

Pemanfaatan Cangkang Biji Nyamplung sebagai Penghasil Resin untuk Mengatasi Permasalahan Limbah Padat di CV Plantanesia

Dwi Ardiana Setyawardhani*, Mujtahid Kaavessina, Fadilah, Sperisa Distantina, Endang Kwartiningsih, Y.C. Danarto, Aida Nur Ramadhani

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36 A Kentingan Surakarta 57126

*Corresponding author: dwardiana@staff.uns.ac.id

DOI: <https://dx.doi.org/10.20961/equilibrium.v6i2.66463>

Article History

Received: 13-10-2022, Accepted: 15-12-2022, Published: 05-01-2023

Kata kunci:

Cangkang biji
Nyamplung,
Resin, *Tamanu oil*

ABSTRAK. CV Plantanesia merupakan industri penghasil minyak dari biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) yang dikenal sebagai Tamanu oil. Minyak tersebut dijual sebagai bahan baku kosmetik untuk produk skin care dan obat tradisional seperti luka, penyakit kulit, rematik, minyak untuk urut maupun obat gatal. Produksi Tamanu oil menghasilkan limbah hasil pengepresan minyak dari bijinya yang berupa bungkil/ampas biji dan cangkang/kulit buah nyamplung. Limbah tersebut dihasilkan dalam jumlah besar dan belum dimanfaatkan sehingga hanya dibuang sebagai sampah dan dibakar. Cangkang biji nyamplung mengandung resin senyawa fenolik yang memiliki sifat antioksidan, anti inflamasi, anti kanker, dan anti mikroba sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengobatan. Tujuan pengabdian pada masyarakat ini adalah memberikan pelatihan pengolahan limbah pengepresan minyak biji nyamplung, khususnya cangkang biji dan pengolahannya untuk menjadi resin. Kegiatan ini dilakukan di CV. Plantanesia yang berlokasi di Tasikmadu, Kecamatan Jaten, Kabupaten Karanganyar. Pelatihan diberikan dalam bentuk penyuluhan, diskusi dan pelatihan pengambilan (ekstraksi) resin dari cangkang nyamplung. Proses ekstraksi resin dari cangkang nyamplung dan pengaturan kondisi optimal ekstraksi dilakukan terlebih dahulu melalui percobaan pendahuluan di Laboratorium Program Studi Teknik Kimia FT UNS. Hasil percobaan tersebut digunakan sebagai materi pelatihan. Penyampaian materi dilakukan melalui kunjungan, penyuluhan dan pelatihan pada pelaku usaha khususnya CV Plantanesia. Materi penyuluhan dikemas dalam modul dan dipraktekkan secara langsung di lokasi CV. Dari kegiatan ini, mitra memperoleh peningkatan wawasan akan pemanfaatan cangkang biji nyamplung. Produk resin yang dihasilkan diharapkan dapat bermanfaat sebagai produk samping yang bernilai jual tinggi untuk meningkatkan pendapatan bagi pelaku usaha, sekaligus dapat mengatasi masalah limbahnya.

Keywords:

Nyamplung Seed
shell, Resin,
Tamanu oil

ABSTRACT. CV Plantanesia is a home industry that produces nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) seed oil known as Tamanu oil. The oil is usually used for skin care products and traditional medicines such as wounds, skin diseases, rheumatism, massage oil and itching medicine. Tamanu oil production leaves solid waste from the pressing process, which is cake/seed dregs and shells/skin of nyamplung fruit. This waste is generated in large quantities and has not been utilized, so it is only disposed of as garbage or just burned. Nyamplung seed shells contain resin phenolic compounds which is used as antioxidant, anti-inflammatory, anti-cancer and anti-microbial properties. It can be used for medical treatment. This project aims to provide training on processing waste nyamplung seed oil, especially the seed shells and their processing to become resin. This activity is carried out at CV. Plantanesia which is located in Tasikmadu, Jaten, Karanganyar. The project was implemented in various activities, such as counseling, focus group discussions and workshop for extracting resin from nyamplung shells. The resin extraction and optimization process condition were developed at the Chemical Engineering Laboratory, Faculty of Engineering, Sebelas Maret University. The experimental results are implemented in the workshop at the industry. From this activity, partners gain increased insight into the use of nyamplung seed shells. The resin product is expected to be useful as a high value by-product to increase the benefit of the industry, as well as to overcome the waste problem.

1. PENDAHULUAN

Tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan sejenis pohon yang banyak dijumpai di pulau Jawa, Bali dan kepulauan Nusa Tenggara khususnya di kawasan pesisir pantai. Tanaman ini kaya manfaat di setiap bagiannya, baik kayu, bunga, buah maupun bijinya. Pohonnya bermanfaat untuk konservasi sempadan pantai, kayunya dimanfaatkan untuk pertukangan, daun, bunga dan getah untuk obat-obatan dan kosmetik [1]. Bagian

tanaman yang belakangan ini banyak menarik perhatian adalah bijinya yang kaya akan minyak. Minyak biji nyamplung selain dapat diolah menjadi sumber energi, terbukti juga memiliki berbagai khasiat yang dimanfaatkan di dunia farmasi [2–8]. Ekstraksi minyak biji nyamplung dapat dilakukan dengan pengepresan mekanis dengan mesin pres maupun ekstraksi menggunakan pelarut (solvent extraction). Industri penghasil minyak nyamplung (Tamanu oil) umumnya memperoleh minyak dari biji nyamplung dengan proses pengepresan secara mekanis, karena mudah dari segi operasional dan biaya produksi relatif murah. Namun proses ini kurang menguntungkan dari sisi banyaknya limbah yang dihasilkan. Proses pengepresan mekanis terhadap biji nyamplung memproduksi minyak sebagai hasil utama dan limbah yang berupa padatan. Limbah padat industri penghasil minyak nyamplung ada 2 macam, yaitu bungkil/ampas biji dan cangkang/kulit buah nyamplung. CV Plantanesia, sebagai industri penghasil tamanu oil mengolah kedua limbah padat tersebut dengan cara dibakar sedikit demi sedikit, karena asapnya yang banyak dapat mengganggu lingkungan.

Tim pengabdian dari riset grup Sumber Daya Hayati Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS mencoba mengatasi permasalahan limbah padat tersebut, salah satunya yang berupa cangkang buah nyamplung. Cangkang buah nyamplung mengandung resin yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran pada industri cat, perekat dan bahan pelapis. Resin cangkang nyamplung juga terbukti mengandung saponin, suatu senyawa yang memiliki manfaat sebagai antibakteri, antifungi, kemampuan menurunkan kolesterol dalam darah dan menghambat pertumbuhan sel tumor [9]. Di samping itu, cangkang nyamplung juga dapat diolah menjadi briket sebagai sumber energi [10,11]. Tujuan pengabdian pada masyarakat ini adalah memberikan penyuluhan akan manfaat cangkang nyamplung serta pelatihan pengambilan/ekstraksi resin dari cangkang tersebut. Hal ini diharapkan dapat menjadi solusi pengolahan limbah sekaligus menghasilkan produk samping yang bernilai ekonomis tinggi sehingga menjadi nilai tambah bagi pelaku usaha.

2. BAHAN DAN METODE

Kegiatan pengabdian pada masyarakat ini merupakan kelanjutan dari kegiatan pengabdian sebelumnya di lokasi yang sama [12]. CV Plantanesia selaku mitra pengabdian berlokasi di Tasikmadu, kecamatan Jaten, Kabupaten Karanganyar. Pada kegiatan tahun ini, kunjungan ke lokasi dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pada tanggal 24 Juni 2022 dan 23 September 2022. Program pengabdian ini dilaksanakan dalam bentuk penyuluhan dan pelatihan. Tahapan pelaksanaan pengabdian meliputi diskusi dengan mitra, studi literatur, penyuluhan, percobaan pendahuluan di laboratorium, penyusunan modul pelatihan, pelatihan/demonstrasi di lokasi serta evaluasi kegiatan.

Kegiatan pengabdian ini diarahkan untuk memberikan pengetahuan sekaligus transfer teknologi pemanfaatan limbah padat cangkang nyamplung menjadi produk bernilai ekonomi tinggi. Teknologi pengambilan/ekstraksi resin dengan pelarut diharapkan dapat diaplikasikan oleh pelaku usaha pada industrinya.

2.1. Diskusi dengan mitra

Diskusi dengan mitra dilakukan dengan kunjungan ke lokasi dan metode wawancara secara langsung antara tim pengabdian dengan pelaku usaha. Dari kunjungan dan diskusi tersebut, diperoleh informasi bahwa pelaku usaha mengalami kesulitan dalam hal pembuangan limbah padat yang berupa bungkil biji dan cangkang buahnya karena jumlahnya yang melimpah. Pada kegiatan tahun ini, kegiatan pengabdian difokuskan pada pengolahan cangkang nyamplung menjadi resin.

2.2. Studi literatur pengolahan cangkang biji nyamplung

Studi literatur dilakukan untuk menggali potensi sejauh mana limbah padat pengepresan minyak nyamplung dapat diolah dan dimanfaatkan. Dari berbagai sumber pustaka tersebut selanjutnya disusun ringkasan/resume untuk mendukung kegiatan pengolahan limbah. Selanjutnya dirumuskan metode yang memungkinkan untuk diaplikasikan di industri skala kecil dan menengah.

2.3. Penyuluhan

Kegiatan penyuluhan dilaksanakan secara bertahap di lokasi industri CV Plantanesia di Tasikmadu, Kecamatan Jaten, Kabupaten Karanganyar. Pada tahap ini, tim pengabdian lebih banyak berinteraksi dalam bentuk pemaparan peluang-peluang pengolahan limbah pengepresan minyak nyamplung. Setelah disepakati metode pengolahan yang

sesuai, selanjutnya dilakukan percobaan pendahuluan untuk mengekstrak resin dari cangkang yang dilakukan di laboratorium.

2.4. Percobaan pendahuluan di laboratorium

Eksperimen di laboratorium diperlukan untuk menganalisis dan mengkarakterisasi cangkang buah nyamplung dan kemampuannya untuk menghasilkan resin. Kegiatan ini dilaksanakan di laboratorium Program Studi Teknik Kimia FT UNS. Tahapan yang dilakukan meliputi persiapan bahan dan alat, proses pengambilan resin, pemurnian resin dan analisis fitokimia. Hasil percobaan tersebut selanjutnya diolah dan disusun dalam modul, untuk disampaikan pada mitra pada kegiatan pelatihan.

2.5. Penyusunan modul pelatihan

Modul pelatihan disusun berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan di laboratorium. Materi yang disampaikan khususnya berupa bahan (jumlah maupun kualitasnya), peralatan yang diperlukan dan rangkaiannya, cara kerja pengambilan resin dari cangkang nyamplung, kondisi proses yang optimal, perolehan (rendemen) resin dari sejumlah cangkang dan pelarut terbaik yang dipergunakan. Kemungkinan scale-up dari skala laboratorium juga disampaikan dalam modul tersebut.

6. Pelatihan

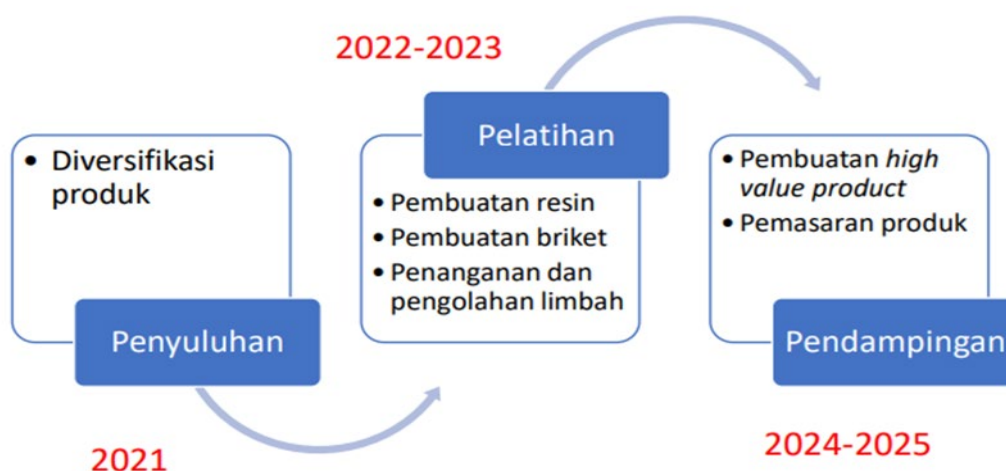
Pelaksanaan pelatihan dilakukan secara langsung pada kunjungan tahap kedua di lokasi CV Plantanesia, dimana tim pengabdian melakukan praktek pengambilan resin tahap demi tahap. Dalam kegiatan ini juga dibahas mengenai kemungkinan scale up rangkaian peralatan proses pengambilan resin untuk diaplikasikan di industri tersebut.

7. Evaluasi Kegiatan

Evaluasi kegiatan serta feed-back dilakukan secara bersama-sama dari pihak mitra maupun oleh tim pengabdian UNS. Metode yang digunakan untuk mengukur indeks kepuasan mitra berupa wawancara tertulis. Tanggapan dari pihak mitra diberikan setelah kegiatan selesai. Bimbingan dan konsultasi kepada pihak mitra terus dilakukan dan dimonitor guna mendukung tumbuh dan berkembangnya UMKM mitra.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian ini merupakan kegiatan lanjutan dari pengabdian sebelumnya [12], sesuai dengan roadmap grup riset Sumber Daya Hayati prodi Teknik Kimia FT UNS yang tertera pada Gambar 1. Permasalahan limbah bungkil dan cangkang buah nyamplung telah dibahas pada saat observasi. Kunjungan pertama pada kegiatan tahun ini membahas mengenai kemungkinan pengolahan limbah padat menjadi produk-produk yang bernilai ekonomi tinggi. Diskusi tersebut ditindaklanjuti dengan studi literatur untuk memperoleh metode yang tepat untuk mengolah cangkang nyamplung menjadi resin, percobaan di laboratorium dan pelatihan.



Gambar 1. Roadmap kegiatan pengabdian pada masyarakat grup riset Sumber Daya Hayati

3.1. Diskusi dengan mitra

Informasi yang diperoleh dari mitra menunjukkan bahwa masalah limbah padat ini cukup mendesak. Jumlah limbah bungkil dan cangkang tersebut cukup besar, dan selama ini hanya dibakar di sekitar lokasi, sehingga dapat mengganggu lingkungan sekitar meskipun dilakukan sedikit demi sedikit. Bungkil biji sempat dimanfaatkan sebagai pakan ternak oleh peternak setempat, namun ternyata menimbulkan masalah kesehatan bagi hewan ternaknya karena tidak diolah dengan benar. Pada kegiatan tahun ini, disepakati bahwa pengabdian difokuskan pada pengolahan cangkang nyamplung menjadi resin.

3.2. Studi literatur

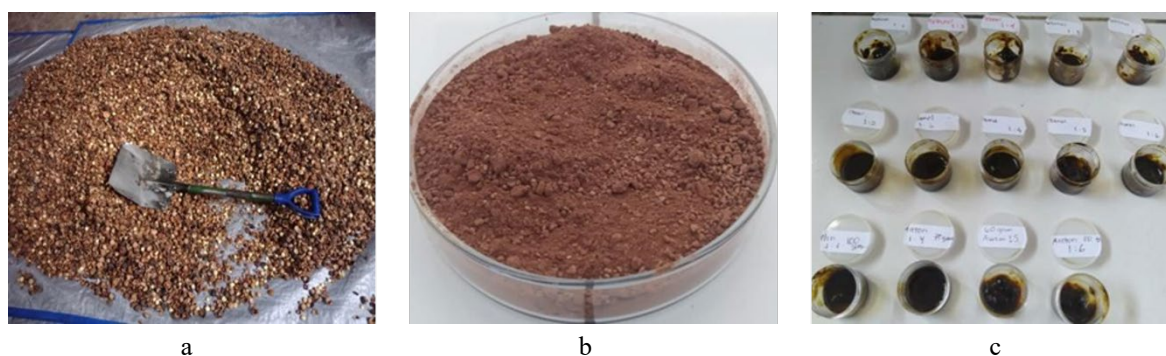
Penelitian mengenai pemanfaatan cangkang biji nyamplung pernah dilakukan sebelumnya [9,10]. Komponen yang dapat dimanfaatkan, utamanya adalah senyawa fenolik yang berguna sebagai bahan baku resin, serta kandungan selulosa dalam biomassa cangkang nyamplung. Senyawa-senyawa fenolik yang terkandung dalam tanaman nyamplung meliputi 3-oxofriedelin-28-oic acid, amentoflavone, calophyllic acid, canophyllic acid, and shikimic acid [13]. Kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam minyak biji nyamplung, sebagian di antaranya juga terkandung dalam cangkangnya. Resin dapat diperoleh dari cangkang nyamplung dengan metode ekstraksi menggunakan pelarut [9]. Pelarut yang optimal digunakan adalah metanol, karena mampu mengekstrak resin paling banyak dan harganya paling murah dibandingkan dengan pelarut lain seperti etanol dan heksan.

Di sisi lain, cangkang nyamplung juga merupakan biomassa yang memiliki nilai kalor tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku briket. Nilai kalor biomassa sangat dipengaruhi oleh kandungan atom-atom karbon, hidrogen dan oksigen dalam selulosa [14]. Briket dari cangkang nyamplung dapat dibuat dengan campuran perekat dari tepung tapioka dan memiliki kelebihan dari segi ekonomis dibandingkan bahan bakar minyak tanah [10].

Berdasarkan hasil diskusi dengan mitra, kegiatan pengabdian ini difokuskan pada metode pengolahan cangkang nyamplung menjadi resin, serta analisis produknya. Hal ini didasarkan pada pertimbangan kemudahan proses, sederhananya peralatan yang diperlukan dan nilai jual produk yang lebih tinggi dibandingkan dengan briket. Pelatihan pengolahan cangkang menjadi briket direncanakan untuk kegiatan di tahun mendatang.

3.3. Penyuluhan

Kegiatan penyuluhan yang pertama dilakukan pada tanggal 24 Juni 2022 di lokasi industri CV Plantanesia di Tasikmadu, Kecamatan Jaten, Kabupaten Karanganyar. Peluang-peluang pengolahan limbah pengepresan minyak nyamplung menjadi berbagai produk yang bernilai ekonomis dipaparkan secara langsung oleh tim pengabdian. Indikator keberhasilan dari tahapan ini adalah disepakatinya rencana pengolahan cangkang nyamplung menjadi resin alami.



Gambar 2 a). Cangkang nyamplung setelah dikeringkan, b) cangkang setelah dihaluskan, c) resin alami

3.4. Pembuatan resin skala laboratorium

Sebagai penelitian pendahuluan, sekaligus untuk menentukan kondisi optimal proses, dilakukan percobaan pengambilan resin di laboratorium Program Studi Teknik Kimia FT UNS. Metode pengambilan resin dari cangkang nyamplung merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, dengan pengembangan pada pemilihan pelarut untuk mengekstrak resin. Ekstraksi resin dari cangkang dilakukan dengan berbagai pelarut, dengan tujuan untuk memperoleh pelarut yang paling sesuai dan ekonomis untuk memperoleh resin dalam jumlah maksimal dan kualitas terbaik. Untuk menentukan pelarut yang sesuai, digunakan beberapa jenis pelarut polar

maupun non polar. Kondisi proses yang optimal untuk memperoleh resin dalam jumlah/rendemen terbanyak juga dipelajari.

Resin yang diperoleh selanjutnya dianalisis sifat fitokimianya untuk mengetahui komponen aktif yang terkandung di dalam cangkang nyamplung. Pengujian karakteristik fitokimia meliputi parameter alkaloid, flavonoid, saponin, tannin, steroid, dan triterpenoid. Pelarut yang terbaik, kondisi optimal hasil percobaan, dan hasil analisis fitokimia yang diperoleh selanjutnya diolah dan disusun dalam modul, untuk disampaikan pada mitra pada kegiatan pelatihan. Cangkang nyamplung dan resin yang dihasilkan terlihat pada Gambar 2.

3.5. Penyusunan modul pelatihan

Modul pelatihan disusun sebagai suatu ringkasan informasi untuk disampaikan pada mitra. Dengan modul tersebut diharapkan mitra dapat melanjutkan kegiatan pengolahan limbah secara mandiri, setelah dilakukan pelatihan. Materi yang disampaikan meliputi :

1. Rincian kebutuhan bahan (jumlah maupun kualitasnya),
2. Peralatan yang diperlukan dan rangkaiannya,
3. Cara kerja dan kondisi operasi pengambilan resin dari cangkang nyamplung,
4. Perolehan (rendemen) resin dari sejumlah tertentu cangkang dan pelarut,
5. Jenis pelarut terbaik yang dipergunakan,
6. Hasil analisis fitokimia.

3.6. Pelatihan pengambilan resin di lokasi industri mitra

Pelatihan pengambilan resin dilakukan pada hari Jumat tanggal 23 September 2022 di lokasi CV Plantanesia, desa Buran, Tasikmadu, Kabupaten Karanganyar (Gambar 3). Kegiatan ini dihadiri dan disaksikan oleh owner CV Plantanesia, para karyawan CV dan tim pengabdian dari UNS. Tahapan pengambilan resin meliputi penghancuran cangkang (size reduction), pengeringan dengan oven, ekstraksi dengan pelarut metanol, evaporasi pelarut serta pengeringan resin. Praktek proses pengambilan resin dilakukan dengan menggunakan peralatan dalam skala laboratorium.



Gambar 3. Pelatihan pengambilan resin dari cangkang buah nyamplung

Pelatihan berjalan dengan lancar diiringi dengan diskusi mengenai penentuan kondisi proses dan kemungkinan adanya kendala yang terjadi dalam pengolahan cangkang nyamplung tersebut. Dalam kegiatan ini juga dibahas mengenai kemungkinan scale up rangkaian peralatan proses pengambilan resin untuk diaplikasikan di industri tersebut.

3.7. Evaluasi kegiatan

Evaluasi kegiatan dilakukan secara bersama-sama oleh pihak mitra maupun oleh tim pengabdian UNS. Metode yang digunakan untuk mengukur indeks kepuasan mitra berupa wawancara tertulis. Mitra memberikan tanggapan yang positif atas kegiatan ini, dan menyampaikan bahwa pengabdian yang dilakukan Tim UNS ke CV Plantanesia sangat dirasakan manfaatnya. Salah satu bentuk limbah nyamplung, cangkangnya terbukti bisa dijadikan produk lain yaitu resin yang bernilai ekonomis dan cara pengolahannya telah ditunjukkan oleh Tim UNS. Hal ini tentu menambah wawasan dan bermanfaat bagi pelaku usaha dan juga meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan melalui pengolahan limbah hasil olahan nyamplung menjadi produk turunan bernilai jual. Bimbingan dan konsultasi kepada pihak mitra perlu terus dilakukan dan dimonitor guna mendukung tumbuh dan berkembangnya UMKM mitra. Diharapkan pelatihan ini mampu membantu mengatasi permasalahan limbah di CV Plantanesia sekaligus meningkatkan pendapatan dari produk resin yang dapat dijual ke industri yang membutuhkan.

4. KESIMPULAN

Limbah padat industri pengepresan minyak biji nyamplung yang berupa cangkang terbukti dapat diolah menjadi resin, yang menurut hasil analisis positif mengandung senyawa saponin. Keberhasilan dalam kegiatan ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan pengolahan limbah padat di CV Plantanesia sekaligus meningkatkan nilai tambah produksi, karena adanya produk samping berupa resin yang dapat dijual ke industri lain yang membutuhkan. Program pengabdian ini juga direncanakan untuk terus berlanjut merealisasikan pemanfaatan dan pengolahan limbah lain yang berupa bungkil/ampas biji agar dapat dihasilkan produk lain yang bernilai ekonomis tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada CV Plantanesia selaku mitra dalam pengabdian masyarakat ini dan kepada LPPM Universitas Sebelas Maret melalui Skim Penugasan Pengabdian Hibah Riset Grup (HRG)-Pengabdian tahun 2022 dana non-APBN Universitas Sebelas Maret dengan nomor kontrak 255/UN27.22/PM.01.01/2022.

PUSTAKA

- [1] I.W.W. Susila, *Nyamplung Tanaman Multifungsi*, PT Kanisius, Yogyakarta, 2018.
- [2] I.A. Pratama, I. Kurniaty, U.H. Hasyim, G. Fitriyano, "Review: Pemanfaatan Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) sebagai Bahan Baku Biodiesel Berdasarkan Proses Produksi dan Penambahan Katalis," *Jurnal Konversi*. 10 (2021).
- [3] S. Hasibuan, N. Made Ayu Yudawati, "Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Hasil Purifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.)," *Agritech*. 33 (2013).
- [4] I.K. Kartika, D.D.K. Sari, A.F. Pahan, O. Suparno, D. Ariono, "Ekstraksi Minyak Dan Resin Nyamplung Dengan Campuran Pelarut Heksan-Etanol," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 27 161–171 (2017). <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.2.161>.
- [5] V. Nguyen, C. Truong, B. Cao, Q. Nguyen, V. Vo, T. Dao, V. Nguyen, D.T. Trinh, "Anti-inflammatory and wound healing activities of calophyllolide isolated from *Calophyllum inophyllum* Linn.," 12 1–16 (2017).
- [6] C. Praveena, S. R.S., C. Veeresham, "Phytochemical Investigation of *Calophyllum Inophyllum* Linn.," *Nat Prod Chem Res*. 1 4–7 (2013). <https://doi.org/10.4172/2329-6836.1000119>.
- [7] C. Ito, T. Murata, M. Itoigawa, K. Nakao, N. Kaneda, H. Furukawa, "Apoptosis inducing activity of 4-substituted coumarins from *Calophyllum brasiliense* in human leukaemia," *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 58 975–980 (2006). <https://doi.org/10.1211/jpp.58.7.0013>.
- [8] W. Liu, Y. Liu, Z. Chen, W. Chiou, Y. Tsai, C. Chen, "Calophyllolide Content in *Calophyllum inophyllum* at Different Stages of Maturity and Its Osteogenic Activity," 12314–12327 (2015). <https://doi.org/10.3390/molecules200712314>.
- [9] I.A. Kartika, R.I. Rabbani, N.D. Yuliana, "Potensi Cangkang Buah Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) sebagai Sumber Resin Alami," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 29 269–277 (2019). <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2019.29.3.269>.
- [10] F. Hazra, N. Sari, "Biomassa Tempurung Buah nyamplung (*Calophyllum* spp) untuk Pembuatan Briket

- Arang sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *Jurnal Sains Terapan Edisi I*. 1 8–13 (2011).
- [11] M.A. Almu, Syahrul, Y.A. Padang, “Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dan Abu Sekam Padi,” *Dinamika Teknik Mesin*. 4 117–122 (2014).
- [12] D.A. Setyawardhani, R. Rakhmawati, M. Kaavessina, Y.C. Danarto, “Diversifikasi Pemanfaatan Minyak Biji Nyamplung sebagai Upaya Meningkatkan Nilai Tambah Produksi di CV Plantanesia,” *SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, Dan Seni Bagi Masyarakat)*. 11 76 (2022). <https://doi.org/10.20961/semar.v11i1.55835>.
- [13] J. Prasad, A. Shrivastava, A.K. Khanna, G. Bhatia, S.K. Awasthi, T. Narender, “Antidyslipidemic and antioxidant activity of the constituents isolated from the leaves of *Calophyllum inophyllum*,” *Phytomedicine*. 19 1245–1249 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.09.001>.
- [14] D.S. Nawawi, A. Carolina, T. Saskia, D. Darmawan, S.L. Gusvina, N.J. Wistara, R.K. Sari, W. Syafii, “Karakteristik Kimia Biomassa untuk Energi,” *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis*. 16 44–51 (2018).