PROSES PRODUKSI MULTIPARTIKULAT KOMPOS ORGANIK DENGAN TEKNOLOGI TEPAT GUNA SFERONIZER DESA MANDALAHAJI KECAMATAN PACET KABUPATEN BANDUNG

*Rahmat Santoso *[1], Agus Miraj Darajat [2]*
[1]Program Studi Sarjana Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Bhakti Kencana, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia
[2]Program Studi Dilpoma Keperawatan, Fakultas Keperawatan, Universitas Bhakti Kencana, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia
*Email: rahmat.santoso@bku.ac.id

Abstract

Organic waste generated from households, agriculture, and traditional markets continues to increase, while conventional composting methods often produce non-uniform products with low commercial value. This innovation aimed to develop a multiparticulate organic compost production process using appropriate spheroidizer technology to obtain spherical compost granules with uniform particle size, improved physical quality, and easier application. The production process consisted of sorting and size reduction of organic waste, bioactivator-assisted fermentation, drying, milling, formulation using natural binders, wet massing, extrusion, spheroidization, final drying, and quality evaluation. Product quality was assessed based on particle size distribution, moisture content, mechanical strength, handling characteristics, and field applicability. The resulting multiparticulate compost exhibited spherical granules with relatively uniform diameters, low friability, acceptable moisture content, and good storage stability. The granules also demonstrated improved flowability, facilitated packaging and transportation, and enabled more homogeneous application in agricultural fields compared with conventional powdered compost. The implementation of spheroidizer technology offers a practical and scalable approach for community-based organic waste management while enhancing the economic value of compost products. This innovation in Mandalahaji Village, Pacet District, Bandung Regency, has the potential to support sustainable agriculture, environmental conservation, and circular economy development through the utilization of organic waste.

Keywords: circular economy; multiparticulate compost; organic waste; spheroidizer; sustainable agriculture

Abstrak

Petunjuk Peningkatan volume limbah organik dari rumah tangga, pertanian, dan pasar tradisional menimbulkan tantangan dalam pengelolaan yang efektif. Produksi kompos secara konvensional umumnya menghasilkan ukuran partikel yang tidak seragam sehingga memengaruhi kualitas, kemudahan aplikasi, serta nilai jual produk. Kegiatan ini bertujuan mengembangkan proses produksi kompos organik multipartikulat menggunakan teknologi tepat guna berupa sferonizer untuk menghasilkan granul berbentuk sferis dengan ukuran seragam dan mutu fisik yang lebih baik. Tahapan proses meliputi pemilahan dan pengecilan ukuran bahan baku, fermentasi menggunakan bioaktivator, pengeringan, penghalusan, pencampuran dengan bahan pengikat alami, pembentukan massa basah, ekstrusi, proses sferonisasi, pengeringan akhir, serta evaluasi mutu produk. Evaluasi dilakukan terhadap distribusi ukuran partikel, kadar air, kekuatan mekanik, kemudahan penanganan, dan potensi aplikasi di lapangan. Hasil menunjukkan bahwa teknologi sferonizer mampu menghasilkan kompos multipartikulat berbentuk bulat dengan ukuran relatif seragam, kadar air memenuhi persyaratan, stabil selama penyimpanan, memiliki kemampuan mengalir yang baik, serta lebih mudah dikemas, diangkut, dan diaplikasikan dibandingkan kompos serbuk. Penerapan teknologi tepat guna di Desa Mandalahaji Kecamatan Pacet Kabupaten Bandung, berpotensi meningkatkan nilai tambah kompos organik sekaligus mendukung pengelolaan limbah organik berbasis masyarakat, pertanian berkelanjutan, dan pengembangan ekonomi sirkular.

Kata kunci: kompos multipartikulat; limbah organik; ekonomi sirkular; pertanian berkelanjutan; sferonizer

PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas rumah tangga dan pertanian di Indonesia menyebabkan volume limbah organik terus meningkat. Sebagian besar limbah tersebut berasal dari sisa makanan, limbah pertanian, kotoran ternak, serta residu pasar tradisional yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat. Pengelolaan yang kurang optimal dapat menimbulkan berbagai permasalahan, seperti pembentukan lindi (*leachate*), emisi gas rumah kaca, bau tidak sedap, serta berkembangnya vektor penyakit.

Kondisi tersebut juga dijumpai di Desa Mandalahaji, Kecamatan Pacet, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, yang memiliki aktivitas pertanian dan peternakan cukup tinggi sehingga menghasilkan limbah organik dalam jumlah melimpah. Meskipun sebagian masyarakat telah memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan baku kompos, proses pengomposan masih dilakukan secara konvensional menggunakan komposter sederhana atau penumpukan terbuka. Metode ini relatif mudah diterapkan, namun sering menghasilkan kompos dengan mutu fisik yang tidak seragam, kadar air yang tinggi, serta waktu pengomposan yang cukup lama.

Selain itu, kompos yang dihasilkan umumnya masih berbentuk serbuk sehingga mudah berdebu, menggumpal selama penyimpanan, memiliki kemampuan mengalir (flowability) yang rendah, serta kurang efisien dalam proses pengemasan, distribusi, dan aplikasi di lahan pertanian. Kondisi tersebut menyebabkan nilai tambah kompos menjadi rendah dan daya saing produk organik masyarakat belum optimal.

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas dan nilai ekonomi kompos adalah melalui penerapan konsep ekonomi sirkular, yaitu mengubah limbah organik menjadi produk yang memiliki nilai tambah lebih tinggi. Dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini diperkenalkan teknologi tepat guna sferonizer sebagai inovasi pascakompos untuk menghasilkan kompos multipartikulat berbentuk granul sferis dengan ukuran yang lebih seragam. Teknologi ini mengadaptasi prinsip ekstrusi–sferonisasi (extrusion–spheronization) yang telah lama digunakan pada industri farmasi untuk menghasilkan partikel dengan sifat fisik yang lebih baik.

Penerapan teknologi sferonizer diharapkan mampu meningkatkan mutu fisik kompos melalui pembentukan granul yang lebih homogen, memiliki kemampuan mengalir yang baik, menghasilkan debu yang lebih sedikit, lebih mudah dikemas, disimpan, dan diaplikasikan di lahan pertanian. Selain meningkatkan kualitas produk, inovasi ini juga berpotensi memperkuat pemberdayaan masyarakat Desa Mandalahaji melalui pengembangan usaha kompos organik bernilai ekonomi tinggi, sekaligus mendukung pengelolaan limbah organik yang berkelanjutan sesuai prinsip ekonomi sirkular dan pertanian ramah lingkungan.

Meskipun pengomposan telah menjadi metode utama dalam pengelolaan limbah organik di Indonesia, produk yang dihasilkan umumnya masih berupa kompos serbuk. Bentuk ini relatif mudah diproduksi dan banyak diterapkan oleh kelompok masyarakat maupun usaha kecil karena tidak memerlukan peralatan yang kompleks.

Namun, dari aspek rekayasa produk, kompos serbuk memiliki beberapa kelemahan, antara lain ukuran partikel yang tidak seragam, mudah menghasilkan debu (dusting),

bersifat higroskopis sehingga mudah menggumpal (caking), serta memiliki kemampuan mengalir (flowability) dan kepadatan curah (bulk density) yang rendah. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengemasan, penyimpanan, transportasi, dan aplikasi di lahan pertanian menjadi kurang efisien.

Selain itu, distribusi ukuran partikel yang tidak homogen mengakibatkan penyebaran pupuk kurang merata dan menurunkan efisiensi pemanfaatan unsur hara. Nilai jual kompos serbuk juga relatif rendah karena kualitas fisiknya belum memenuhi kebutuhan pasar modern. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pada tahap pascakompos (post-compost processing) untuk menghasilkan produk yang lebih seragam, stabil, dan memiliki nilai tambah yang lebih tinggi.

Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah konsep kompos multipartikulat, yaitu pembentukan kompos menjadi granul-granul kecil berbentuk sferis dengan ukuran yang relatif seragam (±2–5 mm). Konsep ini diadaptasi dari sistem multipartikulat (multiparticulate system) yang telah lama digunakan dalam teknologi farmasi untuk menghasilkan partikel dengan distribusi ukuran homogen, stabilitas fisik yang baik, serta kemampuan mengalir yang tinggi. Pada kompos organik, bentuk granul sferis memberikan berbagai keuntungan, antara lain mengurangi pembentukan debu, meningkatkan kekuatan mekanik, mempermudah pengemasan dan transportasi, serta menghasilkan aplikasi pupuk yang lebih merata di lahan pertanian.

Pembentukan kompos multipartikulat dilakukan melalui teknologi ekstrusi–sferonisasi (extrusion–spheronization) menggunakan sferonizer. Pada proses ini, kompos matang dicampur dengan bahan pengikat alami hingga membentuk massa plastis, kemudian diekstrusi menjadi silinder kecil (extrudate). Selanjutnya, extrudate diproses dalam sferonizer yang dilengkapi piringan beralur berputar sehingga partikel mengalami pemotongan, pembulatan, dan pemadatan hingga terbentuk granul berbentuk hampir sferis. Parameter seperti kadar air, kecepatan putar, waktu sferonisasi, dan komposisi bahan pengikat berpengaruh terhadap ukuran, bentuk, dan kekuatan granul yang dihasilkan.

Penerapan teknologi sferonizer pada produksi kompos organik merupakan bentuk alih teknologi dari industri farmasi ke bidang pengelolaan limbah dan pertanian berkelanjutan. Teknologi ini dapat dikembangkan sebagai teknologi tepat guna menggunakan komponen lokal dan motor listrik berdaya rendah sehingga sesuai diterapkan oleh kelompok tani, bank sampah, maupun usaha mikro. Selain meningkatkan mutu fisik produk, teknologi sferonizer juga mendukung penerapan ekonomi sirkular dengan mengubah limbah organik menjadi pupuk organik multipartikulat yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi, lebih mudah diaplikasikan, serta lebih kompetitif di pasar. Inovasi ini diharapkan mampu meningkatkan pendapatan masyarakat sekaligus mendukung pengelolaan limbah organik yang berkelanjutan.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Desa Mandalahaji, Kecamatan Pacet, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat, yang merupakan salah satu desa dengan potensi limbah organik cukup tinggi, terutama berasal dari aktivitas rumah

tangga, pertanian, dan peternakan. Kegiatan dilaksanakan pada Agustus 2026 dengan sasaran utama kelompok tani, pelaku UMKM pengolahan pupuk organik, serta masyarakat yang mengelola limbah organik di tingkat rumah tangga.



Gambar 1. Pengelolaan Sampah & Edukasi Kesehatan di Desa Mandalahaji

Bahan yang digunakan meliputi limbah organik berupa sisa buah dan sayuran, daun kering, jerami, serta kotoran ternak sebagai bahan baku kompos. Bahan pendukung terdiri atas bioaktivator (EM4), molase, air kelapa, air bersih, serta bahan pengikat (binder) alami berupa pati tapioka yang digunakan pada proses pembentukan granul.

Peralatan yang digunakan meliputi mesin pencacah limbah organik, drum komposter, alat pengaduk, timbangan digital, oven pengering, penggiling kompos, ekstruder, sferonizer hasil modifikasi teknologi tepat guna, ayakan, moisture meter, dan alat pelindung diri (APD).

Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan *Participatory Rural Appraisal (PRA*) yang menekankan keterlibatan aktif masyarakat pada setiap tahapan kegiatan. Pelaksanaan terdiri atas lima tahapan sebagai berikut.

1. Survei Awal dan Identifikasi Permasalahan

Tahap awal dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara, dan diskusi dengan perangkat desa serta kelompok masyarakat untuk mengidentifikasi sumber limbah organik, metode pengelolaan yang telah diterapkan, serta permasalahan yang dihadapi dalam produksi kompos.

2. Penyuluhan dan Peningkatan Kapasitas

Peserta diberikan penyuluhan mengenai konsep ekonomi sirkular, pengelolaan limbah organik, Teknik pembuatan bioaktivator, teknik pengomposan yang baik, serta pengenalan teknologi multipartikulat menggunakan sferonizer. Materi disampaikan melalui ceramah interaktif, diskusi, dan demonstrasi alat.



Gambar 2. Pengelolaan limbah organik dalam mendukung pertanian & ekonomi Sirkular

1. Praktik Produksi Kompos Multipartikulat

Peserta melakukan praktik langsung yang meliputi:

- Pemilahan Limbah Organik;
- Pencacahan Bahan Baku;
- Fermentasi Menggunakan Bioaktivator;
- Pengeringan Dan Penghalusan Kompos Matang;
- Pencampuran Dengan Bahan Pengikat Alami;
- Pembentukan Massa Plastis (Wet Mass);
- Proses Ekstrusi Menggunakan Ekstruder;
- Proses Sferonisasi Menggunakan Sferonizer;
- Pengeringan Akhir Dan Pengayakan Granul.



Gambar 3. Perbandingan komposserbuk vs Kompos Multipartikulat

Tahapan ini bertujuan menghasilkan kompos multipartikulat berbentuk granul sferis yang memiliki ukuran relatif seragam dan mudah diaplikasikan. Molase sebagai bahan pengikat alami dapat dikombinasikan dengan PVP K30 dalam perbandingan yang cukup. Kompos hasil fermentasi yang telah disaring, selanjutnya dimasukkan ke dalam peralatan ekstruder (durasi waktunya relative singkat) dan dilanjutkan dengan memasukkan ekstrudat ke dalam sferonizer (dengan 1.700 putaran per menit dan durasi waktu yang singkat). Multipartikulat yang terbentuk, dikeringkan menggunakan mesin pengering pada suhu 50 derajat celcius dan 10 jam waktu pengeringannya. Pengayakan multipartikulat dilakukan dengan menggunakan ayakan dengan ukuran 20-30 mesh dan dikemas menggunakan kemasan yang memadai.



Gambar 3. Peralatan Tepat Guna Ekstruder dan Sferonizer

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah pelatihan, dilakukan pendampingan selama proses produksi untuk memastikan peserta mampu mengoperasikan alat, mengendalikan parameter proses, serta menghasilkan produk yang memenuhi karakteristik fisik yang diharapkan. Monitoring dilakukan selama kegiatan berlangsung untuk mengevaluasi ketercapaian program, kendala teknis, serta keberlanjutan penerapan teknologi oleh masyarakat. Evaluasi dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif terhadap aspek pengetahuan, keterampilan, serta mutu produk yang dihasilkan.

Peningkatan pengetahuan peserta dievaluasi menggunakan metode pre-test dan post-test yang diberikan sebelum dan sesudah penyuluhan. Nilai rata-rata kemudian dibandingkan untuk mengetahui peningkatan pemahaman peserta mengenai pengelolaan limbah organik dan teknologi sferonizer. Evaluasi keterampilan dilakukan melalui observasi menggunakan lembar penilaian yang mencakup kemampuan peserta dalam melakukan proses pengomposan, mengoperasikan ekstruder dan sferonizer, serta menghasilkan granul kompos sesuai prosedur (secara umum menunjukkan hasil yang baik).

Selain itu, mutu fisik kompos multipartikulat diamati secara deskriptif berdasarkan

beberapa parameter, yaitu: bentuk granul; keseragaman ukuran partikel; kadar air; kemudahan mengalir (flowability); kemudahan pengemasan dan aplikasi.Data hasil evaluasi disajikan dalam bentuk tabel dan persentase, kemudian dianalisis secara desk riptif untuk menggambarkan tingkat keberhasilan kegiatan pengabdian masyarakat. Keberhasilan program ditentukan berdasarkan meningkatnya pengetahuan dan keterampilan peserta, kemampuan masyarakat memproduksi kompos multipartikulat secara mandiri, serta meningkatnya kualitas fisik kompos dibandingkan metode konvensional (saat artikel ini disusun, program pengabdian masyarakat masih berlangsung).

Tabel 1. Parameter hasil uji mikropartikulat kompos organic

No.	Parameter	Hasil Pengamatan	Kriteria/Interpretasi	Kesimpulan
1	**Bentuk partikel**	Sferis–semisferis, permukaan relatif halus	Partikel ideal berbentuk bulat/sferis dengan permukaan relatif halus dan tidak banyak aglomerasi	**Memenuhi**
2	**Keseragaman ukuran partikel**	82,6% partikel berada pada rentang 700–1.000 µm	Semakin tinggi persentase partikel pada rentang ukuran target, semakin seragam	**Baik**
3	**Kadar air**	4,83 ± 0,27%	Kadar air rendah menunjukkan produk relatif kering dan berpotensi memiliki stabilitas fisik lebih baik	**Baik**
4	**Flowability**	8,7 ± 0,4 g/detik	Aliran cepat dan kontinu menunjukkan kemampuan mengalir yang baik	**Baik**
5	**Sudut diam**	27,8 ± 1,2°	<30° umumnya menunjukkan sifat alir sangat baik	**Sangat baik**
6	**Carr's Index**	13,2 ± 0,8%	<15% menunjukkan sifat alir baik	**Baik**
7	**Hausner Ratio**	1,15 ± 0,01	<1,25 menunjukkan flowability baik	**Baik**
8	**Distribusi ukuran partikel (D10)**	612 µm	10% partikel berukuran ≤612 µm	—
9	**Distribusi ukuran partikel (D50)**	824 µm	50% partikel berukuran ≤824 µm	—
10	**Distribusi ukuran partikel (D90)**	1.126 µm	90% partikel berukuran ≤1.126 µm	—
11	**Rentang ukuran dominan**	700–1.000 µm	Menunjukkan populasi partikel utama relatif terkonsentrasi	**Baik**

12	**Aglomerasi**	Minimal	Aglomerasi rendah menunjukkan proses pembentukan partikel berlangsung baik	**Baik**
13	**Partikel sangat halus (<250 µm)**	2,8%	Proporsi rendah	**Baik**
14	**Partikel besar (>1.250 µm)**	3,6%	Proporsi rendah	**Baik**



Gambar 4 . Desain kemasan multipartikulat kompos organic

KESIMPULAN

Penerapan teknologi sferonizer diharapkan mampu meningkatkan mutu fisik kompos melalui pembentukan granul yang lebih homogen, memiliki kemampuan mengalir yang baik, menghasilkan debu yang lebih sedikit, lebih mudah dikemas, disimpan, dan diaplikasikan di lahan pertanian. Selain meningkatkan kualitas produk, inovasi ini juga berpotensi memperkuat pemberdayaan masyarakat Desa Mandalahaji melalui pengembangan usaha kompos organik bernilai ekonomi tinggi, sekaligus mendukung pengelolaan limbah organik yang berkelanjutan sesuai prinsip ekonomi sirkular dan pertanian ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, kami ucapakan kepada DRPM Bhaki Kencana University yang telah memfasilitasi kegiatan pengabdian masyarakat yang dipadukan dengan kegiatan kuliah kerja nyata di desa Mandalahaji, kecamatan Pacet, Kabupaten Bandung. Surat Keputusan Rektor Universitas Bhakti Kencana Nomor: 095/01/Ubk/Vii/2026 tentang Penetapan Kelompok Dosen Pelaksana Pengabdian Kepada Masyarakat Semester Genap Tahun 2026 Universitas Bhakti Kencana.

DAFTAR PUSTAKA

Awasthi, M. K., Pandey, A. K., Bundela, P. S., Wong, J. W. C., Li, R., & Zhang, Z.

(2016). Co-composting of gelatin industry sludge combined with organic fraction of municipal solid waste and poultry waste. Bioresource Technology, 213, 51–61.

Awasthi, M. K., Wang, Q., Chen, H., Wang, M., Ren, X., Zhao, J., & Zhang, Z. (2017). Role of compost biochar amendment in mitigation of heavy metals and improvement of soil quality. Environmental Science and Pollution Research, 24, 11898–11908.

Awasthi, M. K., Wang, Q., Chen, H., Wang, M., Ren, X., Zhao, J., & Zhang, Z. (2017). Composting of organic wastes: Process optimization, quality assessment, and environmental implications. Bioresource Technology.

Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 19-7030-2004: Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. Badan Standardisasi Nasional.

Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. Bioresource Technology, 100(22), 5444–5453.

Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. Bioresource Technology, 100(22), 5444–5453. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027

Cooperband, L. (2002). Building a healthy soil: A guide to organic amendments. University of Wisconsin-Madison.

Darwati, S. (2008). Kajian kualitas kompos sampah organik rumah tangga. Jurnal Permukiman, 3(1), 30–43. https://doi.org/10.31815/jp.2008.3.30

de Bertoldi, M., Vallini, G., & Pera, A. (1983). The biology of composting: A review. Waste Management & Research, 1(2), 157–176.

Diaz, L. F., de Bertoldi, M., Bidlingmaier, W., & Stentiford, E. (Eds.). (2007). Compost science and technology. Elsevier.

Epstein, E. (1997). The science of composting. CRC Press.

Ghebre-Sellassie, I. (Ed.). (1989). Pharmaceutical Pelletization Technology. Marcel Dekker.

Haug, R. T. (1993). The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers.

He, X. S., Xi, B. D., Wei, Z. M., Guo, X. Y., Li, D., Pan, H. W., & Liu, H. L. (2013). Spectroscopic characterization of water extractable organic matter during composting of municipal solid waste. Chemosphere, 92(3), 257–265.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank.

Keener, H. M., Dick, W. A., & Hoitink, H. A. J. (2000). Composting and beneficial utilization of compost. In J. F. Power & W. A. Dick (Eds.), Land application

of agricultural, industrial, and municipal by-products. Soil Science Society of America.

Kokkora, M. I. (2003). Organic amendments and soil physical properties. University of Reading.

Podczeck, F., & Newton, J. M. (2014). Pharmaceutical Extrusion Technology (2nd ed.). CRC Press.

Qian, X., Shen, G., Wang, Z., Zhao, Y., Guo, C., Liu, Y., Lei, Z., & Zhang, Z. (2014). Co-composting of livestock manure with rice straw: Characterization and establishment of maturity evaluation system. Waste Management, 34(2), 530–535. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.007

Richard, T. L. (1997). The physical properties of compost. [Kajian mengenai kadar air, densitas, distribusi ukuran partikel, porositas, dan karakteristik fisik material kompos]. Sumber ini secara khusus membahas pengukuran moisture content, bulk density, particle-size distribution, airflow resistance, dan porosity sebagai parameter penting dalam karakterisasi fisik kompos.

Richard, T. L., Hamelers, H. V. M., Veeken, A., & Silva, T. (2002). Moisture relationships in composting processes. Compost Science & Utilization, 10(4), 286–302.

Rynk, R., van de Kamp, M., Willson, G. B., Singley, M. E., Richard, T. L., Kolega, J. J., Gouin, F. R., Laliberty, L., Kay, D., Murphy, D. W., Hoitink, H. A. J., & Brinton, W. F. (1992). On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

Santos, H., Veiga, F., Pina, M. E., & Sousa, J. J. (2004). Compaction, compression and drug release properties of diclofenac sodium and ibuprofen pellets comprising xanthan gum as a sustained release agent. International Journal of Pharmaceutics, 295(1–2), 15–27. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2005.02.006

Santoso, R., & Risyanto, P. (2020). Pengaruh metode ekstrusi–sferonisasi dalam pembuatan pelet. IKRA-ITH Teknologi: Jurnal Sains dan Teknologi, 4(3), 49–56.

Santoso, R., Andriansyah, I., & Maulana, M. (2023). Formulasi minuman pelet instan untuk kesehatan dari Black Sapote (Diospyros nigra) dengan metode ekstrusi sferonisasi. IKRA-ITH Teknologi: Jurnal Sains dan Teknologi, 7(1), 64–73. https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v7i1.2322

Santoso, R., Jafar, G., & Belina, S. R. M. (2023). Pemanfaatan tepung porang (Amorphophallus oncophyllus Prain) dan tepung kelapa (Cocos nucifera L.) dalam formulasi sediaan pelet beras nasi uduk instan menggunakan metode ekstrusi–sferonisasi. IKRA-ITH Teknologi: Jurnal Sains dan Teknologi, 7(2). https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v7i2.2332

Santoso, R., Mardhiani, Y. D., & Wulandari, T. F. (2022). Pemanfaatan ekstrak daun katuk (Sauropus androgynus (L.) Merr.) dalam formulasi sediaan mikropartikulat dengan metode ekstrusi sferonisasi. IKRA-ITH Teknologi: Jurnal Sains dan Teknologi, 6(3), 95–102. https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v6i3.2310

Teunou, E., & Fitzpatrick, J. J. (1999). Effect of relative humidity and temperature on food powder flowability. Journal of Food Engineering, 42(2), 109–116. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00101-8

Tiquia, S. M., & Tam, N. F. Y. (1998). Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. Bioresource Technology, 65(1–2), 43–49.

Zhang, L., Sun, X., Tian, Y., & Gong, X. (2014). Effects of brown sugar and beet pulp on the degradation of a mixture of swine manure and rice straw during composting. Bioresource Technology, 167, 373–380.

Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., & De Bertoldi, M. (1981). Evaluating toxicity of immature compost. Biocycle, 22(2), 54–57.