

Edukasi Penggunaan Komposit Polimer ABS / Nanopartikel Untuk Meningkatkan Spesifikasi Pada Salah Satu Produk Komponen Mobil *Core Tray*

Andi Rusnaenah¹, Isma Wulansari^{2*}, Nur Azizah Kurniasari³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Jakarta

*Koresponden email: ismawulansari@kemenperin.go.id

Diterima: 15 November 2023

Disetujui: 21 November 2023

Abstract

Nanocomposite polymers have become a major topic of research in nanotechnology. Nanoclays nanocomposite technology be able to improve the mechanical, thermal, and barrier performance properties with a minimum addition of <10 wt%. Deficiency of acrylonitrile butadiene styrene (ABS) component materials is flammability, so a method needed to increase ABS thermal which is through the synthesis of ABS nanocomposite by mixing graphene, nitrile butadiene rubber (NBR) and montmorillonite nanofil 15 (N15) in ABS mixture. Core tray has low heat resistance, easily damaged and understands composite processes that can improve the thermal properties of the materials used. This program focuses on helping to improve industri knowledge in solving the problem of processing raw materials used to produce core trays. Nanoparticle can provide industri with an understanding of the application of nanoparticles to ABS materials. Data obtained that get an increase in the knowledge, skills and income of partners. The conclusion is necessary to monitor the application of nanocomposites by mixing the raw materials for making nanoparticles with graphene, NBR and N15 in a mixture of ABS, conducting increased research in plastic materials to improve quality and impact on competitive prices, establishing partnerships to product improvement with conducting research and product testing.

Keywords: Education, nanoparticle, acrylonitrile butadiene styrene, core tray, automotive industry

Abstrak

Nanokomposit polimer telah menjadi topik utama penelitian dibidang nanoteknologi. Teknologi nanokomposit *nanoclays* mampu meningkatkan sifat mekanik, termal, dimensi dan penghalang kinerja secara signifikan dengan nilai penambahan minimal <10 wt%. Salah satu kekurangan utama material berkomponen akrilonitril butadiene stirena (ABS) ialah sifat mudah terbakar sehingga diperlukan metode untuk meningkatkan stabilitas termal ABS salah satunya melalui sintesis nanokomposit ABS dengan pencampuran graphene, nitrile butadiena rubber (NBR) dan montmorilonite nanofil 15 (N15) dalam campuran ABS. *Core tray* merupakan bahan yang digunakan memiliki ketahanan terhadap panas yang rendah, mudah rusak sehingga dilakukan daur ulang serta untuk memahami proses komposit yang dapat meningkatkan sifat termal dari bahan yang digunakan. Program ini berfokus untuk membantu meningkatkan pengetahuan industri dalam menyelesaikan masalah pengolahan bahan baku yang digunakan untuk memproduksi *core tray*. Edukasi nanopartikel dapat memberikan pemahaman kepada industri mengenai pengaplikasian nanopartikel pada bahan ABS. Diperoleh data bahwa industri mendapatkan peningkatan pengetahuan, keterampilan dan pendapatan. Dari hasil edukasi didapat kesimpulan bahwa perlu dilakukan monitoring pengaplikasian nanokomposit dengan mencampurkan bahan baku pembuat nanopartikel berupa grapene, NBR dan N15 dalam campuran ABS, melakukan peningkatan penelitian di bidang material plastik untuk meningkatkan kualitas dan memberikan dampak harga yang kompetitif, menjalin keindustrian dalam hal peningkatan produk dengan melakukan penelitian dan pengujian produk.

Kata Kunci: edukasi, nanopartikel, akrilonitril butadiena stirena, core tray, industri polimer otomotif

1. Pendahuluan

Nanokomposit polimer terutama nanokomposit silikat berlapis polimer telah menjadi pusat perhatian penelitian dibidang nanoteknologi dimana teknologi nanokomposit berupa *nanoclays* mampu meningkatkan sifat mekanik, termal, dimensi dan penghalang kinerja secara signifikan dengan nilai penambahan minimal <10 wt% [1]. Terdapat empat metode nanokomposit yaitu eksfoliasi-adsorpsi, polimerisasi *interkalatif in situ*, *melt intercalation* dan *template synthesis* [2]. *Melt intercalation* polimer merupakan pendekatan baru yang diterapkan dalam mensintesis nanokomposit silikat berlapis polimer yang lebih efisien dan ramah lingkungan dibandingkan metode lain [3].

Bahan komposit dapat diartikan sebagai suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda [4]. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Bahan komposit memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan konvensional seperti logam. Beberapa keunggulan bahan komposit seperti sifat termal, mekanik, fisik, reabilitas, dan biaya [5]. Akrilonitril butadiena stirena (ABS) merupakan termoplastik rekayasa yang banyak digunakan karena memiliki sifat mekanik, ketahanan kimia, dan karakteristik pemrosesan yang mudah. Salah satu kekurangan utama material berkomponen ABS ialah sifat mudah terbakar.

Tabel 1. Komposisi Campuran Nanopartikel

No.	Sampel	Re-ABS (gr)	NBR (gr)	N15 (gr)
1.	Re-ABS	50	0	0
2.	Re-ABS/NBR (95/5)	47,5	2,5	0
3.	Re-ABS/NBR (90/10)	45	5	0
4.	Re-ABS/NBR (85/15)	42,5	7,5	0
5.	Re-ABS/NBR/N15 (90/10/1)	45	5	0,5
6.	Re-ABS/NBR/N15 (90/10/3)	45	5	1,5
7.	Re-ABS/NBR/N15 (90/10/5)	45	5	2,5

Sumber : Ref [6]

Dynamic Mechanical Analyzer (DMA) adalah sebuah teknik serbaguna yang memberikan informasi sifat termomekanik material dalam kondisi pembebanan dinamis. DMA juga memberikan informasi temperatur transisi gelas (*glass transition temperature*, T_g) dan energi aktivasi degradasi (E_a). DMA dapat memberikan informasi mengenai ikatan antarmuka antara penguat dan matriks dalam komposit. Kondisi pembebanan dinamik sering dijumpai dalam sistem konstruksi sipil yang disebabkan oleh gelombang suara, angin, gempa bumi dan gelombang laut [7]. Analisis mekanik dinamis (DMA) dilakukan untuk mengukur storage modulus ABS dan nano ABS. Pada kondisi *glassy*, storage modulus nanokomposit organoclay lebih tinggi dari pada ABS murni, hal ini menunjukkan bahwa struktur campuran interkalasi-eksfoliasi nanokomposit ABS/*organoclay* dapat meningkatkan sifat mekanik material [2].

Analisis termogravimetri (TGA) dan *differential scanning calorimetry* (DSC) dilakukan untuk menyelidiki pengaruh NBR pada perilaku termal nanokomposit ABS. NBR ditambahkan ke dalam re-ABS, NBR menyebar dengan baik dan mengisi rongga material matriks yang menghasilkan struktur utuh dengan rongga yang tidak terlalu mencolok. Hanya sejumlah kecil udara yang dapat menyebabkan degradasi yang terperangkap dalam sistem. Hasilnya, stabilitas termal campuran re-ABS/NBR ditingkatkan jika dibandingkan dengan re-ABS yang rapi [6]. Temperatur transisi gelas (T_g) dari sampel yang berbeda dilakukan uji temperatur transisi oleh DSC. Pemisahan fasa sistem ditandai dengan perubahan T_g re-ABS. Dalam kasus campuran re-ABS/NBR (90/10), penurunan T_g diamati karena kompatibilitas parsial antara NBR dan matriks re-ABS, seperti yang ditunjukkan pada gambar SEM [8]. Dalam kasus nanokomposit re-ABS/NBR/N15, pengurangan T_g signifikan untuk semua konten N15 bila dibandingkan dengan re-ABS dan campuran re-ABS/NBR. Hal tersebut terjadi karena fleksibilitas molekul dibatasi oleh keberadaan *organoclay* [9]. *Loading organoclay* meningkat menjadi 5% berat maka T_g meningkat dari 99°C menjadi 112°C. Hasilnya sesuai dengan hasil rasio ekspansi linier. Penggabungan matriks ABS memiliki peningkatan yang signifikan dalam sifat termal nanokomposit ABS [2].

Konduktivitas listrik komposit diukur menggunakan *electrical impedance spectroscopy* (EIS) pada temperatur lingkungan. Konduktivitas polimer ABS murni adalah 10^{-17} S/cm sehingga dapat dikategorikan sebagai isolator. Konduktivitas polimer ABS murni dapat ditingkatkan dengan memasukan karbon sebagai isian ke dalam komposit sehingga konduktivitas listrik nanokomposit ABS akan meningkat secara signifikan menjadi 10^{-9} S/cm (pada 30% berat). Penambahan graphene dalam komposit dapat ditambahkan untuk meningkatkan konduktivitas akan tetapi kerusakan sifat mekanik komposit kemungkinan besar juga akan terjadi [10]. Berdasarkan ilustrasi dan hasil pengujian terdapat beberapa metode analisis untuk meningkatkan spesifikasi produk komponen *core tray* yaitu [11]:

1. Analisis mekanik dinamis (DMA)
2. Analisis termogravimetri (TGA)
3. *Differential scanning calorimetry* (DSC)
4. *Electrical impedance spectroscopy* (EIS)

Industri yang memproduksi ABS membutuhkan pengetahuan, pemahaman dan keterampilan dalam memecahkan masalah salah satu masalah bahan baku yang digunakan untuk memproduksi *core tray* untuk mendukung kegiatan usaha agar dapat berkembang dan memberikan pelayanan dengan baik kedepannya. Dengan demikian pelaku industri perlu mendapatkan edukasi terkait dengan penerapan metode teknik berupa presentasi materi sifat-sifat polimer ABS, nanopartikel, komposit, dan proses pembuatan komposit ABS/nanopartikel skala laboratorium.



Gambar 1. Core Tray Mobil

Program edukasi penggunaan nanopartikel untuk meningkatkan sifat-sifat pada komponen mobil yaitu *core tray* memiliki orientasi pada penelitian dan pengaplikasian usulan beberapa jenis polimer yang dapat dicampurkan kedalam bahan baku utama pembuatan *core tray* atau dapat menggantikan bahan baku *core tray* menggunakan bahan yang memiliki sifat-sifat sesuai dengan kebutuhan industri polimer otomotif. Berdasarkan analisis yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan beberapa permasalahan industri. Dari aspek sifat termal bahan bahwa bahan yang digunakan memiliki ketahanan terhadap panas yang rendah dan minim pemahaman mengenai proses komposit yang dapat meningkatkan sifat termal dari bahan yang digunakan, Dari aspek ekonomi bahwa bahan yang digunakan mudah rusak sehingga dilakukan daur ulang.

Penggunaan nanopartikel memiliki peran dalam memberikan pemahaman dan pengetahuan mengenai bahan baku dan proses nanokomposit polimer yang dapat meningkatkan sifat elektrik dan mekanis suatu bahan pembuatan *core tray*. Selain itu, peran nanopartikel pada industri polimer otomotif dapat mendorong berkembangnya budaya pemanfaatan hasil riset produk dan/atau teknologi hasil ciptaan dan penelitian perguruan tinggi dalam melihat perkembangan nanokomposit ABS, sehingga dapat diusulkan pengaplikasian alternatif bahan baku dalam pembuatan *core tray*. Hal ini juga sejalan dengan mendukung pertumbuhan perekonomian nasional melalui perbandingan karakteristik beberapa jenis polimer pembuatan *core tray* seperti ABS dan nanoABS guna memperpanjang umur bahan baku.

2. Metode Penelitian

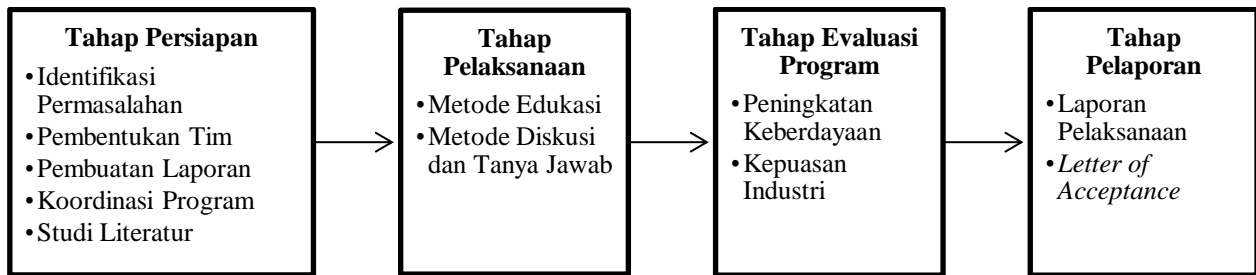
Program edukasi dilaksanakan di industri yang bergerak di bidang otomotif yaitu PT. Laksana Teknik Makmur. Pelaksanaan kegiatan berorientasi pada menyelesaikan salah satu masalah tentang bahan baku *core tray* yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan transmisi atau mesin. Edukasi ini menggunakan metode teknik presentasi materi sifat-sifat polimer ABS, nanopartikel, komposit, dan proses pembuatan komposit ABS/nanopartikel skala laboratorium. Pelaksanaan edukasi dilakukan dengan mengunjungi industri secara langsung. Terdapat beberapa tahapan kegiatan yang terdiri dari 4 (empat) tahap yaitu persiapan, pelaksanaan, evaluasi program dan pelaporan.

Tabel 2. Skor Peningkatan Keberdayaan

Skala Angka	Kriteria	Skala Angka	Kriteria
0 – 20	Sangat Rendah	1	Tidak Penting
21 – 40	Rendah	2	Kurang Penting
41 – 60	Sedang	3	Cukup Penting
61 – 80	Tinggi	4	Penting
81 - 100	Sangat Tinggi	5	Sangat Penting

Tahapan persiapan terdiri dari kegiatan pra-survei melalui metode wawancara, pembentukan tim pelaksana, pembuatan laporan kegiatan berupa kerangka konsep pemecahan permasalahan industri, koordinasi kolaborasi tim dengan industri serta persiapan edukasi dengan melakukan studi literatur. Tahap pelaksanaan penyampaian teori nanopartikel dilaksanakan melalui metode ceramah dengan media presentasi. Tahap evaluasi program berfokus pada pengisian kuesioner yang didistribusikan langsung untuk membandingkan kondisi industri sebelum dan setelah pelaksanaan kegiatan. Skala penilaian menggunakan

skor peningkatan keberdayaan dan skor kepuasan industri dengan skala penilaian dijabarkan pada Tabel 3. Tahap pelaporan dilakukan sebagai bentuk pertanggung jawaban melalui penyusunan proposal, laporan, serta *letter of acceptance*. Proses pelaksanaan kegiatan Edukasi dilakukan melalui beberapa tahapan dengan alur pelaksanaan kegiatan edukasi dideskripsikan pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Alur Pelaksanaan Kegiatan

3. Hasil dan Pembahasan

Pelaksanaan edukasi dilakukan dengan melakukan kunjungan industri secara langsung melalui beberapa tahapan kegiatan yang terdiri dari 4 (empat) tahap yaitu persiapan, pelaksanaan, evaluasi program dan pelaporan. Hasil yang diperoleh dari pelaksanaan edukasi dilakukan dengan melibatkan pekerja di industri. Untuk tahap awal telah berhasil memberi edukasi 3 orang pekerja secara teori tentang pengaplikasian nanopartikel pada bahan baku *core tray* untuk memperluas kemampuan dalam menjalankan kebutuhan industri polimer otomotif. Program edukasi ini perlu dikembangkan lagi dan berkelanjutan guna memperbaiki perekonomian industri.

3.1 Persiapan Pelaksanaan Edukasi

Terdapat 5 (lima) tahapan persiapan yang dilakukan selama proses pelaksanaan kegiatan edukasi terdiri dari kegiatan pra-survei, pembentukan tim, pembuatan laporan, melakukan koordinasi tim dan proses persiapan edukasi. Kegiatan pra-survei merupakan tahapan mengidentifikasi permasalahan dan kebutuhan perusahaan dimana industri menggunakan 3 bahan baku utama yaitu polipropilen, HDPE dan ABS. Selain itu terdapat aspek fisik, termal dan ekonomi yang menjadi output sifat produk yang diharapkan oleh konsumen otomotif yang diproduksi mitra sehingga diperlukan peningkatan nilai-nilai aspek tersebut. Pembentukan tim pelaksana kegiatan dilakukan dengan pembentukan tim Edukasi yang terdiri dari dosen dan mahasiswa yang merujuk pada pembagian penugasan edukasi sesuai dengan jenis kepakaran. Pembuatan laporan awal edukasi yang bertujuan untuk membatasi kegiatan pelaksanaan Edukasi dan menawarkan beberapa kerangka konsep pemecahan permasalahan industri polimer otomotif.

Salah satu polimer yang digunakan pada industri ini adalah ABS. ABS digunakan untuk kebutuhan otomotif, elektronik, dan lain-lain. Hal ini karena sifat ABS yang mempunyai kekuatan kejut, kekenyalan tinggi, memiliki stabilitas dimensi yang baik tahan korosi, tahan bahan kimia, liat, keras, kaku, kemampuan proses yang baik dibanding polimer lainnya dan biaya proses rendah. Namun, ABS juga memiliki kekurangan diantaranya kekuatan dielektrik yang rendah, ketahanan terhadap pelapukan terbatas, kekerasan rendah, lapisannya mudah terkikis dan tidak tahan gesekan. ABS dapat diproses dengan teknik pencetakan *extruder*, *injection molding*, *vacuum molding*, *blow molding*. ABS harus dikeringkan sebelum proses pelelehan, karena ABS bersifat higroskopis (kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul cairan dari lingkungannya). Industri polimer otomotif menghasilkan produk yang bermacam-macam menyesuaikan kebutuhan konsumen.

Koordinasi tim pelaksana kegiatan dilakukan antara tim edukasi dengan industri polimer otomotif selaku mitra dalam merencanakan pelaksanaan program secara konseptual dan manajerial. Proses persiapan edukasi penggunaan komposit polimer ABS/nanopartikel untuk meningkatkan sifat termal pada salah satu produk komponen mobil *core tray* di industri yang terdiri dari penyusunan materi kegiatan berupa studi literatur dan persiapan peralatan elektronik untuk mendukung proses penyampaian materi penggunaan nanopartikel pada salah satu komponen mobil yaitu *core tray*.

3.2 Pelaksanaan Edukasi

Tahap pelaksanaan dilakukan melalui program edukasi mengenai penggunaan nanopartikel ABS pada *core tray*. Industri polimer otomotif dilakukan melalui presentasi materi dan diskusi selama 2 jam yang dihadiri oleh perwakilan industri. Terdapat beberapa metode pendekatan yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan edukasi meliputi:

a. Proses Edukasi

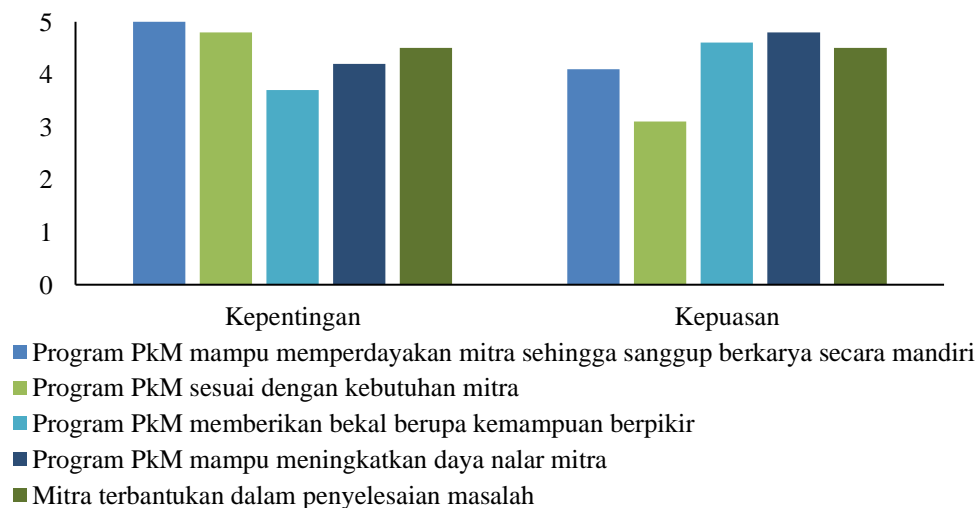
Program edukasi tersebut berupa pemaparan materi terkait permasalahan yang dihadapi, yaitu bahan yang digunakan memiliki ketahanan terhadap panas yang rendah, mudah rusak sehingga dilakukan daur ulang serta untuk memahami proses komposit yang dapat meningkatkan sifat termal dari bahan yang digunakan. Materi yang akan disampaikan diharapkan dapat memberikan peningkatan pengetahuan dan pemahaman untuk selanjutnya dapat diterapkan oleh industri polimer otomotif dalam kegiatan produksinya.

b. Diskusi serta Tanya Jawab

Diskusi dilakukan setelah pemaparan materi agar peserta atau perwakilan dari industri polimer industri lebih memahami materi yang telah disampaikan. Proses edukasi tidak sekedar bertukar ilmu pengetahuan melainkan dapat berbagi pengalaman maupun permasalahan yang sedang dihadapi industri polimer otomotif. Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi permasalahan industri adalah edukasi atau edukasi penggunaan komposit polimer ABS/nanopartikel untuk meningkatkan sifat termal pada salah satu produk komponen mobil *core tray* dengan menambahkan bahan kimia nanopartikel berupa graphene, nitrile butadiena rubber (NBR) dan montmorillonite nanofil 15 (N15) dalam campuran ABS.

3.3 Evaluasi Kegiatan

Tahap evaluasi program dilakukan dengan membandingkan kondisi industri polimer otomotif sebelum dan sesudah pelaksanaan kegiatan edukasi. Indikator keberhasilan program edukasi di representasikan melalui peningkatan keberdayaan serta tanggapan harapan atau kepentingan dan kinerja atau kepuasan direalisasikan melalui kuisisioner kepuasan mitra yang dijelaskan pada **Gambar 3** dan kuisisioner peningkatan level keberdayaan mitra terhadap pelaksanaan edukasi pada **Gambar 4**. Indikasi kepuasan mitra diperoleh dari pengisian kuisisioner dengan maksud untuk mengetahui dan mengevaluasi kinerja dan efektivitas pelaksanaan. Pengisian angket dapat menunjukkan tanggapan berupa respon harapan untuk kedepannya serta bobot kepentingan kinerja pelaksanaan edukasi.



Gambar 3. Evaluasi Penilaian Kepentingan dan Kepuasan Mitra

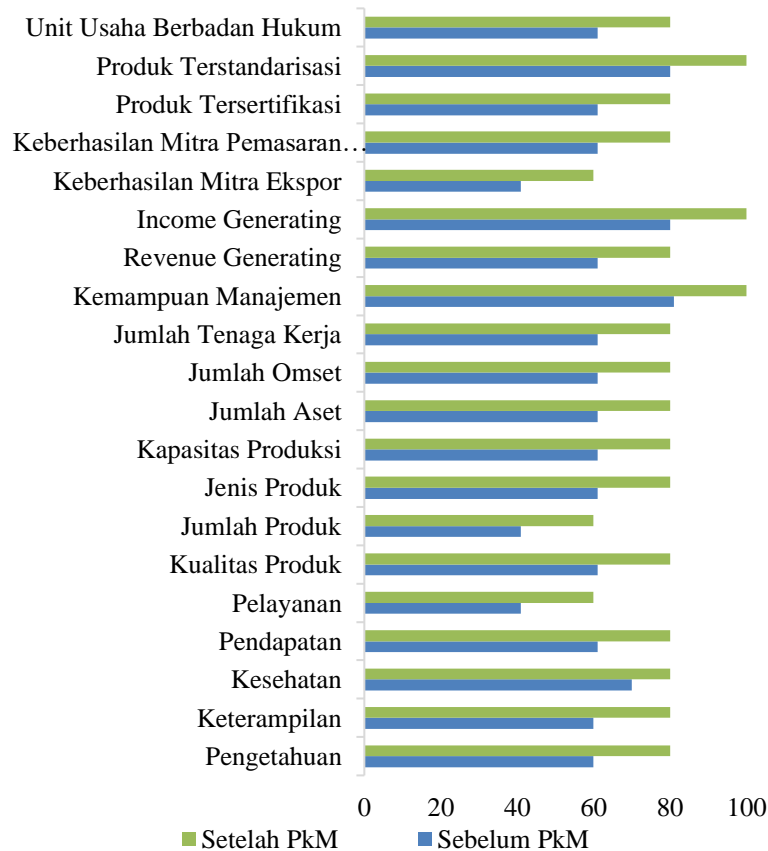
3.4 Analisis Data

Hasil evaluasi penilaian mengindikasikan bahwa program edukasi sangat penting untuk dilakukan di industri komponen otomotif dengan besaran penilaian rata-rata dengan skala 4 (empat) pada masing-masing variabel penilaian yakni bobot kepentingan dan kepuasan. Proses evaluasi mendeskripsikan seluruh variabel yang dinilai dimana semakin tinggi tingkat harapan dan kepuasan mitra maka dapat diartikan sebagai semakin sesuainya materi yang disampaikan dengan keadaan dan kepuasan mitra selaku industri komponen otomotif. Dengan ketentuan semakin rendah tingkat harapan dan kepuasan industri mengindikasikan bahwa materi dan edukasi yang dilakukan oleh pelaksana edukasi tidak sesuai dengan keadaan dan kepuasan mitra. Sifat kuisisioner yang diberikan kepada mitra yaitu industri komponen otomotif bersifat rahasia dan tidak mempengaruhi kinerja dan kredibilitas pekerja.

Pada **Tabel 3** terlihat bahwa hasil evaluasi penilaian kepentingan dan kepuasan kegiatan edukasi mendapatkan kriteria tinggi sebelum dan setelah pelaksanaan akan tetapi mendapatkan nilai yang berbeda terpaut pada rentang batas atas dan batas bawah kriteria penilaian evaluasi. Kegiatan sebelum pelaksanaan edukasi mendapatkan kriteria tinggi dengan nilai rendah yaitu 61,25. Sedangkan, kegiatan setelah pelaksanaan edukasi mendapatkan kriteria tinggi dengan nilai tinggi yaitu sebesar 80,00.

Tabel 3. Rerata Penilaian Kepentingan dan Kepuasan Kegiatan Edukasi

Rata – rata Keseluruhan Kegiatan	Nilai	Keterangan
Sebelum	61,25	Tinggi
Setelah	80,00	Tinggi



Gambar 2. Evaluasi Penilaian Kepentingan dan Kepuasan Mitra

Peningkatan nilai kepentingan dan kepuasan mitra tersebut merupakan hasil kombinasi antara materi nanopartikel yang baru didapatkan oleh mitra, kemungkinan peningkatan *income* dan harapan keberlanjutan kegiatan Edukasi di industri polimer otomotif tersebut. Beberapa komponen yang mempengaruhi peningkatan hasil evaluasi kepentingan dan kepuasan industri yaitu:

- Meningkatkan kegiatan monitoring pengaplikasian nanokomposit dengan mencampurkan bahan baku pembuat nanopartikel berupa graphene, nitrile butadiena rubber (NBR) dan montmorilonite nanofil 15 (N15) dalam campuran ABS.
- Meningkatkan penelitian di bidang material plastik untuk meningkatkan kualitas dan memberikan dampak harga yang kompetitif.
- Menjalin kemitraan dalam hal peningkatan produk dengan melakukan penelitian dan pengujian produk.

Program edukasi dapat dilanjutkan dengan melakukan pengamatan pada pengaplikasian nanopartikel di seluruh produk yang diproduksi industri polimer otomotif. Berdasarkan besarnya manfaat kegiatan edukasi maka selanjutnya diperlukan edukasi serupa pada pelaku usaha lain yang memiliki produk layak untuk diaplikasikan teknologi nanopartikel. Selain itu, perlu dilakukan kerja sama dalam hal penelitian dan pengujian produk dari mulai bahan baku mentah hingga produk jadi untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan oleh mitra. Tahap pelaporan merupakan tahap penyusunan laporan baik proposal, laporan awal, laporan akhir dan *letter of acceptance* edukasi yang dilakukan sebagai bentuk pertanggung jawaban atas pelaksanaan program edukasi. Bentuk pelaporan dapat dikorelasikan dengan target luaran kegiatan edukasi ketika pelaksanaan kegiatan telah selesai dilaksanakan.

4. Kesimpulan

Secara umum penyelenggaraan kegiatan edukasi penggunaan komposit polimer ABS / nanopartikel untuk meningkatkan sifat termal pada salah satu produk komponen mobil *core tray* diterima dengan baik

dan sesuai dengan kebutuhan mitra di industry. Dari kegiatan edukasi ini dapat ditarik kesimpulan bahwa pelaku usaha belum menerapkan teknologi nanopartikel pada proses produksi dan bahan baku produknya sehingga dengan edukasi ini pelaku usaha menjadi lebih terbuka untuk meningkatkan spesifikasi produk yang dihasilkannya seperti melalui pengujian, pengubahan komposisi bahan baku dan standarisasi produk komponen yang diproduksi khususnya komponen mobil *core tray*.

Mitra industri otomotif memiliki ketertarikan untuk melakukan peningkatan penelitian di bidang material plastik untuk meningkatkan kualitas dan memberikan dampak harga yang kompetitif serta menjalin kemitraan dalam hal peningkatan produk dengan melakukan penelitian dan pengujian.

5. Referensi

- [1] Ahmad, S., et al. "Green synthesis of gold nanoparticles using Delphinium Chitralense tuber extracts, their characterization and enzyme inhibitory potential." *Brazilian Journal of Biology* 82 (2022): e257622.
- [2] Z. Weng, J. Wang, T. Senthil, dan L. Wu, "Mechanical and thermal properties of ABS/montmorillonite nanocomposites for fused deposition modeling 3D printing," *Mater. Des.*, vol. 102, hal. 276–283, 2016, doi: 10.1016/j.matdes.2016.04.045.
- [3] S. Wang, Y. Hu, Z. Wang, T. Yong, Z. Chen, dan W. Fan, "Synthesis and characterization of polycarbonate/ABS/montmorillonite nanocomposites," *Polym. Degrad. Stab.*, 2003, doi: 10.1016/S0141-3910(02)00397-X.
- [4] B. Das dan S. Patra, *Antimicrobials: Meeting the Challenges of Antibiotic Resistance Through Nanotechnology*. Elsevier Inc., 2017. doi: 10.1016/B978-0-323-46152-8.00001-9.
- [5] H. Ginting, *Pengendalian Bahan Komposit*. 2002.
- [6] N. D. Mao, T. D. Thanh, N. T. Thuong, A. C. Grillet, N. H. Kim, dan J. H. Lee, "Enhanced mechanical and thermal properties of recycled ABS/nitrile rubber/nanofil N15 nanocomposites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 93, hal. 280–288, 2016, doi: 10.1016/j.compositesb.2016.03.039.
- [7] A. R. Hilmi dan S. Pratapa, "Sifat Termomekanik Komposit PEG / SiO₂ Amorf Menggunakan Dynamic Mechanical Analyzer (DMA)," *J. Sains Dan Seni Its*, vol. 5, no. 2, hal. 125–128, 2016.
- [8] N. T. T. Le, B. T. D. Trinh, D. H. Nguyen, L. D. Tran, C. H. Luu, dan T. T. Hoang Thi, "The Physicochemical and Antifungal Properties of Eco-friendly Silver Nanoparticles Synthesized by Psidium guajava Leaf Extract in the Comparison With Tamarindus indica," *J. Clust. Sci.*, vol. 32, no. 3, hal. 601–611, 2021, doi: 10.1007/s10876-020-01823-6.
- [9] M. A. Mork dan S. D. Choi, "An ergonomic assessment of sample preparation job tasks in a chemical laboratory," *J. Chem. Heal. Saf.*, vol. 22, no. 4, hal. 23–32, 2015, doi: 10.1016/j.jchas.2014.11.003.
- [10] S. Mohd Alauddin, I. Ismail, F. Shafiq Zaili, N. Farahanis Ilias, dan N. Fadhilah Kamalul Aripin, "Electrical and Mechanical Properties of Acrylonitrile Butadiene Styrene/Graphene Platelet Nanocomposite," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, hal. S125–S129, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2018.08.053.
- [11] S. S. Chee, M. Jawaid, M. T. H. Sultan, O. Y. Allothman, dan L. C. Abdullah, "Evaluation of the hybridization effect on the thermal and thermo-oxidative stability of bamboo/kenaf/epoxy hybrid composites," *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 137, no. 1, hal. 55–63, 2019, doi: 10.1007/s10973-018-7918-z.