



Pembuatan Limbah Kertas Menjadi *Seed Paper* dalam Pembibitan Tanaman

Fauziah Aliy Ash Shidiq¹, Lutfiah Ananda^{2*}, Patricia Shyely Yolanda Manik³, Yuyun Yuniar Rohmatin⁴

¹⁻⁴Teknik Industri, Universitas Gunadarma, Indonesia

Email: fauziaaliyashshidiq@gmail.com¹, lutfiannnd@gmail.com², yolandapatricia674@gmail.com³

*Penulis Korespondensi: lutfiannnd@gmail.com

Abstract. *The continuous increase in paper consumption has a direct impact on waste accumulation and environmental degradation due to the exploitation of wood as the primary raw material. This study aims to design an innovative product called seed paper as a solution for managing paper and cardboard waste, transforming it into something more useful while supporting Sustainable Development Goal (SDG) No. 12 on responsible consumption and production. The production method involves several stages: processing waste into pulp, mixing it with chili seeds, followed by natural printing and drying. The analysis shows that both paper and cardboard waste can be processed into an effective planting medium, where the paper naturally decomposes and the embedded seeds germinate once planted. In terms of production costs, one batch of seed paper requires approximately Rp23.000 for the paper variant and cardboard variant. Technically, this process demonstrates that waste, which would otherwise accumulate in landfills, can be transformed into an innovative product that promotes reforestation while also carrying economic value through a structured calculation of the cost of goods sold.*

Keywords: *Chili Seeds; Cost of Production; Recycling; Seed Paper; Sustainable Development.*

Abstrak. Peningkatan konsumsi kertas yang terus melonjak berdampak langsung pada penumpukan limbah dan kerusakan lingkungan akibat eksploitasi kayu sebagai bahan baku utama. Penelitian ini bertujuan untuk merancang inovasi produk bernama *seed paper* sebagai solusi pengelolaan limbah kertas dan kardus yang lebih bernilai guna serta mendukung prinsip *Sustainable Development Goals* (SDGs) nomor 12 mengenai konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab. Metode pembuatan yang digunakan meliputi tahapan pengolahan limbah menjadi bubur (*pulp*), pencampuran dengan benih cabai, hingga proses pencetakan dan pengeringan alami. Hasil analisis menunjukkan bahwa baik limbah kertas maupun kardus dapat diolah menjadi media tanam yang efektif, dimana kertas akan terurai secara alami dan benih di dalamnya akan tumbuh setelah ditanam. Dalam proses produksinya, satu *batch* pembuatan *seed paper* memerlukan biaya bahan baku sekitar Rp27.900 untuk varian kertas dan Rp28.400 untuk varian kardus. Secara teknis, pembuatan ini berhasil membuktikan bahwa limbah yang biasanya menumpuk di TPA dapat ditransformasi menjadi produk inovatif yang mendukung penghijauan sekaligus memiliki nilai ekonomis melalui perhitungan harga pokok penjualan yang terstruktur.

Kata Kunci: Benih Cabai; Biaya Produksi. Daur Ulang; Pembangunan Berkelanjutan; *Seed Paper*.

1. LATAR BELAKANG

Penggunaan kertas saat ini mengalami peningkatan yang signifikan, seiring dengan pertumbuhan populasi dan kebutuhan informasi dalam berbagai bidang. Menurut data dari Asosiasi Kertas Internasional, konsumsi kertas global mencapai lebih dari 400 juta ton pada tahun 2020, dengan sektor penerbitan dan kemasan sebagai penyumbang terbesar. Namun, meningkatnya permintaan ini juga menyebabkan dampak lingkungan yang serius, termasuk deforestasi, peningkatan emisi karbon, dan pencemaran. Dalam konteks ini, banyak perusahaan dan organisasi mendorong pengurangan penggunaan kertas melalui digitalisasi dan teknologi ramah lingkungan. Indonesia merupakan salah satu penghasil kertas dan *pulp* terbesar yang berada dalam urutan ke-3. Penggunaan kertas dalam aktivitas industri maupun rumah tangga

terus meningkat seiring perkembangan teknologi informasi, kebutuhan dokumentasi, serta pertumbuhan sektor pengemasan (Meilinda et al., 2023). Peningkatan konsumsi ini diikuti oleh bertambahnya jumlah limbah kertas yang belum dikelola dengan optimal. Limbah kertas yang tidak terolah menumpuk di tempat pembuangan akhir, menimbulkan pencemaran lingkungan, dan mempercepat berkurangnya kapasitas Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Selain itu, tingginya ketergantungan industri terhadap bahan baku kayu menimbulkan tekanan besar terhadap keberlanjutan sumber daya alam. Oleh karena itu, diperlukan inovasi yang mampu memberikan nilai tambah pada limbah kertas sekaligus mendukung konsep *circular economy*.

Dalam bidang Pembuatan Produk, limbah kertas yang diolah menjadi *seed paper* merupakan contoh pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai melalui tahapan pembuatan konsep hingga pembuatan prototipe. *Pulp* merupakan produk akhir dari bahan baku limbah kertas yang sudah menjadi serat dengan beberapa proses pembuatan (Meilinda, 2023). Proses ini mempertimbangkan performa kertas, kemampuan perkecambahan, tampilan, serta harga pokok penjualan produk. Metode pembuatan yang digunakan lebih singkat dan terarah, mulai dari pemilihan bahan hingga proses pencetakan dan pengeringan. Setiap tahapan telah direncanakan dengan jelas, sehingga dapat mengurangi kesalahan dan pengulangan proses. Material teknik, karakteristik limbah kertas dan kardus perlu dianalisis karena mempengaruhi kualitas produk serta benih yang akan tumbuh. Selain itu, metode ini juga membantu dalam pengendalian biaya produksi. Dengan perencanaan yang baik, penggunaan bahan dan proses menjadi lebih optimal. Berdasarkan perhitungan, diperoleh estimasi harga pokok penjualan (HPP).

Limbah kertas jika ditangani dengan benar maka akan terdegradasi secara anaerob sehingga menimbulkan gas metana yang akan menyebabkan pemanasan global (Marisa, 2021). Salah satu solusi yang berkembang saat ini adalah pemanfaatan limbah kertas menjadi *seed paper*, yaitu kertas hasil daur ulang yang mengandung biji tanaman sehingga dapat ditanam dan terurai secara alami. Produk ini tidak hanya mengurangi jumlah limbah kertas, tetapi juga memberikan manfaat ekologis tambahan melalui proses penanaman yang membantu penghijauan. Menjawab tantangan lingkungan yang dihadapi oleh industri kertas, inovasi tersebut muncul sebagai solusi yang menarik dan berkelanjutan. *Seed paper*, yang merupakan kertas daur ulang yang disisipkan dengan biji-bijian hidup, tidak hanya mengalihkan perhatian dari limbah kertas, tetapi juga berfungsi sebagai alat untuk rehabilitasi lingkungan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh *Green Blue Institute* (2022), ditemukan bahwa *seed paper* dapat mengurangi limbah kertas secara signifikan dan berkontribusi pada penyerapan karbon dioksida melalui tanaman yang dihasilkan dari biji tersebut. Setiap lembar *seed paper* dapat

menghasilkan tanaman yang membantu dalam memperbaiki kualitas tanah dan menyediakan habitat bagi berbagai spesies. Selain itu, penggunaan *seed paper* dalam kartu ucapan, kemasan, dan promosi produk telah menunjukkan bahwa konsumen lebih cenderung memilih produk yang memperhatikan keberlanjutan, sesuai dengan laporan Nielsen (2023) mengenai perilaku konsumen. Inovasi ini menggambarkan bagaimana kreativitas dan keberlanjutan dapat bersinergi, dan menawarkan alternatif yang sekaligus memenuhi kebutuhan komunikasi dan lingkungan, menjadikannya sebagai tren yang semakin banyak diadopsi di berbagai industri.

2. KAJIAN TEORITIS

Sustainable Development Goals (SDGs)

Sustainable Development Goals (SDGs) merupakan agenda pembangunan global yang ditetapkan PBB untuk periode 2016–2030 sebagai kelanjutan dari *Millennium Development Goals (MDGs)*. SDGs bertujuan mewujudkan pembangunan berkelanjutan melalui pemanfaatan sumber daya secara optimal dan inklusif (Rifaldi Tri Akbar, 2024; Evi, 2022). Di Indonesia, pencapaian SDGs masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kemiskinan, kesenjangan pendidikan, masalah lingkungan, serta kurang optimalnya koordinasi antar lembaga dan dukungan anggaran (Rahmawati et al., 2024; S. Hidayat, 2024; Najmatul et al., 2025). Tantangan tersebut perlu diatasi untuk mendukung keberhasilan pembangunan berkelanjutan.

Tujuan Sustainable Development Goals (SDGs)

Sustainable Development Goals (SDGs) memiliki 5 pondasi utama yaitu manusia, planet, kesejahteraan, perdamaian, dan kemitraan yang ingin mencapai tiga tujuan mulia di tahun 2030 berupa mengakhiri kemiskinan, mencapai kesetaraan dan mengatasi perubahan iklim. Kemiskinan masih menjadi isu penting dan utama, selain dua capaian lainnya. Untuk mencapai tiga tujuan mulia tersebut, disusunlah 17 Tujuan Global. Berikut merupakan Gambar 1 Tujuan *Sustainable Development Goals (SDGs)* (Eko & Hendry, 2020; 6-1, 79-80).



Gambar 1. Tujuan *Sustainable Development Goals (SDGs)*.

(Sumber: Google, 2025)

Tanpa Kemiskinan: Tidak ada kemiskinan dalam bentuk apapun di seluruh penjuru dunia; Tanpa Kelaparan: Tidak ada lagi kelaparan, mencapai ketahanan pangan, perbaikan nutrisi, serta mendorong budidaya pertanian yang berkelanjutan; Kesehatan yang Baik dan

Kesejahteraan: Menjamin kehidupan yang sehat serta mendorong kesejahteraan hidup untuk seluruh masyarakat di segala umur; Pendidikan Berkualitas: Menjamin pemerataan pendidikan yang berkualitas dan meningkatkan kesempatan belajar untuk semua orang; Kesetaraan Gender: Mencapai kesetaraan gender dan memberdayakan kaum ibu dan perempuan; Air Bersih dan Sanitasi: Menjamin ketersediaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua orang; Energi Bersih dan Terjangkau: Menjamin akses terhadap sumber energi yang terjangkau, terpercaya, berkelanjutan dan modern untuk semua orang; Pertumbuhan Ekonomi dan Pekerjaan yang Layak: Mendukung perkembangan ekonomi yang berkelanjutan, lapangan kerja yang produktif serta pekerjaan yang layak untuk semua orang; Industri, Inovasi dan Infrastruktur: Membangun infrastruktur yang berkualitas, mendorong peningkatan industri yang berkelanjutan serta mendorong inovasi; Mengurangi Kesenjangan: Mengurangi ketidaksetaraan baik di dalam sebuah negara maupun di antara negaranegara di dunia; Keberlanjutan Kota dan Komunitas: Membangun kota-kota serta pemukiman yang berkualitas, aman dan berkelanjutan; Konsumsi dan Produksi Bertanggung Jawab: Menjamin keberlangsungan konsumsi dan pola produksi; Aksi Terhadap Iklim: Bertindak cepat untuk memerangi perubahan iklim dan dampaknya; Kehidupan Bawah Laut: Melestarikan dan menjaga keberlangsungan laut dan kehidupan sumber daya laut untuk perkembangan yang berkelanjutan; Kehidupan di Darat: Melindungi, mengembalikan, dan meningkatkan keberlangsungan pemakaian ekosistem darat, mengelola hutan secara berkelanjutan, mengurangi tanah tandus serta tukar guling tanah; Institusi Peradilan yang Kuat dan Kedamaian: Meningkatkan perdamaian termasuk masyarakat untuk pembangunan berkelanjutan, menyediakan akses untuk keadilan bagi semua orang termasuk lembaga dan bertanggung jawab untuk seluruh kalangan; Kemitraan untuk Mencapai Tujuan: Memperkuat implementasi dan menghidupkan kembali kemitraan global untuk pembangunan yang berkelanjutan.

Limbah Kertas

Limbah kertas memiliki potensi sebagai bahan baku alternatif dalam industri kertas melalui proses daur ulang. Pemanfaatannya mendukung upaya pengurangan limbah serta efisiensi penggunaan sumber daya alam. Penelitian Saputra dan Fauzi (2022) menunjukkan bahwa pemanfaatan sampah kertas sebagai bahan baku industri kertas dapat mengurangi jumlah sampah kertas di Indonesia hingga 10,2% per tahun (Wahyu, 2024). *Paper Seed* adalah kertas daur ulang yang mengandung benih tanaman dan dapat ditanam setelah digunakan. Produk ini mendukung konsep keberlanjutan karena memanfaatkan limbah kertas, mengurangi penggunaan bahan baku baru, serta dapat terurai secara alami sehingga ramah terhadap

lingkungan.

Proses Manufaktur

Proses manufaktur merupakan serangkaian aktivitas yang terorganisir untuk mengubah bahan baku menjadi produk jadi melalui tahapan pengolahan, perakitan, dan pengujian dengan memanfaatkan teknologi, peralatan, serta tenaga kerja. Tujuan utama proses manufaktur adalah menghasilkan produk yang memenuhi standar kualitas, efisien dari segi biaya, dan tepat waktu sesuai kebutuhan konsumen.

Jenis-Jenis Proses Manufaktur

Sistem produksi merupakan sekumpulan subsistem yang saling berinteraksi untuk mengubah berbagai masukan produksi menjadi keluaran berupa produk atau jasa. Masukan tersebut meliputi bahan baku, mesin, tenaga kerja, modal, dan informasi yang diproses melalui suatu mekanisme produksi. Komponen utama sistem produksi mencakup material, peralatan, mesin, tenaga kerja, dan informasi yang berperan dalam mendukung kelancaran proses produksi. Berikut merupakan jenis-jenis sistem produksi berdasarkan tujuan operasional (Afrianto, 2023). *Engineering To Order* (ETO) merupakan sistem produksi yang diterapkan ketika pemesan meminta produsen untuk membuat produk mulai dari tahap pembuatan; *Assembly To Order* (ATO) merupakan sistem produksi di mana produsen merancang desain standar dan modul operasional standar, kemudian produk dirakit berdasarkan modul tersebut dan sesuai dengan permintaan konsumen. Contoh perusahaan yang menerapkan sistem ini adalah pabrik mobil; *Make To Order* (MTO) merupakan sistem produksi di mana produsen akan menyelesaikan tahap akhir pembuatan suatu produk setelah menerima pesanan untuk item tersebut; *Make To Stock* (MTS) merupakan sistem produksi di mana barang diproduksi dan diselesaikan terlebih dahulu sebelum ada pesanan dari konsumen.

Proses Produksi

Proses merupakan serangkaian tahapan yang dilakukan secara sistematis untuk mencapai tujuan tertentu melalui penggunaan bahan baku, peralatan, dan pengendalian kualitas. Sementara itu, produksi adalah kegiatan mengubah bahan baku menjadi produk jadi yang memiliki nilai tambah dan dapat memenuhi kebutuhan konsumen melalui tahapan pengolahan hingga menghasilkan produk akhir (Suharyadi, 2019). Proses produksi ini dapat bervariasi tergantung pada industri, skala produksi, teknologi yang dipakai, dan jenis produk yang dihasilkan. Tujuan utama dari proses produksi adalah mengoptimalkan efisiensi, kualitas, dan keselamatan dalam menghasilkan produk yang memenuhi kebutuhan pasar. Berikut merupakan jenis-jenis proses produksi (Hasibuan, A. et al., 2023); Proses produksi terus-menerus (*Continuous Production*)

Proses Produksi terus-menerus merupakan sistem produksi yang dilakukan secara berkesinambungan dalam jangka waktu panjang dengan volume besar dan standar produk yang seragam. Produk yang dihasilkan umumnya disimpan terlebih dahulu di gudang sebelum didistribusikan kepada konsumen melalui jaringan pemasaran. Sistem produksi ini banyak diterapkan pada industri skala besar, seperti industri minyak, pertambangan, dan kimia, yang memerlukan proses produksi yang stabil dan terkontrol. Proses produksi terputus-putus (*Intermittent Production*); Proses produksi direncanakan dan dikelola secara sistematis dengan alur kegiatan yang dapat berlangsung secara kontinu maupun terputus-putus. Proses ini mencakup seluruh tahapan produksi dari awal hingga akhir serta dilengkapi dengan penjadwalan yang jelas, sehingga setiap aktivitas dapat dikendalikan, dipantau, dan dievaluasi untuk memastikan efektivitas dan efisiensi produksi.. Terdapat dua jenis model produksi yang menggunakan proses produksi *intermittent* yaitu produksi *mass production* dan *mass customization*.

Material Teknik

Material merupakan komponen penting yang digunakan dalam berbagai bidang kehidupan dan rekayasa. Ilmu material (*material science*) mempelajari hubungan antara struktur material dan sifat-sifat yang dimilikinya, sedangkan rekayasa material (*material engineering*) berfokus pada perancangan struktur material untuk memperoleh karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian, material teknik dapat didefinisikan sebagai material yang digunakan dalam proses perancangan, rekayasa, dan pembuatan produk di bidang teknik (Ahmad, 2017).

Sifat Material

Sifat material adalah karakteristik yang memengaruhi kemampuan material untuk diproses dan digunakan sesuai kebutuhan. Dalam produk *Seed paper*, pemahaman sifat material diperlukan untuk memastikan kertas dapat berfungsi sebagai media pembawa benih, mudah terurai, serta mendukung pertumbuhan benih setelah ditanam (Jamilah, 2026).

Sifat Fisik Material

Sifat fisik material adalah karakteristik yang dapat diukur atau diamati tanpa merubah struktur kimia bahan. Dalam konteks Teknik Industri sifat fisik menjadi parameter utama untuk menilai *processability*, mutu produk, serta kompatibilitas material dengan proses manufaktur. Parameter sifat fisik material, yaitu gramatur, ketebalan, porositas, daya serap air.

Klasifikasi Biaya

Klasifikasi biaya adalah proses pengelompokan biaya ke dalam kategori tertentu secara sistematis untuk memudahkan analisis, pengendalian, dan penyajian informasi biaya yang lebih

efektif dalam kegiatan operasional maupun produksi (Nurlela, 2016; Agus Purwaji et al., 2016). Klasifikasi biaya berdasarkan fungsi perusahaan; Biaya Produksi; Biaya non produksi; Klasifikasi biaya berdasarkan aktivitas; Biaya tetap; Biaya variabel; Biaya semi variabel; Klasifikasi biaya berdasarkan objek biaya; Biaya langsung; Biaya tidak langsung; Klasifikasi biaya berdasarkan departemen; Departemen produksi; Departemen jasa; Klasifikasi biaya berdasarkan waktu pembebanan; Biaya produk; Biaya periodik; Klasifikasi biaya berdasarkan pengendalian manajemen; Biaya terkendalikan; Biaya tidak terkendalikan; Klasifikasi biaya berdasarkan pengambilan keputusan; Biaya relevan; Biaya tidak relevan.

Alokasi Dana

Alokasi dana adalah kegiatan pengelolaan dan pendistribusian dana perusahaan untuk kebutuhan investasi dan operasional. Dalam manajemen keuangan, alokasi dana berperan dalam menentukan penggunaan aset secara efektif dan efisien guna mendukung aktivitas perusahaan (Martono & Agus, 2010; Supriyanto et al., 2023).

Aktiva Tetap

Aktiva tetap adalah aset jangka panjang yang digunakan dalam kegiatan operasional perusahaan dan memiliki masa manfaat lebih dari satu periode. Aktiva ini dapat berupa investasi berwujud maupun tidak berwujud serta mengalami penyusutan selama masa penggunaannya (Manurung, 2015, Rivai, 2016). Aktiva tetap dibagi menjadi dua, yaitu Investasi berwujud dan tidak berwujud.

Modal Kerja

Modal kerja adalah dana yang digunakan untuk membiayai aktivitas operasional jangka pendek perusahaan dan ditempatkan pada aktiva lancar, seperti kas, piutang, surat berharga, dan persediaan. Ketersediaan modal kerja berperan penting dalam menjaga kelancaran operasi perusahaan (Jumingan, 2022). Modal kerja dibagi menjadi 2, yaitu Biaya produksi dan Biaya non-produksi

Penentuan Biaya Produksi

Cara penentuan harga pokok produksi ialah dengan memperhitungkan seluruh biaya yang terlibat. Saat menghitung biaya produksi, ada dua faktor di sana perlu dipertimbangkan yaitu metode *full costing* dan *variabel costing*

Full costing

Full costing adalah metode perhitungan harga pokok produksi yang memperhitungkan seluruh biaya produksi, baik biaya tetap maupun variabel, ke dalam harga pokok produk. Metode ini mencakup biaya bahan baku, tenaga kerja langsung, dan overhead pabrik sehingga memberikan informasi biaya produksi secara menyeluruh (Mulyadi, 1999). Berikut adalah

langkah-langkah utama dalam menerapkan metode *full costing*: Mengidentifikasi biaya variabel dan biaya tetap; Menetapkan biaya *overhead* pabrik; Menghitung total biaya produk; Menentukan harga jual; *Variabel Costing*.

Variable costing atau direct costing merupakan metode penentuan harga pokok produksi yang hanya membebankan biaya produksi yang bersifat variabel ke dalam produk. Biaya yang diperhitungkan meliputi biaya bahan baku, tenaga kerja langsung variabel, dan biaya overhead variabel, sedangkan biaya tetap tidak dimasukkan ke dalam harga pokok produksi dan dibebankan langsung pada periode terjadinya. Metode ini digunakan untuk menganalisis biaya, pengendalian operasional, dan pengambilan keputusan jangka pendek.

3. METODE PENELITIAN

Tahapan Pembuatan Penelitian di atas, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk melakukan pembuatan penelitian ini. Tahap pertama yang dilakukan ialah mengidentifikasi masalah, lalu merumuskan masalah, di dalam perumusan masalah terdapat beberapa yaitu, pengumpulan data berupa alur proses produksi dan waktu produksi, pengumpulan data berupa perbandingan material yang akan digunakan, pengumpulan data berupa biaya bahan baku, biaya alat dan bahan, biaya tenaga kerja dan biaya produksi, kemudian pengolahan data untuk membuat peta kerja, pengolahan data untuk proses penanaman yang lebih baik, dan pengolahan data untuk penentuan harga jual produk per pcs. Setelah perumusan masalah ditentukan dilanjutkan dengan melakukan analisis, pencetakan *seed paper* dengan benih tanaman, lalu terakhir didapatkan kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

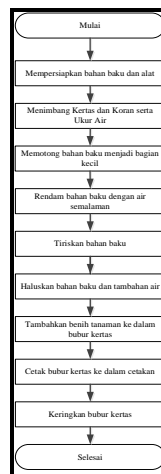
Proses Pembuatan Kertas

Bahan baku utama industri bubur (*pulp*) dan kertas adalah pohon Akasia (*Acacia mangium*) yang dipilih karena produktivitas tinggi, kaya selulosa sebagai komponen serat, serta biaya pemeliharaan rendah, dengan dukungan bahan kimia berupa NaOH, Na₂S, ClO₂, H₂O₂, dan oksigen (O₂). Proses diawali dengan pengelupasan kulit kayu menggunakan mesin debarker agar bersih dari kotoran, pasir, dan zat ekstraktif yang dapat menurunkan kualitas produk serta mengganggu pencampuran kimia. Kayu kemudian dicacah menggunakan mesin chipper menjadi serpihan (*chips*) berukuran seragam ± 2–5 cm untuk memastikan pemasakan merata pada proses selanjutnya. Pada tahap pulping, chips dimasak di dalam mesin digester bersama air, NaOH, dan Na₂S pada suhu ±160–180°C bertekanan tinggi selama 2-4 jam untuk

memisahkan serat selulosa dan menghasilkan cairan sisa (*black liquor*) berisi lignin terlarut yang nantinya akan direcover. Setelah dimasak, bubur kertas dicuci dan disaring menggunakan mesin *washer* untuk menghilangkan sisa lignin, bahan kimia, dan kontaminan besar hingga menghasilkan *brown pulp*. Proses pemutihan kemudian dilakukan di dalam *bleaching tower* menggunakan campuran ClO_2 , H_2O_2 , dan O_2 guna meningkatkan kecerahan serta mengeliminasi sisa lignin tanpa merusak serat.

Selanjutnya, serat digiling menggunakan mesin refiner untuk membuka permukaannya dan meningkatkan daya ikat antarserat yang menentukan kekuatan kertas, di mana proses yang berlebihan akan melemahkan kertas dan proses yang kurang akan membuatnya mudah robek. Setelah ditambahkan bahan kimia seperti NaOH , Na_2S , dan ClO_2 agar kertas menjadi halus, kuat, dan tahan air, *pulp* diencerkan di dalam *paper machine* hingga komposisi airnya mencapai $\pm 99\%$ lalu dialirkan ke *wire section* (saringan berjalan) untuk membentuk lapisan tipis. Lembaran basah tersebut kemudian dilewatkan di antara rol penekan (*press section*) untuk mengurangi kadar air dan memadatkan strukturnya, sebelum akhirnya dikeringkan melewati silinder panas bersuhu $\pm 100\text{--}130^\circ\text{C}$. hingga kadar air turun menjadi $\pm 5\text{--}7\%$. Pada tahap akhir atau *finishing*, lembaran kertas menjalani proses *calendering* untuk pemulusan permukaan, diikuti dengan pemotongan sesuai ukuran, penggulungan, dan pengemasan produk jadi.

Proses Pembuatan *Seed paper*



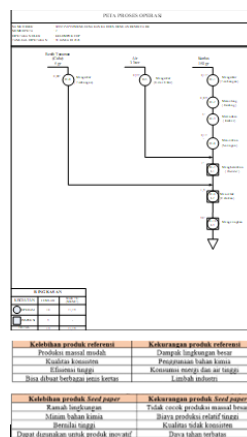
Gambar 2. Proses Pembuatan *Seed paper*.

Proses pembuatan *seed paper* inovasi diawali dengan mempersiapkan alat berupa baskom, blender, spons, timbangan digital, dan cetakan kertas daur ulang, serta bahan utama yang meliputi limbah kertas atau kardus, air, dan benih cabai. Tahap pertama adalah memotong limbah kertas sebanyak 100 gram atau kardus sebanyak 150 gram menjadi potongan-potongan kecil guna mengurangi volume sampah, memudahkan proses daur ulang, mempercepat waktu produksi, dan menekan biaya operasional. Potongan bahan baku tersebut kemudian direndam

di dalam air selama 1 jam agar seratnya melunak dan siap untuk dihaluskan secara optimal pada tahap berikutnya. Setelah direndam, bahan baku ditiriskan untuk membuang kelebihan air agar tidak mengganggu kualitas serat kertas yang akan digunakan. Selanjutnya, serat dihancurkan menggunakan blender dengan menambahkan 3 liter air untuk membantu memecah partikel serat secara merata hingga membentuk pasta bubur (*pulp*) berkualitas yang mudah dicetak.

Langkah inovatif berikutnya adalah memasukkan benih cabai ke dalam bubur kertas dan mengaduknya secara merata, di mana bubur kertas ini akan berfungsi sebagai media tanam ramah lingkungan yang menyimpan nutrisi serta kelembapan bagi benih saat terurai di tanah. Setelah siap, bubur dicetak menggunakan cetakan daur ulang agar serat-seratnya saling bertautan membentuk lembaran kertas baru yang kompak dengan ketebalan dan tekstur yang diinginkan sambil meminimalkan sisa limbah. Lembaran basah hasil cetakan tersebut kemudian dikeringkan secara alami di bawah sinar matahari atau menggunakan alat pengering mekanis untuk menghilangkan kelembapan dan memperkuat struktur kertasnya. Melalui seluruh rangkaian proses ini, produk kreatif *seed paper* tidak hanya memberikan manfaat fungsional dari sebuah kertas, tetapi juga memberikan kesempatan bagi pengguna untuk berkontribusi langsung dalam pelestarian lingkungan melalui aktivitas menanam.

Peta proses Operasi



Gambar 3. Peta proses Operasi.

Komposisi Material

Komposisi material merupakan struktur penyusun suatu bahan yang terdiri atas berbagai elemen atau zat dengan perbandingan tertentu, yang bersama-sama membentuk sifat dan perilaku bahan tersebut. Susunan dan kadar tiap komponen di dalamnya akan menentukan bagaimana material merespons gaya, suhu, proses pengolahan, maupun kondisi lingkungan.

Material	Komposisi
Limbah Kertas	100 gram
Limbah Kardus	150 gram
Air	3 liter
Benih cabai	5 gr

Gambar 4. Komposisi Material.

Berdasarkan komposisi material yang telah digunakan, selanjutnya dilakukan analisis material terhadap *seed paper* berbahan kertas dan kardus. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan karakteristik serat, mekanis, serta daya serap dan degradasi pada kedua bahan.

Analisis Material Kertas

Karakteristik Serat

Kertas daur ulang memiliki serat pendek akibat proses pemakaian dan pengolahan sebelumnya. Saat disebar dalam air, serat ini terdistribusi merata sehingga menghasilkan *pulp* yang halus dan seragam. Struktur serat yang rapat menciptakan permukaan lembut dan mudah ditulisi, meskipun kekuatan tiap ikatan serat lebih rendah dibandingkan serat panjang.

Analisis Mekanis

Secara mekanis, kertas daur ulang menunjukkan kekuatan tarik sedang. Serat pendek membentuk jaringan homogen yang rapat, namun sambungan antarserat kurang kuat. Karena tidak menggunakan bahan tambahan pengikat, kertas benih memiliki daya tahan lebih rendah dibandingkan kertas konvensional, meski tetap cukup stabil untuk fungsi media tanam.

Analisis Daya Serap dan Degradasi

Struktur serat kertas yang berpori membuatnya cepat menyerap air dan mudah terurai di lingkungan. Sifat ini mempercepat pelunakan saat terkubur, memungkinkan air mencapai benih dengan cepat dan akar tumbuh tanpa hambatan. Berdasarkan pengujian hingga hari ke-20, kertas benih menunjukkan degradasi lebih cepat dibandingkan kardus, sekaligus mendukung perkecambahan cabai secara optimal

Analisis Material Kardus

Karakteristik Serat

Kardus yang digunakan berasal dari *Old Corrugated Container* (OCC) dengan serat lebih panjang dan kasar dibandingkan kertas. Kandungan lignin yang tinggi membuat material lebih kaku dan berwarna gelap, serta menghasilkan *pulp* yang kurang homogen. Hal ini memengaruhi tekstur *seed paper* yang lebih tebal dan kasar dibandingkan hasil dari kertas daur ulang.

Analisis Mekanis

Secara mekanis, *seed paper* berbahan kardus memiliki kekuatan tarik dan kekakuan lebih tinggi. Serat panjang dan kasar menciptakan kontak antarserat yang luas serta efek

mechanical interlocking, sehingga lembaran lebih tahan terhadap sobekan. Namun, sifat ini juga membuat material kurang elastis dan lebih kaku dibandingkan *seed paper* dari kertas.

Analisis Daya Serap dan Degradasi

Kardus memiliki porositas rendah sehingga daya serap air lebih terbatas. Kandungan lignin memperlambat proses degradasi oleh mikroorganisme tanah, menyebabkan benih membutuhkan waktu lebih lama untuk menyerap air (*imbibisi*). Hal ini membuat perkecambahan sedikit lebih lambat dibandingkan *seed paper* dari kertas, sebagaimana terlihat pada pengujian hingga hari ke-20.

Untuk menjaga keseimbangan antara kekuatan dan kemampuan perkecambahan, *seed paper* dibuat dengan ketebalan ± 1 mm. Ketebalan ini sesuai acuan SNI, cukup kuat untuk penanganan, namun tetap memungkinkan air meresap sehingga mendukung pertumbuhan akar dan benih cabai.

Komposisi Media Tanam Seed paper

Media tanam memegang peranan penting dalam keberhasilan perkecambahan benih pada *seed paper*. Dalam penelitian ini digunakan campuran tanah dan pupuk kompos dengan komposisi 70% tanah dan 30% kompos. Tanah berfungsi sebagai media utama tempat akar tumbuh dan menyerap unsur hara, sementara kompos menambah nutrisi sekaligus menjaga kelembaban. Proses penanaman dilakukan dengan meletakkan *seed paper* di atas media, kemudian ditutup tanah setebal 0,5–1 cm. Penyiraman awal dilakukan sebanyak 100–150 ml untuk menjaga kelembaban, dilanjutkan dengan penyiraman rutin 50–100 ml per hari sesuai kondisi media. Pot diletakkan di area dengan paparan sinar matahari selama 4–6 jam per hari. Dengan kondisi tersebut, benih cabai mulai berkecambah dalam 5–14 hari, dan pada hari ke-20 *seed paper* berbahan kertas menunjukkan pertumbuhan hingga ± 6 cm.

Biaya Bahan Baku

Perhitungan biaya bahan baku dilakukan untuk menilai efisiensi produksi *seed paper*.

Material	Harga (Rp)	Terpakai	Total Harga (Rp)
Limbah kertas	-	100 gr	0
Air	4.900/m ³	3 lt	4.900
Benih tanaman	750/gr	5 gr	3.750
Total			8.650

(Sumber: Kelompok 4, 2026)

Material	Harga (Rp)	Terpakai	Total Harga (Rp)
Limbah kardus	-	150 gr	0
Air	4.900/m ³	30 lt	4.900
Benih tanaman	750/gr	5 gr	3.750
Total			8.650

(Sumber: Kelompok 4, 2026)

Gambar 5. Komposisi Material.

Limbah kertas maupun kardus digunakan sebagai bahan utama tanpa biaya karena berasal dari sisa produksi. Air berfungsi sebagai media pengolahan pulp dengan harga Rp4.900

per meter kubik, sedangkan benih cabai sebagai komponen fungsional utama dihargai Rp750 per gram dengan kebutuhan 5 gram per siklus produksi. Berdasarkan perhitungan, total biaya bahan baku untuk satu siklus produksi *seed paper* dari kertas maupun kardus adalah sekitar Rp8.650.

Biaya Alat

Alat yang digunakan dalam proses produksi terdiri dari baskom, blender, cetakan kertas daur ulang, sponge, dan timbangan digital.

Alat	Jumlah	Harga (Rp)
Baskom	1 unit	19.000
Blender	1 unit	206.900
Cetakan kertas daur ulang & Sponge	2 unit	40.000
Timbangan Digital	1 unit	48.900
Total		314.800

(Sumber: Kelompok 4, 2026)

Gambar 6. Biaya Alat.

Baskom berfungsi sebagai wadah perendaman dengan harga Rp19.000, *blender* digunakan untuk menghaluskan *pulp* dengan harga Rp206.900, cetakan dan *sponge* berjumlah dua unit dengan harga Rp40.000, serta timbangan digital untuk mengukur bahan secara akurat dengan harga Rp48.900. Total biaya alat yang diperlukan mencapai Rp314.800, yang mendukung kelancaran proses produksi mulai dari perendaman, penghalusan, pencetakan, hingga pengukuran bahan.

Biaya Tenaga Kerja

Tenaga kerja langsung dihitung berdasarkan upah minimum Kabupaten Tangerang, yaitu Rp25.049,89 per jam.

Jumlah Karyawan	UMK Per Jam	Unit Produk	Total Waktu (Jam)	Upah Kerja
1	Rp25.049,89	160	1	Rp25.049,89

(Sumber: Kelompok 4, 2026)

Gambar 6. Biaya Tenaga Kerja.

Dalam penelitian ini, satu orang pekerja mampu menghasilkan 160 unit *seed paper* dalam waktu satu jam. Perhitungan biaya tenaga kerja hanya mencakup upah pokok sesuai ketentuan UMK tanpa tambahan insentif atau lembur. Dengan demikian, biaya tenaga kerja langsung untuk satu siklus produksi adalah sebesar Rp25.049,89.

Harga Pokok Penjualan (HPP)

Penentuan Harga Pokok Penjualan (HPP) dilakukan melalui perhitungan biaya produksi secara detail dan terstruktur.

Keterangan	Total Harga (Rp)
Biaya Bahan Baku	8.650,00
Biaya Alat	314.800,00
Biaya Tenaga Kerja	25.049,89
Total Biaya Produksi	348.499,89

(Sumber: Kelompok 4, 2026)

Biaya	Harga (Rp)
Untuk produksi 16 pes <i>Seed paper</i> kertas	
Biaya Produksi	348.499,89
Laba 5% x Rp348.499,89 (biaya produksi 1 batch)	17.425,00
Harga Jual Per 1 Batch (16 pes)	365.924,89
Harga Jual Per Pes	22.870,31
Pembulatan Harga Jual Per Pes	23.000
Untuk produksi 16 pes <i>Seed paper</i> kardus	
Biaya Produksi	348.499,89
Laba 5% x Rp348.499,89 (biaya produksi 1 batch)	17.425,00
Harga Jual Per 1 Batch (16 pes)	365.924,89
Harga Jual Per Pes	22.870,31
Pembulatan Harga Jual Per Pes	23.000

(Sumber: Kelompok 4, 2026)

Gambar 6. Harga Pokok Penjualan (HPP).

Pada penelitian ini, biaya produksi *seed paper* dari limbah kertas maupun kardus terdiri atas biaya bahan baku sebesar Rp8.650,00, biaya alat sebesar Rp314.800,00, dan biaya tenaga kerja sebesar Rp25.049,89. Total biaya produksi untuk satu batch mencapai Rp348.499,89. Setelah itu, ditambahkan margin keuntungan sebesar 5% atau Rp17.425,00 sehingga total harga jual batch menjadi Rp365.924,89. Dengan jumlah produksi 16 lembar per batch, harga jual per lembar *seed paper* dihitung sebesar Rp22.870,31. Untuk memudahkan transaksi sekaligus memberikan tambahan keuntungan, harga jual kemudian dibulatkan menjadi Rp23.000 per lembar ukuran A5 (14,8 × 21 cm). Strategi harga ini dinilai layak untuk tahap awal karena sederhana, transparan, dan mudah dipahami konsumen. Namun, margin keuntungan sebesar 5% tergolong tipis sehingga berisiko tergerus apabila terjadi kenaikan harga bahan baku, biaya distribusi, atau biaya tak terduga lainnya. Oleh karena itu, evaluasi berkala terhadap margin keuntungan dan penyesuaian harga sesuai nilai tambah produk sangat diperlukan agar usaha tetap berkelanjutan.

Analisis Perbandingan Hasil

Analisis perbandingan dilakukan antara produk kertas konvensional dengan *seed paper* sebagai inovasi baru. Dari sisi proses manufaktur, kertas konvensional berbahan kayu akasia diproduksi secara industri dengan sistem kontinu menggunakan mesin berkapasitas tinggi. Proses ini efisien dan mampu menghasilkan jutaan lembar kertas dalam waktu singkat dengan kualitas seragam, namun memiliki dampak lingkungan besar berupa deforestasi, konsumsi energi dan air tinggi, serta penggunaan bahan kimia berbahaya. Sebaliknya, *seed paper* diproduksi melalui proses sederhana yang meliputi penghancuran limbah kertas menjadi pulp, pencampuran dengan benih, pencetakan, dan pengeringan alami. Proses ini lebih ramah lingkungan karena tidak melibatkan bahan kimia berbahaya, tetapi kapasitas produksinya terbatas dan waktu pengeringan lebih lama.

No	Aspek	Eksisting (Kertas dari Kayu)	Inovasi (<i>Seed paper</i> dari Limbah Kertas)
1.	Proses Manufaktur	Produksi kertas dari kayu akasia (<i>Acacia mangium</i>) berlangsung cepat ($\pm 4-10$ jam) dengan kapasitas besar hingga puluhan juta lembar, namun memiliki kelemahan seperti potensi deforestasi, penggunaan bahan kimia pencemar, dan sifatnya yang sekali pakai sehingga mudah menjadi limbah.	<i>Seed paper</i> merupakan produk ramah lingkungan karena dibuat dari bahan daur ulang, mudah terurai, dan dapat ditanam hingga tumbuh menjadi tanaman. Proses pembuatannya juga sederhana tanpa bahan kimia berbahaya. Namun, kekurangannya meliputi waktu produksi yang lebih lama (terutama pengeringan), kapasitas terbatas, serta kualitas fisik yang lebih rendah dibanding kertas konvensional, seperti kekuatan dan ketahanan air.
2.	Material Teknik	Produk eksisting dari akasia mempunyai tekstur yang lebih halus serta mempunyai daya keerasan yang lebih kuat.	<i>Seed paper</i> merupakan produk daur ulang kertas untuk bisa digunakan kembali dan setelah digunakan <i>seed paper</i> bisa ditanam untuk menghasilkan tumbuhan.
3.	Analisis dan Estimasi Biaya	Biaya produksi rendah (\pm Rp100 - Rp120/lembar). Harga pasar berkisar Rp50.000 - Rp60.000/rim karena efisiensi produksi massal dan otomatisasi mesin industri yang sudah matang.	Biaya produksi tinggi (Rp23.000/lembar) karena belum memakai mesin industri yang memadai, dan metode produksi yang masih bersifat semi-craftmanship.

(Sumber: Kelompok 4, 2020)

Gambar 6. Analisis Perbandingan Hasil.

Dari sisi material teknik, kertas konvensional memiliki serat panjang dengan tekstur halus dan kekuatan lebih tinggi, sedangkan *seed paper* memiliki tekstur lebih kasar dan kekuatan lebih rendah. Namun, keunggulan *seed paper* terletak pada nilai tambah ekologis karena dapat ditanam setelah digunakan dan menghasilkan tanaman baru.

Dari sisi biaya, kertas konvensional unggul dalam efisiensi dengan harga jual sekitar Rp100–Rp120 per lembar berkat rantai pasok yang stabil dan skala industri besar. Sebaliknya, *seed paper* memiliki biaya produksi jauh lebih tinggi, yaitu sekitar Rp23.000 per lembar, dengan margin keuntungan hanya 5%. Kondisi ini menunjukkan bahwa *seed paper* lebih sensitif terhadap fluktuasi harga bahan baku dan tenaga kerja. Meskipun demikian, *seed paper* menawarkan nilai unik berupa keberlanjutan dan daya tarik pasar hijau, sehingga kelayakannya tidak hanya ditentukan oleh efisiensi biaya tetapi juga oleh strategi pemasaran yang menonjolkan nilai ramah lingkungan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini, produksi kertas *acacia mangium* unggul dalam kapasitas besar dan kualitas konsisten berkat teknologi standar, namun berdampak negatif pada lingkungan akibat bahan kimia serta tingginya konsumsi energi dan air. Sebaliknya, *seed paper* lebih ramah lingkungan karena memanfaatkan limbah, minim kimia, dan bisa ditanam, meski terbatas pada skala besar, konsistensi kualitas, dan biayanya lebih tinggi. Dari segi bahan, limbah kertas berdaya serap tinggi dan mudah terurai sehingga mendukung perkecambahan (tumbuh ± 6 cm pada hari ke-20), sedangkan kardus unggul dalam kekuatan mekanis namun menghambat pertumbuhan karena daya serapnya rendah. Secara finansial, produksi *seed paper* semi-manual membutuhkan \pm Rp348.499,89 per batch (16 pcs) dengan harga jual Rp23.000 per lembar A5 (keuntungan 5%) yang rentan fluktuasi biaya, namun kelayakannya didukung nilai ekologis dan daya tarik pasar hijau. Disimpulkan bahwa kertas konvensional unggul dalam kapasitas massal, biaya, dan kestabilan harga, sementara

seed paper lebih tepat sebagai produk inovatif yang unggul dalam nilai ekologis serta keberlanjutan.

Setelah dilakukan penelitian ini saran yang perlu dilakukan uji coba atau simulasi produksi dalam skala yang lebih besar untuk mengetahui efisiensi proses, kapasitas produksi, serta potensi kendala jika diterapkan pada skala industri atau UMKM. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian kualitas produk secara lebih terukur, seperti uji daya serap air, kekuatan kertas, waktu terurai, serta tingkat keberhasilan perkecambahan, agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Analisis biaya produksi perlu dikembangkan lebih rinci dengan menambahkan komponen biaya seperti *overhead*, penyusutan alat, dan distribusi, sehingga perhitungan harga pokok produksi menjadi lebih realistis. Pengembangan produk *seed paper* dapat dilakukan dengan menambah variasi jenis benih, bentuk, dan desain agar memiliki nilai tambah serta lebih menarik di pasar.

DAFTAR REFERENSI

- Akbar, R. T. (2024). *Evaluasi pelaksanaan program Sustainable Development Goals (SDGs) di Desa Bonto Salluang Kabupaten Bantaeng*. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Arfianto, A. R. (2023). *Optimasi jumlah produksi tiang pancang dengan metode Goal Programming pada PT. Bungah Andya Teknik*. Jawa Timur: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- Daryus, A. (2017). *Diktat material teknik*.
- Handrian, E., & Hendry, A. (2020). Sustainable Development Goals: Tinjauan percepatan pencapaian di Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Administrasi Publik*, 6(1), 79–80.
- Hasibuan, A., dkk. (2023). *Manajemen produksi & operasi*. PT Sada Kurnia Pustaka.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations management* (13th ed.). Pearson.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). (2020). *Peta jalan Sustainable Development Goals (SDGs) Indonesia menuju 2030*. Jakarta: Bappenas.
- Kiswanto, A. (2020). *Pembuatan alat pembersih botol kaca menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD) (Studi kasus: UD Cleopatra Deenaka Bakalan, Sukoharjo)*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Marisa, L., & Puji, A. T. (2021). Pemanfaatan limbah kertas menjadi kertas benih daur ulang sebagai produk ramah lingkungan mendukung prinsip kimia hijau. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 30–38. <https://doi.org/10.30872/ruhuirahayu.v3i1.126>
- Martanto, W. H. (2024). Edukasi pembuatan paper seed dari limbah kertas dengan carbondotspisang sebagai media pembelajaran di MIN 1 Jembrana. *Blantika: Multidisciplinary Journal*, 2(4), 365. <https://doi.org/10.57096/blantika.v2i4.125>
- Martono, & Agus, D. (2010). *Manajemen keuangan*.

- Meilinda, R., dkk. (2023). Kinetika kimia dalam produksi pulp pada industri kertas: Tinjauan. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 8(1), 68.
- Mulyadi. (1999). *Akuntansi biaya* (Edisi 5). Yogyakarta: Aditya Media.
- Rivai, A. (2016). *Analisis penanaman investasi terhadap peningkatan laba pada PT. Kaya Enam-Enam Makassar*. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Stevenson, W. J. (2021). *Operations management* (14th ed.). McGraw-Hill Education.
- Suharyadi, S., & Soehardjo, E. (2019). *Manajemen produksi dan operasi: Era Revolusi Industri 4.0*. Jakarta: Salemba Empat.
- Supriyanto, Y., dkk. (2023). *Dasar-dasar manajemen keuangan*. Jakarta: Mataram.
- Suryani, E. (2022). *Implementasi Sustainable Development Goals (SDGs) Desa di Desa Yungyang, Kecamatan Modo, Kabupaten Lamongan*. Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.
- Zen, N. H. (2025). Analisis penerapan SDGs dalam pembangunan berkelanjutan di Indonesia: Tinjauan literatur dan tantangan implementasi. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 3(1), 776.