

Studi Kelayakan Pengolahan Hasil Samping Jerami dan Sekam Padi di Indonesia

Dokumen ini disusun dengan dukungan pendanaan dari Uni Eropa. Seluruh isi dokumen ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab konsorsium pelaksana The Low Carbon Rice Project dan dalam keadaan apa pun tidak dapat dianggap mencerminkan pandangan Uni Eropa

EXECUTIVE SUMMARY

In the process of producing rice from paddy, it produces by-products in the form of husks during the milling process and rice straw in the fields during cultivation. In this feasibility study, an analysis was carried out on the processing of straw and husks into renewable energy products, plant fertilizers, biodegradable packaging, animal feed and food (oil), by examining the aspects of technology, environmental aspects, social aspects and investment feasibility. In general, the use of husks and straw is feasible to do, this shows that currently husks in particular are no longer waste that is underutilized, but are one of the additional incomes in the rice milling process, where industry and society have widely utilized husks for various needs. However, the business model that is developed is only in the Buy and Sell transaction, there is no binding cooperation on a large enough scale, so the most possible business model is the use of husks into organic fertilizer to help farmers implement sustainable and environmentally friendly rice cultivation.

Dalam proses menghasilkan beras dari gabah, menghasilkan produk samping berupa sekam saat proses penggilingan dan jerami padi disawah saat budidaya. Dalam studi kelayakan ini dilakukan Analisa terhadap pengolahan Jerami dan sekam menjadi produk energi terbarukan, pupuk tanaman, kemasan biodegradable, pakan ternak dan pangan (minyak), dengan mengkaji dari aspek teknologi, aspek lingkungan, aspek sosial dan kelayakan investasi. Secara umum pemanfaatan sekam dan jerami ini layak untuk dilakukan, hal ini menunjukkan bahwa saat ini sekam khususnya bukan lagi menjadi limbah yang kurang termanfaatkan, namun menjadi salah satu tambahan pendapatan dalam proses penggilingan padi, dimana Industri dan masyarakat sudah banyak memanfaatkan sekam untuk berbagai kebutuhan. Namun bisnis model yang dikembangkan hanya dalam tahap transaksi Jual dan Beli, belum ada Kerjasama yang terikat dalam skala cukup besar, sehingga bisnis model yang paling memungkinkan adalah pemanfaatan sekam menjadi pupuk organik untuk membantu petani dalam mengimplementasikan budidaya padi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN.....	5
1.3 MANFAAT	5
BAB II. PADI DAN HASIL SAMPING NYA.....	6
2.1. PADI.....	6
2.2. JERAMI PADI	8
2.2.1 Jerami Sebagai Mulsa Tanaman.....	11
2.2.2 Jerami Sebagai Kompos.....	12
2.2.3 Jerami padi sebagai pakan ternak.	13
2.2.4 Jerami padi sebagai media tanam.	15
2.2.5 Jerami padi sebagai atap kandang.	15
2.2.6 Jerami padi sebagai media tanam jamur merang.	15
2.3. SEKAM PADI.....	16
2.3.1 Sekam Sebagai Bahan Baku Pembuatan Silika Gel.....	17
2.3.2 Sekam Sebagai Bahan Baku Pembuatan Arang	17
2.3.3 Sekam untuk Media Tanah	17
2.3.4 Sekam Sebagai Penyedia Unsur Hara	18
2.3.5 Sekam Untuk Sumber Energi Terbarukan.....	18
2.3.6 Sekam sebagai Adsorben Alami	18
2.3.7 Sekam untuk Bahan Bangunan	19
2.4 REGULASI INDONESIA.....	20

BAB III. PEMANFAATAN SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN	22
3.1. ARANG SEKAM PADI.....	22
3.1.1 Aspek Teknologi.....	22
3.1.2 Aspek Sosial.....	25
3.1.3 Aspek Lingkungan	25
3.1.4 Aspek Ekonomi dan Pasar	26
3.1.5 Aspek Investasi.....	26
3.2 BRIKET SEKAM.....	28
3.2.1 Aspek Teknologi.....	28
3.2.2 Aspek Sosial	29
3.2.3 Aspek Lingkungan	31
3.2.4 Aspek Investasi.....	30
3.2.5 Aspek Ekonomi Dan Pasar	31
3.3 BRIKET JERAMI	33
3.3.1 Aspek Teknologi.....	33
3.3.2 Aspek Sosial	35
3.3.3 Aspek Lingkungan	35
3.3.4 Aspek Ekonomi Pasar.....	36
3.3.4 Aspek Investasi.....	36
3.3 ETANOL JERAMI	38
3.4 BIOGAS JERAMI	39
3.4.1 Aspek Teknologi.....	40
3.4.2 Aspek Sosial	40
3.4.3 Aspek Lingkungan	40
3.4.3 Aspek Investasi.....	41

BAB IV. PEMANFAATAN SEBAGAI PUPUK	43
4.1. Biosilika Cair	43
4.1.1. Aspek Teknologi	44
4.1.2 Aspek Sosial	49
4.1.3 . Aspek Lingkungan	50
4.1.4 Aspek Ekonomi dan Pasar	50
4.1.5 Aspek Investasi	52
4.2. PUPUK CAIR	53
4.2.1 Aspek Teknologi:	54
4.2.2 Aspek Lingkungan:	55
4.2.3 Aspek Sosial:	56
4.2.5 Aspek Investasi	57
BAB V. PEMANFAATAN SEBAGAI KEMASAN BIODEGRABLE	59
5.1 BIODEGRADABLE	59
5.1.1 Aspek Teknologi	60
5.1.2 Aspek Sosial:	61
5.1.3 Aspek Lingkungan:	62
5.1.3 Aspek Investasi	67
BAB VI. PEMANFAATAN UNTUK PAKAN TERNAK	69
6.1.1 SEKAM GILING	69
6.1.1 Aspek Teknologi	69
6.1.2 Aspek Sosial:	71
6.1.3 Aspek Lingkungan:	71
6.1.4 Aspek Ekonomi dan Pasar	72
6.1.5 Aspek Investasi	73

BAB VII. PEMANFAATAN UNTUK PANGAN	76
7.1 Sekam Padi untuk Pangan (Tepung Bekatul)	76
7.1.1 Aspek Teknologi.....	77
7.1.2 Aspek Sosial:	79
7.1.3 Aspek Lingkungan:	80
7.1.4 Aspek Ekonomi dan Pasar:.....	81
7.1.5 Aspek Investasi.....	82
7.2 Rice Bran Oil	84
7.2.1 Aspek Teknologi.....	84
7.2.2 Aspek Sosial:	86
7.2.3 Aspek Lingkungan:	87
7.2.4 Aspek Ekonomi dan Pasar:.....	88
7.2.5 Aspek Investasi.....	89
BAB VIII. PODEL BISNIS KOLABORASI PEMANFAATAN DAN	92
NILAI TAMBAH JERAMI DAN SEKAM	
8.1 Kolaborasi untuk sedotan	84
8.2. Kolaborasi dengan PT PTEC dalam kajian untuk biomass	93
8.3. Kolaborasi dengan BRIN untuk pembuatan BioSINTA	94
8.4. Kolaborasi dengan WasteX untuk pembuatan BIOCHAR	95
BAB IX KESIMPULAN	98
DAFTAR PUSTAKA.....	103

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Nilai Nutrisi Jerami padi.....	9
Tabel 2. Komposisi Nilai Nutrisi Sekam padi	16
Tabel 3. Tabel Investasi Arang Sekam Padi	27
Tabel 4. Tabel NPV, dan IRR Arang Sekam Padi	28
Tabel 5. Tabel Analisis Investasi Arang Sekam Padi	31
Tabel 6. Tabel Hasil Analisis Arang Sekam Padi.....	31
Tabel 7. Tabel Analisis Investasi Briket Jerami	37
Tabel 8. Tabel Hasil Analisis Briket Jerami	38
Tabel 9. Tabel Analisis Investasi Biogas Jerami	42
Tabel 10. Tabel Hasil Analisis Biogas Jerami	42
Tabel 11. Tabel Aspek teknologi Biosilika Cair	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Bagian Padi (Gabah)	7
Gambar 2. Pemanfaatan Padi Untuk Mendukung Industri Lainnya.....	8
Gambar 3. Perlakuan Jerami Padi Di Sawah	10
Gambar 4. Sekam Padi	16
Gambar 5. Proses Pembuatan Arang Sekam	24
Gambar 6, Mekanisme Pembentukan Arang Sekam	24
Gambar 7. Harga Arang Sekam Di e-Commerce	26
Gambar 8. Mesin Cetak Briket Arang Sekam.....	28
Gambar 9. Proses Pencetakan Briket Arang Sekam.....	29
Gambar 10. Harga Briket Sekam di E-Commrce	32
Gambar 11. Potensi Proses Konversi Energi Jerami padi	34
Gambar 12 Bahan Bakar Padat Jerami.....	34
Gambar 13. Proses Pembuatan Biosilika	45
Gambar 14 Produk akhir dari Biosilika Cair.....	49
Gambar 16 Produk silika Biogas Jerami	51
Gambar 17 Produk produk dari biodegradable	66
Gambar 18 Kantong plastik biodegradable	67
Gambar 19 Tepung Bekatul.....	82
Gambar 20 Rice Bran Oil	89
Gambar 21 Produk Sedotan.....	92
Gambar 22 Rencana Kerjasama PT PTEC.....	93
Gambar 23 Produk BioSINTA.....	94
Gambar 25 Manfaat BioChar	96

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara produksi beras ketiga setelah China dan India. Produksi beras Indonesia masih harus ditingkatkan untuk mencukupi permintaan sekitar 275 juta orang penduduk pada tahun 2025. Keberadaan beras merupakan suatu hal yang sangat penting bagi Masyarakat, dimana kebutuhan akan beras menjadi kebutuhan primer. Masyarakat mayoritasnya akan menempatkan beras dalam kebutuhan paling utama yang harus dipenuhi. Lebih dari 40 persen masyarakat Indonesia menggantungkan hidup dari usahatani padi dan lebih dari 60 persen masyarakat Indonesia menjadikan padi sebagai bahan pangan pokok.

Padi merupakan komoditas tanaman pangan yang penting di Indonesia. Penduduk Indonesia menjadikan beras sebagai bahan makanan pokok. 95 persen penduduk Indonesia mengonsumsi bahan makanan ini. Beras mampu mencukupi 63% total kecukupan energi dan 37% protein (Norsalis, 2011 dalam Sitohang, et., al. 2014). Berdasarkan data BPS (2023), luas panen padi diperkirakan sebesar 10,20 juta hektare dengan produksi padi sekitar 53,63 juta ton gabah kering giling (GKG). Jika dikonversikan menjadi beras untuk konsumsi penduduk, produksi beras tahun 2023 diperkirakan sebesar 30,90 juta ton. Luas panen padi tahun 2023 diperkirakan sekitar 10,20 juta hektare, turun 255,79 ribu hektare (2,45%) dibanding luas panen padi tahun 2022 sebesar 10,45 juta hektare. Produksi padi 2023 diperkirakan sebesar 53,63 juta ton GKG, turun 1,12 juta ton GKG (2,05%) dibanding tahun 2022 sebesar 54,75 juta ton GKG. Produksi beras tahun 2023 untuk konsumsi penduduk diperkirakan sekitar 30,90 juta ton, turun 645,09 ribu ton (2,05%) dibanding tahun 2022 sebesar 31,54 juta ton.

Dalam dua tahun terakhir, problematika di beras semakin kompleks, bukan hanya soal harga yang tinggi, bahkan di pasar dan supermarket mulai kehabisan stok. Salah satu penyebabnya adalah adanya penurunan produktivitas padi namun permintaan akan beras makin tinggi, kondisi ini memang krusial karena ada ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan,

Penggilingan padi kecil dihadapkan pada banyak tantangan, Saat panen raya terjadi surplus beras, namun surplus ini juga akan menjadi rebutan banyak pihak dan persaingan diantara penggilingan padi, sehingga “gabah berwisata” yang membuat harga gabah tetap tinggi dan biaya logistic distribusi juga tinggi, hal ini tentu akan berimbas pada harga beras. Selain itu adanya peraturan Peraturan Badan Pangan Nasional Nomor 7 Tahun 2023 yang mengatur Harga Eceran Tertinggi Beras, membuat pelaku usaha penggilingan padi kecil tidak bisa menaikkan harga jual beras. Kondisi ini membuat penggilingan padi semakin terhimpit dihadapkan pada dilema harga gabah yang tinggi sedangkan harga beras harus sesuai dengan regulasi

Harga beras di Indonesia tidak terlepas dari tingginya biaya produksi beras. Struktur biaya pertanian padi di Indonesia terdiri dari biaya sarana produksi, upah tenaga kerja, sewa lahan, dan biaya lainnya. Secara keseluruhan, biaya ini terhitung sekitar 37,75 hingga 42,73 persen dari total pendapatan. Data International Rice Research Institute (IRRI) 2016 menyebut, Indonesia memiliki biaya produksi beras tertinggi, yaitu USD0,34 per kg. Sementara itu, biaya produksi beras di Filipina, India, Thailand, dan Vietnam masing-masing hanya mencapai USD0,25, USD0,21, dan USD0,20, dan USD0,12. Di sawah, setelah panen gabah dijual ke penggilingan padi, dan tersisa Jerami. Saat ini jerami padi dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk organik dan mulsa tanam, dan juga dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak yang kaya nutrisi. Pemanfaatan jerami padi sebagai pakan baru mencapai 31-39%, sisanya adalah untuk dibakar atau dikembalikan ke tanah 36-62% serta untuk industri 7-16%. Potensi fisik jerami yang sangat besar belum sepenuhnya dimanfaatkan. Hanya sebagian kecil petani menggunakan jerami sebagai pakan ternak alternatif di kala musim kering karena sulitnya mendapatkan hijauan. Di lain pihak jerami sebagai limbah pertanian, sering menjadi permasalahan bagi petani, sehingga sering di bakar untuk mengatasi masalah tersebut. Sementara itu, pembakaran limbah pertanian meningkatkan kadar CO₂ di udara yang berdampak terjadinya pemanasan global.

Banyak petani yang membakar jerami karena abu hasil bakaran jerami tersebut dirasa berguna untuk menyuburkan tanah. Selain itu, abu jerami juga dipercaya dapat membuat tanaman lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Padahal menurut Balai Besar Penelitian Tanaman Padi dari Kementerian Pertanian, pendapat

tersebut merupakan pendapat yang salah. Justru hasil pembakaran jerami dapat memberikan dampak yang buruk bagi tanaman. Selain itu, ada dampak-dampak lain yang juga diakibatkan oleh pembakaran jerami. Jerami memiliki kandungan unsur hara yang cukup besar.

Menurut Dobermann dan Fairhurst (2022), mengatakan bahwa jerami mengandung 0,5 – 0,8% N, 0,07 – 0,12 P₂O₅, 1,2 – 1,7% K₂O dan 4 – 7% Si. Oleh karena itu, jika jerami dijadikan sebagai kompos, ia akan memperbaiki sifat-sifat tanah, baik fisik, kimia, dan biologi tanah. Sebaliknya, jika jerami dibakar, tingkat absorpsi hara tanah dan kadar K akan semakin meningkat. Hal ini tidak baik bagi tanah dan akan menurunkan produktivitas tanaman. Selama ini, banyak petani di Indonesia yang berpikiran bahwa abu yang dihasilkan dari pembakaran jerami dapat membuat tanaman terhindar dari hama dan penyakit. Nyatanya, pemikiran ini berbanding terbalik dengan apa yang terjadi di lapangan. Hal ini disebabkan karena tidak ada keseimbangan dalam tanah, di mana abu jerami sama sekali tidak menyebabkan adanya penambahan unsur hara Kalium ke tanah yang menyebabkan tanaman malah mudah terkena hama dan penyakit.

Disisi lain, di balik proses penggilingan padi yang menghasilkan beras berkualitas, terdapat produk samping yang sering kali belum dimanfaatkan secara optimal. Dalam memproduksi beras, hanya sekitar 55 – 65% nya saja yang menjadi beras, sisanya adalah hasil sampingan yakni sekam, dedak dan bekatul. kondisi saat ini, hasil sampingan ini menjadi salah satu komponen penting dalam menutupi biaya operasional penggilingan beras. Saat ini sekam dijual langsung untuk dijadikan media tanam, namun ada juga yang mengolah sekam sekam giling untuk dicampur dengan dedak untuk kebutuhan pakan. secara kasat mata, pakan campuran sekam juga sulit dibedakan dengan pakan dedak padi asli. Hal ini membuat pakan ternak menjadi tidak berkualitas, karena sekam padi mengandung lignin dan silika yang bisa merusak saluran pencernaan.. Padahal, jika dikelola dengan baik, sekam padi memiliki potensi besar untuk memberikan nilai tambah yang signifikan bagi industri penggilingan padi.

Kedepan pemerintah akan memprioritaskan untuk pengembangan pertanian tanaman pangan fokus pada peningkatan produksi dan produktivitas. Dengan banyaknya

produksi padi disetiap tahunnya, berarti terjadi pula peningkatan limbah jerami padi dan sekam. Untuk itu perlu adanya upaya untuk memanfaatkan hasil samping di sawah seperti Jerami dan juga hasil samping proses penggilingan padi seperti sekam, untuk memberikan nilai tambah namun tidak merusak lingkungan. Pengolahan Jerami dan sekam padi dapat memberikan berbagai manfaat ekonomi dan lingkungan yang tidak hanya menguntungkan pengusaha penggilingan padi, tetapi juga masyarakat luas dan ekosistem pertanian secara keseluruhan.

Manfaat Ekonomi: Pengolahan Jerami dan sekam padi menjadi berbagai produk bernilai tambah, seperti arang sekam, bahan bakar biomassa, pupuk organik, dan bahan baku industri, dapat membuka peluang usaha baru dan menciptakan lapangan kerja. Dengan memanfaatkan sekam padi secara optimal, industri penggilingan padi dapat meningkatkan efisiensi dan diversifikasi produk, sehingga meningkatkan pendapatan dan keberlanjutan usaha

Manfaat Lingkungan: Pengolahan Jerami dan sekam padi juga berkontribusi pada pengurangan limbah pertanian dan peningkatan keberlanjutan lingkungan. Dengan mengurangi pembakaran sekam padi yang sering dilakukan secara terbuka, kita dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara. Selain itu, produk-produk hasil pengolahan sekam padi, seperti pupuk organik, dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan jerami padi dan sekam diharapkan mampu mengurangi pencemaran lingkungan, khususnya pembakaran jerami padi secara langsung di lahan yang mampu menghasilkan zat pencemar udara dalam jumlah tinggi.

Untuk itu kajian ini akan menganalisa produk turunan dari Jerami dan sekam yang dapat memberikan nilai tambah dan juga berkontribusi terhadap system pertanian yang berkelanjutan .

Kajian kelayakan pengolahan jerami dan sekam padi bertujuan untuk mengevaluasi berbagai aspek ekonomi, teknis, lingkungan, sosial, pasar, finansial, dan regulasi yang berkaitan dengan pemanfaatan Jerami dan sekam padi. Dengan memahami potensi nilai tambah dan tantangan yang ada, industri penggilingan padi dapat mengambil keputusan yang tepat untuk mengimplementasikan praktik pengolahan jerami dan

sekam padi. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan keuntungan ekonomi tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

1.2 TUJUAN

1. Menganalisa pemanfaatan Jerami dan sekam menjadi produk turunan yang memberikan nilai tambah
2. Mengkaji kelayakan produk turunan dari Jerami dan sekam
3. Menganalisa manfaat produk turunan untuk mendukung system pertanian yang berkelanjutan

1.3 MANFAAT

1. Menjadi dasar dalam pemanfaatan Jerami dan sekam menjadi produk yang memiliki nilai tambah
2. Mendorong petani dan penggilingan padi untuk berkontribusi dalam system pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan
3. Mendorong pihak swasta untuk berkontribusi dalam memproduksi dan menyediakan produk turunan yang ramah lingkungan
4. Mendorong dinas terkait untuk mengembangkan produk turunan dari hasil samping (sekam dan Jerami)

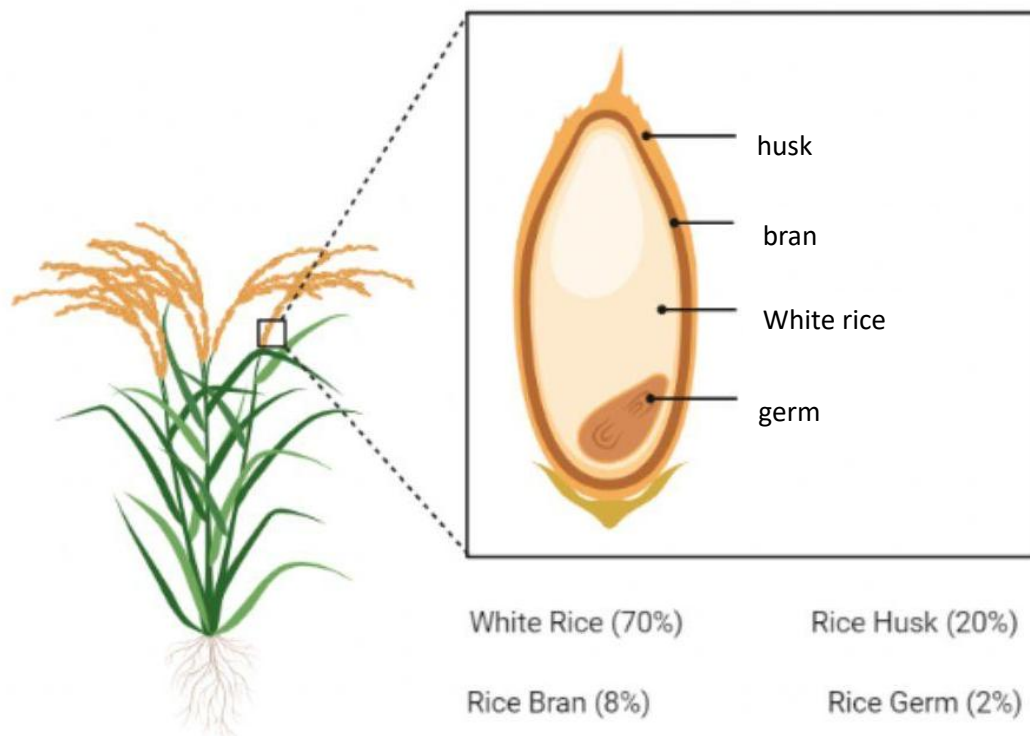
BAB II. PADI DAN HASIL SAMPING NYA

2.1. PADI

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu tanaman pangan semusim berupa rumput dan bersifat berumpun. Tanaman padi banyak dikembangkan di Indonesia karena memiliki kemampuan beradaptasi yang tinggi dengan berbagai kondisi lingkungan. Tanaman padi merupakan tanaman pertanian kuno yang berasal dari Benua Asia dan Afrika Barat dimana menurut sejarah penanaman padi sudah dimulai pada 3.000 tahun SM di Zhejiang (Cina). Menurut (USDA, 2017) dalam (Kurniawan, 2020), padi diklasifikasikan sebagai berikut:

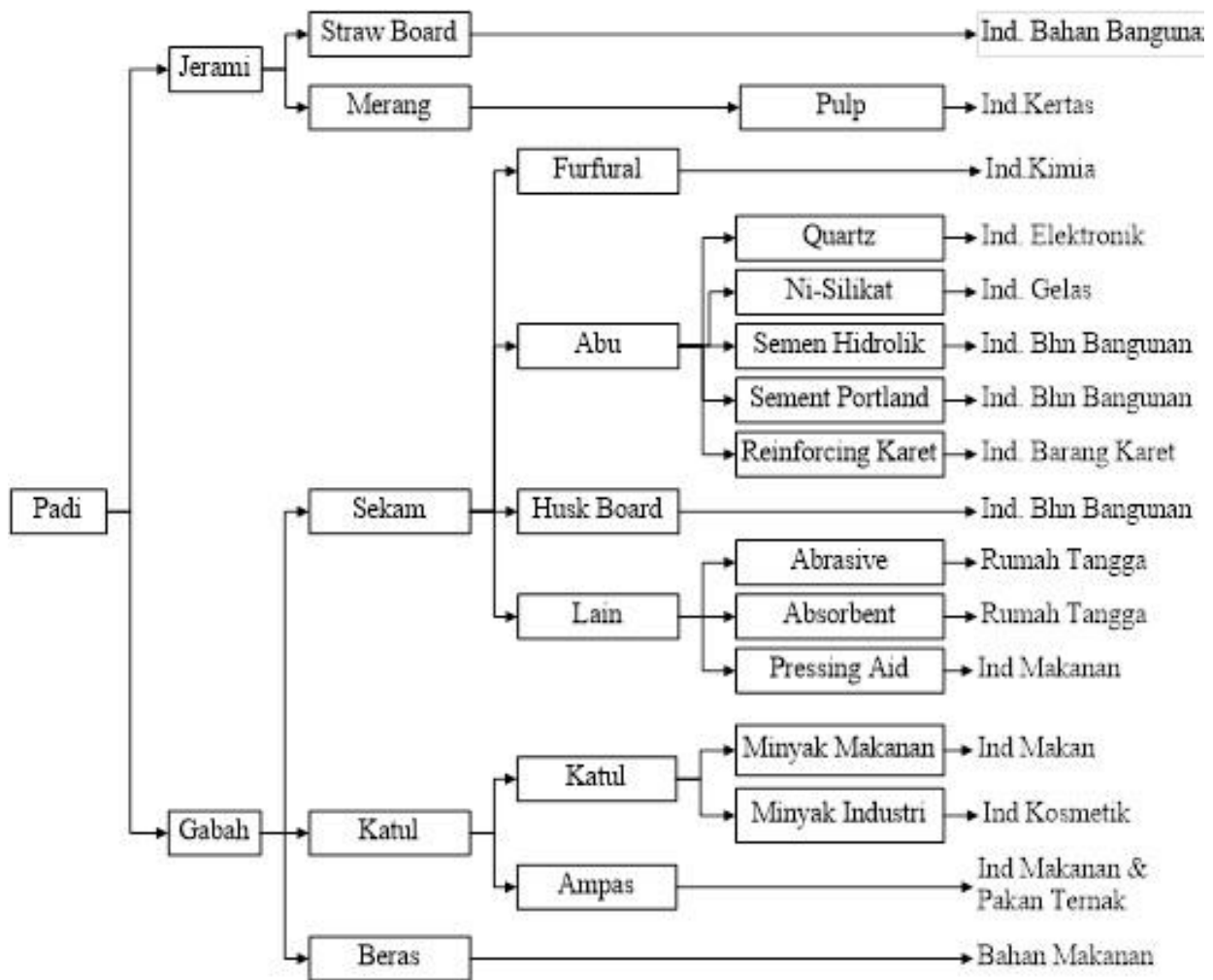
Divisio	: Spermatophyta
Sub divisio	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledoneae
Ordo	: Poales
Famili	: Graminae
Genus	: <i>Oryza</i> Linn
Species	: <i>Oryza sativa</i> L

Sebelum menjadi beras, padi di proses menjadi gabah terlebih dahulu. Gabah sendiri adalah bulir dari tanaman padi yang sudah dipisahkan dari tangkainya dan masih memiliki kulit atau sekam. Gabah tersusun dari 15-30% kulit luar (sekam), 4-5% kulit ari, 12-14% katul, 65-67% endosperm dan 2-3% lembaga (Koswara, 2009). Kulit padi terdiri atas hull yang merupakan kulit bagian terluar dan bran (bekatul) yang merupakan kulit bagian dalam atau selaput biji (Nursalim dan Zalni, 2007)



Gambar 1. Struktur Bagian Padi (Gabah)

Sektor padi adalah salah satu industri sangat penting dalam pembangunan ekonomi nasional, selain itu sektor padi adalah salah satu sektor yang paling banyak didukung dan diintervensi oleh berbagai kebijakan pemerintah. Sektor padi menggunakan input dan sarana penunjang yang diperlukan dalam proses produksinya, (*backward linkages*). Industri padi menghasilkan output berupa padi yang digunakan oleh banyak industri lain sebagai input antara (*forward linkages*), sehingga sektor padi menjadi salah satu sektor kunci pembangunan ekonomi. Keterkaitan tersebut dapat dilihat dari pohon industri padi yang produk utama dan hasil sampingnya bisa digunakan menjadi produk antara untuk industri lainnya



Gambar 2. Pemanfaatan Padi Untuk Mendukung Industri Lainnya

2.2. JERAMI PADI

Jerami padi merupakan produk samping tanaman padi yang tersedia dalam jumlah relatif banyak. Ketersediaan jerami padi yang cukup melimpah merupakan peluang untuk dimanfaatkan mencakup bagian hulu maupun hilir. Di bagian hulu jerami padi banyak dimanfaatkan untuk keperluan di bidang pertanian dan peternakan. Di bidang pertanian jerami padi dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk organik dan mulsa tanam. Sedangkan dalam bidang peternakan jerami padi dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak yang kaya nutrisi.

Jerami padi sebagian besar tersusun dari lignoselulosa dan lignohemiselulosa yang sukar dicerna oleh ternak ruminansia serta mengandung silikat dan oksalat tinggi yaitu lignin. Silikat dalam jumlah yang cukup tinggi tersebut menghalangi kemampuan

mikroba rumen untuk mencernanya Himmel (2008). Jorgensen (2006) menyatakan bahwa, lignosellulosa sendiri tersusun atas selulosa 35-50%, hemisellulosa 25-30% dan lignin 25-30%. Produksi jerami padi bervariasi yaitu dapat mencapai 12-15 ton jerami segar per hektar kali panen, atau 4-5 ton jerami kering per ha tergantung pada lokasi dan jenis varietas tanaman yang digunakan. Karakteristik jerami padi ditandai dengan kandungan serat kasar, lignin dan silika yang tinggi.

Sifat dari jerami padi memiliki beberapa kandungan serat kasar yang tinggi, kurang palatable, dan sifat amba yang tinggi. Menurut penelitian jerami padi mengandung 84,22% bahan kering (BK), 4,60% protein kasar (PK), 28,86% serat kasar (SK), 1,52% lemak kasar (LK), 50,80% bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN). Kandungan nutrisi jerami padi berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh umur panen, jenis padi serta lokasi. Berikut adalah nilai nutrisi Jerami padi yang digambarkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Nilai Nutrisi Jerami padi

Zat-zat makanan	Komposisi
EM (Kkal/kg)	3799,00
Bahan kering (%)	92,00
Protein Kasar (%)	5,31
Lemak Kasar (%)	3,32
Serat Kasar (%)	32,14
BETN (%)	36,68
Abu (%)	22,25
ADF (%)	51,53
NDF (%)	73,82
Lignin (%)	8,81

Sumber : Sarwono dan Arianto, 2003.

Jerami padi di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan baku maupun bahan pengganti dalam proses produksi barang. Pemanfaatan jerami sebagian besar dibakar (37%) untuk pupuk, dijadikan alas kandang (36%) yang kemudian dijadikan kompos dan hanya sekitar 15% sampai 22% yang digunakan sebagai pakan ternak. Beberapa jenis jerami padi setiap tahunnya tersedia dalam jumlah yang cukup berlimpah setelah panen dilaksanakan.



Gambar 3. Perlakuan Jerami Padi Di Sawah

Berdasarkan kebiasaan petani di lapangan, jerami dari sisa panen padi sebagian besar dibakar langsung di lahan dengan tujuan mempercepat persiapan lahan untuk masa tanam berikutnya. Pembakaran jerami secara terus-menerus di lahan pertanian dapat menyebabkan meningkatnya suhu udara di permukaan tanah serta menyebabkan polusi udara sehingga dapat memusnahkan mikroorganisme yang berguna dalam proses biologis tanah, seperti perombak bahan organik tanah sehingga berdampak pada menurunnya kadar bahan organik dalam tanah. Maka dari itu, solusi yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan jerami padi untuk diolah menjadi kompos. Pengomposan jerami padi bertujuan untuk meningkatkan unsur hara tanah serta dapat mengurangi biaya produksi petani dalam pembelian pupuk.

Pemanfaatan jerami padi menjadi kompos merupakan salah satu alternatif untuk substitusi penggunaan pupuk kimia. Kandungan hara jerami pada saat panen bergantung pada kesuburan tanah, kualitas dan kuantitas air irigasi, jumlah pupuk yang diberikan, dan musim/iklim. Di Indonesia rata-rata kadar hara jerami padi adalah 0,4%N, 0,02% P; 1,4% K; dan 5,6 Si. Untuk setiap 1 ton gabah (GKG) dari pertanaman padi dihasilkan pula 1,5 ton jerami yang mengandung 9 kg N, 2 kg P, 25 kg K, 2 kg S, 70 kg Si, 6 kg Ca dan 2 kg Mg.

Banyak petani yang sudah membuktikan bahwa pemberian kompos jerami pada tanaman mampu meningkatkan hasil panen. Hal ini dikarenakan kompos jerami dapat menambah hara pada tanah. Berdasarkan hasil uji lab yang dilakukan oleh Balai

Pertanian, unsur hara dari kompos jerami lebih banyak dibanding pupuk kimia. Selain itu, kompos jerami juga dapat membuat tanah subur, mengurai tanah hingga menjadi gembur, dan membuat nutrisi dalam tanah dapat diserap dengan mudah oleh tanaman.

Pembuangan limbah tanpa pengolahan yang tepat dapat mengganggu keseimbangan ekosistem di bumi semakin cepat. Oleh sebab itu pengolahan limbah sangat penting untuk menjaga bumi tetap asri dan Lestari. Adapun Jerami dapat dimanfaatkan seperti berikut

2.2.1 Jerami Sebagai Mulsa Tanaman

Mulsa adalah bahan penutup tanah yang ditempatkan dipermukaan dan berfungsi menjaga kestabilan kelembaban dan suhu tanah, menekan pertumbuhan gulma, mengubah iklim mikro tanah, serta mencegah erosi dipermukaan tanah pada musim hujan. Sebagai mulsa tanaman jerami sangat baik sekali sebab mampu menekan gulma yang ada dilahan bila kita bertanam dimusim kemarau seperti tanam semangka, mentimun, kacang-kacangan, cabai dan sebagainya. Disamping itu juga sebagai penghalang terpaan sinar matahari secara langsung.

Penggunaan jerami sebagai mulsa dapat juga mempertahankan air dalam tanah dan dapat menekan beberapa gulma yang berkembang. Jerami padi tidak saja bermanfaat untuk tanaman palawija namun juga bagi tanaman perkebunan seperti cengkeh, vanili, kopi dan tembakau.

Pada budidaya hortikultura mulsa dapat mencegah percikan air hujan yang menyebabkan infeksi pada tanaman. Dan pemberian mulsa pada musim kemarau mampu menahan panas matahari pada permukaan atas tanah, sehingga tingkat penguapan menjadi lebih rendah. Mulsa jerami padi mempunyai sifat konduktivitas panas rendah sehingga panas yang sampai ke permukaan tanah lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa mulsa.

2.2.2 Jerami padi sebagai kompos.

Pembuatan kompos jerami padi sangat sederhana, dimana jerami ditumpuk setebal kurang lebih 50 Cm, dan ditaburi sedikit pupuk urea, untuk mempercepat proses pelapukan serta dibiarkan kurang lebih 15 hari kemudian dibolak balik. Inipun sangat baik untuk memperbaiki kesuburan tanah, struktur tanah menjadi gembur dan mudah menyerap air. Bila ditabur kelahan secara merata tanaman akan menjadi lebih baik karena jerami juga mengandung unsur NPK yang bermanfaat untuk pertumbuhan dan produktivitasnya.

Pembuatan kompos dari limbah jerami padi dilakukan dengan cara fermentasi dengan menggunakan dekomposter seperti effective microorganism (EM4), HCS bioactivator, dan beberapa mikroba yang ada di tanah (alga, fitoplankton, cendawan, dan bakteri). Kandungan asam humat pada kompos jerami padi mencapai 0.126 per gram lebih tinggi 0.6 gram dari kompos yang berasal dari sayuran, hal tersebut menunjukkan bahwa kompos jerami padi mampu meningkatkan kesuburan tanah sehingga dapat meminimalisir penggunaan pupuk anorganik yang banyak menimbulkan pencemaran,

Penelitian yang dilakukan oleh Kusumawardhani dan Titis (2015), membuktikan bahwa penggunaan kompos jerami padi mampu menurunkan penggunaan pupuk anorganik sebesar 125 kilogram. Penambahan kompos jerami padi mampu meningkatkan hasil panen sebesar 33 persen, hal ini dikarenakan kompos jerami padi meminimalisir pelepasan Nitrogen dalam tanah sehingga pasokan Nitrogen dalam tanah meningkat dan struktur tanah menjadi baik.

Penambahan kompos jerami padi sebesar 5 ton per hektar juga mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif (tinggi batang dan jumlah anakan) sebesar 22 persen sehingga meningkatkan jumlah produksi padi. Penggunaan 10 ton per hektar kompos jerami padi pada budidaya jagung mampu menghasilkan 6.20 ton meningkat 95 persen produksi bila

dibandingkan dengan penggunaan 5 ton per hektar kompos jerami padi yang hanya menghasilkan 3.40 ton.

2.2.3 Jerami padi sebagai pakan ternak.

Jerami padi dapat dimanfaatkan dalam bidang peternakan sebagai sumber pakan ternak ruminansia besar seperti sapi dan kerbau, terutama sebagai sumber serat. Kandungan protein jerami padi bervariasi antara 3 sampai 5 persen, sedangkan kandungan fosfor dan kalsium yang tersedia dari jerami padi juga rendah, sehingga nilai pencernaan jerami padi sebagai bahan kering dan bahan organik yang rendah, yakni berturut-turut antara 34 sampai 52 persen dan 42 sampai 59 persen. Kendala pemanfaatan jerami padi untuk pakan ternak antara lain adalah sulitnya proses pencernaan serat kasar jerami padi yang mempunyai kandungan lignin sebesar 7 persen dan silikat sebesar 13 persen, sehingga dibutuhkan beberapa teknologi untuk meningkatkan pencernaan potensial serat kasar

Bagi daerah-daerah penggembukan sapi dan kerbau, jerami padi digunakan sebagai campuran pakan ternak. Jerami dapat diolah menjadi 2 bagian, ada sistem dikeringkan yang lazim disebut dengan hay dan disimpan dalam bentuk basah disebut dengan silase. Yang sering dijumpai dimasyarakat peternak untuk pakan ternak adalah dalam bentuk kering dan disimpan dalam bentuk para-para. Pemberian pakan jerami ini diberikan pada saat pakan hijauan sudah sangat kurang atau dimusim kemarau.

Teknologi lain yang dapat digunakan untuk mengolah jerami padi sebagai pakan ternak adalah fermentasi yang merupakan bentuk pengolahan secara bioteknologi. Teknologi fermentasi pengolahan jerami padi dilakukan dengan cara menambahkan bahan mengandung mikroba proteolitik, lignolitik, selulolitik, lipolitik, dan bersifat fiksasi nitrogen non simbiotik (menggunakan starbio, starbioplus, EM-4, dan lain-lain).

Secara umum teknologi fermentasi memiliki keunggulan, jerami yang difermentasi memiliki kandungan nutrisi yang dihasilkan lebih tinggi dibanding

tanpa fermentasi (meningkat protein dan menurunkan serat kasar) dan memiliki sifat organoleptis (bau harum, asam) sehingga lebih disukai ternak (palatable). Seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh Syamsu (2006) menggambarkan bahwa komposisi nutrisi jerami padi yang telah difermentasi dengan menggunakan starter mikroba (starbio) sebanyak 0.06 persen dari berat jerami padi, secara umum memperlihatkan peningkatan kualitas dibanding jerami padi yang tidak difermentasi dengan kadar protein kasar jerami padi yang difermentasi mengalami peningkatan dari 4.23 persen menjadi 8.14 persen dan diikuti dengan penurunan kadar serat kasar. Jerami padi yang diberi perlakuan urea 4 persen dan disimpan selama 4 minggu terjadi peningkatan daya cerna dari 35 persen menjadi 43.6 persen dan kandungan nitrogentotal dari 0.48 persen menjadi 1,55 persen.

Sedangkan inovasi penambahan probiotik starbio maka pakan jerami menjadi memiliki bau khas, agak manis dan disukai ternak (palatabilitas tinggi), kadar protein meningkat semula 2 sampai 4 persen menjadi 12 persen, daya cerna meningkat dari 30 sampai 40 persen menjadi 60 persen. Hal tersebut diperkuat oleh Soepranianondo, dkk (2007), dengan mengkombinasikan teknologi amoniasi dan fermentasi menggunakan bakteri selulolitik (*Acetobacter liquefaciens*) pada jerami padi mampu meningkatkan berat badan domba sebesar 52,23 gram per hari dengan angka konversi pakan yang berasal dari jerami padi sebesar 9.85 sampai 13.17 yang menunjukkan semakin kecil angka konversi pakan semakin menguntungkan karena makin sedikit pakan yang dikonsumsi untuk mencapai produk daging yang optimal dalam kurun waktu tertentu, [30,31,34,35].

Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat pencernaan jerami padi semakin baik. Secara umum berbagai teknologi pengolahan jerami padi baik secara fisik, biologi atau kimia mempunyai tujuan untuk 1) memperbaiki nilai nutrisi dan pencernaan, serta meningkatkan fermentasi ruminal dengan menambahkan elemen yang kurang, 2) mengoreksi defisiensi jerami dengan menambahkan nitrogen atau mineral, 3) meningkatkan konsumsi dengan

cara memperbaiki palatabilitas, 4) meningkatkan ketersediaan energi, serta 5) mengurangi sifat amba dari jerami padi

2.2.4 Jerami padi sebagai media tanam.

Untuk tanaman ubi jalar agar dapat berumbi maksimal dan ukuran umbinya, mulus dan besar-besar maka harus menggunakan jerami sebagai media tanamnya. Adapun caranya adalah dengan membuat bedengan jerami selebar 60-120 Cm dengan panjang bedengan disesuaikan dengan kondisi lahan yang ada.

Kemudian bedengan tersebut diurug dengan tanah setebal 5 Cm yang diambil dari sela-sela bedengan sehingga menutupi seluruh bedengan yang ada, kemudian ditanami bibit ubi jalar. Tanam ubi jalar dengan sistim bedengan jerami diharapkan umbi dapat berkembang lebih maksimal, perawatan lebih mudah, gulma menjadi sedikit dan waktu panen tidak perlu menggunakan cangkul cukup dengan tangan saja, sehingga tidak melukai umbi. Dengan penggunaan media jerami padi umbi dapat berkembang lebih maksimal, kualitas dan warna umbi jauh lebih baik dari media tanah.

2.2.5 Jerami padi sebagai atap kandang.

Kandang sapi, kerbau yang dibangun ditengah sawah dapat menggunakan jerami sebagai atap yang sangat murah asalkan mendapatkan penanganan yang baik, dapat bertahan 2 - 3 tahun.

2.2.6 Jerami padi sebagai media tanam jamur merang.

Di jawa jamur merang hampir dijual di setiap pasar. Jerami padi sangatlah bermanfaat asal kita kreatif dan dapat menciptakan lapangan kerja baru untuk budidaya jamur merang.

2.3. SEKAM PADI

Sekam padi adalah kulit luar butiran padi yang telah dipisahkan dari berasnya melalui proses penggilingan padi. Sekam padi memiliki kandungan serat yang tinggi dan juga mengandung beberapa nutrisi seperti protein, lemak, dan mineral. Sekam padi juga merupakan lapisan keras meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling berkaitan (Bhakti dkk 2019). Menurut Ismunadji (1988), industri penggilingan padi menghasilkan 65% beras, 20% sekam padi, dan sisanya hilang.



Gambar 4. Sekam Padi

Worasuwannarak dkk (2007) menyatakan bahwa, komponen utama sekam padi terdiri dari selulosa (38%), hemiselulosa (18%), lignin (22%), dan SiO_2 (silika). Sekam padi mengandung beberapa unsur kimia penting (Suharno dalam Fasya 2017), seperti pada tabel 2 berikut

Tabel 2. Komposisi Nilai Nutrisi Sekam padi

Komponen	Kandungan (%)
Kadar air	9.020
Protein kasar	3.027
Lemak	1.180
Serat kasar	35.680
Abu	17.710
Karbohidrat kasar	33.710

Seiring dengan perkembangan zaman, sudah banyak penelitian yang membahas mengenai sekam padi dan manfaatnya, meliputi:

2.3.1 Sekam Sebagai Bahan Baku Pembuatan Silika Gel

Mengutip dari Handayani dkk (2015), sekam padi berpotensi sebagai bahan pembuatan silika gel, karena menjadi salah satu sumber penghasil silika terbesar. Sekam mengandung silika sebanyak 87-97% berat kering setelah mengalami pembakaran secara sempurna.

Silika gel adalah bentuk dari silika yang dihasilkan melalui proses penggumpalan sol natrium silikat NaSiO_2 . Bentuk sol mirip seperti agar-agar, dapat didehidrasi sehingga berubah menjadi padatan atau butiran yang tidak elastis.

Silika gel banyak dimanfaatkan sebagai zat penyerap, pengering, dan penopang katalis. Biasanya digunakan untuk menjaga kelembaban seperti makanan, obat-obatan, elektronik, film, bahan bahan sensitif sekalipun. Uniknya produk anti lembab ini dapat menyerap tanpa mengubah bentuk zatnya. Kalau kita pegang gel ni akan tetap kering.

2.3.2 Sekam Sebagai Bahan Baku Pembuatan Arang

Arang sekam mempunyai banyak dimanfaatkan di bidang pertanian maupun industri. Arang sekam padi kaya akan kandungan karbon, hal itu digunakan dalam pembuatan kompos. Para petani menggunakan arang sekam untuk menggemburkan tanah.

2.3.3 Sekam untuk Media Tanah

Menurut Purnomo dalam Fasya 2017, pemanfaatan sekam padi digunakan sebagai tambahan atau campuran media tanam. Kelebihan sekam antara lain: harganya murah mudah didapat, mudah dalam pembuatan, biaya pembuatan murah, pemanfaatan limbah hasil pertanian, mudah menyerap air, dan untuk akar dapat menyimpan oksigen dengan baik.

2.3.4 Sekam Sebagai Penyedia Unsur Hara

Selain digunakan sebagai media tanam, abu sekam juga dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah. Hermawan 2003, menyatakan bahwa sekam padi digunakan untuk menyuburkan kembali tanah ultisol. Tanah ultisol merupakan salah satu tanah yang kurang subur karena bersifat asam dan mengandung unsur Al yang tinggi. Dapat meningkatkan unsur P, K. dan C dalam tanah.

Lim dkk 2012, meneliti transformasi sekam padi sebagai pupuk melalui proses *vermicomposting* (pengomposan dengan bantuan cacing). Selain itu, sekam digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk cair dan karbon aktif (Ding dkk 2014).

2.3.5 Sekam Untuk Sumber Energi Terbarukan

Sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan briket. Briket adalah bahan bakar padat yang telah dilakukan proses pemadatan dari bahan-bahan tidak padat seperti serbuk. Pembuatan briket dilakukan dengan cara merekatkan serbuk dengan tepung (tepung beras, tepung kanji, dan tepung beras ketan) kemudian dipadatkan lalu dikeringkan.

Menurut Ali dkk (2016), masyarakat di Pakistan mengolah sekam padi yang dicampur dengan kotoran hewan untuk menghasilkan biogas. Di Kamboja digunakan sebagai pembangkit listrik menggunakan metode gasifikasi. Metode gasifikasi adalah suatu sistem untuk mengubah bahan bakar mentah menjadi gas menggunakan reaktor gasifikasi berteknologi *fluidized bed*. Kemudian gas tersebut digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel pada pembangkit listrik (Primantara dkk 2017).

2.3.6 Sekam sebagai Adsorben Alami

Adsorpsi adalah proses penempelan molekul tertentu pada suatu permukaan. Adsorben adalah padatan yang digunakan dalam proses adsorpsi. Dikutip dari Yahya 2017, arang sekam padi dapat menyerap ion logam jenis timbal (Pb).

Selain timbal, arang sekam mampu menghilangkan kandungan besi (Zn) dan ion nikel (Ni) di dalam air.

Merkuri (Hg), dapat juga diserap oleh arang sekam. Arang sekam digunakan juga dalam upaya pengelolaan media (air dan tanah) yang sudah tercemar oleh logam-logam berbahaya seperti Pb, Ag, Cr, Ni, Cu, dan sebagainya (Purwaningsih 2009).

2.3.7 Sekam untuk Bahan Bangunan

Sebuah fakta menarik, berdasarkan penelitian yang dilakukan Adha (2011), sekam padi memiliki potensi sebagai pengganti semen pada struktur pengerasan jalan raya. Semen dan abu sekam padi (6%) dicampur dengan material tanah lempung plastisitas rendah telah memenuhi persyaratan teknis sebagai lapisan pondasi.

Putra (2016) menyatakan bahwa, sekam padi juga dimanfaatkan sebagai campuran pembuatan beton agar tidak cepat rusak oleh senyawa magnesium sulfat di dalam air laut. Dalam penelitian Putra (2016) dapat ditarik kesimpulan bahwa, persentase optimal sekam padi sebanyak 16,8% yang ditambahkan ke dalam proses pembuatan beton, dapat mengurangi kerusakan akibat magnesium sulfat.

Menurut Setiawan dkk (2016), sekam padi yang ditambahkan ke dalam beton ringan *pumice* dapat digunakan sebagai pengganti beton biasa untuk struktur bangunan.

2.4 REGULASI INDONESIA

Di Indonesia, berbagai regulasi telah diterapkan untuk mendukung pemanfaatan dan pengolahan limbah pertanian, termasuk jerami dan sekam padi. Regulasi ini mencakup aspek lingkungan, energi terbarukan, dan pengelolaan limbah. Berikut adalah beberapa regulasi yang relevan:

1. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah

- **Isi:** Undang-undang ini mengatur tentang pengelolaan sampah secara komprehensif dari hulu ke hilir, termasuk pengurangan, penanganan, dan pemanfaatan sampah.
- **Relevansi:** Pemanfaatan jerami dan sekam padi sebagai sumber daya yang dapat diolah menjadi produk bernilai tambah sejalan dengan prinsip pengelolaan sampah dalam undang-undang ini.

2. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

- **Isi:** Mengatur tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, termasuk pengelolaan limbah dan pencemaran.
- **Relevansi:** Mendorong pengelolaan limbah pertanian seperti jerami dan sekam padi untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

3. Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga

- **Isi:** Mengatur tentang pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenisnya, termasuk pengurangan dan pemanfaatan sampah.
- **Relevansi:** Jerami dan sekam padi dapat dikategorikan sebagai sampah sejenis rumah tangga yang dapat dikelola dan dimanfaatkan lebih lanjut.

4. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/OT.140/10/2011 tentang Pedoman Umum Pertanian Organik

- **Isi:** Menyediakan pedoman untuk pertanian organik, termasuk penggunaan bahan organik dan pengelolaan limbah pertanian.
- **Relevansi:** Mendorong penggunaan jerami dan sekam padi sebagai bahan organik dalam praktik pertanian organik.

5. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik

- **Isi:** Mengatur tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan, termasuk biomassa, untuk penyediaan tenaga listrik.
- **Relevansi:** Sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar biomassa untuk pembangkit listrik, mendukung tujuan energi terbarukan.

6. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.71/Menlhk/Setjen/Kum.1/11/2019 tentang Program Kampung Iklim

- **Isi:** Mengatur tentang program pengelolaan lingkungan hidup dan pengendalian perubahan iklim di tingkat lokal.
- **Relevansi:** Mendorong praktik pengelolaan limbah pertanian yang ramah lingkungan, termasuk pemanfaatan jerami dan sekam padi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

7. Instruksi Presiden Nomor 6 Tahun 2017 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Baku Bahan Bakar Nabati (Biofuel)

- **Isi:** Menginstruksikan berbagai kementerian dan lembaga untuk mendukung penyediaan dan pemanfaatan bahan baku biofuel.
- **Relevansi:** Sekam padi dapat diolah menjadi biofuel, mendukung inisiatif energi terbarukan nasional.

8. Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca

- **Isi:** Mengatur tentang rencana aksi nasional untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di berbagai sektor.
- **Relevansi:** Pemanfaatan jerami dan sekam padi dapat berkontribusi dalam pengurangan emisi melalui pengelolaan limbah yang ramah lingkungan

BAB III. PEMANFAATAN SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN

3.1. ARANG SEKAM PADI

Di beberapa daerah di Indonesia, sekam padi digunakan sebagai bahan bakar dalam pembuatan arang sekam. Arang sekam biasanya digunakan sebagai bahan bakar dalam memasak atau sebagai bahan campuran dalam pembuatan pupuk organik. Arang sekam merupakan materi penting yang sering dipakai untuk bahan baku pertanian, selain itu arang sekam juga dapat digunakan untuk kebutuhan industri yang sebagai penggembur tanah, bahan pembuatan kompos, bokashi, takakura, media tanam dan media persemaian

Secara kimia, arang sekam memiliki kandungan unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Keasamannya netral sampai alkalis dengan kisaran pH 6,5 sampai 7. Arang dari sekam padi tidak mengandung garam-garam yang merugikan tanaman

3.1.1 Aspek Teknologi

Bahan dan alat yang dibutuhkan:

- Sekam padi.
- Drum logam atau tong besar.
- Kayu untuk bahan bakar.
- Sekop atau alat untuk mengisi sekam ke dalam drum.
- Sumpit atau alat untuk membuka dan menutup ventilasi pada drum.

Langkah-langkah:

1. Alat Pembakaran

- Cari tong berbentuk silinder yang terbuat dari besi, aluminium, seng atau logam yang tahan api. Kurang lebih berukuran 20 liter dan buang salah satu alas atau tutupnya
- Pada bagian alas atau tutup yang tidak dibuang, buat lubang berdiameter 10 cm di tengah-tengah lingkaran

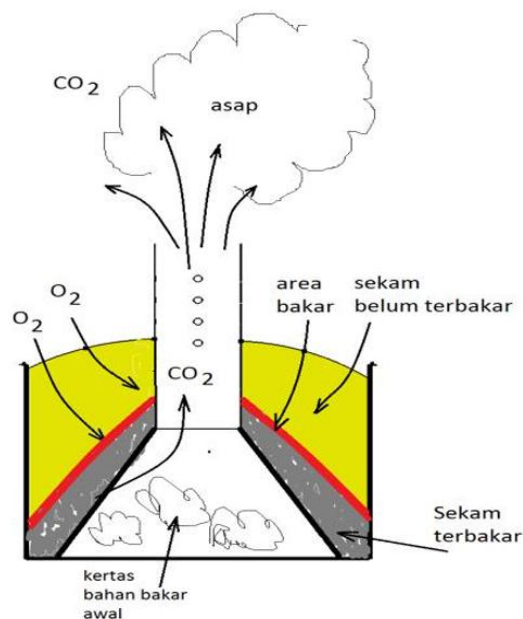
- Buat lubang dengan paku pada dinding silinder dengan ukuran kurang lebih 0,5 cm. Fungsinya untuk membuang panas dari bahan bakar ke tumpukan sekam padi tanpa membakar secara langsung
- Bagian tajam dari lubang harus mengarah keluar supaya lidah api menjulur keluar. Buat lubang dari dalam menuju keluar silinder
- Gunakan pipa sepanjang 1 cm dengan diameter 10 cm. Masukkan pipa ke dalam lubang yang telah dibuat alas atau atap, sebagai cerobong asap pembakaran
- Rekatkan pipa dengan cara dilas agar pipa dapat berdiri tegak lurus diatas silinder. Atau letakkan pipa yang ada di silinder, ganjal dengan paku, kemudian ikat dengan kawat besa agar cerobong dapat berdiri tegak.

2. Proses Pembakaran

- Pilih lokasi pembakaran yang jauh dari jalan atau perumahan, karena proses pembakaran menghasilkan asap yang tebal
- Buat api unggun ukuran silinder yang telah dibuat sebelumnya. Nyalakan api kemudian tutup api dengan silinder yang telah diberi cerobong asap
- Timbun ruang pembakaran silinder yang didalamnya sudah ada nyala api dengan berapa karung sekam. penimbunan kurang lebih setinggi 1 meter
- Setelah 20-30 menit, saat puncak timbunan sekam terlihat menghitam, berikan sekam yang berwarna coklat ke arah puncak. Lakukan terus secara berulang-ulang
- Setelah semua menghitam lakukan penyiraman untuk menghentikan proses pembakaran.



Gambar 5. Proses Pembuatan Arang Sekam



Gambar 6, Mekanisme Pembentukan Arang Sekam

Api di bawah tungku mendorong udara dan asap ke atas cerobong, sehingga udara luar tertarik kedalam tungku melalui sekam yang belum terbakar. Sementara itu, sekam yang bersentuhan dengan tungku mulai terbakar dan mengkonsumsi oksigen. Pada saat area bakar merembet keluar, bagian dalam

yang telah terbakar tidak mendapat oksigen sehingga tidak terbakar menjadi abu melainkan menjadi arang.

3.1.2 Aspek Sosial

Kegiatan pengolahan limbah sekam yang dimanfaatkan menjadi arang sekam oleh masyarakat akan memberikan dampak positif terhadap lingkungan, kesehatan dan perekonomian masyarakat. Pemanfaatan arang sekam dapat memperbaiki lahan pertanian, dan pelestarian lingkungan, dan dapat memberikan pendapatan tambahan dan mendukung perekonomian masyarakat. Proses pengarangan yang akan dilakukan berupa proses pembakaran sederhana yang mudah dilakukan oleh masyarakat

3.1.3 Aspek Lingkungan

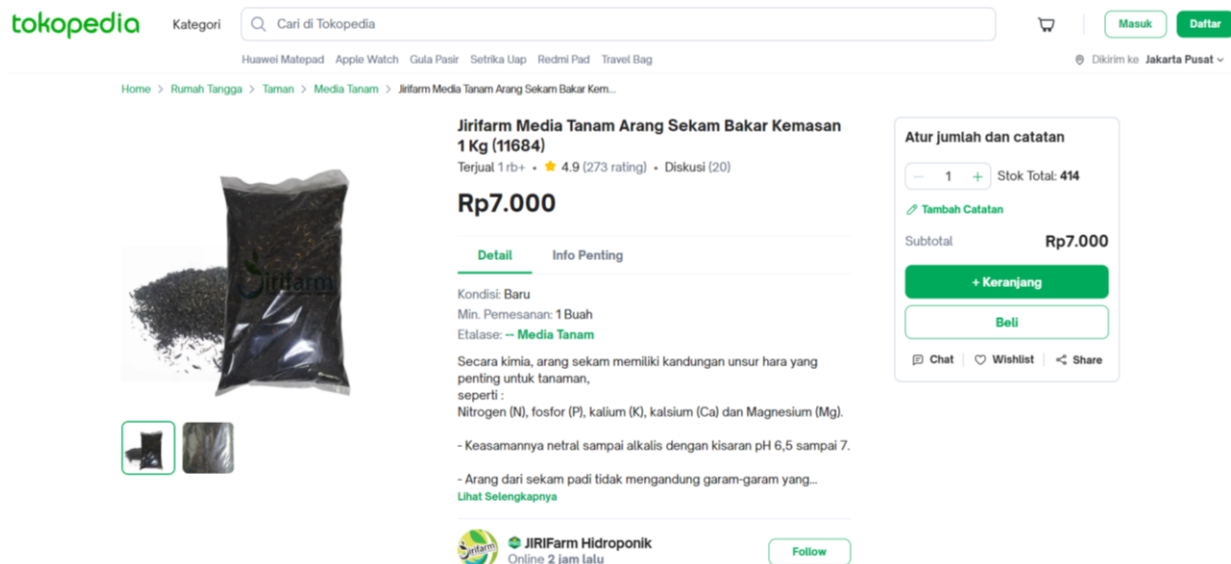
Arang sekam yang digunakan untuk penggembur tanah, bahan pembuat kompos, pupuk bokashi, media tanam, dan media persemaian. Manfaat arang sekam memacu pertumbuhan mikroorganisme, mengatur pH tanah, mempertahankan kelembaban, serta menekan mikroba patogen

Secara biologis, tanah yang gembur merupakan media yang sangat baik bagi tumbuh kembangnya organisme hidup. Baik mikroorganisme seperti bakteri akar maupun Tabel 1 Komposisi kimia sekam padi Komponen Kandungan (%) Karbon (Zat Arang) 1.33 Hidrogen 1.54 Oksigen 33.64 Silika (SiO_2) 16.98 Gambar 1 Pembuatan arang Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat Vol 2 (4) 2019: 679–684 683 makroorganisme seperti cacing tanah. Kelebihan lainnya, arang sekam tidak membawa mikroorganisme patogen. Karena proses pembuatannya yang melalui pembakaran sehingga relatif steril. Secara kimia, arang sekam memiliki kandungan unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Keasamannya netral sampai alkalis dengan kisaran pH 6,5 sampai 7. Arang dari sekam padi tidak mengandung garam-garam yang merugikan tanaman (Surdianto et al. 2015)

3.1.4 Aspek Ekonomi dan Pasar

Hasil pembakaran sekam padi dapat menghasilkan arang yang dinamakan arang sekam padi, dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan diantaranya sebagai bahan baku untuk industri kimia, bahan bangunan, sebagai adsorben logam-logam berat seperti Pb, Cd, Cr, Fe dalam air (Sitanggang 2010)

- Berdasarkan observasi yang dilakukan, harga sekam padi adalah Rp.1000,00/kg, dan harga arang sekam padi adalah Rp.5000,00-7.000,00/kg [10]
- Arang sekam juga diharapkan dapat meningkatkan pendapatan, nilai harga jual arang sekam yang mencapai Rp.5000,00- 7000,00/kg, dibandingkan dengan nilai jual sekam yang hanya Rp.1000,00/kg saja.



Gambar 7. Harga Arang Sekam Di e-Commerce

3.1.5 Aspek Investasi

1. Asumsi

Tingkat diskonto (discount rate) untuk perhitungan NPV: 10%

2. Data Dasar

- Investasi Awal: Rp 50,000,000
- Pendapatan Bulanan: Rp 30,000,000

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



- Biaya Operasional Bulanan: Rp 20,000,000
- Lama Balik Modal: 20 bulan
- Periode Analisis: 2 tahun (24 bulan)

3. Perhitungan Arus Kas

- Arus Kas Masuk (Pendapatan Bulanan): Rp 30,000,000
- Arus Kas Keluar (Biaya Operasional Bulanan): Rp 20,000,000
- Arus Kas Bersih Bulanan
- Arus Kas Bersih = Pendapatan – Biaya Operasional = 30,000,000 – 20,000,000 = 10,000,000

Tabel 3. Tabel Investasi Arang Sekam Padi

Periode (Bulan)	Arus Kas Masuk (Rp)	Arus Kas Keluar (Rp)	Arus Kas Bersih (Rp)	NPV (Rp)
0	0	50,000,000	-50,000,000	-50,000,000
1	30,000,000	20,000,000	10,000,000	9,090,909
2	30,000,000	20,000,000	10,000,000	8,264,463
3	30,000,000	20,000,000	10,000,000	7,513,148
4	30,000,000	20,000,000	10,000,000	6,830,135
5	30,000,000	20,000,000	10,000,000	6,209,213
6	30,000,000	20,000,000	10,000,000	5,644,739
7	30,000,000	20,000,000	10,000,000	5,131,581
8	30,000,000	20,000,000	10,000,000	4,665,074
9	30,000,000	20,000,000	10,000,000	4,240,976
10	30,000,000	20,000,000	10,000,000	3,855,433
11	30,000,000	20,000,000	10,000,000	3,504,939
12	30,000,000	20,000,000	10,000,000	3,186,308
13	30,000,000	20,000,000	10,000,000	2,896,644
14	30,000,000	20,000,000	10,000,000	2,633,313
15	30,000,000	20,000,000	10,000,000	2,393,920
16	30,000,000	20,000,000	10,000,000	2,176,291
17	30,000,000	20,000,000	10,000,000	1,978,447
18	30,000,000	20,000,000	10,000,000	1,798,588
19	30,000,000	20,000,000	10,000,000	1,635,080
20	30,000,000	20,000,000	10,000,000	1,486,436
21	30,000,000	20,000,000	10,000,000	1,351,306

Periode (Bulan)	Arus Kas Masuk (Rp)	Arus Kas Keluar (Rp)	Arus Kas Bersih (Rp)	NPV (Rp)
22	30,000,000	20,000,000	10,000,000	1,228,460
23	30,000,000	20,000,000	10,000,000	1,116,782
24	30,000,000	20,000,000	10,000,000	1,015,256

Tabel 4. Tabel NPV, dan IRR Arang Sekam Padi

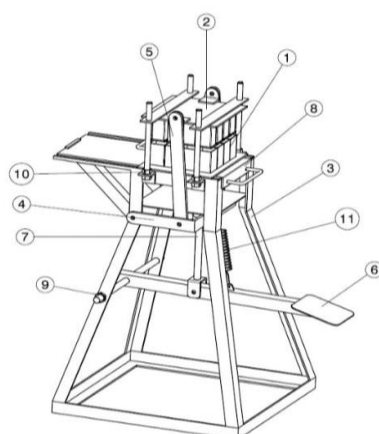
Interest rate	10%
net present value (NPV)	39,847,440
interest rate of return (IRR)	20%
diterima /ditolak	Diterima

3.2 BRIKET SEKAM

Untuk meningkatkan nilai ekonomisnya, hasil produksi arang sekam dapat diproduksi berupa briket arang untuk kebutuhan memasak, penerangan, maupun industry. Briket arang sekam diharapkan mampu menjadi salah satu solusi bahan bakar yang murah dan ramah lingkungan.

Harga arang sekam per kg adalah Rp 3000 – 5000 sedangkan harga briket arang adalah antara Rp 15.000 – 20.000 per kg

3.2.1 Aspek Teknologi



Daftar komponen mesin:

Cetakan atas
Cetakan bawah
Rangka
Batang penghubung 1
Batang penghubung

2

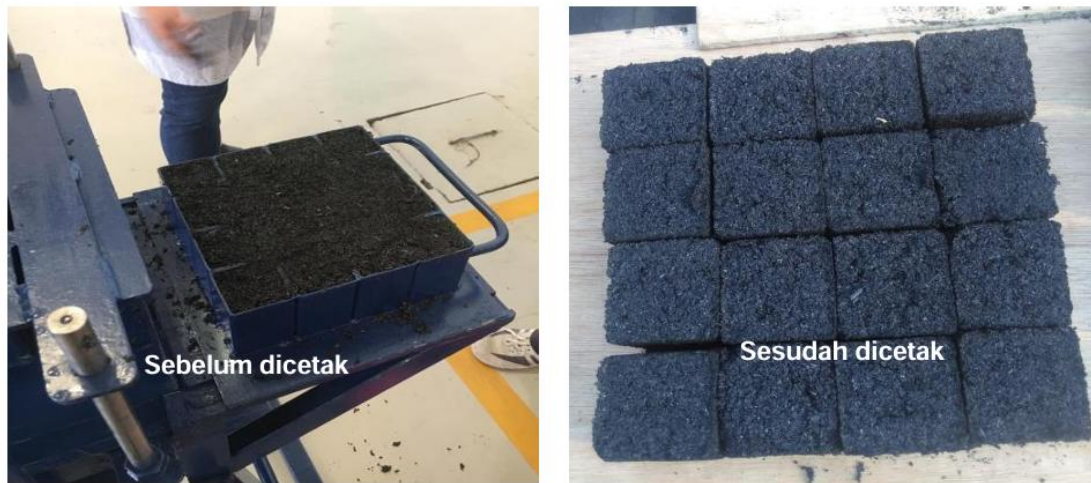
Tuas penekan
Batang penarik
Pelat alas
Poros
Pilar pengarah
Poros



Gambar 8. Mesin Cetak Briket Arang Sekam

Mekanisme pembentukan arang sekam padi menjadi briket yaitu sebagai berikut.

- Arang sekam yang dihasilkan kemudian dicampur dengan cairan perekat berbahan tepung tapioka dengan perbandingan 5 bagian arang berbanding 1 bagian perekat,
- untuk selanjutnya dicetak di mesin cetak briket arang
- kemudian press sehingga menjadi briket



Gambar 9. Proses Pencetakan Briket Arang Sekam

3.2.2 Aspek Sosial

Kegiatan pengolahan limbah untuk energi selain memberikan peluang untuk melestarikan lingkungan, pembangunan pedesaan, juga kepada bisnis. Dengan melakukan kegiatan ini diharapkan dapat memberikan motivasi dalam menambah pendapatan para petani dan meningkatkan produktivitas para petani di Desa.

Metode yang dilakukan, selain melalui penyuluhan, pelatihan dengan demonstrasi pengolahan briket, pembimbingan dan pendampingan menjadi produk yang siap dipasarkan

Dengan membandingkan nilai jual sekam yang hanya Rp 1000 per kg dengan briket arang sekam yang berharga Rp 15.000 per kg, serta kapasitas sebuah mesin cetak yang mampu memproduksi 120 kg per hari atau 3000 kg per bulan, maka potensi penghasilan masyarakat adalah Rp 45.000.000 per bulan

3.2.3 Aspek Lingkungan

Dalam sekali cetak dapat menghasilkan briket arang sekam seberat 1 kilogram. Sebagai sumber energi, briket arang sekam memiliki nilai kalor yang cukup tinggi sebagaimana yang diungkapkan oleh (Patabang, 2012) bahwa bahwa nilai kalor briket arang sekam dengan konten bahan perekat 7% adalah 2789 kKal/kg sedangkan Nurhilal & Tarigan (2017) menyatakan bahwa nilai kalor briket arang sekam adalah 3873,5 kKal/kg. Sebagai perbandingan, nilai kalor batu bara adalah 6216 kKal/kg (Bono, Wahyono, & Burhani, 2017), jadi briket arang sekam memiliki potensi besar untuk dapat dijadikan bahan bakar alternatif.

3.2.4 Aspek Investasi

Investasi Awal:

- Rp 100.000.000

Asumsi:

- Kapasitas produksi: 500 kg briket sekam per hari
- Harga jual briket sekam: Rp 15.000 per kg
- Biaya bahan baku: Rp 3.500 per kg
- Biaya tenaga kerja: Rp 2.000.000 per bulan
- Biaya overhead: Rp 2.000.000 per bulan
- Lama waktu investasi: 5 tahun

Proyeksi Pendapatan:

- Produksi briket sekam per hari: 500 kg
 - Produksi briket sekam per tahun (asumsikan 300 hari kerja): 500 kg/hari x 300 hari/tahun = 150.000 kg/tahun
 - Pendapatan per tahun: 150.000 kg/tahun x Rp 7.000/kg = Rp 1.050.000.000
- Proyeksi Biaya:**

- **Biaya bahan baku:**

500 kg/hari x Rp 7.000/kg x 365 hari/tahun = Rp 840.000.000

- **Biaya tenaga kerja:**

- Per tahun: Rp 2.000.000/bulan x 12 bulan/tahun = Rp 24.000.000

- **Biaya overhead:**

- Per tahun: Rp 2.000.000/bulan x 12 bulan/tahun = Rp 24.000.000

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



- **Total biaya per tahun:**

- $\text{Biaya bahan baku} + \text{Biaya tenaga kerja} + \text{Biaya overhead} = \text{Rp } 840.000.000 + \text{Rp } 24.000.000 + \text{Rp } 24.000.000 = \text{Rp } 888.000.000$

Analisis Laba Rugi:

- **Laba bersih per tahun:**

$\text{Pendapatan per tahun} - \text{Total biaya per tahun} = \text{Rp } 2.625.000.000 - \text{Rp } 888.000.000 = \text{Rp } 1.737.000.000$

Tabel 5. Tabel Analisis Investasi Arang Sekam Padi

Periode Tahun	Arus Kas Masuk (Rp)	Arus Kas Keluar (Rp)	Arus Kas Bersih (Rp)	NPV (Rp)
0		100,000,000	(100,000,000)	(100,000,000)
1	1,737,000,000	888,000,000	849,000,000	771,818,182
2	1,737,000,000	888,000,000	849,000,000	701,652,893
3	1,737,000,000	888,000,000	849,000,000	637,866,266
4	1,737,000,000	888,000,000	849,000,000	579,878,424
5	1,737,000,000	888,000,000	849,000,000	527,162,203
				3,118,377,967

Tabel 6. Tabel Hasil Analisis Arang Sekam Padi

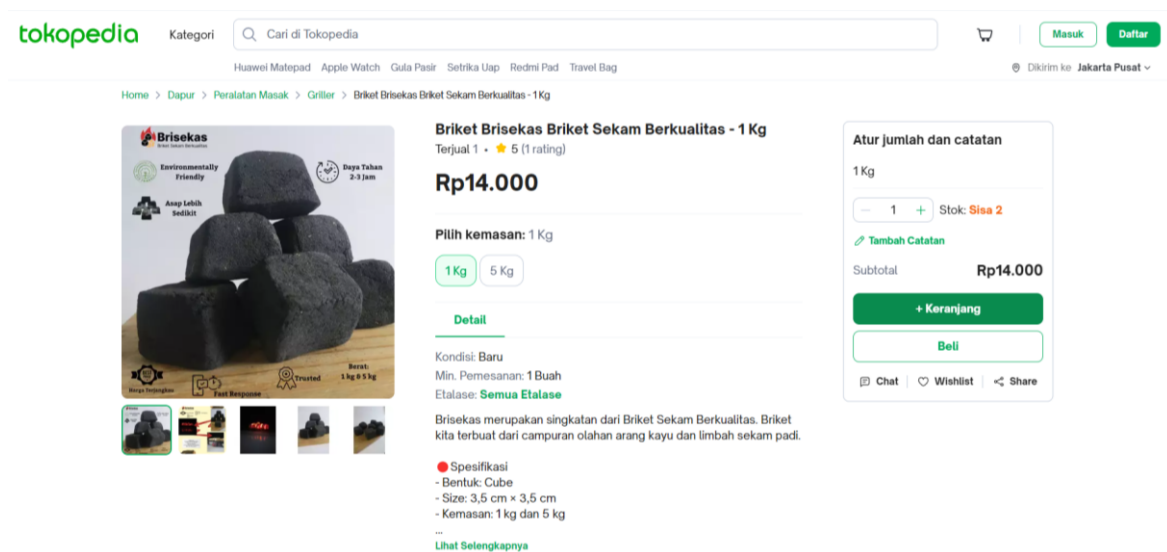
Interest rate	10%
net present value (NPV)	3,118,377,967
interest rate of return (IRR)	849%
Diterima di tolak	Diterima

3.2.5 Aspek Ekonomi Dan Pasar

Dengan kemampuan sekali cetak seberat 1 kg briket arang dalam waktu 4 menit, maka dalam 8 jam (sehari) akan dihasilkan 120 kg briket arang sekam. Dengan harga briket arang sekam sebesar Rp 15.000 per kg maka sehari dapat

menghasilkan Rp1.800.000. Dengan demikian, dengan perhitungan 1 bulan terdiri dari 25 hari kerja maka satu mesin cetak dapat menghasilkan Rp 45.000.000. Sementara itu, biaya pembuatan mesin cetak briket arang sekam ini cukup terjangkau oleh masyarakat yaitu sebesar Rp 6.800.000

Produk briket juga banyak diminati di negara2 lain seperti jepang, arab, turki, dan lainnya. Maka potensi ekspor briket sangat menjanjikan. Selain ekspor, penjualan briket juga dapat dilakukan ke restoran-restoran yang dulunya menggunakan arang kayu atau arang batok kelapa sekarang beralih ke briket.



Gambar 10. Harga Briket Sekam di E-Commerce

3.3 BRIKET JERAMI

Sebagai biomassa lignoselulosik, jerami tersusun atas tiga komponen, yaitu: lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Hal ini membuka peluang bagi pemanfaatan jerami sebagai sumber energi melalui berbagai rute konversi. Jerami memiliki massa jenis yang rendah, yaitu 70–80 kg/m³ pada kadar air 15–18%. Tabel 1 memberikan sifat dan komposisi beberapa jenis jerami. Dua hal yang menonjol dari jerami padi dibandingkan jerami lain adalah kadar abu yang tinggi (hingga 22.1%) dan nilai kalori (HHV) yang rendah (kurang dari 15 MJ/kg)

3.3.1 Aspek Teknologi

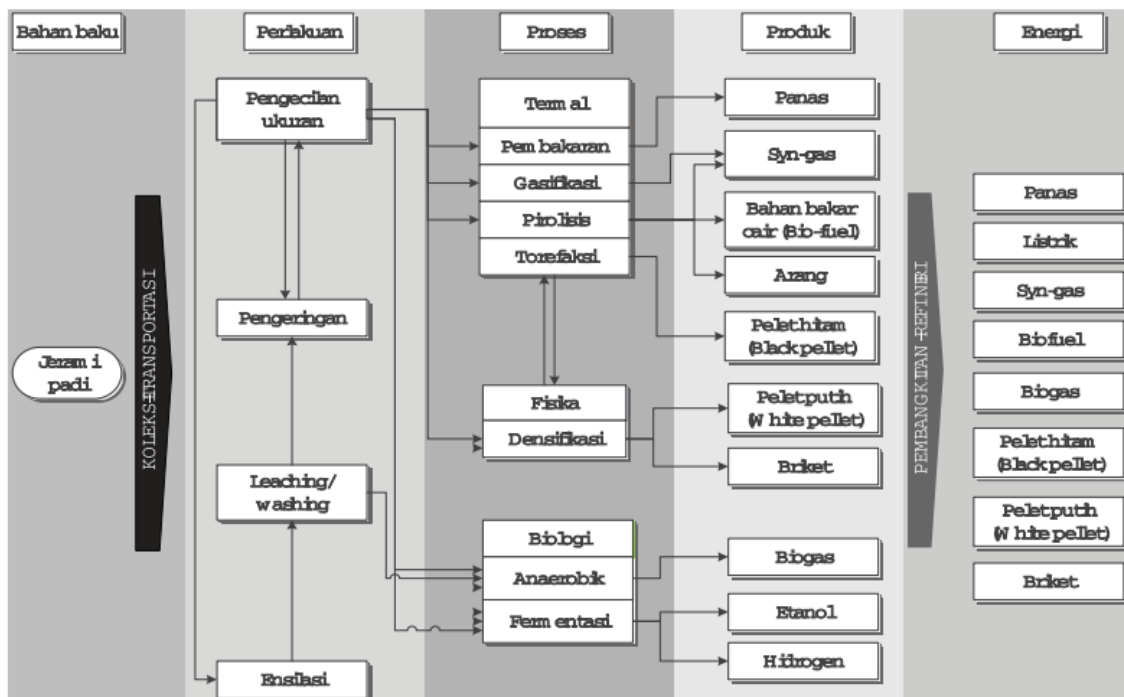
Densifikasi menghasilkan dua jenis produk, yaitu pelet dan briket. Pelet berbentuk silinder dengan diameter 6–12 mm, panjang 50 MPa). Tekanan sangat menentukan kualitas pelet, tetapi di atas 200 MPa tidak berpengaruh signifikan terhadap densitas pelet (Stelte et al., 2011). Ukuran partikel jerami mempengaruhi tekanan kerja (makin kecil partikel, makin besar tekanan).

Pelet dibuat dengan menambahkan uap tanpa perekat. Pelet yang berkualitas dibuat dengan suhu 60–80°C dan kadar air bahan 13–20% (Ishii 2014). Jika jerami terlalu kering, permukaan pelet bisa menjadi arang dan terbakar sebelum proses selesai. Jika terlalu basah, uap air tidak bisa lepas pada saat pengepresan sehingga menghasilkan pelet yang lemah secara mekanis. Pengembangan pelet jerami padi menarik secara komersial, meningkatkan nilai tambah rantai proses padi, dan dapat membuka kesempatan kerja di wilayah pedesaan

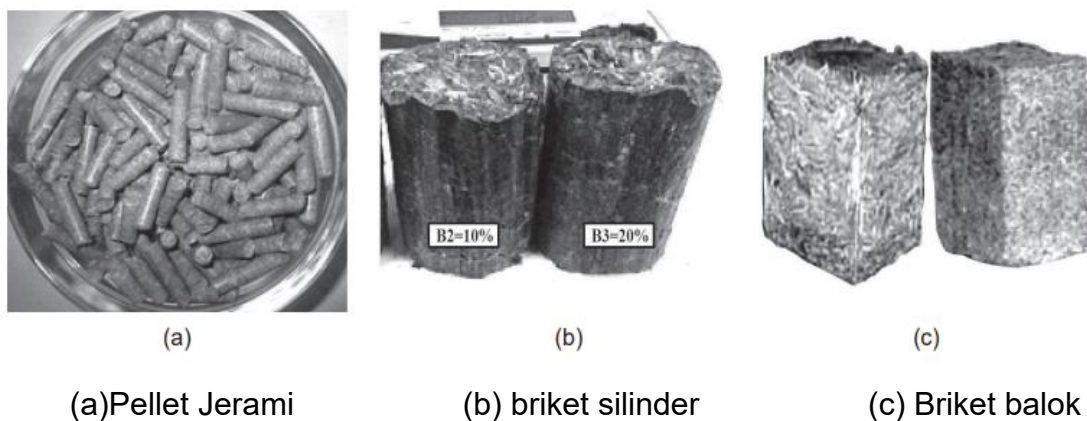
Briket berbentuk silinder atau balok dengan ukuran 60–100 mm dan panjang 60–150 mm. Briket dipakai untuk bahan bakar boiler dan kurang sesuai untuk aplikasi rumah tangga. Untuk menghasilkan briket, jerami cukup dipotong-potong lalu dipres dengan mesin kempa. Briket yang baik dihasilkan dari tekanan kerja sekitar 30 MPa (Singh and Singh, 1982). Kondisi optimum pembuatan briket jerami adalah kadar air bahan 12–14%, ukuran partikel 14–16 mm, dan perekat 20%. Pada kapasitas 1200 kg/ jam, pembuatan briket memerlukan daya

minimum (36.60 kW) dan menghasilkan briket dengan densitas tinggi (1030.38–1159.22 kg/m³) dan nilai kalori tinggi (15.61 MJ/kg) (Gill et al., 2017).

Jenkins et al. (2000) mencatat konsumsi energi pada proses densifikasi dan penggilingan jerami padi berturut-turut mencapai 16 kWh/ton atau 2% dan 30 kWh/ton atau 4% dari daya yang dihasilkan pembangkit listrik jerami padi. Briket jerami untuk bahan bakar pembangkit listrik di daerah terpencil atau untuk mengoperasikan mesin penggiling gabah lebih berpeluang untuk dikembangkan karena tidak memerlukan energi untuk penggilingan dan biaya transportasi dapat ditekan



Gambar 11. Potensi Proses Konversi Energi Jerami padi (IRRI, 2018)



Gambar 12 Bahan Bakar Padat Jerami

3.3.2 Aspek Sosial

Pengumpulan jerami masih menjadi tantangan utama dalam rantai penyediaan jerami untuk penggunaan lebih lanjut. Jerami perlu dikumpulkan dan diikat agar lebih kompak dan mudah diangkut. Kebiasaan petani Indonesia yang memanen padi ketika kondisi lahan masih basah menyulitkan proses koleksi sehingga menjadi mahal. Pada pemanenan tradisional dengan sabit, proses perontokan (baik menggunakan *thresher* maupun dibanting pada gebot) akan meninggalkan jerami yang terkumpul dalam satu area.

Pada proses transportasi yang biasanya dilakukan menggunakan truk. Demi penghematan, sopir cenderung untuk mengangkut jerami sebanyak mungkin. Dengan kondisi yang terurai, maka pemuatan dilakukan dengan menumpuk dan mengikat jerami sampai tinggi. Hal ini membahayakan pengguna jalan lainnya karena selain menghalangi jarak pandang, muatan yang tinggi juga rawan mengakibatkan truk terguling

Kini, pemanenan padi banyak dilakukan menggunakan mesin pemanen kombinasi (combine harvester). Dengan mesin combine harvester, proses pengumpulan jerami padi menjadi makin sulit dan mahal karena jerami tercecer dan tersebar di lahan

3.3.3 Aspek Lingkungan

Jerami padi merupakan bahan bakar yang buruk, terutama untuk sistem yang beroperasi pada suhu tinggi. Hal ini disebabkan oleh karakteristik intrinsik dari jerami padi itu sendiri, seperti kadar abu yang tinggi dan kandungan elemen-elemen (Si, K, Na, S, Cl, P, Mg, dan Fe) yang tinggi. Kandungan abu yang tinggi menurunkan nilai energi (Gambar 5). Abu yang tinggi juga mengakibatkan tambahan biaya 0.5 \$/MWh pada biaya total pembangkitan untuk menangani masalah yang terkait dengan abu dan ammonia

Komposisi kimia abu jerami padi yang terdiri dari logam alkali dan alkali tanah (Si, Ca, Mg, Na dan K) bertanggung jawab pada berbagai reaksi yang tidak diinginkan dalam sistem pembakaran. Konsentrasi abu dan kandungan silika

serta logam alkali yang tinggi pada jerami padi mengakibatkan aglomerasi, fouling, slagging pada komponen boiler (Jenkins et al., 1998) yang berdampak pada menurunnya efisiensi sistem (Jenkin et al., 2000) dan kegagalan pada sebagian besar tanur dan boiler. Kegagalan ini telah menghambat pemanfaatan jerami untuk boiler skala besar, bahkan di wilayah dimana boiler berdekatan dengan sumber jerami. Kandungan silika yang tinggi pada jerami padi menyebabkan komponen mesin pencacah atau penggiling cepat aus. Jerami padi juga sangat sulit dibakar, terutama pada tungku pembakaran yang dirancang untuk pembangkit akibat terbentuknya deposit. Deposit ini menghambat laju perpindahan panas, memicu pembentukan kerak dalam tungku dan pada saluran sehingga mempersulit pengumpanan bahan bakar dan pembuangan abu (Jenkins et al, 1998). Hal ini meningkatkan biaya pembangkitan listrik karena rendahnya efisiensi.

3.3.4 Aspek Ekonomi Pasar

Tantangan pemanfaatan jerami padi meliputi persoalan sosial-ekonomi terkait dengan praktek budidaya padi di lahan basah yang berakibat pada mahalanya biaya pengumpulan dan transportasi, serta persoalan teknis yang meliputi karakteristik intrinsik dari jerami itu sendiri

Hambatan utama pemanfaatan jerami padi untuk energi adalah biaya yang tinggi untuk logistik pengumpulan, pengangkutan, penanganan dan penyimpanan. Biaya transportasi jerami padi dipengaruhi oleh jarak tempuh

3.3.4 Aspek Investasi

Asumsi:

- Kapasitas produksi: 500 kg briket sekam per hari
- Harga jual briket sekam: Rp 7.000 per kg
- Biaya bahan baku: Rp 3.000 per kg
- Biaya tenaga kerja: Rp 2.000.000 per bulan
- Biaya overhead: Rp 2.000.000 per bulan
- Lama waktu investasi: 5 tahun
- Investasi awal: Rp 40.000.000

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



Perhitungan:

1. Pendapatan per hari:

$500 \text{ kg/hari} \times \text{Rp } 7.000/\text{kg} = \text{Rp } 3.500.000/\text{hari}$

2. Pendapatan per bulan:

$30 \text{ hari/bulan} \times \text{Rp } 3.500.000/\text{hari} = \text{Rp } 105.000.000/\text{bulan}$

3. Biaya variabel per bulan:

- Biaya bahan baku: $500 \text{ kg/hari} \times \text{Rp } 3.000/\text{kg} \times 30 \text{ hari/bulan} = \text{Rp } 45.000.000/\text{bulan}$
- Biaya tenaga kerja: $\text{Rp } 2.000.000/\text{bulan}$

Total biaya variabel per bulan:

$\text{Rp } 45.000.000/\text{bulan} + \text{Rp } 2.000.000/\text{bulan} = \text{Rp } 47.000.000/\text{bulan}$

4. Laba bersih per bulan:

$\text{Rp } 105.000.000/\text{bulan} - \text{Rp } 47.000.000/\text{bulan} - \text{Rp } 2.000.000/\text{bulan} = \text{Rp } 56.000.000/\text{bulan}$

5. Laba bersih per tahun:

$\text{Rp } 56.000.000/\text{bulan} \times 12 \text{ bulan/tahun} = \text{Rp } 672.000.000/\text{tahun}$

Tabel 7. Tabel Analisis Investasi Briket Jerami

Periode Tahun	Arus Kas Masuk (Rp)	Arus Kas Keluar (Rp)	Arus Kas Bersih (Rp)	NPV (Rp)
0		40,000,000	(40,000,000)	(40,000,000)
1	672,000,000	564,000,000	108,000,000	98,181,818
2	672,000,000	564,000,000	108,000,000	89,256,198
3	672,000,000	564,000,000	108,000,000	81,141,998
4	672,000,000	564,000,000	108,000,000	73,765,453
5	672,000,000	564,000,000	108,000,000	67,059,503
				369,404,971

Tabel 8. Tabel Hasil Analisis Briket Jerami

Interest rate	10%
net present value (NPV)	369,404,971
interest rate of return (IRR)	270%
Dierima di tolak	Diterima

3.3 ETANOL JERAMI

Etanol Jerami Karena kaya akan selulosa dan hemiselulosa dan tidak bersaing dengan bahan makanan, jerami padi juga menjadi bahan baku yang menjanjikan untuk produksi etanol generasi kedua.

Ada dua platform teknologi konversi yang tengah dikembangkan, yaitu platform syngas dan platform gula. Dalam platform syngas, jerami digasifikasi untuk menghasilkan syngas yang kemudian difermentasi atau diproses secara katalitik untuk menghasilkan etanol (Drapcho et al., 2008). Dalam platform gula, selulosa dan hemiselulosa dihidrolisis dengan bantuan asam atau enzim menjadi gula (seperti glukosa, xylosa, arabinosa, dan galaktosa), lalu difermentasi untuk menghasilkan etanol. Platform gula hanya dapat memanfaatkan selulosa dan hemiselulosa. Tetapi, selulosa dan hemiselulosa terikat oleh lapisan lignin yang susah terhidrolisis. Kehadiran abu dan kandungan silika yang tinggi menimbulkan masalah dalam produksi etanol dari jerami padi. Pretreatment merupakan tahap yang paling mahal (Mosier et al., 2005), sehingga pemilihan metode pretreatment yang tepat menjadi tantangan utama dalam pengembangan teknologi konversi jerami padi menjadi etanol yang efisien sehingga layak secara ekonomi (Binod et al., 2010). Rute konversi jerami ke etanol adalah yang paling lambat perkembangannya di Indonesia.

Belum ada tanda-tanda bahwa teknologi ini akan teraplikasi dalam waktu dekat. Salah satu kendalanya adalah biaya proses produksi bahan bakar etanol yang tidak kompetitif. Jangankan bahan bakar etanol generasi kedua yang berbasis serat, etanol generasi pertama pun belum terjangkau harga keekonomiannya. Sebuah industri etanol berbahan baku singkong di Lampung Utara sudah berhenti beberapa tahun lalu akibat harga bahan baku yang mahal.

3.4 BIOGAS JERAMI

Biogas Jerami Produksi biogas diakui sebagai salah satu proses konversi biomassa menjadi energi terbarukan yang paling ramah lingkungan (Mussoline et al., 2013). Banyak penelitian yang membuktikan viabilitas produksi biogas dari campuran jerami padi dan limbah organik lainnya. Kalra dan Panwar (1986) melaporkan setiap kilogram jerami padi dapat menghasilkan sekitar 220 L biogas.

Campuran jerami padi dan kotoran sapi (perbandingan berat kering 3:1) dapat meningkatkan produksi biogas hingga 434.2 L/ gVS yang terdegradasi dengan kandungan metana mencapai 50.12% (Haryanto et al., 2018). Kotoran hewan yang umum digunakan sebagai sumber bakteri meliputi kotoran sapi, dan kotoran ayam. Kotoran sapi yang dicampur kotoran ayam dapat meningkatkan kapasitas buffering dan menghasilkan efek sinergis (Wang et al., 2014). Mussoline et al. (2013) melaporkan kondisi optimal adalah pH (6.5– 8.0), suhu (35–40°C) dan rasio C/N 25–35 dan dari digester 1-m³ berisi campuran 50 kg jerami padi dengan air limbah babi dapat diperoleh biogas total 22.859 L selama 189 hari (231 L CH₄/kgVS). Jika sistem diperluas untuk pertanian padi 100-ha, maka skenario ini dapat menghasilkan 100,000 m³CH₄ per tahun, setara 328 MWh.

Biogas dapat digunakan untuk membangkitkan daya listrik melalui mesin pembakaran internal maupun melalui boiler. Hibukawa et al. (2014) melaporkan bahwa Nagaoka Wastewater Treatment Plant di kota Niigata, Jepang, memerlukan 1916 ton jerami padi (kadar air, 20%) untuk dicampurkan dengan lumpur air limbah guna menghasilkan biogas. Hal ini merupakan motivasi bahwa jerami padi memiliki prospek yang baik untuk digunakan sebagai substrat dalam proses produksi biogas. Meskipun demikian, suatu perlakuan awal (pretreatment) diperlukan untuk jerami padi karena dinding lignin pada jerami menghambat pencernaan (digestibility), yang mengurangi efisiensi konversi menjadi biogas. Berbagai metode pretreatment jerami padi dapat dipilih, seperti perlakuan mekanis (pengecilan ukuran), bahan kimia, termal, dan enzim (Bruni et al., 2010).

Perlakuan menggunakan alkali merupakan yang sangat efektif mengurangi lignin sehingga meningkatkan proses dekomposisi anaerobik. Produksi biogas dari jerami padi dengan perlakuan NaOH meningkat antara 27.3–64.5% (He et al., 2008). Pretreatment dengan 0.5 M Na₂CO₃ pada 110°C selama 2 jam menghasilkan 292 L CH₄/kgVS, sedangkan jerami tanpa diolah hanya memproduksi 130 L CH₄/kgVS (Dehghani et al., 2015).

3.4.1 Aspek Teknologi

Biogas dari jerami melibatkan proses fermentasi anaerobik untuk mengubah biomassa menjadi gas metana yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Teknologi ini telah berkembang pesat dengan adanya peningkatan efisiensi reaktor biogas dan teknik pengolahan pendahuluan yang lebih baik untuk meningkatkan produksi gas.

"Teknologi fermentasi anaerobik telah menunjukkan efisiensi yang tinggi dalam mengolah jerami menjadi biogas, terutama dengan penerapan pretreatment yang tepat untuk meningkatkan ketercernaan lignoselulosa (Al Seadi et al., 2008)."

3.4.2 Aspek Sosial

Penggunaan biogas dari jerami dapat memberikan manfaat sosial signifikan, terutama di daerah pedesaan. Ini dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan kayu bakar, serta menyediakan sumber energi yang berkelanjutan bagi masyarakat.

"Pengembangan proyek biogas di daerah pedesaan telah terbukti meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan menyediakan sumber energi yang stabil dan mengurangi tekanan pada sumber daya alam setempat (Kossmann et al., 1999)."

3.4.3 Aspek Lingkungan

Dari perspektif lingkungan, biogas dari jerami membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara. Selain itu, residu padat dari proses biogas dapat digunakan sebagai pupuk organik yang bermanfaat bagi pertanian.

"Penggunaan jerami sebagai bahan baku biogas secara signifikan dapat mengurangi emisi metana dari pembusukan jerami di alam terbuka serta mengurangi penggunaan pupuk kimia dengan adanya digestat yang kaya akan nutrisi (Holm-Nielsen et al., 2009)."

3.4.3 Aspek Investasi

- Kapasitas produksi: 2 ton etanol jerami per hari (setara dengan 2.000 liter)
- Harga jual etanol jerami: Rp 17.000 per liter
- Biaya bahan baku: Rp 5.000 per kg jerami
- Biaya produksi: Rp 3.500 per liter
- Biaya tenaga kerja: Rp 2.500.000 per bulan
- Biaya overhead: Rp 3.000.000 per bulan
- Lama waktu investasi: 4 tahun
- Tingkat diskonto: 10%
- Investasi awal: Rp 50.000.000

Perhitungan:

1. Pendapatan Tahunan:

- Produksi etanol jerami per tahun: $2 \text{ ton/hari} \times 365 \text{ hari/tahun} = 730 \text{ ton}$
- Produksi etanol jerami dalam liter per tahun: $730 \text{ ton} \times 1.000 \text{ kg/ton} = 730.000 \text{ kg}$
- Produksi etanol jerami dalam liter per tahun: $730.000 \text{ kg} \times 1 \text{ liter/kg} = 730.000 \text{ liter}$
- Pendapatan tahunan: $730.000 \text{ liter} \times \text{Rp } 17.000/\text{liter} = \text{Rp } 12.290.000.000$

2. Biaya Tahunan:

- Biaya bahan baku:
 - Kebutuhan jerami per hari: $2 \text{ ton/hari} \times 1.000 \text{ kg/ton} = 2.000 \text{ kg}$
 - Kebutuhan jerami per tahun: $2.000 \text{ kg/hari} \times 365 \text{ hari/tahun} = 730.000 \text{ kg}$
 - Biaya bahan baku per tahun: $730.000 \text{ kg} \times \text{Rp } 5.000/\text{kg} = \text{Rp } 3.650.000.000$
- Biaya produksi: $730.000 \text{ liter} \times \text{Rp } 3.500/\text{liter} = \text{Rp } 2.555.000.000$
- Biaya tenaga kerja: $\text{Rp } 2.500.000/\text{bulan} \times 12 \text{ bulan/tahun} = \text{Rp } 30.000.000$

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



- Biaya overhead: Rp 3.000.000/bulan x 12 bulan/tahun = Rp 36.000.000
- Total biaya tahunan: Rp 3.650.000.000 + Rp 2.555.000.000 + Rp 30.000.000 + Rp 36.000.000 = Rp 6.271.000.000

3. Laba Bersih Tahunan:

- Laba bersih tahunan: Rp 12.290.000.000 - Rp 6.271.000.000 = Rp 6.019.000.000

Tabel 9. Tabel Analisis Investasi Biogas Jerami

Periode Tahun	Arus Kas Masuk (Rp)	Arus Kas Keluar (Rp)	Arus Kas Bersih (Rp)	NPV (Rp)
0		50,000,000	(50,000,000)	(50,000,000)
1	12,290,000,000	6,271,000,000	6,019,000,000	5,422,522,523
2	12,290,000,000	6,271,000,000	6,019,000,000	4,885,155,426
3	12,290,000,000	6,271,000,000	6,019,000,000	4,401,040,924
4	12,290,000,000	6,271,000,000	6,019,000,000	3,964,901,733
5	12,290,000,000	6,271,000,000	6,019,000,000	3,571,983,544
				22,195,604,149

Tabel 10. Tabel Hasil Analisis Biogas Jerami

Interest rate	10%
net present value (NPV)	22,195,604,149
interest rate of return (IRR)	92%
Dierima di tolak	Diterima

BAB IV. PEMANFAATAN SEBAGAI PUPUK

4.1. Biosilika Cair

Meningkatnya produksi padi di Indonesia, tentu akan diikuti dengan melimpahnya limbah penggilingan padi. Salah satu limbahnya adalah sekam. salah satu pemanfaatan sekam padi adalah mengubahnya menjadi asap cair atau bahan pengering gabah, Tidak berhenti sampai disitu limbah dari kedua teknologi tersebut menyisakan abu sekam yang dapat dimanfaatkan menjadi pupuk biosilika untuk berbagai tanaman, Dengan menggunakan pupuk biosilika, tanaman padi menjadi lebih baik, tidak mudah rebah, tahan terhadap hama dan penyakit tanaman, serta tahan terhadap cuaca/iklim kering

Silika (Si) merupakan salah satu unsur hara yang dibutuhkan tanaman golongan gramineae seperti tanaman padi, tebu, jagung dan tanaman lain yang bersifat akumulator silika, terdapat di permukaan daun, batang, dan gabah (padi). Tanaman yang kekurangan Si menyebabkan ketiga organ tanaman di atas kurang terlindungi oleh lapisan silikat yang kuat, akibatnya (1) daun tanaman lemah terkulai, tidak efektif menangkap sinar matahari, sehingga produktivitas tanaman rendah, (2) penguapan air dari permukaan daun dan batang tanaman dipercepat, sehingga tanaman mudah layu atau peka terhadap kekeringan, (3) daun dan batang menjadi peka terhadap serangan hama dan penyakit, (4) tanaman mudah rebah, (5) kualitas gabah (padi) berkurang karena mudah terkena hama dan penyakit sehingga hasil optimal tanaman tidak tercapai, kestabilan hasil rendah (fluktuatif) dan mutu produk rendah.

Kebutuhan nutrisi silika pada tanaman golongan gramineae tergolong sangat tinggi, tanaman padi mengangkut silika 100-300 kg/Ha dan tanaman tebu mengangkut silika 500-700 kg/Ha dalam sekali panen. Besarnya kandungan silika yang diambil setiap kali panen tersebut mengakibatkan miskinnya unsur hara silika dalam tanah yang menyebabkan berkurangnya produktivitas tanaman tersebut.

4.1.1. Aspek Teknologi

Sekam padi mengandung silika sebesar 15-20% sedangkan dari abu nya mengandung 80-90%. silika banyak digunakan di dunia industri dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi sebagai bahan campuran pembuatan pupuk, sepatu & sandal, ban, pangan, farmasi & kesehatan, semikonduktor, dan cat.

dengan proses yang sederhana, dari sekam padi dapat dihasilkan pupuk biosilika cair yang memiliki pH alkalin, serta kandungan silika dan kalium tinggi. Salah satu potensi yang dapat dikembangkan dari sekam padi adalah kandungan silikanya. Abu sekam padi tanpa perlakuan awal mengandung 90-94% silika, sedangkan yang telah mengalami 25 perlakuan awal dengan perlindian asam sebelum perlakuan termal, kandungan silikanya dapat meningkat hingga diatas 99%. Selain itu, biosilika yang diperoleh melalui perlindian asam memiliki luas permukaan spesifik hingga sebesar 10 kali lipat lebih tinggi dibandingkan tanpa perlindian

1. Bahan

Bahan yang harus disiapkan di antaranya abu sekam padi sebanyak 3kg, kalium hidroksida (KOH) teknis 1,8 kg, kain saring berbahan jeans secukupnya, air 18 liter, kompor, dan tabung gas ukuran 3 kg

2. Cara pembuatan

langkah-langkah pembuatan biosilika skala sederhana adalah melalui tahapan sebagai berikut: pertama-tama panaskan 30 ml air dengan suhu 30-50 derajat celcius, masukan abu sekam ke dalam larutan KOH, aduk hingga merata dan biarkan selama 2 jam, siapkan panci/ember 30 liter, panci saringan 10 liter serta kain saring, lalu uapkan hingga 1/2-1/3 bagian, lalu dinginkan dan masukkan ke dalam jerigen dan biosilika siap digunakan.



Gambar 13. Proses Pembuatan Biosilika

Tabel 11. Tabel Aspek teknologi Biosilika Cair

Produk	Proses	Kekurangan
produk silika amorf	proses untuk produk silika amorf dari material biogenik seperti sekam padi. Larutan pengoksidasi seperti hidrogen peroksida, klorat, perklorat, 5 nitrat dan permanganat dapat digunakan untuk mengoksidasi senyawa organik rantai panjang sebelum dilanjutkan dengan pembakaran pada suhu 500-950oC. Larutan hidrogen peroksida lebih disukai sebagai larutan pengoksidasi dan digunakan pada rentang suhu 90-100oC selama 6-8 jam.	Kekurangan dari paten ini adalah 10 proses pemurnian yang masih membutuhkan suhu yang relatif tinggi serta waktu yang relatif lama sehingga tidak ekonomis

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



Produk	Proses	Kekurangan
produk karbon-silika	produksi produk karbon-silika dari tanaman akumulator silika seperti sekam padi atau jerami melalui perlindian menggunakan asam sulfat untuk 15 penghilangan pengotor-pengotor logam. Penggunaan asam sulfat encer sebesar 1-5% pada suhu 94-100oC telah cukup efektif untuk penghilangan logam pengotor termasuk besi. Namun demikian, penggunaan asam sulfat yang terlalu encer dapat mengurangi efektivitas asam dan diperlukan peningkatan waktu reaksi untuk 20 memperoleh produk dengan karakteristik yang diharapkan. Di sisi lain, penggunaan asam sulfat pada konsentrasi tinggi memerlukan biaya lebih tinggi, lebih korosif, serta kemungkinan terbentuknya senyawa yang tidak diharapkan.	Kekurangan dari paten ini adalah belum digunakan asam organik encer untuk 25 penghilangan logam pengotor dari silika dengan efektivitas yang setara dengan asam kuat, namun memiliki sifat tidak korosif dan lebih ramah terhadap lingkungan.
serbuk silika amorf	pembuatan serbuk silika amorf melalui perlindian menggunakan larutan asam 30 kuat encer seperti asam nitrat, asam klorida, dan asam sulfat pada konsentrasi 1-5% untuk mereduksi material organik hingga 20% yang diikuti dengan perlakuan termal pada 900-1100oC. Invensi ini mampu menghasilkan silika dengan kemurnian minimum sebesar 96%. Paten ini mengungkapkan pula alternatif	Paten ini belum menekankan pada optimalisasi proses yang 5 ramah lingkungan untuk memperoleh serbuk silika dengan kemurnian tinggi

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



Produk	Proses	Kekurangan
	perlindian 35 3 menggunakan asam organik seperti asam asetat, asam oksalat, dan asam sitrat dengan efisiensi yang mendekati asam kuat, namun tidak dijelaskan konsentrasi yang digunakan. Di samping itu, temperatur yang digunakan untuk perlakuan termal masih diatas 900oC.	
Biosilika dengan bantuan enzim	pembuatan biosilika dari sekam padi menggunakan bantuan enzim dilanjutkan dengan pembakaran pada 1000oC. Sebelum pembakaran, dilakukan perlindian 10 menggunakan asam kuat seperti asam klorida, asam sulfat, dan asam nitrat untuk penghilangan logam mineral pengotor selain silika.	Kekurangan dari paten ini adalah belum dilakukannya proses perlindian menggunakan asam organik yang lebih ramah lingkungan serta temperatur pembakaran yang masih relatif tinggi 15 sehingga membutuhkan energi yang lebih besar
Biosilika melalui perlindian	proses produksi silika amorf dengan kemurnian dan luas permukaan yang tinggi dari sekam padi melalui perlindian menggunakan senyawa pengkelat seperti asam sitrat, etilendiamin, EDTA, dan dimercaprol dilanjutkan 20 dengan pembakaran pada 500-900oC. Pada paten ini tidak disebutkan konsentrasi senyawa pengkelat yang digunakan di samping beberapa senyawa pengkelat merupakan senyawa kimia polimer yang berpotensi untuk mencemari lingkungan.	Kekurangan paten tersebut, dengan konsentrasi asam sitrat sebesar 5% menghasilkan silika amorf dengan kemurnian 99,13% sedangkan invensi sekarang dengan menggunakan asam sitrat konsentrasi 2% dapat menghasilkan silika amorf dengan kemurnian 99,2%

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



Produk	Proses	Kekurangan
	Tujuan dari perlindian adalah untuk menghilangkan kandungan pengotor berupa zat-zat inorganik dalam sekam padi yang mengandung logam-logam seperti K, Na, Ca, Al, Fe, dll selain silika.	

kekurangan dari proses yang ada adalah penggunaan asam kuat seperti asam sulfat, asam klorida, asam nitrat atau hidrogen peroksida atau senyawa pengkelat untuk mengurangi pengotor-pengotor logam atau sebagai oksidator untuk memperoleh silika murni dari sekam padi.

Penggunaan asam konvensional membutuhkan biaya yang cukup tinggi untuk investasi peralatan anti korosi. Di samping itu, penggunaan asam-asam kuat juga membutuhkan penggunaan air dalam jumlah besar untuk membilas sekam padi sehingga diperlukan perlakuan khusus untuk pembuangan limbah agar tidak mencemari lingkungan

Suatu proses pembuatan biosilika berkualitas tinggi dari sekam padi melalui perlindian menggunakan asam sitrat pada konsentrasi sangat rendah, yakni 0,2-2 (%b/v) yang diikuti dengan perlakuan termal, meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

- melakukan perlindian sekam padi dengan menggunakan larutan asam sitrat dengan rasio sekam padi terhadap pelarut asam sitrat sebesar 1:17, disertai dengan pengadukan pada 10 kecepatan putar +250 rpm untuk penghilangan pengotor-pengotor logam;
- mencuci sekam padi yang telah mengalami perlindian dengan akuades pH netral;
- mengeringkan sekam padi hasil perlindian pada oven dengan suhu 105°C selama 1,5 jam;
- melakukan perlakuan termal pada suhu 750°C selama 5 jam dengan laju pemanasan 10 K/menit terhadap sekam hasil perlindian dalam tungku untuk penghilangan komponen-komponen organik.

3. Proses pembuatan biosilika dari sekam padi sesuai dengan klaim 1, dimana perlindian dilakukan pada rentang suhu 50-100°C selama 15–60 menit.

Produk biosilika berkualitas tinggi dari sekam padi yang dicirikan dengan karakteristik sebagai berikut: berwarna putih, bersifat amorf, memiliki kemurnian sebesar 98-99,2%, serta luas permukaan spesifik sebesar $\pm 300\text{-}600\text{ m}^2/\text{g}$.



Gambar 14 Produk akhir dari Biosilika Cair

4.1.2 Aspek Sosial

1. Kesehatan dan Kesejahteraan:

- Meningkatkan kesehatan tulang: Biosilika cair kaya akan silikon, mineral penting untuk kesehatan tulang. Penelitian menunjukkan bahwa suplemen silikon dapat meningkatkan kepadatan tulang dan mengurangi risiko osteoporosis.
- Meningkatkan kesehatan kulit: Silikon juga penting untuk kesehatan kulit, membantu menjaga elastisitas dan hidrasi. Biosilika cair dapat digunakan dalam produk perawatan kulit untuk meningkatkan kesehatan dan penampilan kulit.
- Meningkatkan fungsi kognitif: Penelitian menunjukkan bahwa silikon dapat meningkatkan fungsi kognitif dan memori, terutama pada orang tua.

Biosilika cair dapat digunakan sebagai suplemen untuk meningkatkan kesehatan otak.

2. Ketahanan Pangan:

- Meningkatkan hasil panen: Biosilika cair dapat digunakan sebagai biostimulan untuk meningkatkan hasil panen tanaman. Silikon dapat membantu tanaman menyerap nutrisi lebih efisien dan meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan.
- Meningkatkan kualitas makanan: Biosilika cair dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan makanan dan meningkatkan kualitasnya. Silikon dapat membantu mencegah pembusukan dan menjaga kesegaran makanan.

4.1.3 . Aspek Lingkungan

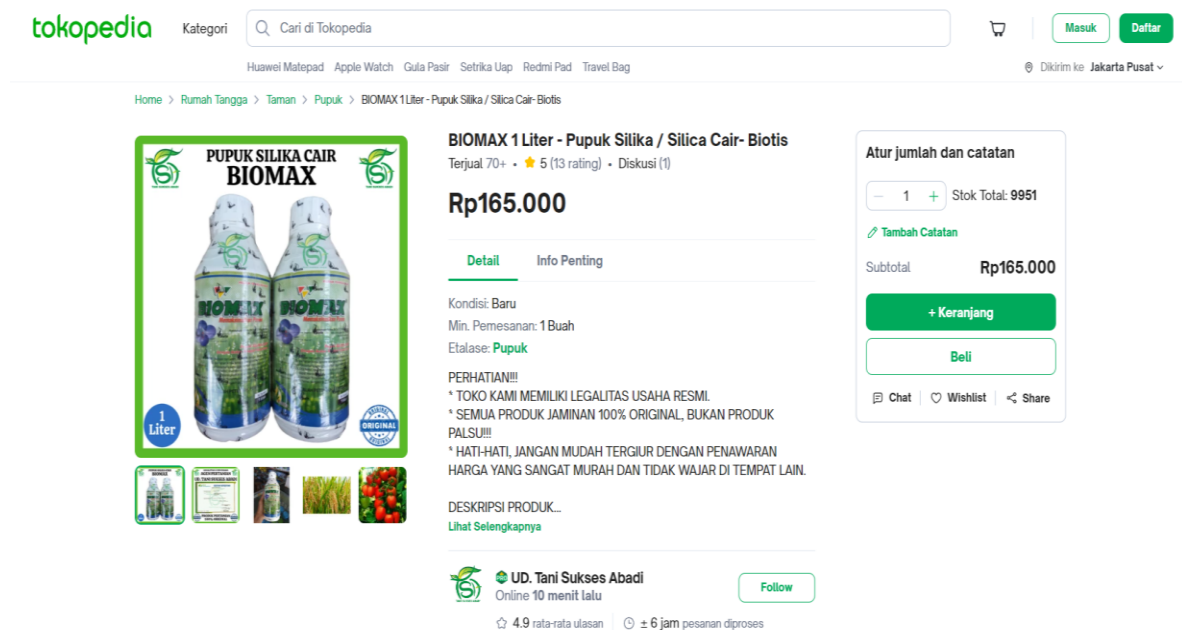
pemberian biosilika dari sekam dapat mempertahankan ketersediaan silika dalam ekosistem padi sawah. biosilika baik cair maupun serbuk mampu memperkuat batang padi, tahan akan hama penyakit, bulir lebih bernaas, serta tahan terhadap cuaca kering. produk nanobiosilika yaitu bahan baku yang digunakan dan produk yang dihasilkan lebih ramah lingkungan, proses produksi menggunakan energi yang lebih rendah dan dapat dihasilkan dua jenis produk sekaligus (nanobiosilika cair dan serbuk), serta performa dan harga produk akhir dapat bersaing dengan produk komersial yang ada di pasaran

biosilika dari kompos jerami padi sangat nyata meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum. Pemberian biosilika pada tanaman sorgum di lahan kering sebanyak 250 kg ha⁻¹ meningkatkan produksi sebesar 78%.

4.1.4 Aspek Ekonomi dan Pasar

sekam 30 padi merupakan bahan baku yang cukup potensial sebagai sumber biosilika dari sumber terbarukan dan sekaligus mampu meningkatkan nilai tambah sekam padi. Silika banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dengan berbagai ukuran tergantung aplikasi yang dibutuhkan antara lain: industri ban, 35 karet, gelas, semen,

beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, cat, elektronik, film, pasta gigi, adsorben, dan lainlain



Gambar 16 Produk silika Biogas Jerami

Penggunaan nanobiosilika cair direkomendasikan sebagai hara tanaman, khususnya untuk meningkatkan ketahanan terhadap serangan hama penyakit dan dampak kekeringan, dan meningkatkan mutu hasil tanaman, sehingga pada akhirnya dapat mengoptimalkan produksi. Sedangkan penggunaan nanobiosilika serbuk direkomendasikan sebagai bahan penguat dan bahan fungsional untuk meningkatkan performa produk akhir, seperti barang jadi karet dan cat.

Telah ada Kerjasama produk inovatif sandal ramah lingkungan (biodegradable) yang sebagian besar bahannya menggunakan nanobiosilika serbuk hasil kerja sama Balitbangtan dengan PT Triangkasa Lestrari Utama. Dengan inovasi teknologi yang dikembangkan saat ini, dari 1 ton sekam padi dapat dihasilkan sekitar 380-400 liter nanobiosilika cair atau 150-175 kg nanobiosilika serbuk”

Harga produk silika cair dan serbuk komersial yang ada di pasaran berturut-turut sekitar 12-17 USD per liter dan 1-6 USD per kg, tergantung spesifikasi mutunya. Sementara itu, di Indonesia setiap tahunnya dihasilkan lebih dari 11 juta ton sekam padi yang sebagian besar belum optimal pemanfaatannya. Sehingga pemanfaatan

sekam padi menjadi produk nanobiosilika dapat memberikan nilai tambah ekonomi yang cukup signifikan.

produk nanobiosilika ini sudah on the right track karena silika berperan penting menurunkan tahanan luncur (rolling resistance) ban, namun tetap memberikan daya cengkram yang baik pada jalan yang basah. Situs resmi produsen ban, Michelin, menyebutkan penggunaan silika mampu menurunkan gaya gesek ban pada permukaan jalan sebesar 20% bahkan lebih. Pengurangan gaya gesek 20% setara penghematan bahan bakar 5%. Mengingat lebih dari satu milyar ban diproduksi per tahun di dunia

pada produk cat silika berperan untuk meningkatkan daya tahan abrasi, korosi, keretakan, serangan jamur, dampak perubahan iklim, serta membantu mempetahankan intensitas dan kecerahan warna cat dan produk yang dilapisinya. Ia berharap nanobiosilika dapat menunjukkan peran tersebut pada produk catnya yang selama ini dipenuhi dari sumber yang tidak terbarukan.

4.1.5 Aspek Investasi

Analisis

Berikut adalah perkiraan biaya investasi awal:

- **Alat dan mesin:**
 - Mesin pencacah bahan baku: Rp 10.000.000
 - Reaktor biologi: Rp 20.000.000
 - Tangki fermentasi: Rp 8.000.000
 - Alat penyaring: Rp 2.000.000
 - Kemasan: Rp 1.000.000
 - **Total:** Rp 41.000.000
- **Bahan baku:**
 - Sekam padi: Rp 500.000 per ton
 - Molases: Rp 1.000.000 per ton
 - Mikroorganisme: Rp 500.000 per liter
 - Bahan kimia lainnya: Rp 500.000 per bulan
 - **Total:** Rp 2.000.000 per ton

- **Biaya operasional:**
 - Tenaga kerja: Rp 2.000.000 per bulan
 - Listrik: Rp 500.000 per bulan
 - Air: Rp 200.000 per bulan
 - Transportasi: Rp 1.000.000 per bulan
 - **Total:** Rp 3.700.000 per bulan

Analisis Pendapatan

Pendapatan kotor per hari adalah Rp 90.000.000 (harga jual per liter x jumlah liter per hari).

Analisis Kelayakan Investasi

- **Titik Balik Modal (BEP)** BEP dihitung dengan membagi total biaya investasi awal dengan laba bersih per hari. Asumsikan laba bersih per hari adalah 50% dari pendapatan kotor, yaitu Rp 45.000.000. $BEP = Rp\ 41.000.000 / Rp\ 45.000.000 = 0,91$ hari
- **Lama Pengembalian Modal (Payback Period)** Payback period dihitung dengan membagi total biaya investasi awal dengan laba bersih per bulan. $Payback\ period = Rp\ 41.000.000 / Rp\ 3.700.000 = 11,08$ bulan

4.2. PUPUK CAIR

Sekam padi, limbah hasil penggilingan padi, seringkali dianggap sebagai bahan bakar atau media tanam. Namun, tahukah Anda bahwa sekam padi juga dapat diolah menjadi pupuk cair yang kaya nutrisi untuk tanaman? Pupuk cair sekam padi adalah pupuk organik yang ramah lingkungan dan mudah dibuat sendiri di rumah.

Pupuk cair sekam padi mengandung berbagai unsur hara makro dan mikro yang penting untuk pertumbuhan tanaman, seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Selain itu, pupuk cair sekam padi juga kaya akan asam humat dan fulvat yang membantu meningkatkan kesuburan tanah dan penyerapan nutrisi oleh tanaman.

- Manfaat penggunaan pupuk cair sekam padi antara lain:
- Meningkatkan pertumbuhan tanaman
- Meningkatkan hasil panen
- Meningkatkan kesuburan tanah
- Memperbaiki struktur tanah
- Meningkatkan daya tahan tanaman terhadap hama dan penyakit
- Ramah lingkungan dan mudah terurai

Penggunaan sekam sebagai pupuk cair telah menjadi inovasi penting dalam praktik pertanian berkelanjutan. Sekam padi, yang merupakan limbah pertanian, dapat diolah menjadi pupuk cair yang kaya akan nutrisi esensial bagi tanaman. Proses pembuatannya melibatkan fermentasi anaerobik, di mana mikroorganisme menguraikan bahan organik dalam sekam, menghasilkan larutan yang mengandung unsur hara seperti nitrogen, fosfor, kalium, serta mikroelemen lainnya. Selain itu, pupuk cair dari sekam juga mengandung asam humat yang dapat meningkatkan kesuburan tanah secara signifikan.

4.2.1 Aspek Teknologi:

Penelitian yang dilakukan oleh Putra (2020) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk cair sekam dapat meningkatkan produktivitas tanaman padi hingga 20% dibandingkan dengan penggunaan pupuk kimia konvensional. Hal ini disebabkan oleh kemampuan pupuk cair sekam untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas penyerapan air, dan memperkuat sistem perakaran tanaman. Selain itu, pupuk cair sekam juga berperan dalam mengurangi ketergantungan petani terhadap pupuk kimia sintetis, yang sering kali mahal dan berdampak negatif pada lingkungan.

Lebih lanjut, studi yang dilakukan di berbagai daerah menunjukkan bahwa aplikasi pupuk cair sekam dapat mengurangi kejadian penyakit tanaman, karena meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang bersifat antagonis terhadap patogen. Dalam jangka panjang, penggunaan pupuk cair sekam juga dapat meningkatkan kesehatan ekosistem pertanian secara keseluruhan, mengurangi pencemaran lingkungan, dan mendukung praktik pertanian organik. Oleh karena itu, pengembangan dan penyebarluasan teknologi pupuk cair sekam memiliki potensi

besar untuk mendukung keberlanjutan pertanian, khususnya di negara-negara berkembang yang bergantung pada sektor pertanian sebagai sumber utama mata pencaharian.

Penggunaan sekam sebagai pupuk cair mewakili integrasi teknologi dalam praktik pertanian tradisional. Proses utama dalam teknologi ini adalah fermentasi anaerobik sekam padi, yang melibatkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik menjadi nutrisi yang tersedia bagi tanaman. Teknologi fermentasi ini tidak hanya meningkatkan ketersediaan nutrisi esensial seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, tetapi juga menghasilkan asam humat yang bermanfaat bagi struktur dan kesehatan tanah. Selain itu, teknologi ini memungkinkan penggunaan limbah pertanian yang sebelumnya dianggap sebagai masalah lingkungan menjadi sumber daya yang bernilai dalam siklus pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, penggunaan sekam sebagai pupuk cair tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tanaman tetapi juga memperkuat kedalaman teknologi dalam pertanian modern yang ramah lingkungan (Putra, 2020).

4.2.2 Aspek Lingkungan:

Penggunaan sekam sebagai pupuk cair memiliki dampak positif yang signifikan terhadap lingkungan. Salah satu manfaat utamanya adalah pengurangan limbah pertanian. Sekam padi, yang biasanya dianggap sebagai limbah dan sering kali dibakar atau dibuang, dapat diolah menjadi pupuk cair yang bermanfaat, mengurangi jumlah limbah yang mencemari lingkungan.

Proses fermentasi sekam ini menghasilkan pupuk cair yang kaya akan nutrisi esensial seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang membantu memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman tanpa perlu menggunakan pupuk kimia sintetis. Penggunaan pupuk cair dari sekam juga berkontribusi pada pengurangan penggunaan pupuk kimia yang sering kali menyebabkan polusi tanah dan air serta merusak ekosistem. Selain itu, proses fermentasi sekam menghasilkan lebih sedikit emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan produksi pupuk kimia, membantu mengurangi dampak negatif terhadap perubahan iklim. Secara keseluruhan, teknologi

ini mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber daya lokal dan mengurangi dampak lingkungan dari limbah pertanian (Putra, 2020).

4.2.3 Aspek Sosial:

Penggunaan sekam sebagai pupuk cair memberikan berbagai manfaat sosial bagi masyarakat pertanian. Teknologi ini memberdayakan petani dengan memberikan mereka kemampuan untuk memproduksi pupuk mereka sendiri, yang meningkatkan kemandirian dan mengurangi ketergantungan pada produk kimia yang mahal.

Selain itu, penggunaan pupuk cair sekam mengurangi paparan petani dan masyarakat sekitar terhadap bahan kimia berbahaya yang dapat menyebabkan masalah kesehatan. Inisiatif ini juga mendukung pelestarian praktik pertanian tradisional yang ramah lingkungan, memperkuat pengetahuan lokal tentang pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, teknologi ini tidak hanya meningkatkan kesejahteraan petani tetapi juga meningkatkan kesadaran komunitas tentang pentingnya menjaga lingkungan (Putra, 2020).

4.2.4 Aspek Ekonomi dan Pasar:

Dari perspektif ekonomi dan pasar, penggunaan sekam sebagai pupuk cair menawarkan berbagai keuntungan. Biaya produksi pupuk cair dari sekam relatif lebih rendah dibandingkan dengan pembelian pupuk kimia sintetis, karena bahan bakunya merupakan limbah pertanian yang mudah didapat.

Selain itu, penggunaan pupuk cair sekam dapat membuka peluang pasar baru bagi produk pertanian organik, yang semakin diminati oleh konsumen yang peduli dengan kesehatan dan lingkungan. Peningkatan produktivitas tanaman yang dihasilkan oleh pupuk cair sekam juga berdampak positif pada pendapatan petani. Dengan diversifikasi produk, petani dapat menjual pupuk cair sekam sebagai produk tambahan, menciptakan sumber pendapatan baru dan memperkuat ekonomi pedesaan (Putra, 2020).

4.2.5 Aspek Investasi

A. Analisis Biaya

Berikut adalah perkiraan biaya investasi awal untuk usaha pupuk cair sekam dengan kapasitas produksi 1 ton per hari (atau 1.000 liter per hari) dan harga jual pupuk cair Rp 20.000 per liter:

- **Alat dan mesin:**
 - Mesin pencacah sekam: Rp 10.000.000
 - Tangki fermentasi: Rp 8.000.000
 - Alat penyaring: Rp 2.000.000
 - Kemasan: Rp 1.000.000
 - Total: Rp 21.000.000
- **Bahan baku:**
 - Sekam padi: Rp 500.000 per ton
 - Molases: Rp 1.000.000 per ton
 - Mikroorganisme: Rp 500.000 per liter
 - Total: Rp 2.000.000 per ton
- **Biaya operasional:**
 - Tenaga kerja: Rp 2.000.000 per bulan
 - Listrik: Rp 500.000 per bulan
 - Air: Rp 200.000 per bulan
 - Transportasi: Rp 1.000.000 per bulan
 - Total: Rp 3.700.000 per bulan

B. Analisis Pendapatan

Pendapatan kotor per hari adalah Rp 20.000.000 (harga jual per liter x jumlah liter per hari).

C. Analisis Kelayakan Investasi

- **Titik Balik Modal (BEP)** BEP dihitung dengan membagi total biaya investasi awal dengan laba bersih per hari. Asumsikan laba bersih per hari adalah 50% dari pendapatan kotor, yaitu Rp 10.000.000. $BEP = Rp\ 21.000.000 / Rp\ 10.000.000 = 2,1\ hari$
- **Lama Pengembalian Modal (Payback Period)** Payback period dihitung dengan membagi total biaya investasi awal dengan laba bersih per bulan. $Payback\ period = Rp\ 21.000.000 / Rp\ 3.700.000 = 5,68\ bulan$

BAB V. PEMANFAATAN SEBAGAI KEMASAN

BIODEGRADABLE

5.1 BIODEGRADABLE

Pembuangan limbah tanpa pengolahan yang tepat dapat mengganggu keseimbangan ekosistem di bumi semakin cepat. Oleh sebab itu pengolahan limbah sangat penting untuk menjaga bumi tetap asri dan lestari. Kertas adalah salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan manusia, baik yang dihasilkan oleh rumah tangga, sekolah maupun perkantoran.

Pada umumnya pembuatan kertas berbahan asal dari pepohonan. Maka semakin banyak mempergunakan kertas maka semakin cepat pula bumi ini dipenuhi dengan tanah yang sudah tidak hijau oleh pepohonan (Arfah, 2017). Keseimbangan lingkungan dapat juga terganggu akibat terjadinya eksploitasi hutan secara besar-besaran yang dibuktikan dengan produksi pulp dan kertas hampir 90% menggunakan bahan baku kayu sebagai sumber bahan berserat selulosa.

Indonesia merupakan negara dengan produksi kertas terbesar ke-9 di dunia. CEPI (Confederation of European Paper Industries) menunjukkan konsumsi dunia akan pulp yaitu pada tahun 2015 sebesar 233 juta/ton dan kertas 458 juta/ton pertahunnya dengan perkiraan pertumbuhan pulp 1,8% dan 2,9% pertahun. menunjukkan bahwa kebutuhan pulp dan kertas dunia masih cukup besar dan Indonesia berpeluang untuk ikut bermain dalam pasar pulp dan kertas dunia (Sinuhaji dkk, 2014).

Di Indonesia yang merupakan negara agraris ini, tidak sulit untuk menemukan tempat – tempat pengolahan padi. Salah satu proses yang ada pada pengolahan padi adalah proses penggilingan. Proses ini bertujuan untuk memisahkan antara butiran beras dengan kulit padi. Kulit padi atau sekam padi ini merupakan sisa pengolahan yang biasanya hanya digunakan sebagai pakan ternak atau dibuang. Padahal jika melihat kandungan yang ada pada sekam padi dapat digunakan untuk bahan pembuatan kertas. Sekam padi terdiri dari 50% selulosa, 18,47% hemiselulosa, dan 25-30% lignin. Sedangkan Jerami padi mengandung 37,71% selulosa; 21,99% hemiselulosa; dan 16,62% lignin

5.1.1 Aspek Teknologi

1. Persiapan Bahan

Penyiapan bahan baku jerami dan sekam padi kering di haluskan dengan grinder lalu diayak hingga berukuran 20 mesh. komposisi yang digunakan adalah jerami (J) dan sekam padi (S) pada komposisi A (J :S = 1:1), B (J :S = 3:2), dan C (J :S = 2:3).

2. Pembuatan Kertas

Metode yang digunakan adalah metode organosolv. Metode organosolv adalah metode pemisahan serat dengan menggunakan bahan kimia organik yaitu pada penelitian kali ini adalah methanol. Pulp adalah bubur kertas hasil dari pemisahan serat kayu atau bahan lainnya yang menghasilkan lignin dan selulosa. Hasil pulp besarnya tergantung dari bahan yang digunakan. Bahan yang digunakan pada penelitian yaitu campuran dari jerami mengandung 42,3% selulosa, 20,4 hemiselulosa, dan 12,1 % lignin dan sekam padi mengandung selulosa sebesar 34,34-43,80% dan Lignin 21,40-46,97% Proses ini dilakukan dengan 2 tahapan :

1) Ekstraksi pektin.

- Sekam padi dan Jerami pada setiap perbandingan sampel bahan dan asam sitrat adalah sebesar 1 : 12 gram
- Masukkan dalam labu leher tiga, kemudia dipengadukan dengan kecepatan 600 rpm dengan mixer pada suhu operasi 80 oC dengan waktu pemasakan 75 menit di atas hotplate pada variasi penggunaan ekstrak pektin.

2) Delignifikasi.

Delignifikasi bertujuan untuk mengurangi kadar lignin di dalam bahan berlignoselulosa.

- Bahan yang telah di ekstrak pekti di saring dan dibersihkan dengan aquadest 3 kali agar pH pada netral yang sebelumnya tercampur oleh asam sitrat.
- Kemudian pada setiap perbandingan sampel bahan dimasukkan kembali pada labu leher 3 bersama dengan 50% Metanol 100 ml,

- kemudian di aduk dengan Mixer pada 600 rpm pada suhu 50oC selama 120,180,210,240 menit.

5.1.2 Aspek Sosial:

1. Meningkatkan Kesadaran Lingkungan:

Biodegradable mendorong masyarakat untuk lebih sadar terhadap isu lingkungan dan pentingnya menjaga kelestarian alam. Penggunaan produk biodegradable secara rutin dapat menjadi pengingat visual bagi individu dan komunitas tentang dampak negatif sampah plastik dan produk non-biodegradable lainnya terhadap lingkungan. Hal ini dapat memicu perubahan perilaku dan gaya hidup yang lebih ramah lingkungan, seperti mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, mendaur ulang sampah, dan menggunakan produk yang ramah lingkungan.

2. Meningkatkan Kualitas Hidup:

Biodegradable membantu mengurangi pencemaran sampah, terutama sampah plastik yang mencemari laut, tanah, dan udara. Hal ini dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat dengan berbagai cara:

- **Mengurangi Risiko Kesehatan:** Pencemaran sampah plastik dapat membahayakan kesehatan manusia melalui berbagai cara, seperti kontaminasi air dan makanan, mikroplastik yang tertelan, dan gangguan kesehatan hewan yang dapat menular ke manusia. Biodegradable membantu mengurangi risiko kesehatan ini dengan mengurai sampah plastik secara alami.
- **Meningkatkan Estetika Lingkungan:** Sampah plastik yang menumpuk di lingkungan dapat merusak keindahan alam dan mengganggu kenyamanan masyarakat. Biodegradable membantu menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan asri, sehingga meningkatkan estetika lingkungan dan kualitas hidup masyarakat.
- **Mendukung Pariwisata:** Lingkungan yang bersih dan asri merupakan daya tarik bagi wisatawan. Biodegradable dapat membantu meningkatkan sektor pariwisata dengan menciptakan lingkungan yang menarik dan nyaman bagi wisatawan.

3. Menciptakan Lapangan Pekerjaan Baru:

Industri biodegradable membuka peluang lapangan pekerjaan baru di berbagai sektor, seperti:

- **Manufaktur:** Produksi produk biodegradable membutuhkan tenaga kerja untuk merancang, memproduksi, dan memasarkan produk.
- **Pertanian:** Biodegradable dapat diproduksi dari bahan baku nabati, seperti jagung, tebu, dan singkong. Hal ini membuka peluang lapangan pekerjaan di sektor pertanian untuk menanam dan memanen bahan baku tersebut.
- **Pengolahan Limbah:** Biodegradable dapat diolah menjadi kompos atau pupuk organik. Hal ini membuka peluang lapangan pekerjaan di sektor pengolahan limbah untuk mengolah sampah biodegradable menjadi produk yang bermanfaat.

4. Meningkatkan Kesadaran Sosial:

Biodegradable dapat menjadi alat untuk meningkatkan kesadaran sosial dan mendorong perubahan positif di masyarakat. Contohnya:

- **Kampanye Peduli Lingkungan:** Biodegradable dapat digunakan sebagai alat edukasi dalam kampanye peduli lingkungan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kelestarian alam.
- **Program Pilah Sampah:** Biodegradable dapat mendorong program pilah sampah di masyarakat dengan memudahkan pemisahan sampah biodegradable dari sampah non-biodegradable.
- **Pemberdayaan Masyarakat:** Biodegradable dapat menjadi sumber pendapatan bagi komunitas lokal dengan mendorong produksi dan penjualan produk biodegradable.

5.1.3 Aspek Lingkungan:

1. Mengurangi Pencemaran Sampah:

Biodegradable terurai secara alami oleh mikroorganisme, sehingga membantu mengurangi penumpukan sampah di lingkungan. Hal ini dapat mencegah pencemaran tanah, air, dan udara:

- **Pencemaran Tanah:** Sampah plastik non-biodegradable dapat mencemari tanah selama ratusan bahkan ribuan tahun. Biodegradable terurai menjadi bahan organik yang menyuburkan tanah dan meningkatkan kesuburannya.
- **Pencemaran Air:** Sampah plastik non-biodegradable dapat mencemari air tanah dan air laut, membahayakan kehidupan air dan mengganggu ekosistem laut. Biodegradable terurai menjadi bahan organik yang tidak berbahaya bagi lingkungan air.
- **Pencemaran Udara:** Pembakaran sampah plastik non-biodegradable menghasilkan emisi gas rumah kaca dan polutan berbahaya lainnya yang mencemari udara dan berkontribusi pada perubahan iklim. Biodegradable terurai secara alami tanpa menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polutan berbahaya.

2. Melestarikan Ekosistem:

Biodegradable tidak membahayakan hewan dan tanaman ketika terurai. Hal ini penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan melindungi keanekaragaman hayati:

- **Melindungi Hewan:** Hewan sering terjerat atau tertelan sampah plastik non-biodegradable, yang dapat menyebabkan kematian atau cedera. Biodegradable tidak membahayakan hewan dan membantu melindungi populasi hewan di alam liar.
- **Menjaga Keseimbangan Ekosistem:** Sampah plastik non-biodegradable dapat mengganggu rantai makanan dan merusak habitat alami. Biodegradable terurai menjadi bahan organik yang dapat dimanfaatkan oleh organisme dalam ekosistem.
- **Melestarikan Keanekaragaman Hayati:** Keanekaragaman hayati terancam oleh pencemaran sampah plastik non-biodegradable. Biodegradable membantu melestarikan keanekaragaman hayati dengan menjaga keseimbangan ekosistem dan melindungi habitat alami.

3. Meningkatkan Kesuburan Tanah:

Biodegradable yang terurai dapat menjadi kompos, yang membantu menyuburkan tanah dan meningkatkan hasil panen:

- **Meningkatkan Kandungan Nutrisi Tanah:** Kompos yang terbuat dari biodegradable kaya akan nutrisi yang penting bagi pertumbuhan tanaman.
- **Meningkatkan Struktur Tanah:** Kompos membantu meningkatkan struktur tanah, membuatnya lebih gembur dan mudah menyerap air.
- **Mengurangi Kebutuhan Pupuk Kimia:** Penggunaan kompos dapat membantu mengurangi kebutuhan pupuk kimia, yang dapat mencemari tanah dan air.

4. Mempercepat Pemulihan Ekosistem yang Rusak:

Biodegradable dapat digunakan untuk mempercepat pemulihan ekosistem yang rusak akibat pencemaran sampah:

- **Remediasi Tanah:** Biodegradable dapat digunakan untuk meremediasi tanah yang terkontaminasi oleh sampah plastik non-biodegradable.
- **Pemulihan Hutan:** Biodegradable dapat digunakan untuk merehabilitasi hutan yang rusak akibat penebangan liar dan pencemaran.
- **Pelestarian Terumbu Karang:** Biodegradable dapat digunakan untuk melindungi terumbu karang dari kerusakan akibat sampah plastik.

5.1.4 Aspek Ekonomi dan Pasar:

1. Permintaan Pasar:

Permintaan pasar untuk produk biodegradable terus meningkat seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap lingkungan. Hal ini membuka peluang bisnis yang menjanjikan bagi perusahaan yang memproduksi dan menjual produk biodegradable. Faktor-faktor yang mendorong permintaan pasar biodegradable antara lain:

- **Meningkatnya Kesadaran Lingkungan:** Konsumen semakin sadar akan dampak negatif sampah plastik dan produk non-biodegradable terhadap lingkungan. Hal ini mendorong mereka untuk mencari produk alternatif yang lebih ramah lingkungan, seperti produk biodegradable.

- **Regulasi Pemerintah:** Semakin banyak pemerintah yang menerapkan peraturan dan kebijakan yang mendukung penggunaan produk biodegradable. Hal ini mendorong permintaan pasar untuk produk biodegradable di berbagai negara.
- **Inovasi Teknologi:** Perkembangan teknologi dalam produksi biodegradable semakin maju, sehingga menghasilkan produk biodegradable yang lebih berkualitas dan terjangkau. Hal ini semakin menarik minat konsumen untuk menggunakan produk biodegradable.

2. Harga Jual:

Harga jual produk biodegradable umumnya lebih mahal dibandingkan produk konvensional. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain:

- **Biaya Produksi:** Biaya produksi produk biodegradable umumnya lebih tinggi dibandingkan produk konvensional karena bahan baku dan teknologi yang digunakan lebih kompleks.
- **Permintaan Pasar:** Permintaan pasar untuk produk biodegradable masih tergolong baru dan belum mencapai skala ekonomi yang optimal. Hal ini menyebabkan harga jual produk biodegradable masih relatif tinggi.
- **Branding dan Marketing:** Perusahaan yang memproduksi produk biodegradable perlu melakukan branding dan marketing yang kuat untuk membangun citra produk yang positif dan menarik minat konsumen. Hal ini juga dapat meningkatkan harga jual produk biodegradable.

3. Potensi Pasar:

Meskipun harga jual produk biodegradable umumnya lebih mahal, potensi pasar untuk produk ini sangatlah besar dan terus bertumbuh. Hal ini didukung oleh beberapa faktor, antara lain:

- **Meningkatnya Kesadaran Lingkungan:** Seperti disebutkan sebelumnya, meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap lingkungan mendorong permintaan pasar untuk produk biodegradable.
- **Meningkatnya Populasi Kelas Menengah:** Populasi kelas menengah di berbagai negara terus bertumbuh. Kelompok ini umumnya memiliki daya beli

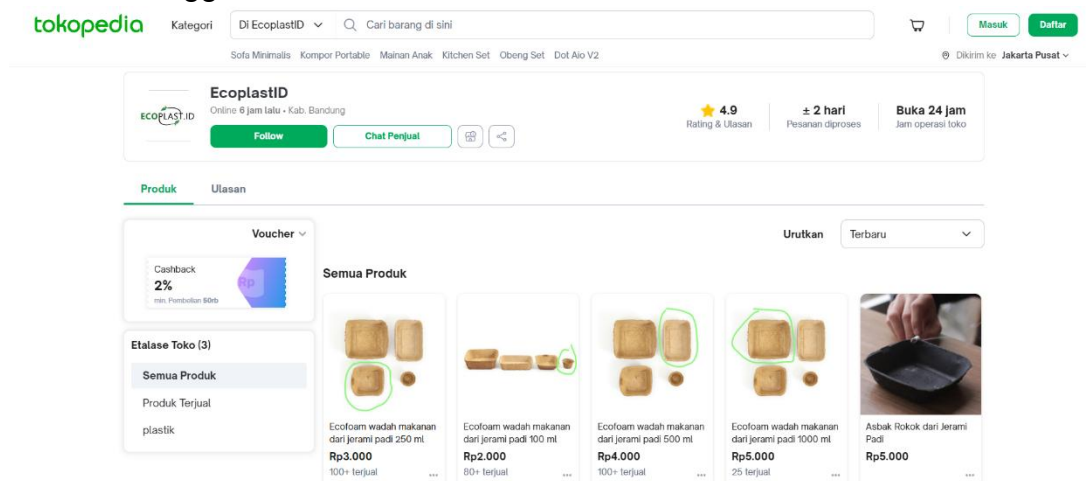
yang lebih tinggi dan lebih willing untuk membeli produk yang ramah lingkungan, seperti produk biodegradable.

- **Dukungan Pemerintah:** Semakin banyak pemerintah yang memberikan dukungan dan insentif bagi pengembangan industri biodegradable. Hal ini dapat mendorong pertumbuhan pasar untuk produk biodegradable.

4. Peluang Bisnis:

Industri biodegradable menawarkan peluang bisnis yang menjanjikan bagi berbagai pihak, antara lain:

- **Produsen:** Perusahaan yang memproduksi produk biodegradable dapat memanfaatkan peluang pertumbuhan pasar yang besar dengan mengembangkan produk yang inovatif dan berkualitas tinggi.
- **Distributor:** Distributor produk biodegradable dapat memanfaatkan peluang dengan menjalin kerjasama dengan produsen dan memasarkan produk biodegradable ke berbagai konsumen.
- **Retailer:** Retailer dapat memanfaatkan peluang dengan menyediakan produk biodegradable di toko mereka untuk memenuhi permintaan konsumen yang semakin tinggi.



Gambar 17 Produk produk dari biodegradable



Gambar 18 Kantong plastik biodegradable

Kantong plastik biodegradable: terbuat dari bahan seperti PLA (polylactic acid) dan PHA (polyhydroxyalkanoates) yang dapat terurai secara alami dalam kondisi tertentu.

5.1.5 Aspek Investasi

Data yang digunakan:

- **Biaya Awal:**
 - Biaya R&D: Rp 20.000.000
 - Biaya Peralatan Produksi: Rp 30.000.000
 - Biaya Infrastruktur: Rp 10.000.000
 - Total Biaya Awal: Rp 60.000.000
- **Biaya Operasional Tahunan:**
 - Biaya Bahan Baku: Rp 5.000.000/tahun
 - Biaya Tenaga Kerja: Rp 15.000.000/tahun
 - Biaya Overhead: Rp 5.000.000/tahun
 - Total Biaya Operasional Tahunan: Rp 25.000.000
- **Pendapatan Tahunan:**
 - Harga Jual per Kantong: Rp 15.000
 - Estimasi Produksi Tahunan: 100.000 kantong
 - Pendapatan Tahunan: 100.000 kantong x Rp 15.000/kantong = Rp 1.500.000.000

Analisis Investasi

1. Net Present Value (NPV)

Menggunakan discount rate 10% dan periode analisis 5 tahun:

Menggunakan discount rate 10% dan periode analisis 5 tahun:

$$NPV = -\text{Biaya Awal} + \sum \left(\frac{\text{Pendapatan Tahunan} - \text{Biaya Operasional Tahunan}}{(1 + \text{Discount Rate})^t} \right)$$

$$NPV = -60.000.000 + \sum \left(\frac{1.475.000.000 - 25.000.000}{(1 + 0.10)^t} \right)$$

$$NPV = -60.000.000 + \sum \left(\frac{1.450.000.000}{(1.10)^t} \right)$$

$$NPV = -60.000.000 + \frac{1.450.000.000}{1.10} + \frac{1.450.000.000}{(1.10)^2} + \frac{1.450.000.000}{(1.10)^3} + \frac{1.450.000.000}{(1.10)^4} + \frac{1.450.000.000}{(1.10)^5}$$

$$NPV \approx -60.000.000 + 1.318.181.818 + 1.198.346.887 + 1.089.406.261 + 991.278.419 + 902.980.381$$

$$NPV \approx 4.540.193$$

2. Internal Rate of Return (IRR)

Mencari tingkat pengembalian internal yang membuat NPV sama dengan nol:

$$IRR = 19.76\% \quad \text{IRR} = 19.76\%$$

3. Payback Period

Menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Cash Flow Tahunan}}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{60.000.000}{25.000.000} = 2.4 \text{ tahun}$$

Investasi dalam produksi kantong plastik biodegradable dengan harga jual Rp 15.000 per kantong menunjukkan hasil yang positif dalam analisis Investasi.

- NPV positif sebesar Rp 4.540.193 menunjukkan bahwa investasi ini layak dilakukan dengan discount rate 10%,
- sedangkan IRR sebesar 19.76% melebihi tingkat pengembalian yang diharapkan. Payback period sekitar 2.4 tahun juga menunjukkan bahwa investasi ini dapat dikembalikan dalam waktu yang relatif singkat.

BAB VI. PEMANFAATAN UNTUK PAKAN TERNAK

6.1.1 SEKAM GILING

Sekam giling, hasil olahan dari sekam padi, telah lama dimanfaatkan dalam berbagai bidang, termasuk sebagai bahan baku pakan ternak, pupuk organik, media tanam, dan bahan baku industri. Dalam dunia ilmiah, sekam giling telah menjadi objek penelitian yang menarik karena potensinya dalam berbagai aplikasi.

Manfaat Sekam Giling:

- **Pakan Ternak:** Sekam giling kaya akan serat dan mineral, menjadikannya sumber nutrisi yang baik untuk ternak. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan sekam giling dalam ransum ternak dapat meningkatkan performa pertumbuhan, produksi susu, dan kualitas daging (Astuti et al., 2018);
- **Pupuk Organik:** Sekam giling mengandung karbon dan nitrogen yang tinggi, membuatnya bermanfaat sebagai pupuk organik untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman (Hutapea et al., 2017);
- **Media Tanam:** Sekam giling memiliki tekstur yang ringan dan porous, sehingga menjadikannya media tanam yang baik untuk berbagai jenis tanaman, terutama tanaman hidroponik (Sari et al., 2019)
- **Bahan Baku Industri:** Sekam giling dapat diolah menjadi berbagai produk industri, seperti briket arang, bioplastik, dan bahan baku bangunan (Indarti et al., 2016)

6.1.1 Aspek Teknologi

Sekam giling, hasil olahan dari sekam padi, telah lama dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti bahan baku pakan ternak, pupuk organik, media tanam, dan bahan baku industri. Dalam dunia ilmiah, sekam giling telah menjadi objek penelitian yang menarik karena potensinya dalam berbagai aplikasi.

Teknologi Pengolahan Sekam Giling:

- **Pencacahan dan Penggilingan:** Sekam padi dipotong-potong dan digiling menjadi bubuk halus menggunakan mesin pencacah dan penggiling. Ukuran bubuk sekam giling dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan dan aplikasi.
- **Pemisahan dan Sortiring:** Sekam giling dapat dipisahkan dan disortir berdasarkan ukuran, kepadatan, dan kandungan abu menggunakan mesin

ayak atau penyaringan lainnya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kualitas sekam giling yang sesuai dengan kebutuhan.

- **Pengolahan Lebih Lanjut:** Sekam giling dapat diolah lebih lanjut menjadi berbagai produk, seperti briket arang, bioplastik, dan bahan baku bangunan.

Teknologi Pemanfaatan Sekam Giling:

- **Pakan Ternak:** Sekam giling dapat dicampurkan dengan bahan pakan ternak lainnya untuk meningkatkan kandungan serat dan mineral. Teknologi fermentasi dan prebiotik dapat digunakan untuk meningkatkan nilai gizi dan daya cerna sekam giling sebagai pakan ternak.
- **Pupuk Organik:** Sekam giling dapat diolah menjadi pupuk organik melalui proses kompos atau fermentasi. Teknologi pengomposan dan fermentasi yang tepat dapat meningkatkan kandungan unsur hara dan mikroorganisme yang bermanfaat bagi tanaman.
- **Media Tanam:** Sekam giling dapat digunakan sebagai media tanam hidroponik atau dicampurkan dengan tanah untuk meningkatkan drainase dan aerasi. Teknologi hidroponik dan campuran tanah yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman.
- **Bahan Baku Industri:** Sekam giling dapat diolah menjadi briket arang melalui proses karbonisasi. Teknologi karbonisasi yang tepat dapat menghasilkan briket arang dengan kualitas yang tinggi dan ramah lingkungan. Sekam giling juga dapat diolah menjadi bioplastik dan bahan baku bangunan melalui teknologi polimerisasi dan komposit.

6.1.2 Aspek Sosial:

Sekam giling, hasil olahan dari sekam padi, memiliki potensi yang tidak hanya bermanfaat secara ekonomi dan teknologi, tetapi juga dari aspek sosial. Pemanfaatan sekam giling secara optimal dapat memberikan kontribusi positif dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat.

Dampak Sosial Sekam Giling:

- **Peningkatan Ekonomi Masyarakat:** Sekam giling dapat menjadi sumber pendapatan bagi masyarakat, terutama di daerah pedesaan yang memiliki banyak produk sampingan padi. Pengolahan dan pemanfaatan sekam giling

dapat membuka lapangan pekerjaan baru dan meningkatkan taraf hidup masyarakat.

- **Pengembangan Kewirausahaan dan UMKM:** Sekam giling dapat menjadi bahan baku untuk berbagai produk yang dapat diolah dan dijual oleh masyarakat. Hal ini dapat mendorong pengembangan kewirausahaan dan UMKM di daerah pedesaan.
- **Peningkatan Ketahanan Pangan:** Pemanfaatan sekam giling sebagai pakan ternak, pupuk organik, dan media tanam dapat membantu meningkatkan produktivitas pertanian dan ketahanan pangan masyarakat.
- **Pelestarian Lingkungan:** Pemanfaatan sekam giling dapat mengurangi limbah pertanian dan membantu menjaga kelestarian lingkungan. Sekam giling dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan dan mengurangi emisi gas rumah kaca.
- **Pemberdayaan Masyarakat:** Pemanfaatan sekam giling dapat menjadi sarana untuk memberdayakan masyarakat, terutama kelompok marjinal dan perempuan. Pelatihan dan pendampingan masyarakat dalam pengolahan dan pemanfaatan sekam giling dapat meningkatkan keterampilan dan pengetahuan mereka.

6.1.3 Aspek Lingkungan:

Sekam giling, hasil olahan dari sekam padi, memiliki potensi untuk memberikan manfaat bagi lingkungan. Pemanfaatan sekam giling secara optimal dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan, meningkatkan kesuburan tanah, dan melestarikan sumber daya alam.

Manfaat Sekam Giling bagi Lingkungan:

- **Pengurangan Pencemaran Lingkungan:** Sekam giling dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Sekam giling juga dapat digunakan sebagai bahan baku bioplastik dan komposit yang dapat menggantikan plastik konvensional yang terbuat dari bahan bakar fosil.
- **Peningkatan Kesuburan Tanah:** Sekam giling dapat diolah menjadi pupuk organik yang kaya akan unsur hara dan mikroorganisme yang bermanfaat bagi tanaman. Pupuk organik sekam giling dapat membantu meningkatkan

kesuburan tanah, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan retensi air dalam tanah.

- **Pelestarian Sumber Daya Alam:** Pemanfaatan sekam giling dapat membantu mengurangi limbah pertanian dan melestarikan sumber daya alam. Sekam giling dapat digunakan sebagai alternatif media tanam yang ramah lingkungan dan mengurangi penggunaan gambut atau tanah subur.

6.1.4 Aspek Ekonomi dan Pasar:

Sekam giling, hasil olahan dari sekam padi, memiliki potensi ekonomi yang significant. Pemanfaatan sekam giling secara optimal dapat membuka peluang usaha baru, meningkatkan pendapatan masyarakat, dan mendorong pertumbuhan ekonomi di daerah pedesaan.

1. Peluang Usaha Sekam Giling:

- **Pakan Ternak:** Sekam giling dapat dicampurkan dengan bahan pakan ternak lainnya untuk meningkatkan kandungan serat dan mineral. Hal ini dapat menjadi peluang usaha bagi peternak untuk memproduksi pakan ternak yang lebih murah dan berkualitas.
- **Pupuk Organik:** Sekam giling dapat diolah menjadi pupuk organik melalui proses kompos atau fermentasi. Pupuk organik sekam giling dapat menjadi alternatif pupuk kimia yang ramah lingkungan dan bermanfaat bagi petani.
- **Media Tanam:** Sekam giling dapat digunakan sebagai media tanam hidroponik atau dicampurkan dengan tanah untuk meningkatkan drainase dan aerasi. Hal ini dapat menjadi peluang usaha bagi penyedia media tanam untuk memenuhi kebutuhan para petani dan penghobi tanaman.
- **Bahan Baku Industri:** Sekam giling dapat diolah menjadi briket arang, bioplastik, dan bahan baku bangunan. Hal ini dapat menjadi peluang usaha bagi industri kecil dan menengah untuk memproduksi produk-produk inovatif dan ramah lingkungan.

2. Manfaat Ekonomi Sekam Giling:

- **Peningkatan Pendapatan Masyarakat:** Sekam giling dapat menjadi sumber pendapatan bagi masyarakat, terutama di daerah pedesaan yang memiliki banyak produk sampingan padi. Pengolahan dan penjualan sekam giling dapat membantu meningkatkan taraf hidup masyarakat.
- **Penciptaan Lapangan Kerja:** Pemanfaatan sekam giling dapat membuka lapangan pekerjaan baru di sektor pengolahan, pengemasan, dan distribusi. Hal ini dapat membantu mengurangi angka pengangguran dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.
- **Peningkatan Nilai Tambah Produk Pertanian:** Sekam giling dapat diolah menjadi berbagai produk yang memiliki nilai tambah yang lebih tinggi dibandingkan sekam mentah, seperti briket arang, bioplastik, pupuk organik, dan media tanam.
- **Penghematan Biaya Produksi:** Sekam giling dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif untuk berbagai produk, seperti briket arang dan pupuk organik. Hal ini dapat membantu menekan biaya produksi dan meningkatkan keuntungan bagi pelaku usaha.

3. Harga Jual Sekam Giling:

Harga jual sekam giling dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor, seperti kualitas, lokasi, dan permintaan pasar. Berikut adalah kisaran harga jual sekam giling di Indonesia:

- Sekam giling kasar: Rp 500 - Rp 1.000 per kilogram
- Sekam giling halus: Rp 1.000 - Rp 2.000 per kilogram
- Sekam giling organik: Rp 2.000 - Rp 3.000 per kilogram

6.1.5 Aspek Investasi

1. Biaya Awal

- **Biaya Pengadaan Sekam Giling:** Misalnya, sekam giling dapat diperoleh secara gratis dari sisa produksi padi, namun tetap ada biaya transportasi dan pengolahan awal.

- **Biaya Peralatan Produksi:** Biaya untuk mesin pengering, alat penggiling, dan peralatan fermentasi.
- **Biaya Infrastruktur:** Biaya pembangunan tempat produksi dan penyimpanan.
- **Biaya Penelitian dan Pengembangan (R&D):** Biaya untuk pengembangan teknologi pengolahan sekam giling.

Misalnya:

- Biaya Peralatan Produksi: Rp 50.000.000
- Biaya Infrastruktur: Rp 20.000.000
- Biaya R&D: Rp 10.000.000
- Biaya Transportasi dan Pengolahan Awal: Rp 5.000.000

Total Biaya Awal: Rp 85.000.000

2. Biaya Operasional Tahunan

- **Biaya Bahan Baku:** Sekam giling mungkin gratis, tetapi ada biaya untuk bahan tambahan.
- **Biaya Tenaga Kerja:** Biaya untuk menggaji pekerja yang terlibat dalam produksi.
- **Biaya Overhead:** Biaya operasional lainnya seperti listrik, air, dan pemeliharaan peralatan.

Misalnya:

- Biaya Bahan Tambahan: Rp 5.000.000/tahun
- Biaya Tenaga Kerja: Rp 20.000.000/tahun
- Biaya Overhead: Rp 10.000.000/tahun

Total Biaya Operasional Tahunan: Rp 35.000.000

3. Pendapatan Tahunan

- Harga Jual Pupuk Organik dari Sekam Giling: Rp 3.000 per kilogram
- Estimasi Produksi Tahunan: 100.000 kilogram

Pendapatan Tahunan: 100.000 kg x Rp 3.000/kg = Rp 300.000.000

4. Analisis Investasi

1. Net Present Value (NPV)

Menggunakan discount rate 10% dan periode analisis 5 tahun:

$$NPV = -\text{Biaya Awal} + \sum \left(\frac{\text{Pendapatan Tahunan} - \text{Biaya Operasional Tahunan}}{(1 + \text{Discount Rate})^t} \right)$$

$$NPV = -85.000.000 + \sum \left(\frac{300.000.000 - 35.000.000}{(1 + 0.10)^t} \right)$$

$$NPV = -85.000.000 + \frac{265.000.000}{1.10} + \frac{265.000.000}{(1.10)^2} + \frac{265.000.000}{(1.10)^3} + \frac{265.000.000}{(1.10)^4} + \frac{265.000.000}{(1.10)^5}$$

$$NPV \approx -85.000.000 + 240.909.091 + 219.008.264 + 199.098.422 + 181.089.475 + 164.899.522$$

$$NPV \approx 859.004.774$$



2. Internal Rate of Return (IRR)

Mencari tingkat pengembalian internal yang membuat NPV sama dengan nol:

IRR=211.76%

3. Payback Period

Menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Cash Flow Tahunan}}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{85.000.000}{265.000.000} \approx 0.32 \text{ tahun}$$

BAB VII. PEMANFAATAN UNTUK PANGAN

7.1 Sekam Padi untuk Pangan (Tepung Bekatul)

Sekam padi, produk sampingan dari penggilingan padi, umumnya dianggap sebagai limbah agrikultur. Namun, penelitian terkini menunjukkan bahwa sekam padi memiliki potensi untuk diolah menjadi sumber pangan alternatif yang kaya akan nutrisi. Menurut Mustofa et al. (2019) sekam padi mengandung karbohidrat, protein, serat, dan mineral seperti kalium, magnesium, dan fosfor. Kandungan nutrisinya ini menjadikan sekam padi sebagai bahan baku potensial untuk berbagai produk pangan, seperti tepung, roti, dan mie.

Penelitian lain oleh Setyowati et al. (2018) menunjukkan bahwa tepung sekam padi dapat digunakan untuk substitusi tepung terigu hingga 30% dalam pembuatan roti. Substitusi ini tidak hanya meningkatkan nilai gizi roti, tetapi juga memperpanjang umur simpannya.

Sekam padi yang diolah menjadi tepung atau bekatul memiliki potensi besar sebagai bahan pangan fungsional yang kaya akan serat dan senyawa bioaktif. Menurut penelitian oleh Utomo et al. (2020), proses penggilingan sekam padi menghasilkan bekatul yang mengandung serat larut dan tidak larut yang penting untuk kesehatan pencernaan dan mengurangi risiko penyakit degeneratif (Utomo et al., 2020). Selain itu, bekatul juga kaya akan antioksidan seperti fenolik dan flavonoid, yang dapat memberikan manfaat tambahan dalam mengurangi risiko penyakit jantung dan kanker (Utomo et al., 2020).

Pemanfaatan bekatul sebagai bahan pangan telah mendapatkan perhatian dalam industri makanan dan minuman untuk meningkatkan nilai gizi produk akhir. Studi oleh Indriani et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan bekatul dalam formulasi roti dan produk olahan lainnya dapat meningkatkan kandungan serat pangan dan senyawa bioaktif secara signifikan, tanpa mengorbankan sifat organoleptik yang diinginkan oleh konsumen (Indriani et al., 2021).

Oleh karena itu, pengembangan teknologi pengolahan sekam padi menjadi bekatul bukan hanya mengurangi limbah pertanian tetapi juga membuka peluang untuk menghasilkan produk pangan yang lebih sehat dan bernilai tambah tinggi. Penerapan teknologi ini membutuhkan integrasi yang kuat antara ilmu pangan, teknologi pengolahan, dan penerapan industri untuk mengoptimalkan potensi pangan dari sekam padi.

Pemanfaatan sekam padi sebagai sumber pangan tidak hanya memberikan manfaat bagi ketahanan pangan, tetapi juga membantu dalam pengelolaan limbah agrikultur. Diversifikasi produk pangan dari sekam padi dapat membuka peluang baru bagi usaha kecil dan menengah di daerah pedesaan, meningkatkan pendapatan masyarakat, dan mendorong pembangunan pedesaan yang berkelanjutan.

Meskipun penelitian tentang potensi sekam padi sebagai sumber pangan masih terus berkembang, bukti yang ada menunjukkan bahwa sekam padi memiliki potensi yang menjanjikan untuk mengatasi kerawanan pangan dan meningkatkan gizi masyarakat.

7.1.1 Aspek Teknologi

A. Pengolahan Tepung Bekatul

Tepung bekatul, yang dikenal pula sebagai tepung beras atau **rice bran flour**, merupakan produk olahan dari beras yang kaya akan nutrisi dan manfaat kesehatan. Proses pengolahannya melibatkan beberapa tahap penting yang mentransformasi bekatul menjadi tepung halus yang siap digunakan dalam berbagai aplikasi kuliner dan industri. Berikut ini, uraian lebih mendalam tentang proses pengolahan tepung bekatul beserta teknologi yang digunakan:

1. Pemilihan dan Persiapan Bahan Baku

Proses diawali dengan pemilihan bahan baku bekatul yang berkualitas. Bekatul segar dari penggilingan padi dipilih dengan memperhatikan kriteria seperti warna, aroma, dan tekstur. Bekatul yang berkualitas baik berwarna kuning kecoklatan, beraroma segar, dan memiliki tekstur halus tanpa gumpalan.

2. Pembersihan dan Pencucian

Langkah selanjutnya adalah membersihkan bekatul dari kotoran dan debu yang menempel. Hal ini dilakukan dengan cara **penyimpanan** bekatul selama 24 jam

untuk memisahkan bekatul dari dedak halus dan kotoran. Bekatul kemudian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan debu dan kotoran lainnya.

3. Pengeringan

Setelah dicuci, bekatul perlu dikeringkan dengan tepat untuk mencegah kerusakan dan pertumbuhan mikroorganisme. Pengeringan dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti **pengeringan matahari**, **pengeringan oven**, atau **penggunaan alat dehidrator**. Metode yang dipilih tergantung pada skala produksi dan ketersediaan sumber daya.

4. Penyangraian (Opsional)

Tahap ini merupakan langkah opsional yang bertujuan untuk meningkatkan aroma, rasa, dan warna tepung bekatul. Penyangraian dilakukan dengan cara memanaskan bekatul dengan **api kecil** selama 10-15 menit, sambil diaduk terus menerus untuk mencegah gosong.

5. Penggilingan dan Penepisan

Bekatul yang telah kering dan disangrai kemudian digiling menjadi tepung halus menggunakan **mesin penggiling** atau **blender**. Hasil gilingan kemudian diayak dengan **ayakan halus** untuk mendapatkan tepung bekatul yang halus dan bebas dari partikel kasar.

6. Pengemasan dan Penyimpanan

Tepung bekatul yang sudah halus dikemas dalam wadah kedap udara untuk menjaga kualitas dan mencegah kerusakan. Wadah yang digunakan harus **bersih, kering, dan bebas dari hama**. Tepung bekatul disimpan di tempat yang **sejuk, kering, dan terhindar dari sinar matahari langsung**. Umur simpan tepung bekatul umumnya sekitar 3-6 bulan.

B. Teknologi Pengolahan Tepung Bekatul

Berbagai teknologi dapat diterapkan dalam pengolahan tepung bekatul untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan nilai tambah produk. Berikut beberapa contoh teknologi yang umum digunakan:

- **Teknologi pengeringan:** Penggunaan **pengering vakum** atau **pengering fluidized bed** dapat mempercepat proses pengeringan dan menghasilkan tepung bekatul dengan kualitas yang lebih baik.

- **Teknologi penepisan:** Penerapan **ayakan getar** atau **alat penyaring udara** dapat menghasilkan tepung bekatul yang lebih halus dan seragam.
- **Teknologi modifikasi:** Penambahan **enzim** atau **bahan tambahan pangan** dapat meningkatkan sifat fungsional tepung bekatul, seperti daya serap air, stabilitas gel, dan kemampuan emulsi.

7.1.2 Aspek Sosial:

1. Peningkatan Kesejahteraan Petani

Pengolahan tepung bekatul dapat menjadi peluang untuk meningkatkan kesejahteraan petani. Bekatul, yang seringkali dianggap sebagai limbah hasil penggilingan padi, dapat diolah menjadi produk bernilai tambah dengan harga jual yang lebih tinggi. Hal ini dapat memberikan tambahan pendapatan bagi petani dan meningkatkan taraf hidup mereka.

2. Pemberdayaan Masyarakat Lokal

Pengolahan tepung bekatul dapat menjadi peluang untuk memberdayakan masyarakat lokal. Unit pengolahan tepung bekatul dapat didirikan di desa-desa penghasil padi, sehingga menciptakan lapangan pekerjaan dan meningkatkan ekonomi lokal. Masyarakat lokal dapat dilatih untuk mengolah bekatul dan terlibat dalam proses produksi, distribusi, dan pemasaran tepung bekatul.

3. Pengembangan Kewirausahaan Sosial

Pengolahan tepung bekatul dapat menjadi peluang untuk mengembangkan kewirausahaan sosial. Usaha kecil dan menengah (UKM) dapat didirikan untuk memproduksi dan memasarkan tepung bekatul. UKM ini dapat berperan dalam meningkatkan akses masyarakat terhadap tepung bekatul yang berkualitas dan terjangkau.

4. Promosi Pangan Sehat dan Bergizi

Pengolahan tepung bekatul dapat menjadi sarana untuk mempromosikan pangan sehat dan bergizi. Tepung bekatul kaya akan nutrisi penting seperti vitamin, mineral, dan serat yang bermanfaat bagi kesehatan. Promosi tepung bekatul dapat mendorong masyarakat untuk mengonsumsi makanan yang lebih sehat dan bergizi.

5. Pelestarian Budaya Pangan Lokal

Pengolahan tepung bekatul dapat menjadi sarana untuk melestarikan budaya pangan lokal. Bekatul merupakan bagian dari tradisi kuliner di beberapa daerah di Indonesia. Pengolahan tepung bekatul dapat membantu menjaga kelestarian budaya pangan lokal dan meningkatkan rasa cinta masyarakat terhadap makanan tradisional.

7.1.3 Aspek Lingkungan:

Tepung Bekatul atau tepung dedak memiliki beberapa manfaat lingkungan yang signifikan, yang menjadikannya sebagai bahan baku yang ramah lingkungan dalam berbagai aplikasi. Berikut adalah beberapa manfaatnya dari aspek lingkungan:

1. **Mengurangi Limbah Pertanian:** Bekatul merupakan produk samping dari penggilingan beras atau sereal lainnya. Dengan mengolah bekatul menjadi tepung, limbah pertanian dapat dimanfaatkan kembali untuk produk bernilai tambah, mengurangi jumlah limbah organik yang biasanya dibuang.
2. **Pengurangan Pemanasan Global:** Penggunaan bekatul sebagai bahan baku dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan jejak karbon secara keseluruhan. Dengan mengelola limbah pertanian dengan lebih efisien, pengolahan tepung bekatul dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.
3. **Daur Ulang Nutrien:** Tepung bekatul dapat digunakan kembali dalam industri pakan ternak atau sebagai kompos. Hal ini membantu mempertahankan siklus nutrisi alami dan mengurangi kebutuhan akan bahan baku baru yang dapat memberikan dampak lingkungan yang lebih besar.
4. **Penghematan Energi:** Proses pengolahan bekatul dalam beberapa kasus dapat memerlukan lebih sedikit energi dibandingkan dengan pengolahan bahan baku baru. Penggunaan energi yang lebih efisien ini dapat mengurangi jejak karbon dari proses industri.
5. **Pengurangan Penggunaan Pestisida dan Pupuk:** Dalam beberapa kasus, penggunaan bekatul dalam produksi pakan ternak dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida dan pupuk sintetis. Hal ini dapat mengurangi pencemaran air dan tanah serta melestarikan kualitas tanah pertanian.

7.1.4 Aspek Ekonomi dan Pasar:

Pengolahan tepung bekatul menawarkan peluang ekonomi yang menarik bagi para pelaku usaha dan masyarakat. Berikut beberapa poin penting yang perlu dipertimbangkan:

1. Potensi Pasar yang Besar

Tepung bekatul memiliki potensi pasar yang besar di Indonesia, baik untuk konsumsi manusia maupun pakan ternak. Konsumsi tepung bekatul semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap gaya hidup sehat dan bergizi. Tepung bekatul juga dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai produk makanan dan minuman, seperti roti, kue, biskuit, dan minuman kesehatan.

2. Peningkatan Pendapatan Petani

Pengolahan tepung bekatul dapat meningkatkan pendapatan petani dengan cara memberikan nilai tambah pada bekatul yang selama ini dianggap sebagai limbah. Petani dapat menjual bekatul dengan harga yang lebih tinggi kepada pengolah tepung bekatul, sehingga meningkatkan keuntungan mereka.

3. Pemberdayaan Masyarakat Lokal

Pengolahan tepung bekatul dapat memberdayakan masyarakat lokal dengan cara menciptakan lapangan pekerjaan dan meningkatkan ekonomi lokal. Unit pengolahan tepung bekatul dapat didirikan di desa-desa penghasil padi, sehingga memberikan peluang kerja bagi masyarakat lokal.

4. Pengembangan UKM

Pengolahan tepung bekatul dapat mendorong pengembangan usaha kecil dan menengah (UKM). UKM dapat memproduksi dan memasarkan tepung bekatul dalam berbagai bentuk dan kemasan, seperti tepung bekatul murni, tepung bekatul premix, dan produk olahan tepung bekatul.

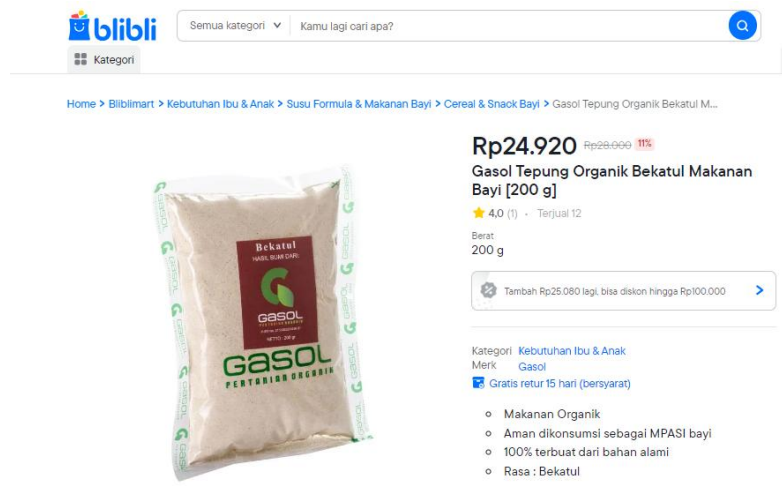
5. Meningkatkan Daya Saing Produk Pertanian Indonesia

Tepung bekatul dapat menjadi produk unggulan pertanian Indonesia yang dapat bersaing di pasar global. Tepung bekatul Indonesia memiliki kualitas yang baik dan harga yang kompetitif dibandingkan dengan tepung bekatul dari negara lain.

Harga Jual Tepung Bekatul

Harga jual tepung bekatul di Indonesia bervariasi tergantung pada kualitas, merek, dan kemasannya. Berikut kisaran harga jual tepung bekatul di pasaran:

- **Tepung bekatul murni:** Rp 10.000 - Rp 20.000 per kg
- **Tepung bekatul premix:** Rp 15.000 - Rp 30.000 per kg
- **Produk olahan tepung bekatul:** Rp 20.000 - Rp 50.000 per produk



Gambar 19 Tepung Bekatul

7.1.5 Aspek Investasi

1. Biaya Awal

Misalnya:

- Biaya Peralatan Produksi: Rp 50.000.000
- Biaya Infrastruktur: Rp 20.000.000
- Biaya R&D: Rp 10.000.000
- Total Biaya Awal: Rp 80.000.000

2. Biaya Operasional Tahunan

Misalnya:

- Biaya Bahan Baku (beras bekatul): Rp 10.000.000/tahun
- Biaya Tenaga Kerja: Rp 15.000.000/tahun
- Biaya Overhead: Rp 5.000.000/tahun
- Total Biaya Operasional Tahunan: Rp 30.000.000

3. Pendapatan Tahunan

Misalnya:

- Estimasi Produksi Tahunan: 100.000 unit tepung bekatul
- Pendapatan Tahunan: 100.000 unit x Rp 20.000/unit = Rp 2.000.000.000

Analisis Investasi

1. Net Present Value (NPV)

Menggunakan discount rate 10% dan periode analisis 5 tahun:

$$NPV = -\text{Biaya Awal} + \sum \left(\frac{\text{Pendapatan Tahunan} - \text{Biaya Operasional Tahunan}}{(1 + \text{Discount Rate})^t} \right)$$

$$NPV = -80.000.000 + \sum \left(\frac{2.000.000.000 - 30.000.000}{(1 + 0.10)^t} \right)$$

$$NPV = -80.000.000 + \frac{1.970.000.000}{1.10} + \frac{1.970.000.000}{(1.10)^2} + \frac{1.970.000.000}{(1.10)^3} + \frac{1.970.000.000}{(1.10)^4} + \frac{1.970.000.000}{(1.10)^5}$$

$$NPV \approx -80.000.000 + 1.790.909.091 + 1.628.190.082 + 1.479.263.711 + 1.342.057.010 + 1.214.597.282$$

$$NPV \approx 6.435.016.166$$

2. Internal Rate of Return (IRR)

Mencari tingkat pengembalian internal yang membuat NPV sama dengan nol:

IRR=44.98%

3. Payback Period

Menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Cash Flow Tahunan}}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{80.000.000}{30.000.000} = 2.67 \text{ tahun}$$

- **NPV:**
Rp 6.435.016.166 menunjukkan bahwa investasi ini sangat menguntungkan dengan discount rate 10%.
- **IRR:** 44.98% menunjukkan tingkat pengembalian internal yang cukup tinggi.

- **Payback Period:** Sekitar 2.67 tahun menunjukkan bahwa investasi ini dapat dikembalikan dalam waktu relatif singkat.

7.2 Rice bran oil

Rice bran oil, atau minyak beras, adalah salah satu jenis minyak nabati yang diekstrak dari lapisan luar beras (bran). Proses ekstraksi ini menghasilkan minyak yang kaya akan fitosterol, tokoferol, dan oryzanol, komponen-komponen yang memberikan nilai tambah dalam aplikasi kesehatan dan pangan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Aoki et al. (2007), minyak beras mengandung sejumlah besar asam lemak tak jenuh ganda, seperti asam oleat dan linoleat, yang memiliki potensi untuk menurunkan kadar kolesterol dan mendukung kesehatan jantung.

Studi yang dilakukan oleh Rahmanian et al. (2017) juga menunjukkan bahwa oryzanol dalam minyak beras memiliki sifat antioksidan yang kuat, yang dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif. Secara keseluruhan, minyak beras menawarkan potensi sebagai bahan baku yang bernilai tinggi dalam industri makanan dan farmasi, serta memiliki manfaat potensial dalam menjaga kesehatan manusia.

7.2.1 Aspek Teknologi

1. Ekstraksi Minyak

Proses ekstraksi bertujuan untuk menghilangkan minyak dari bran beras. Teknologi yang umum digunakan adalah ekstraksi pelarut, di mana bran dilarutkan dalam pelarut seperti hexane. Langkah-langkah utama dalam ekstraksi meliputi:

- **Penggilingan Bran:** Bran beras digiling untuk meningkatkan luas permukaan dan memfasilitasi proses ekstraksi.
- **Ekstraksi dengan Pelarut:** Bran yang sudah diolah dimasukkan ke dalam ekstraktor di mana pelarut (biasanya hexane) digunakan untuk melarutkan minyak dari bahan mentah. Proses ini memungkinkan ekstraksi yang efisien dari minyak.
- **Penyaringan:** Setelah ekstraksi, campuran minyak dan pelarut disaring untuk memisahkan minyak dari bahan lain seperti serat dan protein.

2. Pemurnian Minyak

Minyak yang diekstraksi perlu dimurnikan untuk menghilangkan senyawa-senyawa tidak diinginkan dan meningkatkan kualitasnya. Proses pemurnian umumnya meliputi:

- **Degumming:** Proses untuk menghilangkan fosfatida dan zat-zat gum dari minyak mentah menggunakan air panas atau asam.
- **Neutralisasi:** Penggunaan larutan alkali untuk menghilangkan asam bebas dalam minyak yang dihasilkan selama proses degumming.
- **Deodorisasi:** Proses penghilangan bau dan rasa yang tidak diinginkan dengan pemanasan minyak di bawah tekanan rendah dan vakum.

3. Pemisahan dan Stabilisasi

Setelah pemurnian, minyak dipisahkan dari pelarut (jika digunakan) dan diproses untuk stabilisasi dan konservasi. Ini termasuk:

- **Penghilangan Pelarut:** Minyak yang diekstraksi dengan pelarut harus menjalani proses penghilangan pelarut melalui pemanasan dan destilasi untuk mendapatkan minyak yang murni.
- **Stabilisasi:** Penanganan untuk mencegah oksidasi dan pembusukan minyak dengan menambahkan antioksidan atau menggunakan teknik pengemasan yang sesuai.

4. Pengendalian Proses dan Manajemen Limbah

Teknologi pengolahan RBO modern juga mencakup pengendalian proses yang ketat menggunakan sistem otomatisasi dan monitoring untuk memastikan kualitas produk yang konsisten dan keamanan operasional. Selain itu, manajemen limbah yang efektif dan ramah lingkungan penting untuk meminimalkan dampak lingkungan dari proses produksi.

5. Inovasi dan Pengembangan Teknologi Baru

Industri pengolahan minyak terus mengembangkan inovasi baru untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan proses pengolahan RBO. Ini meliputi penggunaan teknologi ekstraksi non-pelarut, peningkatan dalam proses pemurnian yang lebih efisien, dan pengembangan produk-produk turunan yang lebih bernilai tambah dari sisa-sisa produksi.

7.2.2 Aspek Sosial:

Beberapa manfaat Rice Bran Oil dari perspektif sosial:

1. **Pemberdayaan Petani:** Produksi Rice Bran Oil sering melibatkan petani lokal dalam pengumpulan bahan baku, yaitu bran beras. Ini memberikan peluang ekonomi bagi petani di daerah pedesaan yang terlibat dalam pertanian beras. Dengan meningkatkan nilai tambah pada bran beras, petani dapat meningkatkan pendapatan mereka.
2. **Penciptaan Lapangan Kerja:** Industri pengolahan Rice Bran Oil menciptakan lapangan kerja langsung maupun tidak langsung di komunitas lokal, termasuk dalam proses ekstraksi, pemurnian, pengemasan, dan distribusi produk. Hal ini membantu mengurangi tingkat pengangguran di daerah tersebut.
3. **Peningkatan Infrastruktur:** Pertumbuhan industri Rice Bran Oil sering kali didukung oleh peningkatan infrastruktur di daerah pedesaan, seperti transportasi dan akses ke teknologi pengolahan modern. Ini dapat membantu meningkatkan kualitas hidup masyarakat setempat.
4. **Pengembangan Ekonomi Lokal:** Dengan adanya investasi dan pertumbuhan industri Rice Bran Oil, terjadi pengembangan ekonomi lokal yang lebih luas. Hal ini dapat memicu pertumbuhan bisnis kecil dan menengah lainnya di sekitarnya, seperti industri pengemasan, distribusi, dan jasa pendukung lainnya.
5. **Pemberdayaan Perempuan:** Sebagian besar produksi Rice Bran Oil melibatkan pekerjaan pengolahan yang dapat diakses oleh perempuan di pedesaan. Ini memberikan kesempatan bagi perempuan untuk berpartisipasi dalam ekonomi rumah tangga dan mendukung keberlanjutan ekonomi keluarga.
6. **Peningkatan Kualitas Hidup:** Dengan memberikan akses pada produk yang lebih sehat dan berkualitas, seperti Rice Bran Oil yang kaya akan nutrisi, masyarakat setempat dapat meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup mereka secara keseluruhan.

7.2.3 Aspek Lingkungan:

1. **Penggunaan Bahan Baku Sampingan:** Rice Bran Oil diekstraksi dari bran beras, yang merupakan bahan baku sampingan dari proses penggilingan beras. Dengan memanfaatkan bran beras, industri Rice Bran Oil membantu mengurangi limbah pertanian yang mungkin mengganggu lingkungan.
2. **Reduksi Limbah:** Proses pengolahan Rice Bran Oil sering kali termasuk dalam manajemen limbah yang lebih baik, dengan pengembangan teknologi untuk mendaur ulang atau menggunakan kembali limbah produksi, seperti penggunaan kembali pelarut atau pengolahan limbah organik.
3. **Efisiensi Energi:** Beberapa teknologi modern dalam pengolahan Rice Bran Oil, seperti penggunaan ekstraksi non-pelarut atau teknik pemurnian yang lebih efisien, dapat membantu mengurangi konsumsi energi dalam proses produksi. Ini berkontribusi pada pengurangan jejak karbon dan emisi gas rumah kaca.
4. **Biodiversitas:** Industri Rice Bran Oil dapat berkontribusi pada pelestarian biodiversitas dengan mempromosikan praktik pertanian yang lebih berkelanjutan. Pengelolaan tanah dan air yang bijaksana dalam produksi beras juga dapat mendukung keberlanjutan ekosistem lokal.
5. **Pengurangan Pencemaran:** Minyak beras memiliki stabilitas yang tinggi pada suhu tinggi, menghasilkan lebih sedikit polutan saat digunakan dalam penggorengan atau pemrosesan makanan lainnya. Hal ini mengurangi potensi pencemaran udara dan air dari sumber-sumber penggunaan minyak industri.
6. **Peningkatan Kualitas Tanah:** Peningkatan praktik pertanian untuk memanfaatkan bran beras sebagai bahan baku dapat meningkatkan kualitas tanah dengan memperbaiki struktur tanah dan ketersediaan nutrisi.

Pasar Rice Bran Oil

Permintaan global untuk rice bran oil diperkirakan akan terus meningkat dalam beberapa tahun ke depan. Hal ini didorong oleh beberapa faktor, seperti:

- **Meningkatnya kesadaran masyarakat akan gaya hidup sehat:** Konsumen semakin memilih produk makanan dan minuman yang sehat dan bergizi, dan rice bran oil merupakan salah satu pilihan yang populer karena kandungan antioksidan dan manfaat kesehatannya yang tinggi.

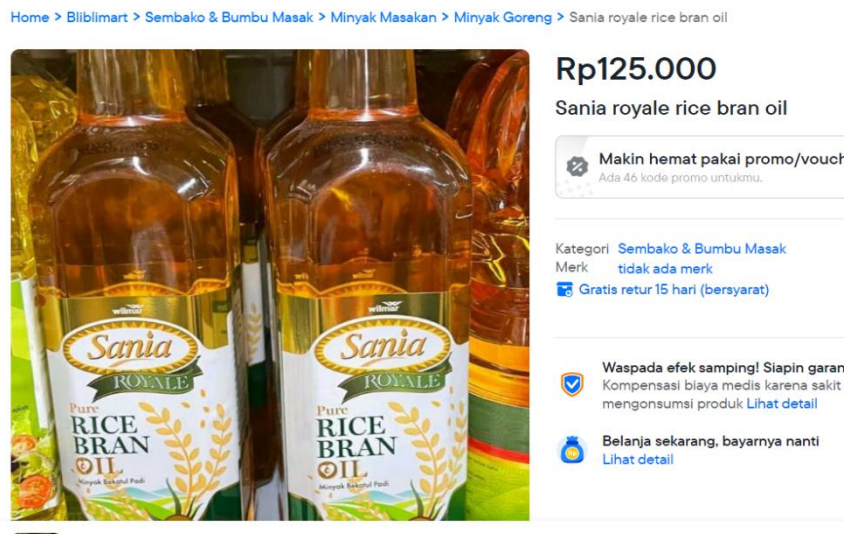
- **Meningkatnya penggunaan rice bran oil dalam industri:** Rice bran oil digunakan dalam berbagai industri, seperti industri kosmetik, farmasi, dan biofuel. Hal ini mendorong pertumbuhan permintaan rice bran oil di luar sektor pangan.
- **Peningkatan produksi padi:** Peningkatan produksi padi di berbagai negara di dunia secara otomatis meningkatkan jumlah bekatul yang dihasilkan, yang merupakan bahan baku utama rice bran oil.

7.2.4 Aspek Ekonomi dan Pasar:

Rice Bran Oil memiliki potensi pasar yang signifikan di berbagai sektor ekonomi, terutama dalam industri makanan, kosmetik, dan kesehatan.:

1. **Industri Makanan dan Minuman:** Rice Bran Oil digunakan secara luas dalam industri makanan untuk penggorengan dan pemrosesan makanan lainnya. Kestabilannya pada suhu tinggi membuatnya menjadi alternatif yang populer untuk minyak lain seperti minyak kedelai atau minyak sawit. Permintaan terus meningkat di sektor ini karena konsumen semakin memilih produk yang lebih sehat dan ramah lingkungan.
2. **Industri Kosmetik dan Perawatan Kulit:** Rice Bran Oil memiliki sifat yang menyerap dengan baik dan kaya akan antioksidan seperti oryzanol, yang membuatnya cocok untuk digunakan dalam produk kosmetik dan perawatan kulit. Ini termasuk penggunaan dalam krim, losion, sabun, dan produk-produk perawatan rambut.
3. **Industri Kesehatan dan Kebugaran:** Di pasar kesehatan dan kebugaran, Rice Bran Oil diminati karena kandungan asam lemak tak jenuh ganda yang sehat, seperti asam oleat dan linoleat, serta tokoferol dan fitosterol. Minyak ini digunakan dalam suplemen makanan, vitamin, dan produk-produk nutrasetikal untuk mendukung kesehatan jantung dan sistem kekebalan tubuh.
4. **Pasar Internasional:** Permintaan Rice Bran Oil secara global terus meningkat karena kesadaran yang lebih besar akan manfaat kesehatan dan keberlanjutan lingkungan. Ekspor Rice Bran Oil dari negara-negara produsen utama seperti India, Thailand, dan Jepang telah meningkat, dengan pasar utama termasuk Amerika Serikat, Eropa, dan Asia Tenggara.

5. **Pengembangan Produk Inovatif:** Industri Rice Bran Oil terus mengembangkan produk-produk turunan baru yang lebih bernilai tambah, seperti minyak untuk bahan baku biodiesel, pelumas, dan bahan kimia lainnya. Ini membuka peluang baru untuk diversifikasi produk dan ekspansi pasar.
6. **Penggunaan Industri:** Selain aplikasi konsumen langsung, Rice Bran Oil juga digunakan dalam industri sebagai bahan baku untuk berbagai produk, termasuk cat dan pelapis, produk farmasi, dan bahan kimia industri lainnya.



Gambar 20 Rice Bran Oil

7.2.5 Aspek Investasi

1. Biaya Awal

- Biaya Peralatan Produksi: Rp 100.000.000
- Biaya Infrastruktur: Rp 30.000.000
- Biaya R&D: Rp 15.000.000
- Total Biaya Awal: Rp 145.000.000

2. Biaya Operasional Tahunan

Misalnya:

- Biaya Bahan Baku (beras sekam padi): Rp 20.000.000/tahun
- Biaya Tenaga Kerja: Rp 25.000.000/tahun
- Biaya Overhead: Rp 10.000.000/tahun
- Total Biaya Operasional Tahunan: Rp 55.000.000

3. Pendapatan Tahunan

Misalnya:

- Estimasi Produksi Tahunan: 50.000 liter Rice Bran Oil
- Pendapatan Tahunan: 50.000 liter x Rp 125.000/liter = Rp 6.250.000.000

Analisis Investasi

1. Net Present Value (NPV)

Menggunakan discount rate 10% dan periode analisis 5 tahun:

$$NPV = -\text{Biaya Awal} + \sum \left(\frac{\text{Pendapatan Tahunan} - \text{Biaya Operasional Tahunan}}{(1 + \text{Discount Rate})^t} \right)$$

$$NPV = -145.000.000 + \sum \left(\frac{6.250.000.000 - 55.000.000}{(1 + 0.10)^t} \right)$$

$$NPV = -145.000.000 + \frac{6.195.000.000}{1.10} + \frac{6.195.000.000}{(1.10)^2} + \frac{6.195.000.000}{(1.10)^3} + \frac{6.195.000.000}{(1.10)^4} + \frac{6.195.000.000}{(1.10)^5}$$

$$NPV \approx -145.000.000 + 5.631.818.182 + 5.119.834.711 + 4.654.395.192 + 4.230.359.265 + 3.843.053.877$$

$$NPV \approx 23.634.460.227$$

2. Internal Rate of Return (IRR)

Mencari tingkat pengembalian internal yang membuat NPV sama dengan nol:

IRR=50.11%

3. Payback Period

Menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Cash Flow Tahunan}}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{145.000.000}{55.000.000} = 2.64 \text{ tahun}$$

- **NPV:** Rp 23.634.460.227 menunjukkan bahwa investasi ini sangat menguntungkan dengan discount rate 10%.

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



- **IRR:** 50.11% menunjukkan tingkat pengembalian internal yang tinggi.
- **Payback Period:** Sekitar 2.64 tahun menunjukkan bahwa investasi ini dapat dikembalikan dalam waktu relatif singkat

BAB VIII MODEL BISNIS KOLABORASI

PEMANFAATAN DAN NILAI TAMBAH JERAMI DAN SEKAM

8.1. ECO STRAW ME

Straw Me memproduksi sedotan minum biodegradable yang terbuat dari tepung beras dan jagung. Straw memiliki visi untuk meningkatkan kesadaran akan bahaya penggunaan sedotan plastik secara terus-menerus di bumi, dengan beralih ke Eco Straw Me adalah cara hidup yang lebih ramah lingkungan. Sedotan eco straw me dapat dibuat kompos di halaman belakang, jerami tersebut terurai menjadi makanan bagi tanaman



Gambar 21. Produk sedotan Eco Straw Me

Dari hasil diskusi, saat ini kapasitas produksinya masih sangat kecil, sehingga untuk bahan baku masih bisa di peroleh dari tepung beras yang ada di pasaran, belum menggunakan supplier khusus. Sehingga kolaborasi penggilingan padi untuk mensuplai belum bisa dilakukan Namun, kolaborasi lainnya yang bisa dilakukan adalah campaign Bersama terkait dengan gaya hidup ramah lingkungan

8.2. Kolaborasi dengan PT PTEC dalam kajian untuk biomass

PT PTEC Research and Development adalah sebuah perusahaan yang berbasis di Indonesia, yang fokus utamanya adalah pada penelitian dan pengembangan (Riset dan Pengembangan atau R&D). PTEC merupakan anak perusahaan dari TESS (Total Energy Saving & Solution) Engineering. TESS Group tengah melakukan penelitian dan pengembangan tentang penggunaan residu tanaman yang efektif sebagai bahan bakar biomassa sebagai bagian dari upaya dekarbonisasi energi globalnya

Saat ini PT PTEC telah mengembangkan teknologi untuk memproduksi dan menjual bahan bakar untuk pembangkit listrik biomassa menggunakan EFB (Tandan Buah Kosong) dan OPT (Batang Sawit Tua), yang merupakan residu yang tidak terpakai dari industri kelapa sawit, sebagai bahan baku.

Selain dari swait PT PTEC juga mengembangkan biomass dari limbah produk pertanian lainnya, salah satunya adalah mengembangkan teknologi biomass dari sekam padi, Salah satu kendala dari sekam padi adalah unsur silika yang akan mengeras selama proses pembakaran menjad biomass, namun saat ini telah dilakukan pengembangan teknologi untuk melakukan itu semua

Kolaborasi ini akan dimulai dengan penyusunan laporan studi kelayakan namun ada hal yang menjadi pertimbangan utama selain stabilitas bahan baku adalah, limbah pertanian yang akan dikembangkan menjadi biomasa tidak boleh mengganggu suplai untuk produk pangan. Hal yang menjadi pertimbangan terbesar adalah Sebagian sekam sudah menjadi bahan yang digunakan oleh industry peternakan seperti alas untuk menghangatkan ayam atau menjadi sekam giling untuk pakan ternak . Untuk itu, saat ini masih akan dilakukan studi kelayakan terlebih dahulu dari pihak PT PTEC. Adapun usulan Kerjasama sebagai berikut :



Gambar 22. Rencana Bisnis Model Kerjasama dengan PT PTEC

8.3. Kolaborasi dengan BRIN untuk pembuatan BioSINTA

Peneliti BRIN dan telah mengembangkan proses produksi silika dari sekam padi skala semi pilot. Produk silika yang dihasilkan dikenal dengan nama “Biosilika”. Saat ini telah dihasilkan tiga varian produk biosilika yaitu dalam bentuk serbuk, gel dan cair.

Produk biosilika tersebut telah didaftarkan ke Dirjen HKI dengan nama merek “BioSINTA” Teknologi proses yang dikembangkan saat ini telah mampu menghasilkan produk biosilika serbuk dari sekam padi dengan kandungan SiO₂ hingga 99%.



Gambar 23. Produk BioSINTA

Produksi biosilika dari sekam padi dan mengembalikannya sebagai hara tanaman padi merupakan wujud pertanian bioindustri ramah lingkungan yang dapat meningkatkan nilai tambah dan daya saing produksi padi, beras dan hasil samping pengolahannya.

Meskipun produk ini merupakan hasil teknologi dari peneliti BRIN, namun secara pengelolaan komersial BRIN tidak memiliki kewenangan . Peran dan fungsi BRIN hanya mendukung inovasi dan peneliti akan mendapatkan royalty dari teknologi yang dihasilkan. Saat ini produk Biosilika telah terdaftar dalam e-katalog BUMN dan di produksi oleh PT Sang Hyang Sri

PT Sang Hyang Sri sudah memiliki Kerjasama dengan penggilingan padi, sehingga jika PPK tertarik dapat mendafar sebagai vendor, namun saat ini permintaan Bio SINTA masih dalam tahap pra produksi, artinya hanya di buat jika ada permintaan saja, sehingga Kolaborasi yang lebih spesifik belum bisa dilakukan

8.4. Kolaborasi dengan WasteX untuk pembuatan BIOCHAR

WasteX adalah perusahaan yang bergerak di bidang pengelolaan limbah organik dan produksi biochar. Perusahaan ini telah menjadi pionir dalam memanfaatkan limbah organik, seperti limbah pertanian dan limbah perkebunan, untuk diubah menjadi produk bernilai tambah yaitu biochar. Biochar sendiri merupakan arang yang dihasilkan dari proses pirolisis bahan organik pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen.

Visi dan Misi WasteX

Visi WasteX adalah menjadi pemimpin dalam industri pengelolaan limbah organik dan produksi biochar yang berkelanjutan di Indonesia.

Misi perusahaan ini meliputi:

- Mengurangi Limbah Organik: Mengurangi jumlah limbah organik yang berakhir di tempat pembuangan akhir.
- Meningkatkan Kesuburan Tanah: Memproduksi biochar berkualitas tinggi yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian.
- Mendorong Ekonomi Sirkular: Mendorong penerapan ekonomi sirkular dengan mengubah limbah menjadi produk bernilai tambah

Biochar yang diproduksi oleh WasteX memiliki berbagai aplikasi, antara lain:



Pembenah Tanah

Ditambahkan ke tanah untuk meningkatkan pH tanah, kadar air, dan retensi nutrisi; **serta bisa meningkatkan hasil panen 10-20%**



Penyaringan Air

Karbon aktif umumnya digunakan dalam penyaringan air untuk **menghilangkan kotoran karena kapasitas adsorpsinya yang sangat baik**



Suplemen Pakan Ternak

Ditambahkan ke pakan ternak untuk meningkatkan kesehatan hewan, efisiensi pakan dan iklim kandang ternak



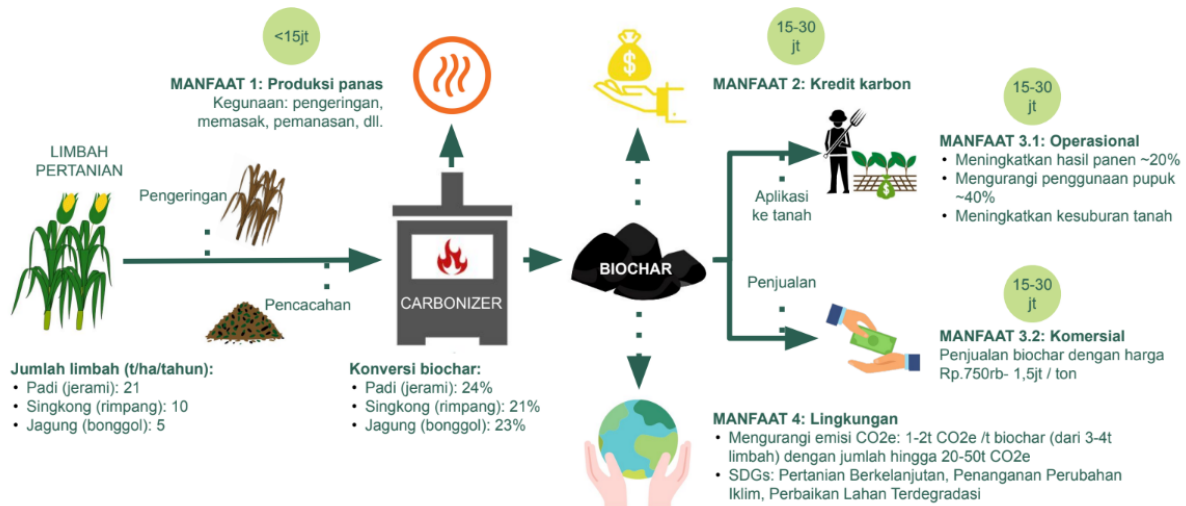
Campuran Semen

Ditambahkan ke semen untuk meningkatkan **kekuatan tekan, isolasi termal, dan waktu pengikatan** saat digunakan dalam beton

Secara umum, biochar menawarkan solusi yang multifungsi dan berkelanjutan untuk berbagai tantangan dalam pertanian dan lingkungan, menjadikannya bahan yang berharga dalam praktik pengelolaan tanah dan mitigasi perubahan iklim yang di gambarkan sebagai berikut :

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



Gambar. 24. Manfaat Biochar bagi pertanian dan Lingkungan

Kolaborasi antara Penggilingan padi kecil dengan WasteX lebih memungkinkan karena memiliki tujuan yang sama, yakni memanfaatkan sekam dan Jerami untuk menjadi produk Biochar .

Adapun Kerjasama yang diajukan sebagai berikut

WasteX	Penggilingan Padi Kecil
• membangun fasilitas produksi biochar skala besar (~2 unit carbonizer) di lokasi mitra, • WasteX akan berinvestasi, membangun, dan mengoperasikan fasilitas tersebut di lokasi mitra • menangani serta bertanggung jawab atas penjualan biochar • Fasilitas tersebut dapat mengolah limbah yang dihasilkan oleh mitra dan memberikan keuntungan kepada mitra melalui skema bagi hasil	• mitra menyediakan lokasi / tempat yang berdekatan dengan fasilitas produksi mitra • memasok bahan baku (limbah) untuk produksi biochar • berpartisipasi dalam skema bagi hasil

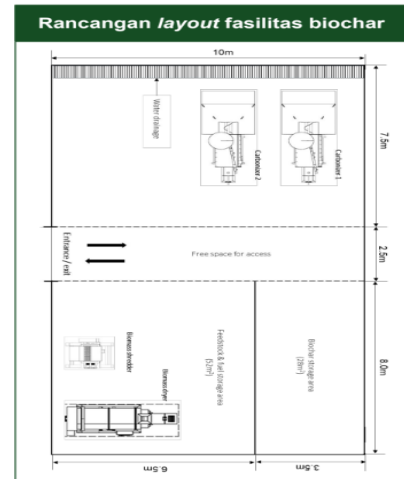
STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



Untuk fasilitas Produksi Biochar yang di perlukan

- unit carbonizer v2.2 dengan tambahan mesin pengering, pencacah, dan mesin pellet (2 unit)
- Total area 180m² (100m² untuk carbonizer, 80m² untuk ruang penyimpanan biochar dan bahan baku)
- Kebutuhan bahan baku sekitar 900-1,200 ton/tahun (3-4 ton/hari)
- Operasional 16 jam/hari selama 300 hari/tahun



Adapun perhitungan pembagian hasil sebagai berikut :

Perhitungan Fiskal Bulanan Fasilitas (USD)	Skenario awal
Harga biochar per ton	150
Pendapatan	48.960
Penjualan Biochar	24.480
Penjualan Kredit Karbon	24.480
Biaya	-27.600
Profit/keuntungan	21.360

Annual net benefits (USD)	WasteX	Penggilingan Padi (PbN's partner)
Modal Awal	23.000	Tempat
Proposal Bagi Hasil	75%	25%
Bagi Hasil	16.020	5.340

BAB IX KESIMPULAN

NO	JENIS PRODUK	ASPEK TEKNOLOGI	ASPEK LINGKUNGAN	ASPEK SOSIAL	ASPEK PASAR	ASPEK INVESTASI	KESIMPULAN
1	Arang Sekam padi	Cukup mudah diaplikasikan, dan tidak membutuhkan teknologi tinggi cukup namun perlu pembakaran yang benar	Dapat memperbaiki lahan pertanian sebagai penggembur tanah, bahan pembuatan kompos, bokashi, takakura, media tanam, dan media persemaian	Bisa menjadi tambahan pendapatan untuk membantu perekonomian Masyarakat sekitar	Harga arang sekam padi mencapai Rp .5000,00-7.000,00/kg dan banyak dibutuhkan banyak industri	Potensi keuntungan dengan periode pengembalian modal sekitar 20 bulan	Layak
2	Briket sekam	Mudah diaplikasikan hanya membutuhkan arang sekam, tepung tapioka, dan mesin pencetak briket	Kalor briket sekam jauh lebih tinggi dibandingkan kalor dari batubara, maka potensi dijadikan bahan bakar alternatif lebih besar.	Lebih meningkatkan pendapatan masyarakat karena harga jual lebih tinggi dibandingkan arang sekam	Harga briket sekat Rp 15.000/kg. Satu mesin pencetak menghasilkan 120kg atau 3000kg/hari. Maka perbulan dapat menghasilkan Rp 45.000.000/bulan	Dengan modal awal Rp 40.000.000, prediksi laba bersih mencapai Rp 56.000.000 dan laba bersih pertahun Rp 672.000.000	Layak
3	Briket jerami	Desinfeksi dalam pembuatan briket jerami menghasilkan dua produk yakni pelet dan briket. Keduanya bisa digunakan sebagai bahan bakar	Efisiensi kerja alat rendah karena jerami memiliki karakteristik bahan bakar yang buruk (kadar abu tinggi, kandungan elemen-elemen tertentu yg juga sangat tinggi)	Proses pengangkutan jerami biasanya cukup membahayakan pengguna jalan karena biasanya diangkut dengan kondisi yang terurai, ataupun diikat namun	Pemanfaatan jerami padi untuk energi memiliki biaya yang tinggi untuk logistik pengumpulan, pengangkutan, penanganan dan penyimpanan	Dengan modal awal Rp 40.000.000, prediksi laba bersih mencapai Rp 56.000.000 dan laba bersih pertahun Rp 672.000.000	Tidak layak

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



NO	JENIS PRODUK	ASPEK TEKNOLOGI	ASPEK LINGKUNGAN	ASPEK SOSIAL	ASPEK PASAR	ASPEK INVESTASI	KESIMPULAN
				ditumpuk sangat tinggi.			
4	Etanol Jerami	Teknologi pretreatment merupakan tahapan yang paling mahal, dan belum ada tanda2 pemanfaatan teknologi ini dalam waktu dekat.	Merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan	Belum ada pengembangan dalam skala besar sehingga belum ada dampak	Belum tersedia di pasar	pengembangan hanya sebatas penelitian	Tidak layak
5	Biogas Jerami	Cukup mudah hanya melibatkan proses fermentasi anaerobik untuk mengubah biomassa menjadi gas metana	Membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara. Residu padat dari biogas bisa digunakan menjadi pupuk organik	Mengurangi ketergantungan masyarakat dari bahan bakar fosil ataupun kayu bakar. Serta menyediakan sumber energi yg berkelanjutan bagi masyarakat	Secara umum dari sisi pasar, penerimaan masyarakat terhadap biogas Jerami masih rendah sehingga perlu edukasi lebih lanjut dari stakeholder kepada masyarakat	Secara umum dari perhitungan analisis investasi, biogas jarami memberikan keuntungan yang cukup baik.	Layak
5	Biosilika cair	Biosilika dapat dihasilkan dari beberapa jenis proses, namun proses pelindian asam sekam padi memiliki luas permukaan spesifik an 10x lipat lebih	Mempertahankan ketersediaan silika dalam ekosistem padi. Pemberian biosila pada tanaman sorgum meningkatkan produksi hingga 78%.	Meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan (kesehatan tulang, kesehatan kulit, dan fungsi kognitif). Serta mampu	Harga biosilika cair 12-17 USD/liter. Dan harga biosilika bubuk 1-6 USD/kg (bergantung pada kualitas silikanya). Di indonesi belum optimal dalam pemanfaatan ini	Potensi keuntungan dengan periode pengembalian modal sekitar 11 bulan	Layak

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



NO	JENIS PRODUK	ASPEK TEKNOLOGI	ASPEK LINGKUNGAN	ASPEK SOSIAL	ASPEK PASAR	ASPEK INVESTASI	KESIMPULAN
		tinggi dibandingkan tanpa perlindian. Namun membutuhkan biaya cukup tinggi dan penggunaan air yang sangat banyak.		meningkatkan hasil panen dan kualitas makanan			
6	Pupuk cair	Cukup mudah. Proses utama dalam pembuatannya ialah fermentasi anaerobik sekam	Mengurangi limbah pertanian (karna sekam padi dimanfaatkan), memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas pertanian tanpa menggunakan pupuk kimia sintetis.	Lebih memberdayakan para petani dan memberikan kemampuan untuk membuat pupuk sendiri. Berkurangnya kontaminasi dengan bahan kimia, sehingga kesejahteraan masyarakat bisa meningkat	Harga jual pupuk cair Rp 20.000/liter	Potensi keuntungan dengan periode pengembalian modal sekitar kurang lebih 6 bulan	Layak
7	Biodegradable	Cukup rumit dan perlu ketelitian karena ada beberapa proses pencampuran dengan bahan kimia menggunakan perbandingan tertentu	Mengurangi pencemaran sampah (tanah, air, dan udara), melestarikan ekosistem, meningkatkan kesuburan tanah, mempercepat pemulihan ekosistem yang rusak,	Meningkatkan kesadaran lingkungan, kualitas hidup, kesadaran sosial, dan menambah lapangan kerja baru	Permintaan pasar untuk produk biodegradable masih tergolong baru dan belum mencapai skala ekonomi yang optimal. Hal ini menyebabkan harga jual produk	Potensi keuntungan dengan periode pengembalian modal sekitar kurang lebih 2,4 Tahun	Tidak layak

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



NO	JENIS PRODUK	ASPEK TEKNOLOGI	ASPEK LINGKUNGAN	ASPEK SOSIAL	ASPEK PASAR	ASPEK INVESTASI	KESIMPULAN
					biodegradable masih relatif tinggi.		
8	Sekam giling	Mudah dan cukup murah	Mengurangi pencemaran lingkungan, meningkatkan kesuburan tanah, dan pelestarian sumber daya alam	Peningkatan ekonomi masyarakat, pengembangan umkm, peningkatan ketahanan pangan, pelestarian lingkungan, dan pemberdayaan masyarakat.	• sekam giling kasar: Rp 500 - Rp 1.000 per kilogram • sekam giling halus: Rp 1.000 - Rp 2.000 per kilogram • sekam giling organik: Rp 2.000 - Rp 3.000 per kilogram Dengan peluang usaha ialah pakan ternak, pupuk organik, media tanam, dan bahan baku industri	Potensi keuntungan dengan periode pengembalian modal sekitar kurang lebih 6 bulan	Layak
9	Tepung bekatul	Cukup mudah. Terdapat 3 jenis teknologi yang umum digunakan yaitu teknologi pengeringan, penepisan, dan modifikasi	Mengurangi limbah pertanian, mengurangi pemanasan global, daur ulang nutrient, menghemat energi, pengurangan penggunaan pestisida dan pupuk	Peningkatan kesejahteraan petani, pemberdayaan masyarakat lokal, pengembangan kewirausahaan, promosi pangan sehat dan bergizi, pelestarian	Memiliki potensi besar yang besar seiring meningkatnya kesadaran hidup sehat dan bergizi. Tepung bekatul murni: Rp 10.000 - Rp 20.000 per kg Tepung bekatul premix: Rp 15.000 - Rp 30.000 per kg Produk olahan tepung bekatul: Rp	Potensi keuntungan dengan periode pengembalian modal sekitar kurang lebih 2,67 tahun	Layak

STUDI KELAYAKAN

Pemanfaatan Jerami dan Sekam Padi



NO	JENIS PRODUK	ASPEK TEKNOLOGI	ASPEK LINGKUNGAN	ASPEK SOSIAL	ASPEK PASAR	ASPEK INVESTASI	KESIMPULAN
				budaya pangan lokal	20.000 - Rp 50.000 per produk		
10	Rice bran oil	Cukup mudah dengan adanya inovasi teknologi baru yang meningkatkan proses pemurnian lebih efisien	Penggunaan bahan baku sampingan, reduksi limbah, efisiensi energi, biodiversitas, pengurangan pencemaran, peningkatan kualitas tanah	Pemberdayaan petani, penciptaan lapangan kerja, peningkatan infrastruktur, pengembangan ekonomi lokal, pemberdayaan perempuan, dan peningkatan kualitas hidup	Permintaan global diperkirakan akan terus meningkat seiring meningkatnya kesadaran akan manfaat dan keberlanjutan lingkungan. Harga pasar di Indonesia Rp 125.000/liter	Potensi keuntungan dengan periode pengembalian modal sekitar kurang lebih 2,67 tahun	Layak

DAFTAR PUSTAKA

- A.M Fuadi 1, Faiz Ataka2 , 2020, Pembuatan Kertas dari Limbah Jerami dan Sekam Padi dengan Metode Organosolv , ISSN 1412-9612 , Simposium Nasional RAPI XIX Tahun 2020 FT UMS
- Abdulah Fathul Alim dkk.,2002. Produksi dan Pemanfaatan Hijauan pada Buku Petunjuk Teknologi Sapi Perah Di Indonesia, soni sugema, Bandung
- Adha, Idharmahadi. (2011). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilisasi Tanah Semen. Jurnal Rekayasa, 15(1), 33-40.
- Alfonsius Jehandut [https Ini Dia Cara Gampang Membedakan Dedak Dengan Sekam Giling Jurnal ://www.jurnalflores.co.id/megapolitan/77611003288/ini-dia-cara-gampang-membedakan-dedak-dengan-sekam-giling](https://www.jurnalflores.co.id/megapolitan/77611003288/ini-dia-cara-gampang-membedakan-dedak-dengan-sekam-giling)
- Ali, Ghaffar, Bashir, Muhammad Khalid, Ali, Hassan, & Bashir, Muhammad Hamid. (2016). Utilization of rice husk and poultry wastes for renewable energy potential in Pakistan: An economic perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 61, 25-29.
- Antonius. 2009. Potensi Jerami Padi Hasil Fermentasi Probian Sebagai Bahan Pakan Dalam Ransum Sapi Simmental. Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner. Loka Penelitian Kambing Potong, Po Box 1 Sei Putih, Galang 20585, Sumatera Utara.
- Aoki, H., Kuzuya, M., Tada, N., Matsushita, T., Horie, K., & Yamauchi, K. (2007). Analysis of components of the rice bran fraction: mechanisms of action in cerebrovascular disease and other chronic diseases. Journal of Nutritional Biochemistry, 18(2), 105-111.
- Arief, S., Astuti, D. R., & Wahyuni, S. T. (2020). Rice Analog from Rice Husk Using Extrusion Process. Agris, Jurnal Agroteknologi, 21(2), 156-162.
- Astuti, D. S., Nuraini, W. I., & Damiana, D. (2018). Pengaruh Penambahan Sekam Giling Terhadap Kinerja Pertumbuhan dan Konversi Pakan Broiler. Jurnal Agroteknologi, 17(2), 112-119.
- Bhakti CP, Ghafur AL, Setiawan RA, Widodo A. 2019. Pelatihan dan Pemanfaatan Sekam Padi Menjadi Briket Bioarang di Desa Kemranggon, Kecamatan Susukan Kabupaten Banjarnegara. Jurnal Pemberdayaan: Publikasi Hasil Pengabdian kepada Masyarakat. 3(1): 117-122.
- Ding, Lili, Zou, Bo, Shen, Liang, Zhao, Chun, Wang, Zichen, Guo, Yupeng, . . . Liu, Yanhua. (2014). A simple route for consecutive production of activated carbon and liquid compound fertilizer from rice husk. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 446, 90-96.
- Fasya AZ. 2017. Pemanfaatan Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben Guna Mengurangi Limbah Cr. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Departemen Teknik Kimia Industri.

- Handayani PA, Nurjanah E, Rengga WDP. 2015. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 4(2):55-59.
- Hermawan, Agus. (2003). Pengaruh Pemberian Kompos Isi Rumen-Abu Sekam Padi dan Pupuk NPK terhadap Beberapa Karakteristik Kimia Tanah Ultisols dan Keragaan Tanaman Kedelai. *Jurnal Tanah Tropika*, 8(15), 7-13.
- Hutapea, J. M., Manurung, P., & Lubis, A. M. (2017). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Sekam Padi dan Kompos Kelinci Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica rapa L.*). *Agrosains*, 18(2), 145-152.
- Indarti, S., Riyanto, & Suwarno. (2016). Pemanfaatan Sekam Padi Giling Sebagai Bahan Baku Briket Arang. *Jurnal Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian*, 5(1), 1-7.
- Indriani, N., Santoso, B., & Susanto, A. (2021). Pemanfaatan Bekatul dalam Formulasi Produk Pangan untuk Meningkatkan Kandungan Serat dan Senyawa Bioaktif. *Jurnal Teknologi Pangan*, 9(1), 45-54.
- Ismunadji M. 1988. "Padi" Buku I Edisi I. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Mustofa, I., Nuraini, D. S., & Halim, R. (2019). Potensi Sekam Padi Sebagai Sumber Karbohidrat Alternatif. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 11(1), 1-21.
- Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M. I., (2017), "Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik" *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, Vol. 3(3) pp.83.
- Primantara, I Putu Angga Sukma, Winaya, I Nyoman Suprpta, & Widiyarta, I Made. (2017). Fluidized Bed Gasification berbahan bakar Biomassa dan Batubara Dengan Variasi Komposisi Bahan Bakar. *LOGIC*, 14(3), 177.
- Purwaningsih, Dyah. (2009). Adsorpsi Multi Logam Ag (I), Pb (II), Cr (III), Cu (II) dan Ni (II) Pada Hibrida Etilendiamino-Silika Dari Abu Sekam Padi. *Jurnal Penelitian Saintek*, 14(1).
- Putra, A. (2020). "Pengaruh Pupuk Cair Sekam Terhadap Produktivitas Tanaman Padi." *Jurnal Agrikultur Indonesia*, 12(3), 45-55.
- Putra, Dharma. (2006). Penambahan abu sekam pada beton dalam mengantisipasi kerusakan akibat magnesium sulfat pada air laut. *Jurnal ilmiah teknik sipil*, 10(2).
- Rahmanian, N., Jafari, S. M., Wani, T. A., & Bioactive Components of Rice Bran and Its Application in Food Industry: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(5), 1005-1019.
- Repositori Publikasi Kementerian Pertanian. 2015. Panduan Teknis Cara Membuat Arang Sekam Padi. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat.
- Sari, R. A., Lubis, A. M., & Hutapea, J. M. (2019). Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica rapa L.*) Pada Media Tanam Hidroponik Sekam Padi Giling dan Cocofiber. *Jurnal Agroteknologi*, 18(3), 204-211.

-
- Setiawan, Dedi Budi. (2016). Pemanfaatan Beton Ringan dari Agregat Pumice dengan Penambahan Abu Sekam Padi sebagai Pengganti Beton Biasa untuk Struktur Bangunan. *WAHANA TEKNIK SIPIL*, 17(2).
- Setyowati, D. P., Cahyono, B. I., & Erlina, D. (2018). Quality Characteristics of Bread Substituted with Rice Husk Flour. *International Journal of Food Engineering*, 15(1), 1-10.
- Utomo, B., Sari, P., & Pramono, Y. (2020). Potensi Bekatul dari Penggilingan Sekam Padi sebagai Bahan Pangan Fungsional. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 18(2), 67-76.
- Worasuwannarak N, Sonobe T, Tanthapanichakoon W. 2007. Pyrolysis behaviors of rice straw, rice husk, and corncob by TG-MS technique. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 78(2): 265-271.
- Yahya H. 2017. Kajian Beberapa Manfaat Sekam Padi di Bidang Teknologi Lingkungan: Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Pertanian Bagi Masyarakat Aceh di Masa Akan Datang. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*.