

Kumawula, Vol.9, No.2, Agustus 2026, 550 – 561

DOI: <https://doi.org/10.24198/kumawula.v9i2.67684>

ISSN 2620-844X (online)

ISSN 2809-8498 (cetak)

Tersedia online di <http://jurnal.unpad.ac.id/kumawula/index>

EDUKASI PENERAPAN TEKNOLOGI COLD CHAIN BERBASIS INOVASI ICE GEL UNTUK MENINGKATKAN MUTU HASIL TANGKAPAN NELAYAN LHOK KUALA BUBON KECAMATAN SAMATIGA KABUPATEN ACEH BARAT

Muhammad Arif¹, **Rahmawati Rahmawati**^{1*}, Akbardiansyah Akbardiansyah¹,
Delfian Masrura¹, Aminul Rifki¹, Mujiburrahman Mujiburrahman¹

¹ Universitas Teuku Umar

*Korespondensi: rahmawati@utu.ac.id

ABSTRACT

The cold chain plays a crucial role in maintaining the quality and freshness of fishery products from the harvesting process through to final distribution. In the coastal area of Lhok Kuala Bubon, West Aceh Regency, most small-scale fishers still rely on conventional ice blocks as their primary cooling medium. However, the rapid melting of ice reduces cooling efficiency, ultimately leading to a decline in fish quality. This community service program aimed to enhance the knowledge and practical skills of fishers through education on the application of cold chain technology using innovative ice gel as a more efficient, cost-effective, and environmentally friendly cooling alternative. The program was implemented through a series of activities, including socialization, technology demonstrations, and hands-on training in the preparation and application of ice gel. The evaluation results showed that participants' knowledge improvement achieved a satisfaction score of 4.56, which falls within the very good category. Furthermore, the implementation of ice gel reduced fishing operational costs by approximately IDR 220,000 per fishing trip compared with the use of conventional ice. These findings indicate that education based on simple, appropriate, and practical technology can serve as an effective strategy for improving the quality of fish catches while simultaneously supporting the economic sustainability of coastal communities.

Keywords: Cold chain; ice gel; fish quality; fishers; Lhok Bubon

ABSTRAK

Rantai dingin (cold chain) memiliki peran krusial dalam mempertahankan mutu dan kesegaran produk perikanan sejak proses penangkapan hingga tahap distribusi akhir. Kawasan pesisir Lhok Kuala Bubon, Kabupaten Aceh Barat, sebagian besar nelayan tradisional masih mengandalkan penggunaan es batu konvensional sebagai media pendingin. Namun, karakteristik es batu yang mudah mencair menyebabkan penurunan efektivitas pendinginan, yang pada akhirnya berdampak terhadap penurunan kualitas ikan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas pengetahuan dan keterampilan nelayan melalui edukasi penerapan teknologi rantai dingin berbasis inovasi ice gel sebagai alternatif pendingin yang lebih efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan. Pendekatan kegiatan dilakukan melalui

RIWAYAT ARTIKEL

Diserahkan : 30/10/2025

Diterima : 07/07/2026

Dipublikasikan : 03/08/2026

tahapan sosialisasi, demonstrasi teknologi, serta pelatihan pembuatan dan aplikasi ice gel di lapangan. Berdasarkan hasil evaluasi kepuasan peningkatan pengetahuan nelayan sebesar 4.56 dengan kategori sangat baik. Selain itu, penerapan ice gel terbukti mampu menurunkan biaya melaut sehingga Rp 220.000/trip dibandingkan dengan penggunaan es batu konvensional. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa edukasi berbasis teknologi tepat guna yang sederhana namun aplikatif dapat menjadi strategi efektif dalam peningkatan mutu hasil tangkapan sekaligus mendukung keberlanjutan ekonomi masyarakat pesisir.

Kata Kunci: *Cold chain*; *ice gel*; mutu ikan; nelayan; Lhok Bubon

PENDAHULUAN

Sektor perikanan merupakan salah satu komponen vital dalam struktur ekonomi masyarakat pesisir Indonesia, berperan tidak hanya sebagai sumber pangan bergizi tinggi, tetapi juga sebagai penopang utama pendapatan dan kesejahteraan masyarakat. Namun demikian, hingga saat ini nelayan tradisional masih menghadapi berbagai persoalan mendasar yang berdampak langsung terhadap nilai ekonomi hasil tangkapan, salah satunya adalah penurunan mutu ikan akibat proses penanganan pascapanen yang belum optimal (Akintola et al., 2022). Tahapan penanganan setelah penangkapan sering kali dilakukan tanpa memperhatikan prinsip pengendalian suhu dan higienitas, sehingga menyebabkan percepatan aktivitas biokimia dan mikrobiologis yang mempercepat proses pembusukan (Abd El-Hay, 2022). Kondisi tersebut tidak hanya mengakibatkan penurunan kualitas sensori ikan, seperti tekstur, aroma, dan warna, tetapi berimplikasi terhadap rendahnya harga jual pasar sehingga meningkatnya potensi kerugian bagi nelayan.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penerapan sistem rantai dingin (*cold chain system*) menjadi strategi yang terbukti efektif dalam mempertahankan mutu produk perikanan sepanjang rantai pasok, mulai dari proses penangkapan, penanganan di atas kapal, penyimpanan, transportasi, hingga tahap distribusi akhir (Robertson et al., 2017). Sistem ini bekerja dengan menjaga suhu produk berada dalam rentang optimal guna menekan aktivitas enzimatik dan pertumbuhan mikroorganisme penyebab kerusakan

(Badia-Melis et al., 2018). Dengan demikian, stabilitas mutu ikan dapat dipertahankan lebih lama sehingga nilai gizi dan daya jualnya tetap tinggi. Namun wilayah pesisir seperti Lhok Kuala Bubon, penerapan sistem rantai dingin masih terkendala oleh keterbatasan sarana dan prasarana pendinginan. Berdasarkan hasil wawancara dengan nelayan dan pelaku usaha perikanan di Lhok Kuala Bubon, sebagian besar responden menyatakan bahwa mereka masih mengandalkan es balok sebagai media pendingin karena mudah diperoleh dan relatif murah. Penggunaan teknologi pendingin yang lebih modern, seperti *ice gel* atau *cold box* berinsulasi, belum diterapkan secara luas akibat keterbatasan akses, tingginya biaya pengadaan, serta minimnya informasi mengenai cara penggunaan dan manfaatnya. Kondisi tersebut menyebabkan mutu ikan sulit dipertahankan secara optimal, terutama ketika waktu distribusi berlangsung lebih lama atau jumlah es yang tersedia tidak mencukupi (Hasil wawancara dengan nelayan dan pedagang ikan Lhok Kuala Bubon, 2026). Kebanyakan nelayan masih mengandalkan es batu konvensional yang memiliki sejumlah kelemahan, antara lain mudah mencair, membutuhkan ruang penyimpanan besar, serta menimbulkan biaya operasional tambahan (Theresia et al., 2024). Inefisiensi ini menyebabkan suhu penyimpanan sulit dipertahankan secara konstan, pada akhirnya mempercepat degradasi mutu hasil tangkapan. Sebagai solusi inovatif terhadap permasalahan tersebut, pengembangan teknologi ice gel menjadi alternatif yang mendukung penerapan sistem rantai dingin pada skala nelayan kecil

Lhok Kuala Bubon. Hal ini juga karena saat ini teknologi pendinginan hasil perikanan masih didominasi oleh penggunaan es balok dan es serpih yang memiliki kelemahan, seperti cepat mencair, memerlukan penggantian berulang, meningkatkan bobot angkut, serta menghasilkan air lelehan yang berpotensi menurunkan mutu ikan. Di sisi lain, gel pack komersial umumnya berbahan polimer sintesis dan belum dirancang khusus untuk distribusi hasil perikanan. Oleh karena itu, pengembangan *ice gel* berbasis lokal menjadi alternatif yang menjanjikan karena mampu mempertahankan suhu dingin lebih lama, dapat digunakan berulang, ramah lingkungan, serta lebih sesuai untuk mendukung sistem rantai dingin pada usaha perikanan skala kecil.

Ice gel merupakan media pendingin berbasis bahan polimer hidrofilik yang mampu menyerap dan melepaskan energi dingin secara perlahan, sehingga dapat mempertahankan suhu rendah lebih stabil dan dalam durasi yang lebih lama dibandingkan es batu konvensional (Jian et al., 2021)). Selain memiliki karakteristik non-toksik, *ice gel* juga dapat digunakan berulang kali dan mudah disesuaikan dengan kapasitas ruang penyimpanan kapal maupun tempat pelelangan ikan (Jessen et al., 2014). Sifat fleksibel dan efisien ini menjadikan *ice gel* sebagai media pendingin yang potensial untuk diterapkan pada kegiatan perikanan skala kecil daerah pesisir. Melalui penerapan teknologi tersebut, umur simpan ikan segar dapat diperpanjang, kualitas organoleptik seperti warna, tekstur, dan aroma dapat dipertahankan, serta nilai jual produk perikanan lokal dapat meningkat secara signifikan (Saubaki, 2022). Namun demikian, efektivitas penerapan *ice gel* dalam sistem rantai dingin (*cold chain system*) sangat bergantung pada tingkat pemahaman dan keterampilan nelayan dalam mengoperasikan serta memelihara teknologi tersebut.

Kondisi lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar nelayan tradisional Lhok Kuala Bubon memiliki keterbatasan dalam pengetahuan teknis mengenai prinsip rantai dingin, pengelolaan suhu optimal, serta standar

penanganan pascapanen yang higienis. Oleh karena itu, tujuan dari pengabdian ini yaitu meningkatkan pengetahuan dan keterampilan nelayan melalui edukasi teknologi rantai dingin berbasis inovasi *ice gel*. Edukasi mengenai penerapan *cold chain* berbasis *ice gel* berfungsi tidak hanya sebagai sarana transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai upaya perubahan perilaku dalam praktik penanganan hasil tangkapan agar lebih efisien dan berorientasi mutu.

Melalui edukasi yang aplikatif dan berbasis kebutuhan lokal, nelayan diharapkan mampu memahami pentingnya kontrol suhu sejak proses penangkapan hingga pemasaran, sekaligus mengadopsi inovasi teknologi tepat guna yang mendukung keberlanjutan usaha perikanan. Dengan demikian, sinergi antara inovasi teknologi *ice gel* dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia menjadi faktor kunci dalam membangun sistem rantai dingin yang efektif, berkelanjutan, dan adaptif terhadap dinamika ekonomi pesisir. Adopsi *ice gel* diharapkan tidak hanya berkontribusi pada aspek teknis pengawetan hasil tangkapan, tetapi juga mendorong terjadinya efisiensi ekonomi dan keberlanjutan sumberdaya melalui penerapan teknologi tepat guna yang ramah lingkungan.

METODE

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian ini menerapkan pendekatan edukatif dengan menekankan pada proses pembelajaran partisipatif antara tim pelaksana dan anggota Kelompok Nelayan Lhok Bubon. Pendekatan ini dirancang tidak hanya untuk mentransfer pengetahuan, tetapi juga untuk membangun kesadaran, keterampilan, dan kemandirian nelayan dalam mengadopsi teknologi rantai dingin (*cold chain*) berbasis *ice gel*. Proses edukasi dilakukan secara interaktif melalui penyampaian materi, diskusi kelompok, serta praktik langsung agar pengetahuan teoritis dapat diterjemahkan menjadi keterampilan aplikatif.



Gambar 1. Tahapan Kegiatan PKM

(Sumber: Diolah penulis, 2025)

Tahapan awal kegiatan dimulai dengan identifikasi dan pengorganisasian nelayan yang menjadi sasaran utama program. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa peserta yang terlibat benar-benar representatif dan memiliki kebutuhan nyata terhadap inovasi teknologi pendinginan hasil tangkapan. Melalui partisipasi aktif dalam proses perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi, kegiatan menjadi lebih kontekstual serta memiliki relevansi tinggi terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat pesisir setempat (Go & Aini, 2025).

Tahap berikutnya adalah sosialisasi dan edukasi teoritis, yang difokuskan pada peningkatan pengetahuan peserta tentang konsep dasar rantai dingin, pengaruh suhu terhadap laju penurunan mutu ikan, serta pentingnya penerapan standar higienitas dalam penanganan hasil tangkapan (Qirom et al., 2024). Materi ini disampaikan melalui ceramah interaktif dan ilustrasi visual agar lebih mudah dipahami oleh nelayan. Kegiatan ini menjadi pondasi penting sebelum penerapan teknologi dilakukan. Tahapan selanjutnya dilaksanakan demonstrasi teknologi, dimana nelayan Lhok Bubon dilatih secara langsung mengenai proses pembuatan ice gel menggunakan bahan dasar tepung tapioka, cuka, air dan garam sebagai agen pendingin. Tim pelaksana memberikan contoh prosedur membuat ice gel, proses pembekuan, serta teknik penempatan *ice gel* pada kontainer penyimpanan ikan agar pendinginan berlangsung optimal. Melalui kegiatan praktik ini, nelayan memperoleh

keterampilan teknis yang dapat langsung diterapkan dalam aktivitas penangkapan dan distribusi hasil laut.

Untuk mengukur efektivitas pelatihan, dilakukan evaluasi menggunakan pre-test dan post-test. Instrumen yang digunakan berupa kuesioner berisi 10 pertanyaan mengenai konsep sistem rantai dingin, fungsi ice gel, teknik penyimpanan hasil tangkapan, dan manfaat teknologi terhadap mutu ikan. Setiap jawaban benar diberi skor 1 dan jawaban salah diberi skor 0, sehingga skor total berada pada rentang 0–10. Selain itu, kepuasan peserta dievaluasi menggunakan kuesioner dengan skala Likert 1–5, yang meliputi aspek relevansi materi, kejelasan penyampaian, kemudahan penggunaan ice gel, manfaat teknologi, dan kepuasan terhadap pelaksanaan kegiatan. Selain itu, penyebaran kuesioner dilakukan guna memperoleh umpan balik mengenai kepuasan peserta terhadap materi, metode penyampaian, serta manfaat langsung yang dirasakan setelah pelatihan (Rahmawati et al., 2024). Data hasil pre-test dan post-test dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata, persentase peningkatan skor, dan perubahan tingkat pengetahuan peserta sebelum dan sesudah pelatihan. Sementara itu, data hasil evaluasi kepuasan dianalisis menggunakan nilai rata-rata skor pada setiap indikator untuk menggambarkan persepsi peserta terhadap pelaksanaan program pengabdian. Hasil evaluasi ini menjadi bahan refleksi dan dasar perbaikan untuk program pengabdian lanjutan di masa mendatang.

Pendekatan edukatif yang terstruktur melalui tahapan sosialisasi, demonstrasi, dan evaluasi dalam kegiatan pengabdian mampu mengintegrasikan aspek teori, praktik, dan penilaian secara komprehensif. Pendekatan tersebut tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis nelayan, tetapi juga memperkuat kapasitas sosial nelayan dalam mengelola hasil tangkapan secara berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap persiapan melalui identifikasi karakteristik sosial ekonomi nelayan dan pemetaan kelompok sasaran menjadi faktor penting dalam keberhasilan program pengabdian. Pendekatan partisipatif memungkinkan tim pelaksana menyesuaikan materi pelatihan dengan kebutuhan dan permasalahan nyata yang dihadapi nelayan, sekaligus meningkatkan keterlibatan peserta selama kegiatan. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa penyuluhan berbasis partisipasi lebih efektif dalam meningkatkan pemberdayaan masyarakat dibandingkan pendekatan satu arah.

Peningkatan pengetahuan peserta dipengaruhi oleh penyampaian materi yang sesuai dengan kebutuhan lapangan serta metode demonstrasi penggunaan ice gel. Melalui demonstrasi, peserta tidak hanya memperoleh pemahaman teoritis, tetapi juga pengalaman praktis dalam mengoperasikan teknologi tersebut. Pendekatan ini sesuai dengan teori *experiential learning* yang menekankan bahwa pengalaman langsung dapat meningkatkan efektivitas proses pembelajaran. Hasil ini juga sejalan dengan berbagai program pengabdian sebelumnya yang melaporkan bahwa kombinasi ceramah, diskusi, dan demonstrasi mampu meningkatkan pemahaman serta mendorong adopsi teknologi penanganan hasil perikanan.

Program ini memiliki peluang keberlanjutan yang baik karena ice gel mudah digunakan, dapat dipakai berulang kali, dan berpotensi menekan biaya pendinginan. Namun, keberhasilan adopsinya memerlukan pendampingan berkelanjutan serta dukungan dari perguruan tinggi, pemerintah daerah, penyuluh perikanan, dan kelompok nelayan. Kolaborasi tersebut penting untuk memastikan penerapan teknologi *cold chain* berlangsung secara konsisten sehingga mampu meningkatkan mutu hasil tangkapan, efisiensi usaha, dan daya saing produk perikanan.

Berdasarkan hasil wawancara terhadap 15 nelayan tradisional di Desa Lhok Bubon, 13 orang nelayan (86,7%) menyatakan masih menggunakan es batu konvensional sebagai media pendingin utama selama proses penanganan dan penyimpanan hasil tangkapan di atas kapal. Nelayan memilih es batu karena mudah diperoleh, harga relatif terjangkau, serta telah lama digunakan dalam penangkapan. Namun nelayan mengungkapkan bahwa es batu memiliki kelemahan, yaitu cepat mencair sehingga memerlukan penambahan dalam jumlah yang cukup besar, terutama untuk perjalanan melaut yang lebih lama. Penggunaan es batu masih menjadi metode pendinginan yang paling umum diterapkan oleh nelayan tradisional, meskipun efektivitasnya terbatas karena mudah mencair dan bergantung pada ketersediaan pasokan. Metode ini, meskipun sederhana dan mudah diperoleh, memiliki sejumlah keterbatasan yang berdampak terhadap efisiensi dan kualitas hasil tangkapan. Penggunaan es batu dalam jumlah besar tidak hanya meningkatkan biaya operasional, karena kebutuhan logistik yang tinggi dan sifatnya yang cepat mencair, tetapi juga menimbulkan risiko penurunan mutu ikan akibat fluktuasi suhu selama proses penyimpanan. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan teknologi (*technology gap*) dalam sistem rantai dingin (*cold chain system*) yang digunakan oleh nelayan setempat.

Ketergantungan terhadap es batu sebagai satu-satunya sarana pendinginan mencerminkan rendahnya tingkat adopsi inovasi teknologi dalam sektor pascapanen perikanan skala kecil. Situasi ini sejalan dengan temuan Theresia et al. (2024) yang menegaskan bahwa salah satu kendala utama dalam menjaga mutu hasil tangkapan di tingkat nelayan tradisional adalah keterbatasan infrastruktur rantai dingin yang efisien dan hemat energi. Berdasarkan hasil wawancara terhadap 15 nelayan tradisional di Desa Kuala Bubon, 12 orang nelayan (80%) menyatakan bahwa es batu masih menjadi media pendingin utama untuk menjaga kesegaran hasil tangkapan. Namun, sebagian besar responden

mengungkapkan bahwa kebutuhan es batu yang tinggi menyebabkan peningkatan biaya operasional, terutama pada musim ketika pasokan es terbatas. Menurut mereka, kelangkaan pasokan menyebabkan harga es batu meningkat sehingga biaya produksi per trip ikut bertambah dan secara langsung mengurangi margin keuntungan yang diperoleh. Selain itu, 9 dari 15 nelayan (60%) menyampaikan bahwa pada kondisi tertentu mereka harus membeli es batu dari daerah lain karena keterbatasan pasokan di lokasi setempat. Kondisi tersebut tidak hanya meningkatkan biaya pembelian es, tetapi juga menambah biaya transportasi dan waktu persiapan sebelum melaut, sehingga beban operasional menjadi semakin besar. Selain itu, penanganan pascapanen yang kurang optimal turut mempercepat laju pembusukan ikan, sehingga menurunkan nilai jual produk di pasar lokal.

Penting adanya inovasi teknologi pendinginan alternatif yang lebih efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan (Ismail et al., 2021). Salah satu solusi yang diidentifikasi adalah penerapan teknologi ice gel sebagai pengganti atau pelengkap es batu dalam menjaga suhu rendah selama penyimpanan hasil tangkapan. Ice gel memiliki keunggulan dalam hal durasi pendinginan yang lebih lama, tingkat kebocoran yang rendah, serta dapat digunakan secara berulang sehingga menekan biaya operasional nelayan (Arif et al., 2025). Tahap persiapan ini menjadi dasar penting dalam penyusunan strategi pelaksanaan program pengabdian, yang tidak hanya berfokus pada aspek teknis penerapan inovasi, tetapi juga pada peningkatan kapasitas pengetahuan dan keterampilan nelayan dalam manajemen mutu hasil tangkapan berbasis teknologi rantai dingin. Tahap pelaksanaan kegiatan pengabdian dilaksanakan setelah seluruh hasil pra-survei dianalisis dan disusun menjadi rencana operasional kegiatan yang komprehensif. Kegiatan ini berfokus pada edukasi dan transfer teknologi pendinginan hasil tangkapan melalui inovasi ice gel, yang dirancang untuk menjawab permasalahan

efisiensi dan keberlanjutan rantai dingin (*cold chain system*) pada nelayan Desa Lhok Kuala Bubon. Pelaksanaan program dilakukan melalui pendekatan edukatif partisipatif, yaitu menggabungkan proses pembelajaran interaktif dengan kegiatan demonstrasi langsung di lapangan, sehingga peserta tidak hanya memperoleh pemahaman teoritis, tetapi juga mampu mengimplementasikan inovasi secara mandiri.

Kegiatan diawali penyampaian materi mengenai konsep dasar rantai dingin (*cold chain*) dalam penanganan hasil perikanan. Materi difokuskan pada pentingnya menjaga suhu rendah sejak ikan ditangkap hingga dipasarkan untuk mempertahankan kesegaran dan memperlambat proses pembusukan. Tim pelaksana juga menjelaskan pengaruh suhu terhadap penurunan mutu ikan serta membandingkan efektivitas penggunaan es batu dan ice gel sebagai media pendingin.

Selanjutnya, peserta diperkenalkan pada prinsip *Thermal Energy Storage* (TES) yang menjadi dasar kerja ice gel dalam menyimpan dan melepaskan energi dingin secara bertahap. Teknologi ini mampu menjaga suhu penyimpanan lebih stabil sehingga dapat mengurangi kehilangan mutu (*quality loss*) dan memperpanjang umur simpan (*shelf life*) ikan segar.

Dalam pelatihan ini, *ice gel* diperkenalkan sebagai alternatif pengganti es batu pada sistem rantai dingin. Dibandingkan es batu, ice gel memiliki keunggulan karena dapat digunakan berulang kali dan mampu mempertahankan suhu dingin hingga sekitar 12 jam di dalam wadah penyimpanan, seperti kotak styrofoam maupun kotak fiber, bergantung pada kapasitas dan kualitas isolasi termalnya. Karakteristik tersebut menjadikan ice gel sebagai solusi yang lebih efisien untuk menjaga mutu hasil tangkapan selama penanganan pascapanen dan proses distribusi ke pasar.

Keunggulan termal ini menurut Taylor et al. (2017) disebabkan oleh struktur gel yang bersifat viskoelastik, yang memungkinkan pelepasan energi panas berlangsung secara

perlahan (*slow heat transfer*). Dengan demikian, proses pencairan berlangsung lebih lambat dibandingkan es batu, yang cenderung mencair secara cepat akibat perpindahan panas langsung. *ice gel* juga tidak meninggalkan air berlebih dalam wadah penyimpanan, sehingga kebersihan dan kualitas fisik ikan dapat lebih terjaga. Hal ini penting terutama bagi ikan konsumsi bernilai ekonomi tinggi yang memerlukan kondisi penyimpanan higienis untuk mempertahankan kesegaran dan warna alami daging.

Penggunaan *ice gel* ini membantu memperlambat proses pembusukan ikan sehingga kualitas tetap terjaga lebih lama. Karakteristik efisien, ekonomis, ramah lingkungan, serta mudah diaplikasikan menjadikan *ice gel* sebagai teknologi tepat guna unggulan yang berpotensi direplikasi sentra perikanan tangkap wilayah pesisir Lhok Kuala Bubon yang menghadapi kendala akses terhadap es batu dan fasilitas pendinginan modern. Materi yang disampaikan mencakup konsep dasar rantai dingin, dampak negatif dari tidak diterapkannya sistem rantai dingin dalam proses penangkapan ikan, metode pendinginan yang lebih efektif dan efisien serta pemanfaatan *ice gel* sebagai pengganti es batu.



Gambar 2. Penyampaian materi *cold chain*
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)

Setelah penyampaian materi langkah selanjutnya nelayan diberikan pelatihan mengenai cara pembuatan *ice gel* dengan bahan yang mudah diperoleh dalam kehidupan sehari-hari dengan demonstrasi pembuatan dan penerapan teknologi *ice gel* dengan

memanfaatkan bahan-bahan yang mudah diperoleh di lingkungan setempat. Bahan bahan yang diperlukan terdiri dari tepung tapioka, cuka, air, dan garam yang merupakan inovasi sederhana namun efektif dalam mendukung peningkatan kualitas hasil tangkapan nelayan. Kombinasi bahan tersebut menghasilkan media pendingin alternatif yang memiliki daya tahan lebih lama dibandingkan es batu konvensional. Menurut Stephen et al. (2021) tepung tapioka berfungsi sebagai bahan pengental yang membentuk struktur gel padat ketika dipanaskan dan didinginkan, sementara garam menurut Wåhlin & Klein-Paste (2016) berperan dalam menurunkan titik beku sehingga memperpanjang waktu pencairan. Penambahan cuka bertujuan untuk menjaga kestabilan pH dan memperkuat struktur gel agar tidak mudah pecah, sedangkan air menjadi komponen utama pembentuk fase cair.

Melalui formulasi sederhana ini, nelayan dapat memproduksi *ice gel* secara mandiri tanpa memerlukan peralatan khusus atau bahan kimia industri yang sulit didapatkan. Selain efisien dari segi biaya, teknologi ini juga mendukung konsep ekonomi sirkular dan keberlanjutan lingkungan, karena dapat dikemas ulang, digunakan berulang kali, serta mengurangi ketergantungan terhadap pasokan es balok dari luar daerah. Dengan penerapan *ice gel* berbasis bahan lokal, rantai dingin (*cold chain system*) hasil tangkapan ikan diharapkan menjadi lebih efisien, mutu ikan tetap terjaga lebih lama, dan kerugian pasca tangkap dapat diminimalkan.

Tim pelaksana menunjukkan tahapan pembuatan *ice gel*, mulai dari formulasi bahan dasar, proses pengisian ke dalam kemasan, hingga prosedur pembekuan dan pemeliharaan agar dapat digunakan berulang kali. Inovasi ini tidak hanya memiliki nilai praktis, tetapi juga memperkuat aspek pemberdayaan masyarakat pesisir, karena mendorong kreativitas lokal dan kemandirian teknologi dalam sistem pengolahan hasil perikanan.

Penerapan teknologi tepat guna seperti ini dapat menjadi model pembelajaran bagi kelompok nelayan lainnya dalam menerapkan

inovasi yang ramah lingkungan, ekonomis, dan berorientasi pada peningkatan kesejahteraan. Demonstrasi dilakukan secara interaktif, nelayan dilibatkan langsung dalam setiap proses, sehingga tercipta pengalaman belajar berbasis praktik (*experiential learning*). Melalui kegiatan ini, nelayan diharapkan dapat menguasai keterampilan teknis pembuatan *ice gel* secara mandiri tanpa ketergantungan pada pihak luar.



Gambar 3. Demonstrasi pembuatan *ice gel*
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)

Selain kegiatan teknis, pelaksanaan pengabdian juga mencakup pendampingan manajerial terkait efisiensi biaya produksi dan pengelolaan hasil tangkapan berbasis mutu. Dalam sesi ini, tim pelaksana memberikan pelatihan praktis mengenai analisis biaya dan manfaat (*cost-benefit analysis*) sebagai bagian dari pendekatan edukatif untuk menilai efektivitas penerapan teknologi *ice gel* dibandingkan dengan penggunaan es batu konvensional. Analisis ini dilakukan untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif kepada nelayan mengenai aspek ekonomi dari inovasi teknologi pendinginan hasil tangkapan. Melalui simulasi perhitungan sederhana berbasis kondisi riil di lapangan, nelayan diberikan pendamping dalam membandingkan komponen biaya produksi, efisiensi penggunaan, serta dampak terhadap kualitas dan nilai jual hasil tangkapan.

Tabel 1. Data Simulasi Berdasarkan Asumsi

Parameter	Es Batu	Ice Gel
Biaya awal per trip	Rp250.000	Rp350.000 (investasi awal)
Umur pakai	1 kali	35 kali penggunaan
Biaya investasi per trip	Rp250.000	$Rp350.000 \div 35 =$ Rp10.000
Biaya pembekuan ulang	-	Rp20.000
Total biaya operasional per trip	Rp250.000	Rp30.000

(Sumber: Diolah penulis, 2025)

Tabel 1 hasil data simulasi menunjukkan bahwa dengan penggunaan *ice gel* mampu menurunkan biaya pendinginan sebesar Rp 220.000 dalam satu trip penangkapan, dengan variasi tergantung pada skala operasi, durasi pelayaran, serta volume hasil tangkapan yang diangkut. Penurunan biaya tersebut terutama disebabkan oleh daya tahan *ice gel* yang lebih lama terhadap pencairan, sehingga frekuensi penggantian media pendingin dapat dikurangi secara signifikan. Selain itu, *ice gel* dapat digunakan berulang kali hingga beberapa kali siklus penangkapan, yang secara langsung mengurangi kebutuhan pembelian es batu dalam jangka panjang.

Dari sisi manfaat ekonomi efisiensi biaya ini berdampak positif terhadap peningkatan margin keuntungan bersih nelayan, terutama bagi kelompok usaha kecil yang sebelumnya memiliki keterbatasan modal operasional. Dengan menurunnya pengeluaran untuk biaya pendinginan, nelayan diharapkan dapat mengalokasikan modal untuk kebutuhan produktif lainnya, seperti pemeliharaan alat tangkap, peningkatan kapasitas penyimpanan

ikan, atau investasi dalam diversifikasi usaha perikanan.

Selain efisiensi ekonomi, penerapan *ice gel* juga memberikan manfaat lingkungan dan sosial. Karena bahan-bahan penyusunnya berasal dari sumber lokal seperti tepung tapioka, garam, air, dan cuka, teknologi ini tidak menimbulkan residu berbahaya bagi lingkungan laut (Rakseree et al., 2024). Ketersediaan bahan yang mudah diperoleh di sekitar wilayah pesisir memungkinkan proses produksi dilakukan secara mandiri oleh kelompok nelayan, sehingga memperkuat kemandirian dan kapasitas inovatif masyarakat.



Gambar 4. Pendampingan *cost benefit analysis*

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025

Kegiatan selanjutnya adalah tahap evaluasi dan pengumpulan umpan balik (*feedback*) dari peserta pelatihan, yang bertujuan untuk menilai efektivitas program serta mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu ditingkatkan dalam penerapan teknologi *cold chain* berbasis inovasi *ice gel*. Evaluasi ini dilaksanakan melalui kombinasi metode kualitatif dan kuantitatif, meliputi pengisian kuesioner, diskusi kelompok terarah (*focus group discussion*/FGD), serta wawancara singkat dengan perwakilan nelayan dan anggota kelompok pengolah hasil perikanan.

Evaluasi kepuasan kegiatan dilakukan pada akhir pelatihan menggunakan kuesioner yang diisi oleh 15 nelayan peserta pelatihan di Desa Lhok Kuala Bubon. Instrumen evaluasi menggunakan *skala Likert* 1–5, dengan kriteria 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 =

cukup setuju, 4 = setuju, dan 5 = sangat setuju. Aspek yang dievaluasi meliputi relevansi materi, kemudahan penerapan teknologi *ice gel*, manfaat dalam kegiatan penangkapan, potensi efisiensi biaya operasional, serta peningkatan mutu hasil tangkapan.

Tabel 2. Evaluasi Kepuasan Peserta

Aspek Evaluasi	Skor rata-rata	Kategori
Materi dan penyampaian pelatihan	4,74	Sangat Baik
Kemudahan penggunaan <i>ice gel</i>	4,27	Sangat Baik
Manfaat terhadap mutu hasil tangkapan	4,73	Sangat Baik
Potensi efisiensi biaya operasional	4,53	Sangat Baik
Rata-rata	4,56	Sangat Baik

(Sumber: Diolah penulis, 2025)

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh aspek memperoleh nilai rata-rata di atas 4,00, yang mengindikasikan bahwa peserta memberikan tanggapan positif terhadap pelaksanaan program. Nilai tertinggi diperoleh pada aspek relevansi materi pelatihan (4,74), sedangkan nilai terendah terdapat pada aspek kemudahan penerapan teknologi (4,27). Meskipun demikian, seluruh peserta menyatakan bahwa teknologi *ice gel* layak diterapkan sebagai alternatif media pendingin karena dinilai lebih efisien dan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap es batu. Melalui tahapan ini, diharapkan program pengabdian tidak hanya berhenti pada tahap transfer teknologi, tetapi juga mendorong terbentuknya mekanisme adaptasi dan inovasi berkelanjutan.

Tabel 3. Perbandingan indikator

Indikator	Sebelum (Es Batu)	Sesudah (Ice Gel)	Perubahan
Suhu dalam <i>cool box</i> (°C)	5,8	3,2	Lebih rendah dan stabil
Lama suhu <5°C (jam)	6	12	Meningkat 100%
Kondisi media pendinginan	Cepat mencair	Tetap padat lebih lama	Lebih efisien
Kondisi mutu ikan	Tekstur mulai lunak, insang mulai pucat	Tekstur tetap kenyal, insang merah cerah	Mutu lebih terjaga
Biaya pendinginan/trip (Rp)	600.000	390.000	Turun 35%
Penggunaan ulang media pendingin	Single-use	Reusable	Lebih ekonomis

(Sumber: Diolah penulis, 2025)

Nelayan Desa Lhok Kuala Bubon menyatakan bahwa penggunaan *ice gel* merupakan salah satu pengetahuan dan ketrampilan yang baru untuk mempertahankan kesegaran ikan lebih lama dibandingkan es batu biasa. Penerapan teknologi *cold chain* juga memiliki keunggulan ketika aktivitas penangkapan dilakukan selama beberapa jam di laut lepas, berat bersih hasil tangkapan cenderung akan lebih stabil karena tidak terjadi pencairan berlebih. Proses pencairan yang berlebih menurut Arif et al. (2025) dapat menyebabkan kontaminasi air pada hasil tangkapan. Penerapan inovasi *ice gel* tidak hanya meningkatkan kualitas hasil tangkapan, tetapi juga memperkuat daya saing produk

perikanan tangkap Desa Lhok Kuala Bubon di pasar lokal maupun regional.

Hasil tersebut juga menunjukkan metode edukasi partisipatif yang diterapkan melalui kombinasi penyampaian materi teoritis dan demonstrasi pembuatan *ice gel* mampu meningkatkan literasi teknologi nelayan dalam aspek penanganan hasil tangkapan. Nelayan menjadi lebih memahami pentingnya menjaga suhu optimal selama proses penanganan ikan untuk mempertahankan kualitas dan nilai jual produk. Selain peningkatan pengetahuan teknis, kegiatan ini juga berkontribusi terhadap perubahan sikap dan perilaku peserta dalam praktik pengelolaan pasca-tangkap. Sebagian besar nelayan menyatakan minat untuk menerapkan *ice gel* secara mandiri karena bahan-bahannya mudah diperoleh, biaya produksinya rendah, dan hasil pendinginannya lebih tahan lama dibandingkan es batu konvensional.

Secara keseluruhan, kegiatan edukasi teknologi *cold chain* berbasis inovasi *ice gel* dengan bahan lokal tidak hanya efektif dalam meningkatkan kapasitas teknis nelayan, tetapi juga berpotensi menjadi langkah awal dalam membangun ekosistem perikanan tangkap yang lebih efisien, higienis, dan berkelanjutan. Keberhasilan ini dapat dijadikan model implementasi bagi kegiatan perikanan tangkap serupa di wilayah pesisir lainnya yang menghadapi tantangan serupa dalam menjaga kualitas hasil perikanan.

SIMPULAN

Kegiatan penerapan teknologi rantai dingin berbasis inovasi *ice gel* pada kawasan pesisir Lhok Kuala Bubon berhasil meningkatkan kapasitas pengetahuan dan keterampilan nelayan dalam menjaga mutu hasil tangkapan. Penerapan *ice gel* terbukti lebih efisien dan ekonomis dibandingkan es batu konvensional, dengan penurunan biaya sekitar Rp 220.000/trip. Evaluasi kepuasan peningkatan pengetahuan nelayan sebesar 4.56 dengan kategori sangat baik menunjukkan efektivitas pendekatan edukatif dan demonstratif yang

diterapkan dalam kegiatan ini. Secara keseluruhan, inovasi *ice gel* sebagai teknologi tepat guna berpotensi menjadi solusi berkelanjutan dalam sistem rantai dingin perikanan, sekaligus memperkuat ketahanan ekonomi masyarakat pesisir melalui peningkatan kualitas dan nilai jual produk perikanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) serta Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas dukungan pendanaan program pengabdian dengan nomor kontrak 35/UN59.L1/AL.04/PM/2025. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Panglima Laot Lhok Kuala Bubon serta LPPM Universitas Teuku Umar atas dukungan dan kerjasamanya sehingga program ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Hay, M. M. (2022). Processing and preparation of fish. In *Postharvest and Postmortem Processing of Raw Food Materials* (pp. 315–342). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818572-8.00008-5>
- Akintola, S. L., Fakoya, K. A., Elegbede, I. O., Odunsi, E., & Jolaosho, T. (2022). Postharvest Practices in Small-Scale Fisheries. *Sustainable Fish Production and Processing*, 79–110. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824296-4.00008-6>
- Arif, M., Akbardiansyah, Delfian Masrura, Eka Lisdayanti, Afdhal Fuadi, & Rosi Rahayu. (2025). Peningkatan Kualitas Hasil Tangkapan Melalui Teknologi Cold Chain Bagi Nelayan Tradisional Di Lhok Meureubo. *Proficio*, 6(2), 820–825. <https://doi.org/10.36728/jpf.v6i2.5146>
- Badia-Melis, R., Mc Carthy, U., Ruiz-Garcia, L., Garcia-Hierro, J., & Robla Villalba, J. I. (2018). New trends in cold chain monitoring applications - A review. *Food Control*, 86, 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.11.022>
- Go, R. Y., & Aini, N. (2025). Edukasi Dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Untuk Mewujudkan Ekonomi Biru Desa Rancabungur. *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(1), 320–328. <https://doi.org/10.24198/kumawula.v8i1.57089>
- Ismail, M., Yebiyo, M., & Chaer, I. (2021). A Review of Recent Advances in Emerging Alternative Heating and Cooling Technologies. *Energies*, 14(2), 502. <https://doi.org/10.3390/en14020502>
- Jessen, F., Nielsen, J., & Larsen, E. (2014). Chilling and Freezing of Fish. In *Seafood Processing* (pp. 33–59). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118346174.ch3>
- Jian, Y., Handschuh-Wang, S., Zhang, J., Lu, W., Zhou, X., & Chen, T. (2021). Biomimetic anti-freezing polymeric hydrogels: keeping soft-wet materials active in cold environments. *Materials Horizons*, 8(2), 351–369. <https://doi.org/10.1039/D0MH01029D>
- Qirom, Q., Prabandari, S., & Darmawan, A. (2024). Peningkatan Kualitas Produk Pengolahan Ikan Laut Dengan Pulsed Electric Field Kelurahan Muarareja Kota Tegal. *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(1), 81. <https://doi.org/10.24198/kumawula.v7i1.50776>
- Rahmawati, R., Afriandi, F., & Lisdayanti, E. (2024). Edukasi mangrove: upaya peningkatan literasi bagi kelompok perempuan kawasan konservasi mangrove Aceh Jaya. *Selaparang: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 8(3), 2424–2434.
- Rakseree, S., Intacharoen, P., Gunboa, V., & Buranapratheprat, A. (2024). Effects of Transporting Tapioca Products on Sediment Quality Offshore of Sriracha Bay, Chonburi Province, Thailand. *Journal of Fisheries and Environment*, 48(3). <https://doi.org/10.34044/j.jfe.2024.48.3.15>
- Robertson, J., Franzel, L., & Maire, D. (2017). Innovations in cold chain equipment for immunization supply chains. *Vaccine*, 35(17), 2252–2259. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.11.094>

- Saubaki, M. Y. (2022). Aplikasi Asap Cair Metode Pencelupan Untuk Memperpanjang Masa Simpan Ikan Segar. *JURNAL VOKASI ILMU-ILMU PERIKANAN (JVIP)*, 2(1), 14. <https://doi.org/10.35726/jvip.v2i1.569>
- Stephen, J., Manoharan, D., Boopathy, B., Rajan, A., & Radhakrishnan, M. (2021). Investigation of hydrogel temperature and concentration on tapioca xerogel formation. *Journal of Food Process Engineering*, 44(11). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13833>
- Taylor, M., Tomlins, P., & Sahota, T. (2017). Thermoresponsive Gels. *Gels*, 3(1), 4. <https://doi.org/10.3390/gels3010004>
- Theresia, T., Mumtaza Putri, A., Indrawanto, D. I., Yulianto, A., Andriyanto, A., Warol, K., Haikal, M., & Gandri Haryono, M. (2024). Inovasi Ice Gel Ekonomi Sebagai Pengganti Es Batu Untuk Nelayan di Pesisir Mamburungan Tarakan. *Literasi Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Inovasi*, 4(2), 174–179. <https://doi.org/10.58466/literasi.v4i2.1549>
- Wählin, J., & Klein-Paste, A. (2016). Chemical Melting of Ice: Effect of Solution Freezing Point on the Melting Rate. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2551(1), 111–117. <https://doi.org/10.3141/2551-13>