidak hanya berkelanjutan, tetapi juga berkembang sesuai minat dan kreativitas siswa. Adanya alat pirolisis ini juga menjadikan siswa tidak hanya sekadar pengguna teknologi, tapi juga memahami proses dan dampak pengelolaan sampah melalui teknologi secara ilmiah. Pendampingan tambahan diperlukan untuk meningkatkan pemahaman terkait perawatan alat guna memastikan keberlanjutan dan efisiensi operasionalnya. Perluasan program pengenalan solusi berbasis metode ilmiah seperti ini ke sekolah lain dapat dilakukan untuk menyebarkan manfaat teknologi pirolisis secara lebih luas. Diharapkan program ini dapat menjadi inspirasi bagi implementasi teknologi ramah lingkungan lainnya di sektor pendidikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pertamina mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas pendanaan kegiatan Program Pemberdayaan Masyarakat dengan skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat dengan Nomor Kontrak Induk:

066/E5/PG.02.00/PM.BATCH.2/2024. Tim Pengabdian kepada Masyarakat juga menyampaikan terima kasih kepada pihak SMA Kanisius Jakarta, mulai dari Direktur Kolese Kanisius, para guru, staf, hingga para siswa atas peran aktifnya selama kegiatan ini berlangsung.

V. REFERENSI

- [1] M. Minduro, I. N. Suarnadwipa, and K. Astawa, "Pengaruh Variasi Sampah Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE), Low Density Polyethylene (LDPE), dan Polypropylene (PP) Terhadap Volume Minyak Hasil Pirolisis," *Tek. Desain Mek.*, vol. 13, no. 3, pp. 202–206, 2024.
- [2] N. Evode, S. A. Qamar, M. Bilal, D. Barceló, and H. M. N. Iqbal, "Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability," *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 4, no. 100142, pp. 1–8, 2021, doi: 10.1016/j.csee.2021.100142.
- [3] A. F. Mesfer, L. O. Angga, and S. Fataruba, "Akibat Hukum Terhadap Limbah Sampah Plastik Di Teluk Ambon Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah," *TATOHI J. Ilmu Huk.*, vol. 1, no. 6, pp. 554–563, 2021.
- [4] S. Subekti, A. Sasmito, and B. Rahman, "Pemanfaatan Sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Jatibarang Sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan," *Merdeka Indones. J. Int.*, vol. 3, no. 1, pp. 54–63, 2023.
- [5] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "KLHK Ajak Masyarakat 'Gaya Hidup Minim Sampah' Dalam Festival LIKE 2," *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia*, 2024. <https://www.menlhk.go.id/news/klhk-ajak-masyarakat-gaya-hidup-minim-sampah-dalam-festival-like-2/> (diakses 5 Januari 2025).
- [6] M. Taufik, "Gambaran Permasalahan Pengelolaan Sampah di DKI Jakarta dan Kaitannya dengan SDGs," in *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, 2023, vol. 6, pp. 1095–1102. [Online]. Available: <https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/semnas/article/view/1601>
- [7] N. F. N. Permana, A. Alfauzy, and T. K. Sabila, "Penerapan Green Business Pada Toko Ritel Dalam Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan," *Synerg. J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 1, pp. 19–25, 2023, [Online]. Available: <https://e-journal.naurendigiton.com/index.php/sjim/article/view/384>
- [8] B. J. Putri and G. L. Sari, "Analisis Potensi Reduksi Sampah oleh Pemulung di Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu Bantargebang," *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 24, no. 3, pp. 2367–2371, 2024, doi: 10.33087/jiubj.v24i3.5497.
- [9] F. Rosariawari, H. A. Rosydi, A. S. Achmad, B. C. Pratama, S. W. Pratiwi, and M. I. Rafi, "Inovasi Ramah Lingkungan: Sosialisasi Sampah Plastik

- Menjadi Solusi Inovatif Untuk Pengelolaan Sampah,” *Kegiat. Positif J. Has. Karya Pengabdi. Masy.*, vol. 1, no. 4, pp. 174–180, 2023, doi: 10.61132/kegiatanpositif.v1i4.487.
- [10] B. Lestari *et al.*, “Pemanfaatan Limbah Plastik Melalui Inovasi Ecobricks di Desa Setia Tawar Barat,” *J. Pengabdi. Masy. Nusantara*, vol. 4, no. 2, pp. 106–112, 2024, doi: 10.35870/jpmn.v4i2.3109.
- [11] Refdinal, Irzal, Yufriзал, and J. Adri, “Inovasi Mesin Pencacah untuk Kegiatan Recycle Sampah Plastik di Kenagarian Maninjau,” *Community Engagem. Emerg. J.*, vol. 5, no. 3, pp. 405–416, 2024, doi: 10.37385/ceej.v5i3.6399.
- [12] D. Miswar *et al.*, “Pengelolaan Sampah Organik dan Anorganik Untuk Meningkatkan Nilai Guna dan Pendidikan Karakter Siswa Di Sekolah Dasar,” *AMMA J. Pengabdi. Masy.*, vol. 3, no. 4, pp. 158–169, 2024, [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/amma/article/view/4159>
- [13] Wahyuni *et al.*, “Workshop Daur Ulang Sampah Plastik untuk Karya Baru dan Sederhana,” *Sipakaraya J. Pengabdi. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 12–20, 2024, doi:10.31605/sipakaraya.v3i1.4217.
- [14] Y. D. Risyanti, A. T. Aryaningtyas, and P. S. Helyanan, “The Role Of Waste Banks In Empowering Plastic Waste Into Economically Valuable Upcycled Handicraft Products: A Study On Waste Bank Wares,” in *International Conference on Digital Advance Tourism, Management and Technology 2023*, 2023, vol. 1, no. 2, pp. 200–211. doi: 10.56910/ictmt.v1i2.36.
- [15] Supardi, “Changing The Environmental Paradigm through 3R (Reuse, Reduce, Recycle) Education: Student Devotion to Plastic Waste Management and Sustainable Creativity with Economical Value,” *J. PKM Manaj. Bisnis*, vol. 3, no. 2, pp. 85–93, 2023, doi: 10.37481/pkmb.v3i2.604.
- [16] A. Proborini, “Canisius Exhibitions of Learning Experience Tahun Ajaran 2022–2023,” *Perpustakaan Kolese Kanisius*, 2023. <https://perpustakaan.kanisius.sch.id/canisius-exhibitions-of-learning-experience-tahun-ajaran-2022-2023/> (diakses 5 Januari 2025).
- [17] J. A. Riandis, A. R. Setyawati, and A. S. Sanjaya, “Pengolahan Sampah Plastik dengan Metode Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak,” *J. Chemurg.*, vol. 5, no. 1, pp. 8–14, 2021, doi: 10.30872/cmg.v5i1.4755.
- [18] M. S. Qureshi *et al.*, “Pyrolysis of plastic waste: Opportunities and challenges,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 152, no. 104804, pp. 1–11, 2020, doi: 10.1016/j.jaap.2020.104804.
- [19] S. H. Gebre, M. G. Sendeku, and M. Bahri, “Recent Trends in the Pyrolysis of Non-Degradable Waste Plastics,” *ChemistryOpen*, vol. 10, pp. 1202–1226, 2021, doi: 10.1002/open.202100184.
- [20] T. Maqsood, J. Dai, Y. Zhang, M. Guang, and B. Li, “Pyrolysis of plastic species : A review of resources and products,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 159, no. 105295, pp. 1–12, 2021, doi: 10.1016/j.jaap.2021.105295.
- [21] M. J. B. Kabeyi and O. A. Olanrewaju, “Review and Design Overview of Plastic Waste-to-Pyrolysis Oil Conversion with Implications on the Energy Transition,” *J. Energy*, no. 1821129, pp. 1–25, 2023, doi: 10.1155/2023/1821129.
- [22] P. L. Kefi, I. N. Suarnadwipa, and I. W. B. Adnyana, “Uji Viskositas Bahan Bakar Cair Hasil Proses Pirolisis Sampah Plastik Jenis HDPE, LDPE, dan PP,” *Tek. Desain Mek.*, vol. 13, no. 3, pp. 192–197, 2024, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/mekanika/article/view/118395>
- [23] E. Hanaseta, M. D. D. Maharani, L. Handayani, and F. B. P. Ariwibowo, “Edukasi Teknologi Pirolisis untuk Pengolahan Sampah di Kawasan Wisata Hutan Bambu Bekasi,” *J. Pengabdi. Nas. Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 410–417, 2024, doi: 10.35870/jpni.v5i2.731.
- [24] A. Yani, I. Nuhardin, M. Septiani, Fitria, Irianto, and Ratnawati, “Penyuluhan dan Pelatihan Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Untuk Mengatasi Sampah Plastik Di Kota Bontang,” *J. Pengabdi. Ahmad Yani*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.53620/pay.v1i1.17.
- [25] P. B. W. Wardhana, A. F. Hanafi, A. Finali, M. L. Umar, and A. B. Prasetyo, “Diseminasi Teknologi Pirolisis Sampah Plastik di Desa Kedungringin, Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi,” *Abdimasku J. Pengabdi. Masy.*, vol. 5, no. 3, pp. 371–377, 2022, doi: 10.33633/ja.v5i3.548.
- [26] G. Manente, S. Martignano, A. Ficarella, and P. Cavaliere, “The pyrolysis and gasification pathways of automotive shredder residue targeting the production of fuels and chemicals,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2385, no. 1, pp. 1–16, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2385/1/012003.
- [27] R. B. A. Restanti and M. Mirwan, “Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Alternatif dengan Metode Pirolisis,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 7224–7231, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i4.6789.
- [28] Pranoto and Mazlan, “The characterization of pyrolysis oil from plastic waste using FTIR and GC-MS techniques,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1268, no. 1, pp. 1–7, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1268/1/012058.
- [29] S. Nanda and F. Berruti, “Thermochemical conversion of plastic waste to fuels: a review,” *Environ. Chem. Lett.*, vol. 19, no. 1, pp. 123–148, 2021, doi: 10.1007/s10311-020-01094-7.
- [30] L. Fulgencio-Medrano, S. García-Fernández, A. Asueta, A. Lopez-Uriónabarrenechea, B. B. Perez-Martinez, and J. M. Arandes, “Oil Production by Pyrolysis of Real Plastic Waste,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 3, pp. 1–18, 2022, doi:

- 10.3390/polym14030553.
- [31] B. Sugiantoro, U. Sutisna, M. Soleh, N. Kariada, Widowati, and Sunyoto, "Inovasi Reaktor Pirolisis Sampah Plastik Campuran Sampah Perkotaan Dengan Tabung Mendatar Dan Kondensor Bertingkat Kapasitas 50 Kg Self-Sufficient," *Pros. Semin. Has. Penelit. Dan Pengabd. Kpd. Masy. (SEHATI ABDIMAS)*, vol. 7, no. 1, pp. 289–299, 2024, doi: 10.47767/sehati_abdimas.v7i1.931.
- [32] M. Yasir, Z. H. Siregar, and Mawardi, "Desain dan Konsep Alat Pirolisis Sampah Rumah Tangga dengan Kajian Kelayakan Ekonomi," *Abdimas Indones. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 135–142, 2024, doi: 10.59525/aij.v4i2.405.
- [33] A. S. Jaya *et al.*, "Edukasi Pirolisis Sebagai Teknik Pengolahan Sampah Plastik Bagi Siswa SMA Kanisius Jakarta," *J. Abdimas Musi Charitas*, vol. 8, no. 2, pp. 105–111, 2024, doi: 10.32524/jamc.v8i2.1258.