SCIENTIA
JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT
Volume 2 | Nomor 4| Oktober | Tahun 2026
e-ISSN: 3110-3235 https://ejournal.litir.info/jas

SOSIALISASI TEKNIK FERMENTASI SEBAGAI DASAR PEMBUATAN ETANOL GRADE MEDIS DI DESA SEA TUMPENGAN

Hanny Frans Sangian[1], Mercy Maria Magdalena Setlight[2], Ernawatil Gani[3]
[1,2,3] Universitas Sam Ratulangi
hannysangian@yahoo.co.id[1] mercysetlight@unsrat.ac.id[2] ernawatilgani@unsrat.ac.id[3]

ABSTRAK

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan mensosialisasikan teknik fermentasi sebagai dasar pembuatan etanol grade medis kepada kelompok Pria Kaum Bapa di Desa Sea Tumpengan, Kecamatan Pineleng, Kabupaten Minahasa. Kegiatan dilaksanakan dalam bentuk penyampaian materi dan diskusi interaktif dengan fokus pada prinsip konversi gula menjadi etanol, peran mikroorganisme fermentasi, serta faktor proses seperti komposisi gula, ragi, dan urea serta suhu, pH, dan waktu fermentasi. Bahan baku yang digunakan dalam sosialisasi adalah nira aren dan gula pasir. Nira aren digunakan untuk memperkenalkan potensi bahan baku lokal, sedangkan gula pasir digunakan sebagai bahan pembanding yang komposisinya lebih seragam serta untuk mempermudah penjelasan dan perhitungan komposisi gula-air. Materi juga mencakup pengenalan umum mengenai tahapan pemurnian etanol dan aspek keselamatan yang perlu diperhatikan apabila etanol diarahkan untuk kebutuhan medis dan sanitasi. Sesuai ruang lingkup kegiatan, program ini dibatasi pada sosialisasi dan transfer pengetahuan, tanpa praktik produksi etanol atau pengoperasian proses fermentasi dan destilasi oleh peserta. Melalui kegiatan ini, masyarakat diharapkan memperoleh pemahaman awal mengenai teknik fermentasi yang terkontrol, pentingnya mutu proses, dan aspek keamanan dalam pembuatan etanol untuk kebutuhan medis. Sosialisasi ini menjadi landasan bagi kegiatan pendampingan atau pelatihan teknis lanjutan apabila diperlukan oleh masyarakat.

Kata kunci: sosialisasi, fermentasi, etanol grade medis, nira aren, pengabdian masyarakat

PENDAHULUAN

Etanol merupakan salah satu senyawa yang digunakan secara luas dalam bidang kesehatan dan sanitasi karena memiliki aktivitas antimikroba dan dapat menjadi komponen utama berbagai sediaan berbasis alkohol. Efektivitas etanol terhadap mikroorganisme dipengaruhi oleh konsentrasi, waktu kontak, dan jenis mikroorganisme sasaran. Kajian mengenai aktivitas virusidal menunjukkan bahwa etanol mempunyai efektifitas yang kuat terutama terhadap virus beramplop, sedangkan produk berbasis alkohol tetap memerlukan komposisi dan proses pembuatan yang terkendali agar sesuai dengan tujuan penggunaannya [1], [2].

Salah satu jalur produksi etanol yang relevan dengan sumber daya hayati adalah fermentasi karbohidrat. Pada proses ini, gula yang dapat difermentasi dikonversi oleh mikroorganisme menjadi etanol dan produk metabolik lainnya. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme yang banyak digunakan untuk produksi etanol karena mempunyai kemampuan fermentatif yang baik, toleransi terhadap etanol, dan kemampuan memanfaatkan berbagai gula sederhana [3]. Fermentasi karena itu merupakan tahapan penting dalam konversi bahan baku bergula menjadi etanol [4], [5].

Keberhasilan fermentasi tidak hanya ditentukan oleh tersedianya gula dan ragi. Suhu, pH, konsentrasi substrat, jumlah inokulum, waktu fermentasi, ketersediaan nutrien, serta kondisi proses dapat mempengaruhi pertumbuhan sel dan pembentukan etanol. *Lin dkk*. menunjukkan bahwa perubahan suhu, pH, dan konsentrasi glukosa

memberikan pengaruh nyata terhadap kinerja fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* [4]. Dengan demikian, fermentasi perlu dipahami sebagai proses biologis yang dikendalikan, bukan sekadar penyimpanan bahan bergula sampai terbentuk alkohol.

Dalam konteks sumber daya lokal Indonesia, nira aren dari *Arenga pinnata* merupakan salah satu bahan kaya gula yang berpotensi digunakan sebagai substrat fermentasi. Nira aren telah lama dimanfaatkan untuk berbagai produk pangan dan minuman fermentasi. Penelitian *Ansar dkk.* menunjukkan bahwa nira aren dapat digunakan sebagai bahan baku produksi bioetanol dan bahwa jumlah inokulum *Saccharomyces cerevisiae* mempengaruhi proses dan hasil etanol [6]. Dalam kegiatan sosialisasi ini, nira aren dan gula pasir digunakan sebagai bahan baku untuk menjelaskan proses fermentasi. Nira aren dipilih karena mewakili sumber daya lokal, sedangkan gula pasir digunakan sebagai bahan pembanding dengan komposisi yang lebih seragam. Penggunaan gula pasir juga mempermudah penjelasan dan perhitungan komposisi gula-air, sehingga peserta dapat memahami hubungan antara massa gula, volume air, konsentrasi substrat, dan aktivitas ragi. Dengan demikian, nira aren memberikan konteks lokal, sementara gula pasir berfungsi sebagai pembanding dan alat bantu perhitungan komposisi dalam materi sosialisasi.

Etanol hasil fermentasi belum dapat langsung diperlakukan sebagai etanol untuk kebutuhan medis. Cairan hasil fermentasi masih mengandung air, biomassa mikroba, serta komponen lain sehingga diperlukan pemisahan dan pemurnian lebih lanjut. Tinjauan teknologi bioetanol menunjukkan bahwa tahapan hilir, termasuk pemisahan dan pemurnian, merupakan bagian penting untuk memperoleh etanol dengan kemurnian yang lebih tinggi [7]. Oleh sebab itu, sosialisasi mengenai pembuatan etanol grade medis perlu menjelaskan bahwa fermentasi merupakan tahap awal dari suatu rangkaian proses, bukan satu-satunya tahap. Mitra kegiatan pengabdian ini adalah kelompok Pria Kaum Bapa di Desa Sea Tumpengan, Kecamatan Pineleng, Kabupaten Minahasa. Berdasarkan identifikasi awal tim pengabdian dan komunikasi dengan mitra, pengetahuan mengenai prinsip dasar fermentasi, fungsi ragi, pengaruh kondisi fermentasi, urutan proses menuju pemurnian, serta aspek keselamatan belum tersusun secara sistematis. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya transfer pengetahuan yang sederhana, mudah dipahami, tetapi tetap didasarkan pada prinsip ilmiah.

Kebutuhan sosialisasi tersebut menjadi penting karena variasi kondisi fermentasi dapat menghasilkan proses dan mutu produk yang berbeda. Informasi yang tidak lengkap mengenai suhu, pH, kadar gula, kebersihan wadah, jumlah ragi, dan waktu fermentasi dapat menimbulkan anggapan bahwa semua proses fermentasi menghasilkan etanol dengan kualitas yang sama. Padahal, berbagai parameter proses saling berinteraksi dan menentukan kinerja fermentasi [3], [4]. Materi sosialisasi karena itu disusun secara berurutan mulai dari bahan bergula, peran mikroorganisme, kondisi fermentasi, pembentukan etanol, kebutuhan pemurnian, sampai aspek keselamatan pada tahapan berikutnya.

Kegiatan pengabdian tahun 2026 ini secara khusus dibatasi pada sosialisasi dan transfer pengetahuan. Peserta memperoleh penjelasan mengenai prinsip fermentasi dan alur umum pembuatan etanol untuk kebutuhan medis melalui pemaparan materi dan diskusi interaktif. Kegiatan tidak mencakup praktik produksi etanol oleh peserta, pengoperasian alat destilasi oleh peserta, maupun klaim bahwa bahan hasil fermentasi telah memenuhi

spesifikasi farmakope. Pembatasan tersebut diperlukan agar tujuan artikel konsisten dengan kegiatan yang benar-benar dilaksanakan.

Tujuan dari kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah untuk:

1. Meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai prinsip dasar fermentasi gula menjadi etanol.
2. Memperkenalkan faktor-faktor proses yang mempengaruhi keberhasilan fermentasi, terutama suhu, pH, substrat, ragi, dan waktu fermentasi.
3. Memperkenalkan nira aren dan gula pasir sebagai bahan baku dalam sosialisasi, dengan gula pasir sebagai bahan pembanding untuk mempermudah perhitungan komposisi, serta menjelaskan posisi fermentasi dalam rangkaian pembuatan etanol yang diarahkan untuk kebutuhan medis dan sanitasi.

METODE

Metode yang digunakan dalam kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini adalah sosialisasi atau penyuluhan langsung melalui tatap muka dan dialog antara tim pelaksana dengan kelompok Pria Kaum Bapa di Desa Sea Tumpengan, Kecamatan Pineleng, Kabupaten Minahasa. Kegiatan difokuskan pada transfer pengetahuan mengenai teknik fermentasi sampai pada proses distilasi dan pembentukan etanol 70% yang diarahkan untuk kebutuhan medis dan sanitasi. Bahan baku yang digunakan dalam sosialisasi adalah nira aren dan gula pasir. Nira aren digunakan sebagai contoh bahan baku lokal, sedangkan gula pasir digunakan sebagai bahan pembanding yang komposisinya lebih seragam sekaligus untuk mempermudah perhitungan komposisi gula-air. Perhitungan komposisi tersebut digunakan untuk membantu peserta memahami hubungan antara massa gula, volume air, dan konsentrasi substrat fermentasi. Sesuai ruang lingkup pelaksanaan, kegiatan tidak berupa pelatihan produksi. Peserta tidak melakukan fermentasi, tidak mengoperasikan alat distilasi, dan tidak memproduksi etanol secara langsung. Dokumentasi penyampaian materi pada kegiatan sosialisasi ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahap persiapan dilakukan melalui koordinasi tim pelaksana dengan pemerintah desa dan mitra, penetapan khalayak sasaran, serta penyusunan bahan sosialisasi. Materi disusun secara berurutan agar peserta dapat memahami hubungan antara bahan baku, fermentasi, pemurnian, dan konsentrasi akhir etanol. Pada bagian awal diperkenalkan dua bahan baku bergula yang digunakan dalam sosialisasi, yaitu nira aren (*Arenga pinnata*) dan gula pasir. Nira aren digunakan untuk memperkenalkan potensi sumber daya lokal, sedangkan gula pasir digunakan sebagai bahan pembanding karena komposisinya lebih seragam dan mudah digunakan untuk menjelaskan perhitungan komposisi gula-air. Melalui gula pasir, hubungan antara massa gula, volume air, dan konsentrasi substrat dapat dijelaskan secara lebih sederhana kepada peserta. Perhitungan komposisi ini digunakan sebagai alat bantu pemahaman dan bukan sebagai penetapan satu formula optimum untuk semua kondisi. Selanjutnya dijelaskan peran *Saccharomyces cerevisiae* dalam mengubah gula menjadi etanol. Tim juga menjelaskan secara konseptual pengaruh komposisi substrat, kebersihan bahan dan wadah, suhu, pH, serta waktu fermentasi terhadap keberhasilan proses.

Tahap sosialisasi selanjutnya menjelaskan alur pembuatan etanol secara konseptual dari fermentasi hingga distilasi. Peserta diberi pemahaman bahwa cairan hasil fermentasi masih merupakan campuran yang mengandung

etanol, air, dan komponen lain sehingga memerlukan tahap pemurnian. Prinsip distilasi diperkenalkan sebagai proses pemisahan yang memanfaatkan perbedaan volatilitas antara etanol dan air. Alur yang dijelaskan meliputi pemanasan cairan hasil fermentasi, pembentukan uap yang lebih kaya etanol, pengembunan melalui kondensor, dan penampungan hasil distilasi. Penjelasan mengenai alat distilasi diberikan sebagai bagian dari materi sosialisasi untuk memperlihatkan hubungan antara proses fermentasi dan peningkatan kadar etanol, tanpa pengoperasian alat oleh peserta.

Pada tahap akhir materi, tim menjelaskan bahwa etanol hasil pemurnian dengan kadar lebih tinggi selanjutnya perlu disesuaikan konsentrasinya hingga 70% v/v untuk penggunaan yang diarahkan pada kebutuhan medis dan sanitasi. Penjelasan mengenai etanol 70% ditekankan sebagai bagian dari alur teknologi, yaitu fermentasi, pemurnian melalui distilasi, kemudian penyesuaian konsentrasi. Kegiatan sosialisasi ini tidak mencakup pengujian laboratorium, pengujian farmakope, sertifikasi mutu, maupun klaim bahwa peserta telah menghasilkan produk etanol grade medis. Fokus kegiatan adalah memberikan dasar pengetahuan agar masyarakat memahami tahapan proses dan aspek kehati-hatian sebelum teknologi tersebut diterapkan secara teknis.

Selama penyampaian materi, peserta diberi kesempatan untuk mengajukan pertanyaan dan berdiskusi dengan tim pelaksana mengenai bahan baku, fermentasi, distilasi, dan fungsi etanol 70%. Evaluasi kegiatan dilakukan secara deskriptif melalui respons peserta selama diskusi, pertanyaan yang diajukan, serta kemampuan peserta menjelaskan kembali urutan proses dari bahan bergula, fermentasi, distilasi, hingga etanol 70%. Dengan demikian, indikator utama kegiatan adalah bertambahnya pemahaman konseptual peserta, bukan keterampilan praktik atau kualitas produk yang dihasilkan.



Gambar 1. Penyampaian materi sosialisasi teknik fermentasi hingga proses distilasi untuk pembuatan etanol grade medis 70% di Desa Sea Tumpengan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan sosialisasi diawali dengan sambutan Pemerintah Desa Sea Tumpengan. Dalam sambutannya, Hukum Tua Sea Tumpengan menyampaikan bahwa pengembangan usaha pembuatan etanol berbasis sumber daya lokal berpotensi memberikan manfaat ekonomi bagi desa, terutama apabila kegiatan produksi pada tahap berikutnya dapat menyerap tenaga kerja yang berasal dari masyarakat Desa Sea Tumpengan. Pemerintah desa juga menyampaikan apresiasi dan terima kasih atas upaya pengembangan etanol yang memanfaatkan bahan baku lokal. Pernyataan tersebut menunjukkan adanya dukungan awal dari pemerintah desa terhadap kegiatan hilirisasi teknologi yang memanfaatkan potensi setempat. Dalam konteks kegiatan ini, manfaat ekonomi tersebut masih diposisikan sebagai potensi pengembangan ke depan dan belum diukur sebagai dampak ekonomi aktual.



Gambar 2. Sambutan Pemerintah Desa Sea Tumpengan pada kegiatan sosialisasi teknologi fermentasi untuk pembuatan etanol grade medis 70%.

Dukungan pemerintah desa penting karena keberlanjutan kegiatan berbasis teknologi tidak hanya ditentukan oleh aspek teknis, tetapi juga oleh penerimaan masyarakat dan peluang pemanfaatan sumber daya lokal. Proposal kegiatan menempatkan nira aren sebagai salah satu sumber biomassa lokal yang berpotensi dikembangkan menjadi bioetanol. Pemanfaatan nira aren sebagai substrat fermentasi juga telah dilaporkan dapat menghasilkan etanol dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae* [6]. Dengan demikian, penggunaan bahan baku lokal dapat

menjadi jembatan antara transfer pengetahuan, peningkatan nilai tambah komoditas, dan kemungkinan pengembangan kegiatan ekonomi desa pada tahap lanjutan.

Penyampaian materi dilakukan secara bertahap agar peserta memperoleh gambaran utuh mengenai alur pembuatan etanol grade medis 70%, mulai dari bahan baku sampai tahap pemurnian. Bahan baku yang diperkenalkan dalam kegiatan adalah nira aren dan gula pasir. Nira aren dipilih karena tersedia sebagai sumber daya lokal, sedangkan gula pasir digunakan sebagai bahan berbasis sukrosa yang mudah diperoleh dan dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antara kadar gula awal, jumlah air, aktivitas ragi, dan pembentukan etanol.

Materi pertama berupa penyampaian umum mengenai etanol, manfaatnya untuk kebutuhan sanitasi dan medis, serta hubungan antara bahan bergula, fermentasi, pemurnian, dan penyesuaian konsentrasi akhir menjadi 70% v/v. Pada tahap ini ditekankan bahwa fermentasi merupakan tahap pembentukan etanol, sedangkan etanol hasil fermentasi masih berada dalam campuran air dan komponen lain sehingga memerlukan proses pemurnian sebelum diarahkan untuk penggunaan lebih lanjut.

Materi kedua membahas teknik fermentasi, termasuk pemilihan ragi, kebersihan wadah, waktu fermentasi, pH, suhu, serta komposisi gula dan air. Peserta diperkenalkan pada beberapa perbandingan gula-air yang dapat digunakan untuk memperoleh konsentrasi substrat yang sesuai bagi proses fermentasi. Penjelasan mengenai komposisi ini menjadi penting karena konsentrasi gula yang terlalu rendah dapat membatasi jumlah substrat yang tersedia, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat meningkatkan tekanan osmotik dan menurunkan kinerja ragi. Pengaruh konsentrasi gula, pH, dan suhu terhadap fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* telah dilaporkan secara eksperimental, sehingga pengendalian komposisi awal merupakan bagian penting dalam memperoleh proses yang lebih konsisten [4].

Materi ketiga menjelaskan upaya mempercepat fermentasi melalui penambahan urea pada komposisi gula yang digunakan. Dalam penyampaian lapangan, urea diperkenalkan sebagai bahan pemacu proses fermentasi dan dibahas bersama komposisi gula-urea yang digunakan dalam formulasi bahan. Secara biologis, fungsi urea lebih tepat dipahami sebagai sumber nitrogen yang dapat mendukung pertumbuhan dan aktivitas metabolik ragi, bukan sebagai katalis kimia yang tidak ikut bereaksi. Penelitian mengenai suplementasi sumber nitrogen menunjukkan bahwa urea dapat mempengaruhi konsumsi gula dan produksi etanol, namun responsnya bergantung pada strain ragi dan komposisi medium fermentasi [8]. Penjelasan ini diberikan agar peserta memahami bahwa penambahan bahan pendukung tetap harus dikendalikan dan tidak dilakukan secara berlebihan.

Materi keempat membahas proses distilasi refluks untuk meningkatkan kadar etanol hasil fermentasi. Prinsip yang disampaikan adalah pemisahan berdasarkan perbedaan volatilitas komponen, di mana uap yang lebih kaya etanol dikondensasikan dan sebagian dikembalikan sebagai refluks sehingga terjadi pemisahan berulang di dalam sistem. Tahapan ini meningkatkan konsentrasi etanol dibandingkan cairan hasil fermentasi. Setelah diperoleh etanol dengan kadar yang lebih tinggi, konsentrasinya kemudian disesuaikan menjadi 70% v/v untuk kebutuhan yang diarahkan pada aplikasi medis dan sanitasi. Pemurnian dan pengendalian tahap hilir merupakan bagian

penting dalam produksi bioetanol karena fermentasi saja belum menghasilkan produk dengan konsentrasi akhir yang diinginkan [7].

Seluruh rangkaian pada kegiatan ini disampaikan dalam bentuk sosialisasi dan diskusi, bukan praktik produksi oleh peserta. Dengan pendekatan tersebut, hasil utama yang diperoleh adalah tersampaikannya pengetahuan mengenai urutan proses dari bahan baku nira aren dan gula pasir, pengaturan komposisi gula-air, penggunaan bahan pendukung fermentasi, hingga prinsip distilasi refluks dan penyesuaian etanol menjadi 70% v/v. Dokumentasi tim bersama pemerintah desa dan peserta setelah kegiatan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tim pelaksana bersama Pemerintah Desa Sea Tumpengan dan peserta setelah kegiatan sosialisasi.

Secara keseluruhan, kegiatan menunjukkan bahwa topik fermentasi etanol dapat dikaitkan langsung dengan potensi bahan baku yang dikenal oleh masyarakat. Nira aren memberikan konteks lokal, sedangkan gula pasir mempermudah penjelasan mengenai peran konsentrasi substrat dalam fermentasi. Dukungan pemerintah desa memperkuat relevansi kegiatan karena teknologi yang diperkenalkan tidak hanya dipandang dari sisi pengetahuan, tetapi juga dari peluang pengembangan usaha dan penyerapan tenaga kerja di masa mendatang. Namun, karena kegiatan tahun ini terbatas pada sosialisasi, keberhasilan program pada tahap ini dinilai dari terlaksananya transfer pengetahuan dan terbentuknya pemahaman awal peserta, bukan dari jumlah etanol yang diproduksi atau peningkatan pendapatan masyarakat.

Bahan baku yang menjadi fokus sosialisasi adalah nira aren dan gula pasir. Nira aren dipilih karena mempunyai keterkaitan langsung dengan sumber daya yang tersedia di Sulawesi Utara dan telah dikenal masyarakat sebagai bahan bergula yang dapat mengalami fermentasi. Dari sudut pandang proses, bahan baku berbasis gula mempunyai keunggulan karena gula sederhana dapat langsung dimanfaatkan oleh mikroorganisme fermentatif tanpa tahapan hidrolisis kompleks seperti pada bahan berpati atau lignoselulosa. Tinjauan teknologi bioetanol menempatkan bahan bergula sebagai bahan baku generasi pertama yang relatif sederhana untuk dikonversi menjadi etanol [5,9]. Khusus untuk nira aren, penelitian *Ansar et al.* menunjukkan bahwa fermentasi nira aren dengan Saccharomyces cerevisiae dapat meningkatkan kandungan etanol, sehingga bahan ini relevan digunakan sebagai contoh nyata dalam transfer pengetahuan kepada masyarakat [6].

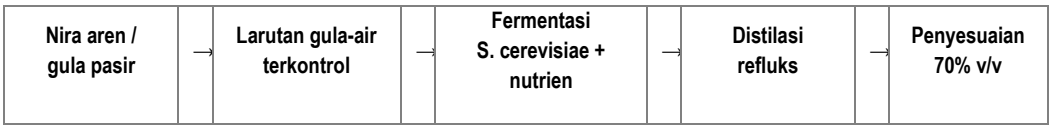
Gula pasir digunakan sebagai bahan pembanding yang lebih seragam komposisinya sehingga memudahkan penjelasan mengenai hubungan antara massa gula, volume air, konsentrasi larutan, dan aktivitas ragi. Dalam sosialisasi, penekanan tidak diarahkan pada satu angka komposisi tunggal yang dianggap berlaku untuk semua kondisi, melainkan pada prinsip bahwa konsentrasi awal substrat perlu disesuaikan agar tersedia cukup gula untuk pembentukan etanol tanpa menimbulkan tekanan osmotik berlebihan pada sel ragi. Pendekatan ini penting karena karakter nira aren dapat berubah selama penyimpanan dan seiring perubahan pH, sedangkan gula pasir lebih mudah digunakan untuk menjelaskan konsep pengaturan konsentrasi secara terkontrol [4,6].

Pembahasan mengenai komposisi gula-air ditempatkan sebagai bagian inti dari materi fermentasi. Peserta dijelaskan bahwa jumlah gula yang terlalu kecil dapat membatasi substrat yang tersedia bagi ragi, sedangkan larutan yang terlalu pekat tidak selalu menghasilkan etanol lebih banyak karena dapat menurunkan aktivitas fermentasi. *Lin et al.* menunjukkan bahwa konsentrasi substrat, suhu, dan pH merupakan faktor yang mempengaruhi kinerja fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* [4]. Tinjauan yang lebih luas juga menunjukkan bahwa keberhasilan produksi bioetanol ditentukan oleh interaksi antara karakter bahan baku, mikroorganisme, suhu, pH, waktu fermentasi, dan beban awal substrat [5]. Karena itu, pada kegiatan sosialisasi komposisi gula-air dijelaskan bersama faktor proses lainnya dan bukan sebagai parameter yang berdiri sendiri.

Materi juga menghubungkan pengaturan komposisi dengan kebutuhan pengamatan proses. Dalam materi sosialisasi, peserta diperkenalkan pada perubahan aroma, terbentuknya gas, perubahan pH, serta lamanya fermentasi sebagai gejala proses yang dapat diamati secara sederhana. Namun, pengamatan tersebut tidak menggantikan pengukuran kadar etanol. Kajian *Galanakis et al.* menunjukkan bahwa kondisi fisik seperti suhu dapat memengaruhi laju fermentasi dan produktivitas etanol [10]. Dengan demikian, pesan teknis yang ditekankan kepada peserta adalah perlunya menjaga kondisi proses secara konsisten apabila pada tahap selanjutnya teknologi akan dikembangkan dari sekadar pemahaman konseptual menuju produksi yang terukur.

Salah satu materi yang mendapat perhatian adalah penggunaan urea untuk membantu mempercepat proses fermentasi. Dalam bahasa teknis, urea lebih tepat disebut sebagai sumber nitrogen atau nutrien tambahan bagi ragi daripada katalis kimia. Nitrogen diperlukan untuk pembentukan biomassa dan aktivitas metabolik sel, sehingga ketersediaan nitrogen dapat mempengaruhi konsumsi gula dan pembentukan etanol. *Rojo et al.* melaporkan bahwa suplementasi nitrogen, termasuk urea, memberikan respons yang bergantung pada strain ragi dan komposisi medium; pada kondisi tertentu kombinasi urea dengan sumber nitrogen lain dapat meningkatkan konsumsi gula dan hasil etanol [8].

Atas dasar tersebut, komposisi gula-urea dalam sosialisasi dijelaskan sebagai komposisi yang perlu dikendalikan, bukan sebagai penambahan urea sebanyak-banyaknya. Penjelasan ini penting untuk mencegah pemahaman bahwa semakin besar penambahan nutrien akan selalu mempercepat fermentasi. Pada artikel ini tidak dicantumkan klaim mengenai dosis optimum urea karena kegiatan yang dilaksanakan berupa sosialisasi dan tidak melakukan percobaan komparatif untuk menentukan rasio optimum di lokasi kegiatan. Dengan demikian, pembahasan urea tetap ditempatkan sebagai bagian dari prinsip nutrisi ragi yang diperkenalkan kepada peserta dan bukan sebagai hasil optimasi eksperimental.



Gambar 4. Alur materi sosialisasi dari bahan baku bergula, fermentasi, distilasi refluks, hingga penyesuaian konsentrasi etanol 70% v/v.

Setelah fermentasi, materi dilanjutkan pada prinsip distilasi refluks. Cairan fermentasi tidak hanya mengandung etanol, tetapi juga air dan komponen lainnya, sehingga diperlukan pemisahan untuk meningkatkan kadar etanol. Dalam distilasi, komponen dipisahkan berdasarkan perbedaan volatilitas. Penggunaan refluks membuat sebagian kondensat dikembalikan ke kolom sehingga terjadi kontak berulang antara fase uap dan cair; secara konseptual, proses berulang ini membantu memperkaya etanol pada distilat. Literatur mengenai teknologi bioetanol menempatkan distilasi dan pemurnian sebagai tahapan hilir penting setelah fermentasi, karena etanol hasil fermentasi pada umumnya masih berada dalam larutan berair [7,9].

Dalam kegiatan ini, peserta dikenalkan pada alur bahwa etanol yang telah ditingkatkan konsentrasinya melalui distilasi selanjutnya disesuaikan menjadi 70% v/v sesuai tujuan penggunaan yang dibahas dalam program. Penulisan satuan v/v perlu dinyatakan dengan jelas karena persen volume dan persen massa tidak identik. *Berardi et al.* menekankan pentingnya kejelasan satuan konsentrasi pada formulasi produk berbasis alkohol [2]. Selain itu, efektivitas produk berbasis etanol tidak hanya ditentukan oleh angka konsentrasi alkohol, tetapi juga oleh formulasi, volume aplikasi, waktu kontak, dan sasaran mikroorganisme. *Edmonds et al.* menunjukkan bahwa dua formulasi berbasis 70% etanol dapat memenuhi persyaratan uji tertentu, sekaligus menegaskan bahwa formulasi produk berpengaruh terhadap kinerja antimikroba [11].

Istilah “etanol grade medis 70%” pada artikel ini mengikuti nomenklatur kegiatan pengabdian. Namun, sosialisasi tidak mencakup pengujian farmakope, validasi mikrobiologi, sertifikasi fasilitas produksi, atau penetapan mutu produk untuk diedarkan sebagai sediaan medis. Studi da Cruz et al. menunjukkan bahwa evaluasi aktivitas bakterisidal etanol dalam bentuk gel 70% (w/w) memerlukan metode uji yang diadaptasi dan divalidasi [12]. Oleh sebab itu, hasil kegiatan ini sebaiknya dipahami sebagai peningkatan pemahaman mengenai alur teknologi menuju etanol konsentrasi 70% untuk aplikasi sanitasi/medis, sedangkan pemenuhan standar produk medis merupakan tahapan lanjutan yang memerlukan pengujian mutu dan persyaratan regulatori tersendiri.

Sambutan Hukum Tua menunjukkan bahwa pemerintah desa melihat kegiatan ini bukan hanya sebagai penyampaian ilmu, tetapi juga sebagai pintu masuk menuju pemanfaatan sumber daya lokal yang dapat mempunyai nilai ekonomi. Potensi yang disebutkan terutama berkaitan dengan kemungkinan penyerapan tenaga kerja desa apabila pada masa mendatang terbentuk kegiatan produksi yang berkelanjutan. Pandangan ini sejalan dengan karakter pengembangan bioetanol berbasis biomassa yang menghubungkan ketersediaan bahan baku, teknologi konversi, pemurnian, dan nilai tambah produk [5,9,13]. Akan tetapi, kegiatan tahun 2026 belum melakukan analisis biaya, studi kelayakan, pengukuran penyerapan tenaga kerja, atau evaluasi peningkatan pendapatan, sehingga manfaat ekonomi tersebut belum dapat dinyatakan sebagai hasil kuantitatif program.

Dari perspektif keberlanjutan, nira aren mempunyai keunggulan sebagai bahan yang sudah dikenal masyarakat dan memiliki keterkaitan dengan mata pencaharian lokal. Sementara itu, penggunaan gula pasir dalam

materi memberi contoh bahan yang komposisinya lebih mudah dikendalikan untuk menjelaskan prinsip fermentasi. Kombinasi kedua contoh tersebut membuat sosialisasi lebih kontekstual: peserta dapat memahami konsep melalui bahan yang tersedia di sekitar mereka sekaligus melihat bagaimana pendekatan ilmiah dapat digunakan untuk mengontrol proses. Literatur terkini mengenai pengembangan bioetanol juga menekankan pentingnya integrasi antara pemilihan bahan baku, proses fermentasi, dan teknologi pemurnian untuk memperoleh proses yang lebih efisien dan berkelanjutan [9].

Tabel 1. Pokok materi dan fokus transfer pengetahuan dalam kegiatan sosialisasi

Tahap materi	Pokok yang disampaikan	Fokus pemahaman peserta
Pengenalan umum	Fungsi etanol, bahan baku nira aren dan gula pasir, serta urutan proses dari bahan bergula sampai etanol 70% v/v.	Memahami posisi fermentasi dan distilasi dalam keseluruhan proses.
Komposisi gula-air	Hubungan jumlah gula, air, konsentrasi substrat, suhu, pH, waktu fermentasi, dan aktivitas ragi.	Memahami bahwa komposisi perlu dikendalikan dan tidak ada satu rasio yang otomatis optimum untuk semua kondisi.
Nutrien urea	Urea dijelaskan sebagai sumber nitrogen pendukung aktivitas ragi dan penggunaannya perlu dikendalikan.	Membedakan nutrien fermentasi dari katalis kimia dan memahami perlunya dosis terukur.
Fermentasi	Peran Saccharomyces cerevisiae dalam mengubah gula menjadi etanol serta pentingnya kebersihan dan pengamatan proses.	Memahami proses biologis pembentukan etanol dan faktor yang mempengaruhi konsistensinya.
Distilasi refluks	Pemisahan etanol-air melalui penguapan, kondensasi, dan refluks, dilanjutkan penyesuaian konsentrasi akhir.	Memahami bahwa etanol hasil fermentasi masih memerlukan pemurnian dan kontrol konsentrasi.

Rangkaian materi pada Tabel 1 disusun untuk menghubungkan konsep ilmiah dengan konteks yang dikenal peserta. Nira aren berfungsi sebagai contoh bahan lokal, gula pasir memudahkan penjelasan konsentrasi substrat, urea digunakan untuk menjelaskan kebutuhan nutrien nitrogen, dan distilasi refluks memperlihatkan mengapa etanol hasil fermentasi belum menjadi produk akhir. Pola ini membuat materi tidak berhenti pada penjelasan reaksi fermentasi, tetapi memperlihatkan hubungan antartahap dari bahan baku sampai konsentrasi yang dituju. Pendekatan tersebut juga mengurangi risiko miskonsepsi, misalnya anggapan bahwa semakin banyak gula atau urea selalu menghasilkan etanol lebih cepat atau bahwa cairan hasil fermentasi dapat langsung dipakai sebagai etanol medis.

Dari sisi pengabdian masyarakat, kekuatan kegiatan terletak pada keterkaitan antara pengetahuan ilmiah, sumber daya desa, dan kemungkinan pengembangan ekonomi yang disampaikan oleh pemerintah desa. Namun, tahap sosialisasi harus dipisahkan secara jelas dari tahap produksi komersial. Sebelum teknologi diterapkan pada skala usaha, masih diperlukan percobaan komposisi yang terukur, pemantauan fermentasi, verifikasi kadar etanol, pengendalian distilasi, pengujian mutu produk, serta analisis keselamatan dan kelayakan ekonomi. Dengan pembatasan tersebut, artikel ini mendokumentasikan kegiatan secara proporsional: keberhasilannya berada pada

transfer pengetahuan dan terbentuknya dasar pemahaman untuk kegiatan lanjutan, bukan pada klaim bahwa produksi etanol grade medis telah dilakukan oleh peserta.

Capaian utama kegiatan adalah terlaksananya transfer pengetahuan secara runtut, dimulai dari pengenalan bahan baku, komposisi gula-air, peran ragi dan nutrien nitrogen, prinsip fermentasi, sampai pemurnian melalui distilasi refluks dan penyesuaian konsentrasi menjadi 70% v/v. Respons pemerintah desa dan partisipasi peserta selama sosialisasi menunjukkan adanya penerimaan awal terhadap topik yang diperkenalkan. Dokumentasi kegiatan juga memperlihatkan keterlibatan pemerintah desa, tim pelaksana, dan masyarakat pada sesi sosialisasi dan diskusi. Karena kegiatan tidak menggunakan desain pre-test/post-test, artikel ini tidak menyatakan persentase peningkatan pengetahuan ataupun keterampilan peserta.

Keterbatasan tersebut sekaligus memberikan arah yang jelas untuk kegiatan berikutnya. Program lanjutan dapat menambahkan evaluasi pengetahuan sebelum dan sesudah sosialisasi, pengukuran kadar gula awal, pH, waktu fermentasi, dan kadar etanol, serta penyusunan prosedur operasi yang sederhana. Apabila kegiatan diarahkan menuju produk untuk penggunaan medis atau sanitasi, pengujian mutu dan aktivitas antimikroba perlu dilakukan dengan metode yang sesuai. Studi mengenai formulasi hand-rub dan evaluasi bakterisidal menunjukkan bahwa konsentrasi etanol harus dipertimbangkan bersama formulasi dan metode uji [2,11,12]. Dengan demikian, sosialisasi yang telah dilakukan dapat dipandang sebagai tahap pertama untuk membangun literasi teknologi sebelum masuk ke tahap demonstrasi terukur, validasi produk, dan analisis kelayakan ekonomi.

KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) di Desa Sea Tumpengan telah berhasil melaksanakan sosialisasi teknik fermentasi sebagai dasar pembuatan etanol yang diarahkan untuk kebutuhan medis dan sanitasi. Materi yang disampaikan mencakup penggunaan nira aren dan gula pasir sebagai bahan baku, pengaturan komposisi gula-air, peran Saccharomyces cerevisiae, penggunaan urea sebagai sumber nitrogen pendukung fermentasi, pengaruh suhu, pH, dan waktu fermentasi, serta prinsip pemurnian melalui distilasi refluks hingga penyesuaian konsentrasi etanol menjadi 70% v/v. Nira aren digunakan untuk memperkenalkan potensi bahan baku lokal, sedangkan gula pasir digunakan sebagai bahan pembanding yang lebih seragam dan mempermudah penjelasan serta perhitungan komposisi fermentasi. Kegiatan ini terbatas pada sosialisasi dan transfer pengetahuan, tanpa praktik produksi etanol, pengoperasian alat distilasi oleh peserta, maupun pengujian mutu produk. Oleh karena itu, capaian kegiatan dinilai dari tersampaikannya pengetahuan dan terbentuknya pemahaman awal peserta mengenai tahapan fermentasi, pemurnian, dan aspek keselamatan, bukan dari jumlah etanol yang diproduksi atau peningkatan keterampilan praktis. Kegiatan lanjutan dapat diarahkan pada demonstrasi terukur, evaluasi pengetahuan sebelum dan sesudah sosialisasi, pengukuran parameter fermentasi dan kadar etanol, serta pengujian mutu apabila produk akan dikembangkan untuk kebutuhan medis atau sanitasi.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sam Ratulangi atas dukungan pendanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat melalui skema PKM K-2 Tahun Anggaran 2026, berdasarkan Kontrak Pengabdian kepada Masyarakat Nomor

2178/UN12.27/LT/2026. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pemerintah Desa Sea Tumpengan serta seluruh peserta yang telah mendukung dan berpartisipasi dalam pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

1) Kampf, G. 2018. Efficacy of ethanol against viruses in hand disinfection. Journal of Hospital Infection, 98(4), 331-338. DOI: 10.1016/j.jhin.2017.08.025.
2) Berardi, A., Perinelli, D. R., Merchant, H. A., Bisharat, L., Basheti, I. A., Bonacucina, G., Cespi, M., & Palmieri, G. F. 2020. Hand sanitisers amid CoViD-19: A critical review of alcohol-based products on the market and formulation approaches to respond to increasing demand. International Journal of Pharmaceutics, 584, 119431. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2020.119431.
3) Mohd Azhar, S. H., Abdulla, R., Jambo, S. A., Marbawi, H., Gansau, J. A., Mohd Faik, A. A., & Rodrigues, K. F. 2017. Yeasts in sustainable bioethanol production: A review. Biochemistry and Biophysics Reports, 10, 52-61. DOI: 10.1016/j.bbrep.2017.03.003.
4) Lin, Y., Zhang, W., Li, C., Sakakibara, K., Tanaka, S., & Kong, H. 2012. Factors affecting ethanol fermentation using Saccharomyces cerevisiae BY4742. Biomass and Bioenergy, 47, 395-401. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.09.019.
5) Zabed, H., Sahu, J. N., Suely, A., Boyce, A. N., & Faruq, G. 2017. Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 71, 475-501. DOI: 10.1016/j.rser.2016.12.076.
6) Ansar, Nazaruddin, Azis, A. D., & Fudholi, A. 2021. Enhancement of bioethanol production from palm sap (Arenga pinnata (Wurmb) Merr) through optimization of Saccharomyces cerevisiae as an inoculum. Journal of Materials Research and Technology, 14, 548-554. DOI: 10.1016/j.jmrt.2021.06.085.
7) Jain, S., & Kumar, S. 2024. A comprehensive review of bioethanol production from diverse feedstocks: Current advancements and economic perspectives. Energy, 296, 131130. DOI: 10.1016/j.energy.2024.131130.
8) Rojo, M. C., Talia, P. M., Lerena, M. C., Ponsone, M. L., Gonzalez, M. L., Becerra, L. M., Mercado, L. A., Martín-Arranz, V., Rodríguez-Gómez, F., Arroyo-López, F. N., & Combina, M. 2023. Evaluation of different nitrogen sources on growth and fermentation performance for enhancing ethanol production by wine yeasts. Heliyon, 9(12), e22608. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e22608.
9) Abdul Kareem Joyia, M., Ahmad, M., Chen, Y.-F., Mustaqeem, M., Ali, A., Abbas, A., & Ashraf Gondal, M. 2024. Trends and advances in sustainable bioethanol production technologies from first to fourth generation: A critical review. Energy Conversion and Management, 321, 119037. DOI: 10.1016/j.enconman.2024.119037.
10) Galanakis, C. M., Kordulis, C., Kanellaki, M., Koutinas, A. A., Bekatorou, A., & Lycourghiotis, A. 2012. Effect of pressure and temperature on alcoholic fermentation by Saccharomyces cerevisiae immobilized on gamma-alumina pellets. Bioresource Technology, 114, 492-498. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.03.010.
11) Edmonds, S. L., Macinga, D. R., Mays-Suko, P., Duley, C., Rutter, J., Jarvis, W. R., & Arbogast, J. W. 2012. Comparative efficacy of commercially available alcohol-based hand rubs and World Health

Organization-recommended hand rubs: Formulation matters. American Journal of Infection Control, 40(6), 521-525. DOI: 10.1016/j.ajic.2011.08.016.

12) da Cruz, A. F., de Abreu, A. O., de Souza, P. A., Deveza, B., Medeiros, C. T., Sousa, V. S., Sabagh, B. P., & Villas Bôas, M. H. S. 2022. Adaptation and validation of a method for evaluating the bactericidal activity of ethyl alcohol in gel format 70% (w/w). Journal of Microbiological Methods, 193, 106402. DOI: 10.1016/j.mimet.2021.106402.
13) Manochio, C., Andrade, B. R., Rodriguez, R. P., & Moraes, B. S. 2017. Ethanol from biomass: A comparative overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80, 743-755. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.063.