

**Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si.** lahir pada tanggal 25 Agustus 1959 di kota Padangpanjang Sumatera Barat. Tahun 1982 menyelesaikan pendidikan tinggi teknik dan manajemen industri, tahun 1983 menjadi Pegawai Negeri Sipil pada Kementerian Pertahanan yang ditugaskan sebagai Dosen Tetap di UPN "Veteran" Jakarta (sejak tahun 2015 menjadi Dosen PNS di Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi). Pada tahun 1998 menyelesaikan pendidikan pascasarjana pada Program Magister Sains Ilmu Lingkungan di Universitas Indonesia, dan pada tahun 2008 menyelesaikan pendidikan Doktor bidang Ilmu Lingkungan di Universitas Indonesia. Disamping sebagai dosen tetap pada Fakultas Teknik UPNVJ, sampai saat ini Penulis aktif sebagai tenaga pengajar pada Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia (SIL-UI), dan sebagai tenaga ahli peneliti bidang Ekologi Industri pada SIL-UI.



**Drs. Lomo Mula Tua, MM.** lahir pada tanggal 8 Juni 1958 di kota Kenali Asam Jambi. Tahun 1984 menyelesaikan pendidikan tinggi FMIPA USU bidang Matematika, tahun 1985 menjadi Pegawai Negeri Sipil pada Kementerian Pertahanan yang ditugaskan sebagai Dosen Tetap di UPN "Veteran" Jakarta (sejak tahun 2015 menjadi Dosen PNS di Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi). Pada tahun 1988 menyelesaikan pendidikan pascasarjana S2 bidang Pemasaran di UNKRIS. Pada tahun 2012 ditunjuk oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan sebagai Dosen Asesor untuk Beban Kinerja Dosen bidang Sistem Informatika.



**Dra. Sargi Br. Ginting, MM.** lahir pada tanggal 31 Januari 1960 di Desa Sugihen, Kab. Karo, Sumatera Utara. Tahun 1987 menyelesaikan pendidikan tinggi Ekonomi Universitas Dharma Agung Medan bidang Manajemen Perusahaan, tahun 1989 menjadi Pegawai Negeri Sipil pada Kementerian Pertahanan yang ditugaskan sebagai Dosen Tetap di UPN "Veteran" Jakarta (sejak tahun 2015 menjadi Dosen PNS di Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi). Pada tahun 2005 menyelesaikan pendidikan pascasarjana S2 bidang Manajemen SDM di Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Jagakarsa.



**Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta**

Jl. R.S. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan 12450  
Telp./Fax. 021-7656971 Ext. 234  
e-mail: [lppm@upnvj.ac.id](mailto:lppm@upnvj.ac.id)

Rancang Bangun Model Material Limbah Sekam Sebagai Pengganti Bahan Styrofoam  
Reda Rizal, Lomo Mula Tua, Sargi Br. Ginting

## Rancang Bangun Model Material Limbah Sekam Sebagai Pengganti Bahan Styrofoam

**Penulis:**

**Reda Rizal, Lomo Mula Tua, Sargi Br. Ginting**



ISBN 978-623-91415-1-6



**Tahun 2019**

**Reda Rizal, Lomo Mula Tua, Sargi Br. Ginting**

RANCANG BANGUN MODEL MATERIAL LIMBAH  
SEKAM SEBAGAI PENGGANTI BAHAN STYROFOAM /  
Reda Rizal, Lomo Mula Tua, Sargi Br. Ginting.  
--Jakarta: Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada  
Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”  
Jakarta (LPPM UPNVJ), 2019.  
vi, 104 hlm: 21 cm x 14,8 cm

Bibliografi hlm. 105  
ISBN **978-623-91415-1-6**

1. RANCANG BANGUN MODEL MATERIAL LIMBAH  
SEKAM SEBAGAI PENGGANTI BAHAN  
STYROFOAM I. Judul

© Hak pengarang dan penerbit dilindungi Undang-Undang  
Tahun 2019

ISBN 978-623-91415-1-6



Dicetak oleh: Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta  
Jl. R.S. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan 12450  
Telp./Fax. 021-7656971 Ext. 234  
e-mail: [lppm@upnvj.ac.id](mailto:lppm@upnvj.ac.id)

## PRAKATA

Buku ini ditulis berdasarkan hasil penelitian unggulan perguruan tinggi dengan skema penelitian RINOV sebagaimana Keputusan Rektor UPNVJ Nomor 494/UN61/2019. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya permasalahan yang ditimbulkan oleh kegiatan industry manufaktur yang menggunakan material yang berpotensi mencemari lingkungan. Diperlukan inovasi pemanfaatan material dari sumber daya alam yang ramah lingkungan. Substitusi material Styrofoam dengan sampah Sekam yang digunakan oleh industry manufaktur dijadikan kata kunci dalam upaya meminimumkan dampak negative pencemaran lingkungan oleh kegiatan industry-manufaktur. Sering kita ditemukan material ganjalan barang-barang elektronik dalam kemasannya menggunakan material jenis sintesis yaitu *styrofoam*. Masyarakat global telah menolak membeli semua produk yang masih mengandung material *styrofoam*, meskipun kehadiran material sintesis *styrofoam* hanya berfungsi sebagai ganjalan barang dalam kemasan produk. Penelitian ini bertujuan jangka panjang untuk menciptakan dan mewujudkan system operasional manufaktur berkelanjutan, yang memanfaatkan sumber daya alam terbarukan dan menghasilkan produk barang yang ramah lingkungan. Tujuan jangka menengah adalah untuk mengarahkan pebisnis manufaktur untuk ikut bertanggungjawab atas produk yang diproduksinya. Tujuan jangka pendek penelitian ini adalah untuk merancang model substitusi material sekam dalam rangka pengembangan manufaktur berkelanjutan. Target khusus yang hendak dicapai dalam kegiatan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan sampah Sekam sebagai bahan baku pembantu manufaktur untuk memproduksi barang yang ramah lingkungan. Metode yang akan digunakan dalam upaya pencapaian tujuan penelitian ini menggunakan metode uji dan coba (*trial and error*). Uji coba pembuatan rancang bangun model substitusi material baru terbarukan untuk pengembangan manufaktur berkelanjutan **telah berhasil** dilaksanakan dengan tingkat ketercapaian kinerja penelitian sebesar 85%. Material Sekam mudah terurai oleh mikro organisme dalam tanah dan tidak mengganggu lingkungan pada saat menjadi sampah, sedangkan material Styrofoam tidak bisa terurai dalam tanah sehingga mengganggu lingkungan.

Kota Tangerang Selatan, Nonember 2019

Penulis

Reda Rizal, Lomo Mula Tua, Sargi Br. Ginting

 **Daftar Isi**

---

PRAKATA	i	
DAFTAR ISI	ii	
DAFTAR TABEL	iii	
DAFTAR GAMBAR	iv	
BAB 1	PENDAHULUAN	1
	Latar Belakang	1
	Masalah Lingkungan	4
	Tujuan Penelitian	4
	Urgensi Penelitian	5
	Inovasi Hasil Penelitian	6
BAB 2	TINJAUAN PUSTAKA	8
	Pembangunan Berkelanjutan	8
	Sekam Sebagai Limbah Industri Pertanian	13
	Styrofoam, Manfaat dan Mudhorat	40
BAB 3	TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	62
	Tujuan Penelitian	62
	Manfaat Penelitian	63
BAB 4	METODE PENELITIAN	64
	Metode <i>Survey</i>	65
	Metode Uji Coba	65
	Rancangan Percobaan Penelitian	69
BAB 5	HASIL DAN PEMBAHASAN	72
	Material Terbarukan	72
	Sistem Manufaktur	73
	Substitusi Material Input Manufaktur	78
	Dampak Sampah Plastik Styrofoam	80
	Rancang Bangun Model Material Sekam	82
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	98
	DAFTAR PUSTAKA	100

 **Daftar Tabel**

---

Tabel 4.1.	Matriks Rancangan Percobaan Model Material Sekam	69
Tabel 5.1.	Dokumentasi Hasil dan Proses-proses Penelitian dan Percobaan	81
Tabel 5.2.	Pelibatan Mahasiswa Dalam Kegiatan Penelitian	93

## Daftar Gambar

---

Gambar 2.1.	Tiga Pilar Pembangunan Berkelanjutan	9
Gambar 4.1.	Metode dan Mekanisme Riset	66
Gambar 4.2.	Peta Jalam Riset	68
Gambar 5.1.	Limbah Sekam (kiri) sebagai Material Substitusi Styrofoam (kanan)	71
Gambar 5.2.	Model Material Sekam dan Styrofoam	71
Gambar 5.3.	Sistem Entropy Manufaktur	74
Gambar 5.4.	Kegiatan Industri Manufaktur Menggunakan Material Styrofoam/Styrene	75
Gambar 5.5.	Kegiatan Industri Manufaktur Menggunakan Material Styrofoam/Styrene	76
Gambar 5.6.	Produsen Styrofoam/Styrene	76
Gambar 5.7.	Produsen Styrofoam/Styrene	77
Gambar 5.8.	Industri Manufaktur Pengguna <i>Styrene/Styrofoam</i>	77
Gambar 5.9.	Sampah <i>Styrofoam</i> pada Tempat Pembuangan Sementara	80
Gambar 5.10.	Tumpukan Sampah <i>Styrofoam</i> di Pintu Air Sungai	81
Gambar 5.11.	Tumpukan Sampah <i>Styrofoam</i> di Sungai	81
Gambar 5.12.	Tumpukan Sampah <i>Styrofoam</i> di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Bantar Gebang Bekasi	81
Gambar 5.13.	Tahapan Proses Penelitian dan Percobaan Metode Trial and Error	82
Gambar 5.14.	Hasil Penelitian Rancang Bangun Model Material Limbah Sekam Sebagai Substitusi Plastik Styrofoam	96
Gambar 5.15.	Perbandingan Model Kegiatan Industri Manufaktur Konvensional dan Berkelanjutan	97

## **BAB 1. PENDAHULUAN**



### **Latar belakang**

---

Sering ditemukan material ganjalan barang-barang elektronik dalam kemasannya (*packaging*) menggunakan material sintetis *styrofoam*. Sifat fisik-kimia-biologi material sintetis *styrofoam* ini tidak mudah didegradasi (*nondegradable*) oleh mikro-organisme tanah, sehingga pada saat material tersebut dibuang menjadi sampah, maka akan berimplikasi gangguan kehidupan lingkungan tanah, air, udara dan kesehatan lingkungan. Masyarakat global telah menolak membeli semua produk yang masih mengandung material *styrofoam*, meskipun kehadiran material sintetis *styrofoam* hanya berfungsi sebagai ganjalan barang dalam kemasan produk. Mengapa masyarakat global menolak kehadiran produk yang mengandung material sintetis *Styrofoam*; karena mereka sadar bahwa material *styrofoam* dapat merusak lingkungan kehidupan mereka dan material yang diproduksi dari produk minyak bumi bersifat tak terbarukan (*non renewable resources*) serta material ini tidak ramah lingkungan (*not environmentally friendly*). Polystyrene berfungsi untuk meningkatkan waktu penyimpanan, mempertahankan mutu dan suhu barang yang dibungkus, sehingga material ini banyak digunakan untuk pembungkus makanan (Amirshaghghi, Emam Djomeh, & Oromiehie, 2011). Penelitian ini bertujuan jangka panjang untuk mewujudkan system operasional manufaktur berkelanjutan, yang memanfaatkan sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) dan menghasilkan produk barang

yang dapat diterima oleh seluruh konsumen dunia serta produk pascapakai tidak mencemari lingkungan. Tujuan jangka menengah adalah untuk mengarahkan pebisnis untuk ikut bertanggungjawab atas produk yang diproduksinya, dan bertanggungjawab terhadap sumber daya alam yang dimanfaatkannya sebagai bahan input kegiatannya. Tujuan jangka pendek penelitian ini adalah untuk merancang model substitusi material baru terbarukan dalam rangka pengembangan manufaktur berkelanjutan. Target penelitian adalah untuk memanfaatkan sumber daya alam terbarukan dalam setiap bahan baku yang akan digunakan manufaktur untuk memproduksi barang yang ramah lingkungan dan tidak merusak tatanan ketersediaan bahan baku dari sumber daya alam. Introduksi mengenai aspek keberlanjutan ke dalam produk dan pengembangan proses, mengenai lingkungan, ekonomi, dan masyarakat, telah memaksa perusahaan manufaktur untuk bergerak langsung menuju produksi produk-produk berkelanjutan yang tahan lama (Molamohamadi & Ismail, 2013). Manufaktur yang berkelanjutan telah mendapat perhatian besar dalam beberapa tahun terakhir sebagai solusi efektif untuk mendukung pertumbuhan dan perluasan manufaktur yang berkelanjutan (Yuan, Zhai, & Dornfeld, 2012). Metode ini mencoba untuk mengatasi masalah keberlanjutan manufaktur dari sudut pandang pencegahan polusi, mempertimbangkan tiga komponen utama manufaktur: teknologi, energi, dan material. Material plastik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Mereka mengandung berbagai senyawa dengan massa molekul rendah, termasuk residu polimerisasi monomer dan oligomer, residu bahan kimia terkait pelarut, dan berbagai aditif (**Castro, 2014**). Produk plastik yang terbuat dari Polystyrene saat ini digunakan sebagai wadah

makanan. Terdapat 30 senyawa yang berbeda dalam produk berbasis Polystyrene yang diperiksa; yang paling sering ditemukan adalah benzaldehyde, styrene, ethylbenzene dan tetradecane. Pelepasan molekul-molekul ini bergantung pada suhu. Oleh karena itu disarankan untuk mengatur penggunaan produk styrofoam yang dapat mengalami pemanasan untuk melindungi kesehatan manusia dengan mengurangi paparan bahan kimia ini. Produk berbasis Polystyrene yang tersedia di Kolombia melepaskan beberapa bahan kimia saat dipanaskan; beberapa yang paling sering diamati adalah benzaldehyde, pentadecane, tetradecane, ethylbenzene, cumene, isocumene, acetophenone, 1,3-diphenylpropane, dan styrene. **Osemeahon (2013)**, dalam keinginan berkelanjutan ditemukan metode daur ulang limbah yang sesuai, limbah polistiren diperluas diubah menjadi pengikat cat menggunakan pelarut yang berbeda (seperti bensin, toluena, xylene, CCl<sub>4</sub> dan kloroform). Pengikat yang dikembangkan dengan bensin yang menunjukkan perpanjangan persentase yang cukup pada waktu istirahat dan memproyeksikan limbah polistiren sebagai pengikat potensial untuk formulasi cat emulsi.



## **Masalah Lingkungan**

---

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya persoalan/masalah sampah *Styrofoam* yang mengganggu lingkungan, karena material *styrofoam* tidak terdegradasi oleh mikroorganisme dalam tanah. Banyaknya industry manufaktur yang menggunakan material *styrofoam* yang tergolong pada material bahan berbahaya dan beracun (B<sub>3</sub>) sebagai bahan baku produksi yang nantinya setelah produk tersebut sampai pada konsumen dapat mengganggu kesehatan lingkungan. Fakta tentang adanya persoalan/masalah sampah plastik *Styrofoam* yang mengganggu lingkungan, karena material plastik *styrofoam* tidak mampu diurai oleh mikroorganisme dalam tanah. Banyaknya industry manufaktur menggunakan material *styrofoam* yang tercatat sebagai B<sub>3</sub>. Umumnya *styrofoam* dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi yang nantinya setelah menjadi produk sampai pada konsumen dan menjadi sampah dapat mengganggu kesehatan lingkungan.



## **Tujuan Penelitian**

---

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan/memperoleh inovasi teknologi dan material ramah lingkungan untuk digunakan sebagai bahan baku pembantu produksi pada industry manufaktur.
2. Tujuan jangka panjang untuk menciptakan dan mewujudkan system operasional manufaktur berkelanjutan (*sustainability*), dengan

- memanfaatkan sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) dan menghasilkan produk barang yang dapat diterima oleh seluruh konsumen dunia (*economy*) serta produk pascapakai tidak mencemari lingkungan, dampak penurunan derajat kesehatan masyarakat dapat diminimumkan (*social*).
3. Tujuan jangka menengah adalah untuk mengarahkan pebisnis manufaktur untuk ikut bertanggungjawab atas produk yang diproduksinya, dan bertanggungjawab terhadap sumber daya alam yang dimanfaatkannya sebagai bahan baku produksi (*environmental stewardship*).
  4. Tujuan jangka pendek riset ini adalah untuk merancang dan membangun model material limbah sekam (*rice husk*) sebagai pengganti bahan *Styrofoam* yang biasa digunakan manufaktur



## **Urgensi Penelitian**

---

Urgensi penelitian ini adalah untuk memenuhi keinginan masyarakat global terhadap produk industry manufaktur yang ramah lingkungan, dengan karakteristik:

1. Penelitian ini sebagai Riset Unggulan Inovasi (RINOV) Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta (UPNVJ) dalam melaksanakan Visi Bela Negara pada Pengembangan Manufaktur Berkelanjutan / Industri-Manufaktur Ramah Lingkungan.

2. Penelitian ini dimaksud untuk memanfaatkan sumber daya alam (SDA) Nasional terbarukan (*renewable resources uses*) dalam setiap bahan baku yang akan digunakan oleh kegiatan industri/ manufaktur untuk memproduksi barang yang ramah lingkungan dan tidak merusak tatanan lingkungan hidup (LH) dan ketersediaan bahan baku dari SDA & LH.
3. Substitusi Material Terbarukan untuk Pengembangan Manufaktur Berkelanjutan (*sustainable manufacturing*) yang mendukung harapan dunia terhadap implementasi SDGs.



---

## **Inovasi Hasil Penelitian**

---

Rencana target capaian penelitian ini adalah untuk menemukan inovasi material substitusi berupa material terbarukan yang dapat dipergunakan oleh industry manufaktur, dengan jenis luaran penelitian (*research output-product*) berupa:

- 1) Artikel publikasi ilmiah pada Jurnal Internasional;
- 2) Hak Kekayaan Intelektual (HKI);
- 3) Produk Model Material Limbah Sekam Sebagai Pengganti Plastik Styrofoam, dan
- 4) Produk Buku Ajar memiliki ISBN.

### ***The State of the Art***

Inovasi material substitusi untuk mengganti material plastic *styrofoam* dengan material sampah sekam (*husk*) menghasilkan manfaat ganda

yaitu; i) menghemat penggunaan sumber daya alam tak terbarukan (penghentian penggunaan plastic *styrofoam* yang berasal dari minyak bumi), dan ii) perlindungan lingkungan hidup karena industry manufaktur tidak lagi menggunakan plastik *styrofoam*. Persyaratan Substitusi Material Baru Terbarukan (*Renewable Material*) yang dipersyaratkan (*design requirement and objectives*) adalah: i) penggunaan material Sekam Padi (*husk*); ii) material yang mampu meniadakan dampak negative perusakan lingkungan; dan iii) material dapat diaplikasikan/dioperasionalkan sebagai bahan baku pembantu industri manufaktur.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**



### **Pembangunan Berkelanjutan**

---

Proses-proses pembangunan berkelanjutan secara fisik dapat dilakukan dengan baik, Smith dan Ball (2012) mensyaratkan 3 (tiga) hal yang harus dilakukan yaitu; i) tingkat ekstraksi sumber daya alam tidak melebihi tingkat kemampuan regenerasi oleh alam, ii) emisi yang dihasilkan tidak melebihi kemampuan alam untuk menyerapnya secara alamiah, dan iii) kapasitas regenerasi sumber daya alam dan penyerapan faktor emisi harus dianggap sebagai modal alam. Apabila gagal memelihara ketiga hal tersebut di atas, maka pembangunan tersebut adalah tidak berkelanjutan. Smith dan Ball (2012) dalam tulisannya menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan harus didasarkan pada prinsip pemenuhan kebutuhan generasi sekarang dengan mengkompromikan kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhannya.



**Gambar 2.1.** Tiga Pilar Pembangunan Berkelanjutan

Tiga pilar yang harus ditegakkan dalam pembangunan berkelanjutan terdiri atas pembangunan bidang lingkungan kehidupan, bidang social dan bidang ekonomi yang harus dilaksanakan secara berkeselamatan dan berkelanjutan. Apabila kita melakukan pembangunan apapun bentuk kegiatannya, maka secara simultan harus dapat mengangkat kesejahteraan social kemasyarakatan, berkeadilan dan berkepatutan, mendorong produktivitas ekonomi masyarakat dan bangsa secara berkelanjutan, bertanggungjawab penuh atas keselamatan dan kesehatan lingkungan serta melindungi

keterpulihan sumber daya alam yang dimanfaatkan oleh setiap bentuk kegiatan pembangunan.

Azas yang diberlakukan dalam konteks pembangunan berkelanjutan adalah perlindungan terhadap lingkungan hidup dan sumber daya alam baik secara local, regional maupun secara global, berfikirlah secara global dan bertindaklah dengan kearifan lokal (*think globally and act locally/ecological wisdom*), memberikan insentif dan atau subsidi kepada pihak yang pro-lingkungan dan pajak terhadap pihak yang memanfaatkan sumber daya alam dan lingkungan, bersikap sebagai pramugara lingkungan (*environmental stewardship*), tanggungjawab perusahaan terhadap komunitas social lingkungan (*corporate social responsibility*), menegakkan etika berbisnis, perdagangan yang elok (*fair trade*) dan perlindungan tenaga kerja serta konsumen.

Alasan mengapa pembangunan berkelanjutan harus dilakukan oleh semua Negara dan bangsa manusia di seluruh dunia adalah; karena selama puluhan tahun kegiatan pembangunan perekonomian di berbagai Negara telah mendatangkan berbagai persoalan besar bagi lingkungan kehidupan masyarakat dunia. Permasalahan tersebut terutama karena kepentingan ekonomi yang dilakukan harus berhadapan dengan upaya perlindungan lingkungan hidup dan sumber daya alam. Pada saat pembangunan untuk kepentingan ekonomi dilakukan, maka lingkungan hidup dan sumber daya alam selalu menjadi korban dan tidak diperhatikan, sehingga pada akhirnya kerugian material dan energy ditanggung bersama oleh seluruh masyarakat dunia yang bertempat tinggal di hanya satu bumi alam semesta ini (*the only one earth*). Setelah itu, muncul kesadaran bangsa-

bangsa manusia bahwa kerusakan lingkungan hidup serta menipisnya cadangan sumber daya alam sebagai akibat dari kegiatan ekonomi yang mengekstraksi sumber daya alam secara berlebihan dan menimbulkan bencana kemanusiaan pada generasi mendatang. Pada sektor energi misalnya, keinginan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi telah mendorong peningkatan konsumsi energi di seluruh dunia, dan sumber energi yang digunakan pada umumnya berasal dari sumber energi tak terbarukan (*non-renewable energy resources*) seperti batu bara dan minyak bumi. Konsumsi energi yang besar mendorong adanya produksi dan eksploitasi pada dua sumber energi batu bara dan minyak bumi ini, yang secara langsung maupun tidak langsung memberi dampak negatif kerusakan lingkungan. Pada saat pembangunan ekonomi berlangsung, dibutuhkan konsumsi energi yang sangat besar sehingga mengakibatkan cadangan energi semakin menipis. Sehingga teori pembangunan berkelanjutan menjadi sangat penting, dimana kepentingan ekonomi-sosial-budaya dan kepentingan lingkungan hidup dapat berlangsung secara bersinergi dan bersamaan. Pada tahun 1987, Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB) mengeluarkan dokumen *Brundtland Report* atau yang lebih dikenal dengan “Masa Depan Kita Bersama” (*Our Common Future*), dan secara politis, laporan ini memberi sinyal dimasukkannya aspek *lingkungan* kehidupan ke dalam agenda politik perekonomian bangsa-bangsa di seluruh dunia. Prinsip utama pembangunan berkelanjutan adalah proses-proses pemanfaatan sumber daya alam dalam kegiatan pembangunan ekonomi tidak mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Pembangunan berkelanjutan melingkupi upaya untuk melindungi lingkungan hidup,

melindungi masyarakat sekitar serta melindungi ketersediaan sumber daya alam di masa yang akan datang. Berdasarkan dokumen *World Commission on Environment and Development* (WCED) dijelaskan bahwa pembangunan berkelanjutan menekankan pada pentingnya untuk pengendalian pengambilan sumber daya alam, baik sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) maupun sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable resources*). Kedua jenis sumber daya alam tersebut masih dapat diambil, namun harus mengkaji dampak negatif pengambilan sumber daya alam tersebut dan meminimumkan dampak negative yang ditimbulkannya jika terpaksa harus menggunakan sumber daya alam tersebut. Negara-negara di seluruh dunia didorong untuk memperhatikan implikasi sosial-budaya serta implikasi lingkungan hidup dari pengaruh kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh masyarakatnya, misalnya suatu negara masih diperbolehkan menebang hutan mereka namun harus menanam benihnya di tempat lain.



## **Sekam Sebagai Limbah Industri Pertanian**

---

Sekam padi adalah salah satu produk sampingan dari produksi beras, yang tersisa setelah pembakaran sekam padi. Ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, karena pembuangannya sulit. Oleh karena itu penggunaan kembali yang tepat diperlukan, dan karena ini terutama terdiri dari karbon dan silika, dapat digunakan dalam proses adsorpsi untuk menghilangkan logam berat beracun dari air dan air limbah. Sekam padi tersedia dalam jumlah banyak. Karena luas permukaan spesifiknya yang tinggi, bahan ini terbukti berpotensi menjadi bahan murah dalam aplikasi pengolahan air dan bahan bangunan. Literatur ini meninjau sifat, penggunaan, dan pentingnya sekam padi dan menyediakan koleksi studi yang efektif untuk memanfaatkan turunan sekam padi. Produk limbah pertanian yang bernilai ekonomis ini merupakan sumber silika yang hebat dan memiliki banyak aplikasi yang komprehensif (Uddin, 2017). Beras, merupakan sumber makanan utama di berbagai negara di dunia. Sekam padi adalah lapisan luar yang keras pada butiran beras yang melindungi benih selama periode pertumbuhan. Sekitar 20% dari total berat padi adalah sekam yang terdiri dari komponen silica dan lignin. Output sekam padi tahunan di seluruh dunia adalah sekitar 80 juta ton dan lebih dari 97% dari sekam dihasilkan di negara-negara berkembang. Sekam padi adalah limbah pertanian berlimpah yang dihasilkan sebanyak 545 juta ton per tahun, dan merupakan penyumbang sekitar seperlima dari produksi beras bruto dunia tiap tahun. Sekam Padi dapat didaur ulang untuk menghasilkan bahan ramah lingkungan bernilai tinggi, seperti silikon

(Si), silika ( $\text{SiO}_2$ ), silikon karbida ( $\text{SiC}$ ), silikon nitrida ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) dan graphene (G). Komposisi kimia sekam padi mentah telah dilaporkan mengandung konstituen organik (74%) dan anorganik (26%). Konstituen organik termasuk selulosa, hemiselulosa, lignin, L-arabinosa, asam metilglukuronat, D-galaktosa, protein, dan vitamin yang dapat dihilangkan dari sekam selama proses pembakaran. Komponen anorganik utama adalah  $\text{SiO}_2$  (80%), dan konstituen anorganik minor termasuk alumina (3,93%), sulfur trioksida (0,78%), besi oksida (0,41%), kalsium oksida (3,84%), magnesium oksida (0,25%), natrium oksida (0,67%), dan kalium oksida (1,45%). Abu sekam padi (*rice husk-ash* = RHA) dibentuk oleh proses pembakaran atau pembakaran *Rice Hull* (RH). Abu sekam padi adalah produk sampingan, yang juga mengandung sejumlah karbon. Abu sekam padi dapat digunakan sebagai amandemen tanah, dan sebagai aditif dalam semen dan baja. Biochar juga dapat diproduksi oleh dekomposisi termal sekam padi di bawah pasokan oksigen yang terbatas ( $\text{O}_2$ ) dan pada suhu yang relatif rendah (kurang dari  $700^\circ\text{C}$ ).

Sekam padi yang dikarbonisasi dibentuk oleh pembakaran tidak sempurna dan dapat digunakan sebagai amandemen tanah, karbon aktif dan lain lain. Namun dapat menyebabkan masalah serius terkait kesehatan lingkungan dan kesehatan manusia, karena tingginya polutan di tempat pembuangan sampah. Masalah polutan udara ini bahkan lebih buruk oleh karena kepadatannya yang rendah. Sekam padi dan abu sekam padi sebagai adsorben potensial, keuntungan menggunakan turunan sekam padi sebagai biosorben / adsorben / sorben adalah sifatnya yang dapat terurai dan sifat adsorpsi yang baik, yang disebabkan oleh factor morfologi dan gugus fungsi permukaannya.

Dalam salah satu karya penelitian yang dipublikasikan, sekam padi karbon aktif digunakan untuk adsorpsi logam Pb (II). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh faktor perubahan waktu kontak, pH, dan konsentrasi pada adsorpsi Pb (II) dengan menggunakan sekam padi teraktivasi. Sekam padi juga terbukti bermanfaat dalam pengolahan air limbah yang mengandung seng dan timbal. Studi yang dilaporkan berhasil tentang turunan sekam padi mengklarifikasi kelebihan dan aplikasi mereka dalam pengembangan ilmu lingkungan. Bentuk sekam padi mentah dan modifikasi telah sangat efektif dalam menghilangkan logam berat setelah diuji dalam percobaan batch dengan mengubah parameter seperti pH, dosis sorben, suhu dan konsentrasi awal dan lain lain (Uddin, 2017).

(Subki & Hashim, 2011), Selama tiga dekade terakhir, kekhawatiran tentang perlindungan lingkungan telah meningkat pesat. Saat ini, beberapa upaya telah dilakukan untuk konversi produk sampingan bahan alami, terutama limbah pertanian menjadi bahan biosorben. Sekam padi adalah salah satu produk sampingan pertanian bernilai rendah yang telah digunakan sebagai bahan sorben terutama untuk menyerap logam berat. Studi sebelumnya telah menemukan bahwa sekam padi mampu menyerap logam berat seperti timbal, kadmium, selenium, tembaga, seng dan merkuri dalam air limbah. Sekam padi juga digunakan untuk mengolah air limbah tekstil yang mengandung reaktif biru 2, oranye reaktif 16 dan kuning reaktif. Tinjauan ini menyoroti kemampuan yang dimodifikasi dan sekam padi yang tidak dimodifikasi sebagai biosorben. Faktor-faktor yang memengaruhi biosorben (missal; PH, inisial konsentrasi, tingkat

agitasi, dosis sorben dan suhu) telah dibahas. Umumnya, sekam padi yang dimodifikasi secara kimia menunjukkan kapasitas penyerapan yang lebih tinggi daripada sekam padi yang tidak dimodifikasi. Sekam padi adalah penutup pelindung yang keras dari butiran beras. Kulitnya terbuat dari keras bahan-bahan, termasuk opaline silica dan lignin untuk melindungi benih selama musim tanam. Kulitnya kebanyakan dicerna manusia. Selama penggilingan proses, sekam dikeluarkan dari biji-bijian untuk membuat beras merah; beras merah itu kemudian digiling lebih lanjut untuk menghilangkan lapisan dedak menjadi nasi putih. Sekam padi adalah kelas "A" isolasi materi karena mereka sulit terbakar dan kecil kemungkinannya untuk memungkinkan kelembaban memperbanyak cetakan atau jamur. Saat dibakar, sekam padi menghasilkan sejumlah besar elemen silika. Konten yang sangat tinggi di silika amorf dari sekam memberi mereka dan abu mereka ( $\text{SiO}_2 \sim 20\%.$ ) setelah pembakaran adalah sifat yang sangat berharga untuk isolasi termal yang sangat baik. Selain itu, nasi sekam mengandung serat bunga berlimpah, protein dan beberapa gugus fungsi seperti karboksil dan amidogen. Output sekam padi tahunan di seluruh dunia adalah sekitar 80 juta nada dan lebih dari 97% dari sekam dihasilkan dalam pengembangan negara. Selama beberapa tahun terakhir, ada peningkatan minat dalam persiapan berbiaya rendah adsorben sebagai alternatif air limbah proses perawatan. Saat ini, sekam padi telah ditunjukkan potensinya sebagai bioabsorben bahan dalam menyelesaikan pencemaran air limbah yang hemat biaya. Penggunaan beras kulit dapat membantu mengatasi bagian dari limbah pertanian yang berlebihan di beberapa bagian Dunia. Ulasan kami menunjukkan bahwa sekam padi memiliki karakteristik berikut berbeda

metode pengobatan atau. Fisik dan modifikasi kimia meningkatkan kapasitas adsorpsi situs pengikatan aktif. Seharusnya penelitian yang lebih komprehensif dilakukan untuk menemukan metode yang paling hemat biaya pengobatan sekam padi untuk meningkatkan efisiensi adsorpsi (Subki & Hashim, 2011).

(Viana, Neto, & Mourad, 2016), Sekam padi, yang dianggap limbah, memiliki tingkat silikon yang tinggi. Makalah ini menyelidiki penggunaan sekam padi karbon di Indonesia pemurnian air. Karbonisasi dilakukan menggunakan carbonizer buatan tangan. Proses persiapan dimulai dengan produksi prekursor yang kaya akan karbon melalui pirolisis sekam padi di atmosfer lembam. Hasilnya menunjukkan kontribusi penting dari penggunaan bahan karbon, dengan memberikan bukti langsung tentang keabadian ion natrium  $\text{Na}^+$  dikarbon aktif. Hasilnya juga menunjukkan bahwa pemanfaatan sekam padi berkarbonisasi dalam pemurnian air cepat, efisien dan layak secara ekonomi. Hasil penelitiannya, jelas diamati bahwa penghapusan warna dan bau langsung setelah melewati tempat penyaringan yang berisi pasir dan karbon sekam padi. Lebih banyak analisis dilakukan segera setelah diperoleh hasil melalui tempat penyaringan. Analisis meliputi fisik dan parameter kimia air sumur sebelum dan sesudah penyaringan. Dalam tulisan ini, teknik baru untuk menggunakan karbon aktif itu tertanam dalam sekam padi telah dibuat dan digunakan. Yang dibuat Filter telah menunjukkan hasil yang baik mengenai pemurnian air proses. Filter itu cukup berhasil, dengan yang terlihat pengurangan warna dan kekeruhan. Ini bisa menjadi pengganti karbon aktif industri. Penggunaan teknik ini

menciptakan kemungkinan menawarkan kontribusi untuk saat ini investigasi tentang mekanisme penggunaan karbon bahan. Selain itu, kemungkinan penggunaan bahan primer, yang dianggap residu dan limbah di industri pertanian, memiliki implikasi kepentingan sebanyak ekonomi sebagai lingkungan karena sudah jelas bahwa itu penggunaan yang tepat akan menguntungkan keberlanjutan dan prosesnya pelestarian lingkungan. Akibatnya, itu akan menjadi kesalahan besar dari bahan utama yang mulia untuk menganggapnya sia-sia bukan sumber, karena dapat digunakan di berbagai industry cabang seperti pemurnian air.

(Babaso & Sharanagouda, 2017), Sekam padi diperoleh dari penggilingan padi proses sebagai produk. Ini menarik sebagai bahan nilai tambah untuk domestik dan pengolahan industri seperti menyiapkan bahan berbasis silikon yang berharga, semen, sebagai sumber serat makanan hewan peliharaan dan sebagai sumber serat makanan, persiapan diaktifkan karbon, industri tahan api, polimer, karet, penyerap sorben untuk air limbah perawatan, dalam produksi bioetanol, untuk mengendalikan hama serangga dalam makanan yang disimpan barang, industri keramik, dan biosintesis partikel nano silika. Luas Penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan sifat penting dari sekam padi dan abu untuk aplikasi industri. Merangkum semua data ini bisa membantu kelancaran penelitian masa depan tentang sekam padi dan abu sekam padi. Sekam padi telah tertarik sebagai nilai tambah material menuju pemanfaatan dan biaya limbah pengurangan domestik dan industri pengolahan. Sekam padi banyak digunakan dan ditemui di negara-negara penghasil beras seperti China dan India yang memberikan kontribusi 33% dan 22% dari produksi

beras global masing-masing, seperti produk sampingan dari penggilingan padi. Kandungan sekam berkisar 16-25% dari keseluruhan padi. Komposisi material sekam adalah hemiselulosa 24,3%, selulosa 34,4%, lignin 19,2%, abu 18,85%, dan elemen jejak lainnya 3,25%. Hemiselulosa digunakan sebagai sumber karbon aktif, xilosa dan silikon dioksida. Isi RH komponen unsur utama sebagai Karbon 37,05%, Hidrogen 8,80%, Nitrogen 11,06%, Silikon 9,01% dan Oksigen 35,03% (Joseph et al., 1999; Sarang et al., 2009). Sekam mengandung 17-25% silika. Sekam padi memiliki kepadatan massal 96-100 kg / m<sup>3</sup>, kekerasan (skala Mohr) 5-6, abu 22,29%, Oksigen 31-37%, Nitrogen 0,23-0,32%, Belerang 0,04-0,08%, Hidrogen 4-5%. Komposisi RH tergantung pada banyak faktor seperti varietas padi, jenis pupuk yang digunakan, kimia tanah, dan bahkan lokalisasi geografis produksi (Babaso & Sharanagouda, 2017).

(Oyawale, 2012), Sekam padi adalah salah satu limbah pertanian utama dalam proses penggilingan yang banyak tersedia di Nigeria. Tujuan dari penelitian ini adalah karakterisasi sekam padi lokal dan tujuannya adalah penentuan konstituen kimianya menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer*. Sekam padi dari dua metode menjadi sasaran kalsinasi untuk kisaran suhu 50-7500C untuk menentukan suhu karakterisasi. Suhu karakterisasi ditentukan melalui suhu di mana Daerah Permukaan Spesifik (SSA) tertinggi dan jumlah silika tertinggi yang diamati yaitu 700°C. Parameter yang dikarakterisasi adalah: Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, CaO, LOI dan Area Permukaan Tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu optimal dan jumlah maksimum silika adalah 700°C dengan luas permukaan spesifik tertinggi. Juga dicatat bahwa pada

750°C, ada penurunan jumlah silika yang diperoleh. Disimpulkan bahwa silika optimal dihasilkan pada suhu karakterisasi 700°C. Ini juga akan mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembukaan pembakaran sekam padi. Sekam padi adalah limbah agro yang diproduksi sekitar 100 juta ton. Sekitar 108 ton sekam padi dihasilkan setiap tahun di dunia. Di Nigeria, sekitar 2,0 juta ton beras diproduksi setiap tahun. Kira-kira 20 kg sekam padi diperoleh dari 100kg beras. Pembakarannya menghasilkan abu sekam padi yang kaya akan silika dan dapat menjadi bahan baku yang bernilai ekonomis untuk produksi silika alami. Pentingnya industri sekam padi adalah karena adanya silika dalam bentuk amorf terhidrasi. Sekam padi mengandung 80 persen bahan organik yang mudah menguap dan sisa 20 persen silica. Komposisi kimia abu sekam padi bervariasi dari sekam padi ke sekam padi yang mungkin disebabkan oleh kondisi geografis dan iklim, jenis beras dan jumlah pupuk yang digunakan. Selain melindungi beras selama musim tanam, sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan juga digunakan sebagai pupuk. Pembuangan sekam padi adalah masalah besar bagi petani, karena sekam tidak cocok untuk digunakan sebagai pupuk dan sampai sekarang harus dibuang baik dengan pembakaran terbuka atau mengubur. Silika diproduksi pada suhu karakterisasi 700°C untuk dua metode yang digunakan yaitu: sekam padi mentah dan sekam padi leached The LOI% dan jumlah silika yang dihasilkan, jika dibandingkan dengan standar Brasil yang sesuai. Analisis AAS mencirikan komposisi unsur yang terkandung dalam abu sekam padi. Juga dicatat bahwa dalam batas penelitian ini, bahwa hasil konstituen kimia sekam padi ditentukan melalui Atomic Adsorption Spectrophotometer menunjukkan bahwa

pencucian sekam padi dengan asam oksalat lebih unggul. Tingkat pengotor abu sekam padi yang rendah menunjukkan bahwa ia sangat terjangkau dalam silika. Selanjutnya, luas permukaan spesifik dikarakterisasi menggunakan ASTM-D626. Diamati bahwa limbah pertanian dapat dikonversi menjadi produk yang layak, menguntungkan secara ekonomi dan juga untuk digunakan di masa depan dalam nanoteknologi.

(Rosa, Santos, Ferreira, & Nachtigall, 2009). Sekam padi adalah produk sampingan dari proses penggilingan padi yang biasanya menemukan pembuangan akhir yang tidak memadai (pembakaran, pengisian lahan). Komposit termoplastik diisi dengan tepung sekam padi adalah bahan yang menawarkan alternatif untuk menggunakan sumber daya pertanian ini melihat produksi bahan padat rendah dengan beberapa sifat tertentu. Dalam pekerjaan ini komposit dari polypropylene (PP) dan tepung sekam padi (RHF) disiapkan oleh ekstrusi lebur. PP termodifikasi anhidrida maleat (MAPP) ditambahkan sebagai zat penghubung. Minat baru-baru ini pada dampak lingkungan dari bahan berbasis polimer telah mengarah pada pengembangan produk baru yang disiapkan dengan polimer daur ulang dan / atau mengandung bahan yang dapat terbiodegradasi. Komposit plastik lignoselulosa merupakan set penting dalam jenis bahan yang menunjukkan beberapa keunggulan dibandingkan komposit plastik yang diisi mineral tradisional: kepadatan rendah, biaya produksi rendah, biodegradasi, terbarukan, dll. Kekakuan, kekerasan, dan stabilitas dimensi plastik juga telah ditingkatkan melalui penggabungan. pengisi lignoselulosa<sup>1,2</sup>. Namun, penggunaan agro-serat menunjukkan beberapa

kelemahan seperti degradasi pada suhu yang relatif rendah karena adanya selulosa dan hemiselulosa. Degradasi termal awal ini membatasi suhu pemrosesan yang diizinkan hingga kurang dari 200 ° C dan membatasi jenis termoplastik yang dapat digunakan dengan agro-serat ke beberapa plastik komoditas seperti PE, PP, PVC, dan PS. Komposit serat alami / PP telah digunakan dalam aplikasi otomotif dan baru-baru ini telah diselidiki untuk digunakan dalam konstruksi, seperti profil bangunan, penghiasan, produk railing, dan lain lain. Faktor-faktor lain harus dipertimbangkan ketika merancang komposit yang terbuat dari serat lignoselulosa untuk aplikasi spesifik, di antaranya ketahanannya yang buruk terhadap kelembaban<sup>5</sup>. Aplikasi luar ruangan telah meningkatkan minat terhadap properti ini karena kelembaban yang diserap oleh komposit menyebabkan perubahan dimensi dan menurunkan kinerja mekanik<sup>4</sup>. Efek negatif ini dapat dikurangi jika serat dienkapsulasi dalam plastik dengan adhesi yang baik antara serat dan matriks Penambahan compatibilizer telah menjadi alat yang berguna untuk mencapai adhesi tersebut. Maleic anhydride-grafted PP (MAPP) adalah kompatibilitas yang paling umum digunakan untuk meningkatkan adhesi antarmuka untuk matriks termoplastik bio-filler / apolar meskipun alternatif baru sedang dipelajari<sup>6,7</sup>.

Sekam padi (RH) adalah salah satu residu pertanian utama yang diproduksi sebagai produk sampingan selama pemrosesan beras. Biasanya telah menjadi masalah bagi petani padi karena ketahanannya terhadap pembusukan di tanah, pencernaan yang sulit dan nilai gizi yang rendah untuk hewan<sup>8</sup>. Menurut Marti-Ferrer kandungan lignin dan hemiselulosa dari sekam padi lebih rendah dari kayu sedangkan

kandungan selulosa serupa. Karena alasan ini RHF dapat diproses pada suhu yang lebih tinggi dari kayu. Oleh karena itu, penggunaan sekam padi dalam pembuatan komposit polimer menarik banyak perhatian. Penentuan kepadatan

Bahan lignoselulosa alami telah menarik perhatian para ilmuwan dan insinyur untuk digunakan sebagai pengisi dalam komposit polimer karena kepadatannya yang rendah dibandingkan dengan pengisi mineral tradisional (serat kaca, kalsium karbonat, dll). Dalam komposit seperti padat, kepadatan serat alami (yang biasanya antara 1,1-1,5 g.cm<sup>-3</sup>) adalah kunci untuk menentukan kepadatan komposit 25. Kepadatan massal RHF ditentukan dengan menggunakan piknometer dan aseton. Nilai yang diperoleh untuk RHF adalah 1,3 g.cm<sup>-3</sup>. Karena matriks polimer menunjukkan kerapatan yang lebih rendah (0,91 g.cm<sup>-3</sup>), maka seharusnya kerapatan komposit akan lebih tinggi dari pada homopolimer PP. Namun dapat diverifikasi bahwa kerapatan akhir tidak secara ketat mengikuti aturan campuran, karena sebagian besar komposisi menunjukkan kerapatan yang mendekati kerapatan homopolimer PP. Dari 20 hingga 40 wt. (%) RHF nampaknya terdapat sedikit kecenderungan peningkatan kepadatan dengan meningkatnya konsentrasi sekam padi. Namun, efek ini dapat dianggap tanpa ekspresi sejak penambahan 40 wt. (%) RHF meningkatkan kepadatan dari 0,91 menjadi 0,94 g.cm<sup>-3</sup>, itu berarti 3,3%. Perilaku seperti itu menunjukkan bahwa matriks polimer tidak mampu menembus ke dalam lumen dan dinding sel RHF sehingga menghasilkan komposit dengan kepadatan rendah yang menarik. Penambahan bahan kopling MAPP menghasilkan sedikit peningkatan dalam kepadatan yang dapat dijelaskan dengan kompatibilitas yang lebih

tinggi antara pengisi dan matriks polimer sehingga mengurangi keberadaan rongga dalam bahan. Namun efek MAPP pada kepadatan tidak terlalu signifikan sama sekali. Kesimpulan penting adalah bahwa komposit ini adalah bahan yang sangat ringan yang dapat berguna dalam aplikasi yang membutuhkan berat rendah. Sekam padi digiling dan dikeringkan untuk digunakan sebagai pengisi pada komposit PP. Telah diverifikasi bahwa layak untuk menggunakan produk sampingan dari proses penggilingan padi ini sebagai pengisi biaya rendah, mengingat sifat-sifat produk yang diperoleh. Kekakuan komposit terlihat meningkat dengan meningkatnya pengisian pengisi. Kekuatan tarik sedikit menurun, namun mereka ditingkatkan dengan adanya MAPP. Telah diverifikasi bahwa rasio MAPP / RHF 0,03 menghasilkan hasil terbaik. Rasio agen kopling yang lebih tinggi menunjukkan efek yang lebih buruk pada tarik kekuatan. Penentuan kepadatan menunjukkan bahwa komposit PP / RHF adalah bahan yang sangat ringan karena kepadatannya tidak meningkat terlalu banyak sehubungan dengan PP murni (maksimum 3,3% meningkat selama 40 wt. (%) RHF). Penambahan MAPP juga mengurangi tingkat penyerapan air (> 20%), membuat bahan-bahan ini lebih cocok untuk digunakan di lingkungan yang lembab. Gabungan MAPP ditambah menunjukkan morfologi lebih homogen karena kompatibilitas yang lebih baik antara pengisi dan matriks. Hasil ini menghasilkan bahan dengan kandungan rongga yang lebih rendah yang menurunkan tingkat penyerapan air dengan sedikit peningkatan kepadatan komposit (Rosa et al., 2009).

(Thiyageshwari, Gayathri, Krishnamoorthy, Anandham, & Paul, 2018). Dalam beberapa tahun terakhir, sejumlah besar limbah lignoselulosa semakin direalisasikan sebagai lingkungan masalah dan pemanfaatan limbah ini menjadi masalah yang disambut baik. Sisa tanaman berlimpah dengan selulosa, hemiselulosa, lignin, pektin dan juga mengandung sejumlah kecil kelompok beragam zat seperti protein dan asam lemak. Bagian utama dari sisa tanaman dibakar di ladang itu sendiri. Ini menghasilkan limbah organik sumber terbarukan di tanah yang mempengaruhi rasio C: N dan biota; di sisi lain, mengubur limbah menyebabkan emisi gas rumah kaca. Sekam padi adalah produk sampingan dari industri penggilingan padi dan merupakan residu pertanian yang banyak tersedia di negara-negara penghasil beras. Biodegradasi limbah pertanian menjadi kompos dan dimasukkan ke dalam tanah dapat meningkatkan daur ulang nutrisi dan menjaga kesuburan tanah. Namun, keberadaan konten lignoselulosa dalam bahan limbah dapat memperlambat proses degradasi mikroba. Sekam padi umumnya tidak direkomendasikan sebagai pakan ternak karena selulosa dan kandungan gula lainnya rendah, yang berarti ada sumber energi yang terbatas untuk tubuh. Selain itu, sekam padi (RH) mengandung rasio C: N yang tinggi sekitar 85: 1 dan kaya akan silika dan lignin yang membuatnya sulit untuk terdegradasi. Pemanfaatan RH mentah atau bahan tersusun tidak digunakan dengan benar di pertanian untuk pertumbuhan tanaman. Perlu diingat efek berbahaya dari pembakaran sekam padi di lapangan terbuka, serta kenyamanan petani, strategi ekonomis, ramah lingkungan dan rendah tenaga kerja harus diadopsi untuk pemanfaatan sekam padi secara efektif. Namun, kehadiran konten

lignin yang tinggi membuat sekam padi kurang rentan terhadap serangan mikroba. Untuk pemanfaatan residu lingo-selulosa yang efektif, diperlukan beberapa pra-perawatan fisik dan kimia, yang mungkin tidak nyaman bagi petani dengan kepemilikan kecil. Untuk membuat proses degradasi lignin dan selulosa secara ekonomis memungkinkan, inokulasi dengan mikroorganisme lignoselulolitik dapat terbukti bermanfaat. Sekam padi mentah (RRH) diperoleh dari penggilingan padi lokal, Madurai, Tamil Nadu, dan India. Karakterisasi beras kompos sekam (CRH) diperiksa melalui pemindaian mikroskop elektron (SEM) untuk mengidentifikasi perubahan struktural yang signifikan. Pada akhir pengomposan, kandungan N, P dan K meningkat dengan penurunan evolusi CO<sub>2</sub>, rasio C: N dan C: P. Dibandingkan dengan pemupukan anorganik, peningkatan hasil biji-bijian sebesar 16% dalam tipikal Haplustalf dan 17% dalam tipik tanah Rhodustalf lebih dari 100% RDF diperoleh dari aplikasi terintegrasi CRH @ 5 t ha<sup>-1</sup> dengan RDF 50% dan pupuk hayati. Kandungan protein kasar maksimum dengan aplikasi gabungan CRH, RDF 50% dan pupuk hayati 20% dan 21% di tanah tipikal Haplustalf dan tipik Rhodustalf. CRH yang kaya nutrisi telah membuktikan efisiensinya pada pertumbuhan tanaman dan kesuburan tanah (Thiyageshwari et al., 2018).

(Nagrare, Hajare, & Modak, 2012), sekam yang dihasilkan selama penggilingan sebagian besar digunakan sebagai bahan bakar di boiler untuk memproses padi, menghasilkan energi melalui pembakaran langsung dan / atau dengan gasifikasi. Sekitar 20 juta nada Beras Abu Sekam (RHA) diproduksi setiap tahun. RHA ini merupakan ancaman

lingkungan yang besar yang menyebabkan kerusakan pada tanah dan daerah sekitarnya di mana ia dibuang. Banyak cara dipikirkan untuk membuangnya dengan memanfaatkan komersial RHA ini. RHA dapat digunakan sebagai pengganti beton (15 hingga 25%). Penggilingan padi menghasilkan produk sampingan yang dikenal sebagai sekam. Ini mengelilingi butiran padi. Selama penggilingan padi sekitar 78% dari berat diterima sebagai beras, beras pecah dan dedak. Sisa 22% dari berat padi diterima sebagai sekam. Sekam ini digunakan sebagai bahan bakar di penggilingan padi untuk menghasilkan uap untuk proses pratanak. Sekam ini mengandung sekitar 75% bahan organik yang mudah menguap dan keseimbangan 25% dari berat sekam ini diubah menjadi abu selama proses pembakaran, dikenal sebagai abu sekam padi (RHA). RHA ini pada gilirannya mengandung sekitar 85% - 90% silika amorf. Jadi untuk setiap 1000 kg padi yang digiling, sekitar 220 kg (22%) dari sekam diproduksi, dan ketika sekam ini dibakar di ketel, sekitar 55 kg (25%) dari RHA dihasilkan. Pozzolanas adalah bahan yang mengandung silika reaktif dan / atau alumina yang memiliki sifat mengikat sedikit atau tidak sama sekali, tetapi bila dicampur dengan kapur dengan adanya air, akan mengeras dan mengeras seperti semen. Pozzolanas adalah unsur penting dalam produksi bahan semen alternatif hingga semen Portland (OPC). Semen alternatif memberikan opsi teknis yang sangat baik untuk OPC dengan biaya yang jauh lebih rendah dan memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penyediaan bahan bangunan berbiaya rendah dan akibatnya tempat penampungan yang terjangkau. Pozzolanas dapat digunakan dalam kombinasi dengan kapur dan / atau OPC. Ketika dicampur dengan kapur, pozzolanas akan sangat

meningkatkan sifat-sifat mortir, beton, dan render berbasis kapur untuk digunakan dalam berbagai macam aplikasi bangunan. Bahan tersebut dapat dicampur dengan OPC untuk meningkatkan daya tahan beton dan kemampuan kerja, dan sangat mengurangi biaya. Berbagai macam bahan mengandung silika atau alumina mungkin bersifat pozzolan, termasuk abu dari sejumlah limbah pertanian dan industri. Dari limbah pertanian, sekam padi telah diidentifikasi memiliki potensi terbesar karena banyak tersedia dan, pada pembakaran, menghasilkan proporsi abu yang relatif besar, yang mengandung sekitar 90% silika. Aplikasi RHA pada lingkungan industri manufaktur dapat ditemui pada:

- a) Agregat dan pengisi untuk produksi beton dan papan.
- b) pengganti ekonomis untuk asap mikro silika / silika
- c) penyerap untuk minyak dan bahan kimia
- d) Amelioran tanah (Amelioran adalah sesuatu yang membantu meningkatkan drainase tanah, memperlambat drainase, memecah tanah atau mengikat tanah, memberi makan dan memperbaiki struktur, dll.)
- e) sebagai sumber silikon
- f) sebagai bubuk isolasi di pabrik baja
- g) sebagai penolak dalam bentuk "cuka-tar"
- h) sebagai agen pelepas dalam industri keramik
- i) sebagai bahan isolasi untuk rumah dan pendingin

Dengan penambahan RHA, berat beton berkurang hingga 72-75%. Dengan demikian, beton RHA dapat secara efektif digunakan sebagai beton ringan untuk konstruksi struktur di mana berat struktur sangat

penting. Biaya 1 m<sup>3</sup> beton OPC berlaku untuk Rs. 1157 sedangkan beton RHA bekerja untuk Rs. 959. Dengan demikian, penggunaan RHA dalam beton menyebabkan sekitar 8-12% penghematan dalam biaya material. Jadi, penambahan RHA dalam beton membantu dalam membuat beton yang ekonomis. Kekuatan Tekan akan meningkat dengan penambahan RHA. Penggunaan RHA sangat mengurangi penyerapan air pada beton. Dengan demikian, beton yang mengandung RHA dapat digunakan secara efektif di tempat-tempat di mana beton dapat bersentuhan dengan air atau uap air. RHA memiliki potensi untuk bertindak sebagai campuran, yang meningkatkan kekuatan, kemampuan kerja & sifat pozzolan beton (Nagrle et al., 2012).

(Abedin & Das, 2014). Perkembangan ekonomi yang berkelanjutan dari suatu negara berdiri pada kecukupan energi listrik. Jadi, untuk bersaing dengan negara-negara lain di dunia, Bangladesh harus memiliki fasilitas listrik yang memadai untuk melanjutkan pembangunannya. Untuk membuat negara maju, fasilitas listrik harus dicapai dari pintu ke pintu. Karena Bangladesh adalah negara agraris, beberapa jenis limbah pertanian tersedia di sini. Jadi, jumlah besar limbah pertanian ini dapat menjadi sumber pembangkit listrik di Bangladesh. Sekam padi adalah salah satu limbah agro potensial yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan listrik, hanya jika dapat diproses dengan baik dan sistematis. Tujuan dari makalah ini adalah untuk menyediakan ide pembangkit listrik dari sekam padi di daerah pedesaan Bangladesh. Pembangkit listrik kecil & menengah sekam padi sangat berguna untuk menghasilkan & memasok listrik di daerah pedesaan. Dalam makalah ini

dibahas ketersediaan sekam padi di Bangladesh, berbagai studi kelayakan dan proses utama yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik dari sekam padi dibahas. Tujuan utama dari makalah ini adalah untuk membantu perjalanan Bangladesh menuju pembangunan. Makalah ini akan membantu kedua Pemerintah. & sektor swasta untuk membangun pembangkit listrik berbasis sekam padi di daerah pedesaan Bangladesh. Akhirnya diharapkan bahwa makalah ini akan menjadi pedoman yang cocok untuk mengurangi permintaan listrik yang sangat besar di daerah pedesaan Bangladesh. Sekam padi dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Karakteristik & komposisi kimia sekam padi telah membuatnya mudah digunakan untuk pembangkit listrik. Ketersediaan sekam padi juga dibahas dalam poin ini untuk dimiliki gambaran umum skenario produksi sekam padi saat ini dan ketersediaannya di Bangladesh. Sekam padi memiliki beberapa karakteristik khusus yang membuatnya mudah digunakan sebagai sumber energi.

- a) Nilai kalor rata-rata sekam padi adalah 3410 K Cal / kg
- b) 1 ton padi dapat menghasilkan 220 kg sekam padi
- c) Sekam padi mudah dikoleksi dengan biaya yang sangat rendah.

Tidak mungkin bagi negara mana pun untuk mengimbangi kegiatan pembangunan dengan negara maju lainnya jika tidak mandiri dalam sektor pembangkit listrik. Bangladesh adalah negara berkembang. Jadi sangat penting bagi Bangladesh untuk memastikan keamanannya sendiri. Sumber energi konvensional berkurang dari hari ke hari. Jadi sekarang saatnya kita harus mengambil sumber energi terbarukan. Pembangkitan listrik dari sekam padi dapat menjadi alternatif yang lebih

baik dari sumber energi konvensional di Indonesia. Perspektif Bangladesh, itu relatif lebih murah untuk menginstal, mudah ditangani. Di Bangladesh ada beberapa jenis hambatan untuk membangun pembangkit listrik non konvensional semacam itu. Tetapi tidak ada cara lain bagi Bangladesh untuk menghasilkan listrik selain dari sumber energi terbarukan. Jadi, Pemerintah. & Organisasi swasta harus maju untuk menginspirasi & untuk mendanai proyek semacam itu (Abedin & Das, 2014).

(Ummah, A.Suriamihardja, Selintung, & Wahab, 2015). Chaff adalah bagian dari butiran biji-bijian (sereal) dalam bentuk lembaran kering, bersisik, dan tidak dapat dimakan, yang melindungi bagian dalamnya (endospermium dan embrio). Sekam dapat ditemukan di hampir semua anggota rumput (poaceae), meskipun dalam beberapa jenis budidaya juga ditemukan variasi gandum tanpa sekam (misal jagung dan gandum). Sekam ini merupakan pemborosan kehidupan dari Tumbuhan. Dalam pertanian, sekam padi dapat digunakan sebagai pakan campuran, sampah, dicampur di tanah sebagai pupuk, dibakar, atau abu digunakan sebagai media tanam, dalam cetakan digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak. Dalam penelitian ini, bahan bakar sekam padi dan briket arang akan digunakan sebagai penyerap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi sekam padi setelah direndam dalam proses destilasi air laut dan mengalami penurunan. Kesimpulannya adalah bahwa sekam padi yang sebenarnya sebagai limbah dapat dibuat sebagai briket, pupuk, bahan bakar dan lain-lain tetapi juga dapat digunakan sebagai plat penyerap dalam proses penyulingan air laut menjadi air bersih. Hasil yang diperoleh

di mana komposisi kimia semua menurun misalnya Cl = 36,41 mm% menurun menjadi 23,71mm%, Si = 30,48mm% menjadi 22,27mm% dan Fe = 17,27mm% menjadi 9,62mm% dan seterusnya. Hal ini disebabkan briket sekam padi sebagai plat penyerap dalam wadah senyawa timbal suling yang dilarutkan di dalamnya ikut serta setelah menjalani proses kondensasi. Sekam padi berlignoselulosa seperti bahan biomassa lainnya tetapi mengandung silika tinggi. Kandungan kimia sekam padi terdiri dari 50% selulosa, 25-30% lignin, dan 15-20% silika.

Hasil penelitian Ummah menyimpulkan dua hal berikut:

- a) Bahwa briket sekam padi menjadikannya limbah yang dapat digunakan tidak hanya sebagai pengganti bahan bakar minyak tanah, pupuk, semen, tetapi juga dapat digunakan sebagai plat penyerap dalam proses penyulingan yang menjadikan laut air menjadi air bersih.
- b) Bahwa komposisi sekam padi sebelum dan sesudah digunakan dalam proses destilasi menurun secara signifikan komposisi kimia.
- c) Senyawa sekam padi dari hasil analisis SEM (EDAX) terdiri dari: Si (silika), C (karbon), N (nitrogen), O (Oksigen), Fe (Feron), Na (natrium) , Mg (magnesium) dan Al (aluminium). selama proses penyulingan, arang sekam padi briket yang telah dibuat sebagai penyerap dalam proses destilasi air laut menjadi air bersih.

(Minstry, 2016), Makalah penelitian ini berfokus pada pemanfaatan abu sekam padi untuk produksi porselen. Karena lingkungan yang berpolusi cepat, permintaan bahan bangunan tahan lama meningkat. Sekam padi

adalah produk sampingan dari industri penggilingan padi. Ini merupakan sekitar 50% selulosa, 30% lignin, dan 20% silika. Sekam padi ini dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar. Ketika dibakar di bawah suhu dan kondisi tertentu, lignin dan selulosa dihilangkan dan hanya abu sekam padi yang juga dikenal sebagai RHA yang diperoleh. RHA (rice husk ash) ini menghasilkan porselen menjadi bahan tambahan yang lebih efektif karena ekonomis, lebih murah, kuat, dan tahan lama. Baik sekam padi (rice husk = RH) maupun Mempertimbangkan pentingnya dan meningkatnya permintaan bahan ini, studi sistematis berdasarkan sifat dan aplikasi industri telah dilakukan dan ditinjau dalam makalah ini. Potensi dan kesesuaian Kesehatan Reproduksi untuk digunakan di daerah-daerah baru yang mungkin dalam waktu dekat juga telah disorot. RHA digunakan selama produksi baja datar berkualitas tinggi. Abu juga menemukan aplikasi sebagai isolator yang sangat baik, memiliki sifat isolasi yang baik termasuk konduktivitas termal yang rendah, titik lebur tinggi, kepadatan curah rendah dan porositas tinggi. Ini digunakan sebagai "bubuk tundish" untuk mengisolasi wadah tundish, mencegah pendinginan baja yang cepat dan memastikan solidifikasi seragam dalam proses pengecoran. RHA juga digunakan sebagai lapisan di atas logam cair di tundish dan di sendok yang bertindak sebagai isolator yang sangat baik dan tidak memungkinkan pendinginan cepat logam. Digunakan dalam industri Keramik dan refraktori Abu sekam padi digunakan dalam pembuatan batu bata tahan api karena sifat isolasi. Ini telah digunakan dalam pembuatan papan isolasi ringan berbiaya rendah. RHA telah digunakan sebagai sumber silika untuk produksi cordierite. Penggantian kaolinit dengan silika sekam padi dalam komposisi campuran,

menghasilkan cordierites yang lebih tinggi dengan suhu kristalisasi yang lebih rendah dan penurunan energi aktivasi kristalisasi. Penggunaan RHA sebagai Sumber Silika Karena adanya kandungan silika yang besar dalam abu, ekstraksi silika menjadi ekonomis. Silika juga diendapkan dalam bentuk khusus untuk memenuhi persyaratan berbagai penggunaan. Beberapa penggunaan silika adalah dalam industri karet sebagai bahan penguat, dalam kosmetik, dalam pasta gigi sebagai bahan pembersih dan dalam industri makanan sebagai bahan anti-caking ada permintaan untuk silika amorf halus dalam produksi semen kinerja tinggi dan beton, digunakan di jembatan, lingkungan laut. RHA di industri semen dan konstruksi. Meningkatnya kebutuhan akan bahan bangunan yang lebih kuat dan tahan lama sampai batas tertentu dipenuhi oleh konsep baru yaitu semen campuran. Pencampuran abu sekam padi reaktif dalam semen telah menjadi rekomendasi umum hampir di semua kode bangunan internasional. Penelitian ekstensif telah dilakukan pada aplikasi RHA sebagai aditif mineral untuk meningkatkan kinerja beton. Laporan menunjukkan RHA sebagai pozzolana yang sangat reaktif. RHA terutama digunakan sebagai pengganti silika fume atau sebagai campuran dalam pembuatan blok beton berbiaya rendah. KESIMPULAN, Sekam padi telah digunakan secara langsung atau dalam bentuk abu baik sebagai bahan bernilai tambah untuk pembuatan dan mensintesis bahan baru atau sebagai bahan pengganti berbiaya rendah untuk memodifikasi sifat-sifat produk yang ada. Kehadiran silika adalah keuntungan tambahan dibandingkan dengan bahan produk samping lainnya yang membuat Kesehatan Reproduksi bahan penting untuk berbagai proses manufaktur dan aplikasi yang berorientasi. Ketersediaan yang mudah dan harga

sekam padi yang rendah di negara-negara penghasil beras merupakan manfaat ekstra terhadap penggunaan bahan ini. Meskipun memiliki potensi tinggi dan kesesuaian dalam begitu banyak kegunaan mapan, penggunaan sekam padi telah terbatas. Di pasar yang kompetitif, pemanfaatan sekam padi dan abu yang tepat akan menguntungkan sektor industri. Penggunaan sekam padi sebagai bahan bakar / pembangkit listrik secara efisien cenderung mengubah bahan limbah pertanian ini menjadi bahan bakar yang berharga untuk sektor industri. Pendekatan sistematis untuk bahan ini dapat melahirkan sektor industri baru sekam padi.

(Mohiuddin, Mohiuddin, Obaidullah, Ahmed, & Asumadu-Sarkodie, 2016), Pakistan telah mengalami krisis energi karena ketergantungannya satu-satunya pada bahan bakar fosil. Pengurangan cadangan bahan bakar fosil lokal telah menyebabkan peningkatan harga, dengan demikian meningkatkan biaya listrik. Karena tarifnya tetap sama, Pakistan dibebani dengan hutang sirkular dan mengamati kekurangan daya harian sekitar 12-14 jam. Menjadi negara Agro-ekonomi, banyak tanaman besar dan kecil diproduksi dan diekspor dalam jumlah besar. Hal ini akan menghasilkan sebagian besar limbah pertanian yang tidak dimanfaatkan. Limbah dapat dimanfaatkan untuk memenuhi permintaan energi negara sambil mengurangi perubahan iklim dan dampaknya. Studi ini meneliti potensi produksi listrik dan manfaat sosial dari sekam padi di Pakistan. Diperkirakan dalam penelitian ini bahwa jika 70% residu sekam padi digunakan, akan ada produksi listrik tahunan sebesar 1.328 GWh dan biaya per unit listrik oleh sekam padi ditemukan pada 47,36 sen / kWh dibandingkan dengan 55,22 sen / kWh listrik yang dihasilkan oleh

batubara. Yang penting, penelitian ini akan meningkatkan kesadaran akan manfaat memanfaatkan limbah pertanian untuk produk-produk bermanfaat seperti silika, dengan beberapa manfaat sosial dan lingkungan seperti pengurangan 36.042 tCO<sub>2</sub>e / tahun metana. Membuang sekam padi telah menjadi masalah, membuang ke tempat pembuangan dan membakar di tempat terbuka udara melepaskan metana ke atmosfer, sehingga berkontribusi terhadap efek rumah kaca dan buruk kualitas udara. Jumlah CO<sub>2</sub> yang dilepaskan ke udara terbuka dengan membakar sekam padi terutama tergantung pada jumlah sekam padi dan fraksi karbon sekam padi. Total karbon dan metana dilepaskan dari pembakaran sekam padi dapat dihitung menggunakan Persamaan (1-3), masing-masing (Mohiuddin et al., 2016).

(Todkar, Deorukhkar, & Deshmukh, 2016). Padi adalah salah satu tanaman utama yang ditanam di dunia. Setelah padi dipisahkan dari gabah, kernel (lambung) dikeluarkan dari sisa gabah. Ini merupakan sekam, sepertiga dari total massa biji-bijian, umumnya disebut sebagai 'sekam padi' atau sekam padi. Sekam padi adalah residu pertanian yang berlimpah tersedia di negara-negara penghasil beras. Sekam padi tahunan yang diproduksi di India umumnya berjumlah sekitar 12 juta ton. Sekam padi umumnya tidak direkomendasikan sebagai pakan ternak karena selulosa dan kadar gula lainnya rendah. Minyak furfural dan dedak padi diekstraksi dari sekam padi. Industri menggunakan sekam padi sebagai bahan bakar di boiler dan untuk pembangkit listrik. Di antara berbagai jenis biomassa yang digunakan untuk gasifikasi, sekam padi memiliki abu tinggi bervariasi dari 18-20%. Silika adalah unsur utama abu sekam padi

yang bervariasi dari 85-95%. Dengan itu kandungan silika kadar abu yang besar dalam sekam padi menjadi ekonomis untuk mengekstrak silika dari abu, yang memiliki pasar luas dan juga mengurus pembuangan abu. Dalam proyek ini dilakukan upaya untuk memperkenalkan proses sederhana untuk memproduksi silika yang diendapkan dari limbah sekam padi ini. Ini memecahkan masalah pembuangan sekam serta produk berharga yang diproduksi darinya. Data eksperimental menunjukkan kinerja yang lebih baik serta implementasi proses industri yang mudah. Silika ( $\text{SiO}_2$ ) adalah salah satu senyawa kimia multiguna anorganik yang berharga. Itu bisa ada dalam gel, bentuk kristal dan amorf. Ini adalah bahan yang paling ditinggalkan di kerak bumi. Namun, pembuatan silika murni membutuhkan banyak energi. Berbagai proses industri, yang melibatkan bahan baku konvensional membutuhkan suhu tungku yang tinggi (lebih dari 700 derajat C). Dalam Proyek kami, dijelaskan proses kimia sederhana yang menggunakan abu sekam padi bahan baku non-konvensional untuk ekstraksi silika. Abu Sekam Padi adalah salah satu bahan baku paling kaya silika yang mengandung sekitar 90-98% silika (setelah pembakaran sempurna) di antara keluarga limbah pertanian lainnya. Sekam padi adalah bahan bakar ketel yang populer dan abu yang dihasilkan biasanya menimbulkan masalah pembuangan. Proses kimia yang dibahas tidak hanya memberikan solusi untuk pembuangan limbah tetapi juga memulihkan silika yang berharga produk, bersama dengan pemulihan rekanan tertentu yang bermanfaat. Pemulihan rekanan lainnya adalah natrium sulfat. Air pencuci effluen yang diperoleh setelah pencucian silika yang diendapkan (wet impure silica) mengandung natrium sulfat. Oleh penguapan air dalam beberapa efek evaporator,

diikuti oleh kristalisasi, filtrasi dan pengeringan, kristal natrium sulfat diperoleh. Abu residu dalam produksi natrium silika dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan yang baik batu bata berkualitas. Natrium silikat yang tertahan dalam abu residu bertindak sebagai pengikat dan dengan penggabungan yang sesuai bahan bata berkualitas tinggi dapat diproduksi. Dari taksiran kasar produksi padi di NTT negara sekitar dua puluh lima juta ton sekam padi diperoleh dari penggilingan padi. Ini biasanya terbakar menghasilkan tumbukan abu di dalam dan sekitar pabrik, menyebabkan masalah kesehatan utama dan polusi. Beberapa kegunaan adalah sebagai berikut:

- a) Penguatan produk elastomer seperti sol sepatu.
- b) Penguatan karet silikon.
- c) Memperkuat material di ban.
- d) Dalam selubung senyawa untuk kabel.
- e) Konstituen perekat untuk pengikatan karet yang tidak divulkanisir dengan tekstil atau tali ban baja.
- f) Dalam termoplastik yang digunakan untuk bertindak sebagai agen anti-pemblokiran dan untuk mencegah efek pelat pada film dan film produksi.
- g) Untuk meningkatkan sifat mekanik lantai PVC.
- h) Sebagai pembawa silika untuk bahan dan sebagai zat aliran bebas untuk formulasi bubuk, terutama dari zat higroskopis dan perekat.
- i) Sebagai adsorben.
- j) Dalam pasta gigi untuk mengontrol sifat reologi dan sebagai zat pembersih.

- k) Silika endapan hidrofobik digunakan dalam efek antifoaming minyak mineral dan minyak silicon.
- l) Pemurnian dan stabilisasi bir.
- m) Analisis darah.
- n) Kosmetik.
- o) Industri makanan sebagai agen anti-caking.
- p) Gel silika yang disiapkan khusus dari silika digunakan untuk membuat bahan insulasi termal.
- q) Sebagai agen penurun kelembaban untuk udara dan gas lainnya.
- r) Sebagai agen penyaringan untuk mengklarifikasi jus.

(Raheem & Kareem, 2017), Sekam padi adalah residu yang tersisa setelah biji dihilangkan. Studi sebelumnya mempertimbangkan konversi sekam padi menjadi bahan yang bermanfaat dengan memasukkan abu ke dalam semen di lokasi. Namun, pencampuran di situs sewenang-wenang. Dalam penelitian ini, dilakukan optimasi campuran abu sekam padi (RHA) di pabrik semen. Empat belas (14) percobaan eksperimental semen RHA-blended dihasilkan dengan menggunakan tiga faktor D-desain optimal (RHA, klinker Semen Portland Biasa (OPC) dan gipsum). Komposisi kimia dari semen RHA, klinker OPC, dan campuran RHA yang dihasilkan ditentukan dengan menggunakan peng analisis fluoresensi sinar-X. Sifat fisik semen campuran RHA yang dihasilkan juga ditentukan. Design-Expert 6.0.8 digunakan untuk mengoptimalkan semen campuran RHA. Komponen campuran optimal untuk produksi semen campuran RHA adalah 12,45% RHA, 83,44% klinker OPC dan 4,11% gipsum. Desain D-optimal efektif dalam meningkatkan sifat semen

campuran RHA. Abu sekam padi (RHA) yang menjadi fokus dalam pekerjaan ini diperoleh setelah membakar sekam padi yang merupakan produk sampingan utama dari industri penggilingan padi. Sekam menutupi butir dan mengandung sekitar 50% selulosa, 25-30% lignin dan 15-20% silica. Kesimpulan, Dari hasil berbagai tes yang dilakukan, kesimpulan berikut dapat diambil: (i) Abu sekam padi (RHA) adalah bahan yang cocok untuk digunakan sebagai pozzolan, karena memenuhi persyaratan untuk bahan tersebut. (ii) Desain D-optimal efektif dalam mengoptimalkan sifat semen campuran RHA. (iii) Optimalisasi numerik menentukan komponen campuran optimal untuk produksi semen campuran RHA menjadi 12,45% untuk RHA, 83,44% untuk klinker OPC dan 4,11% untuk gipsum (Raheem & Kareem, 2017).



## **Styrofoam, Manfaat dan Mudhorat**

---

(Nukmal, Umar, Amanda, & Kanedi, 2018), Telah dilaporkan bahwa Styrofoam dapat dibiodegradasi oleh *Tenebrio molitor* beetle larva dalam waktu retensi kurang dari 24 jam dan larva yang diberi makan hanya dengan Styrofoam mampu bertahan lebih dari sebulan. Pertanyaannya adalah apakah Styrofoam dapat digunakan sebagai pakan ekonomis di budidaya ulat daun?. Untuk menentukan pengaruh produktivitas, pemberian styrofoam pada ulat tepung, larva ( $n = 120$ ) dikelompokkan menjadi tiga. Kelompok 1, 2 dan 3 diberi makan secara rasi dengan rasi

(sebagai standar diet), Expanded Polystyrene (EPS) dan Extruded Polystyrene (XPS) bekas. Pengamatan berlangsung dalam dua tahap. Pada tahap 1, pengukuran dibuat pada persen kelangsungan hidup ulat, berat larva, prepupal periode, periode kepompong, berat kepompong dan berat imago. Pada tahap 2, the imago muncul dari kepompong dipisahkan antara jantan dan betina lalu dikawinkan. Jumlah telur yang diletakkan oleh imago betina dalam sepuluh hari dicatat. Hasil penelitian menunjukkan, dibandingkan dengan diet standar, EPS dan Umpan busa XPS tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap mortalitas larva. Kedua jenis Styrofoam mempromosikan periode signifikan lebih lama prepupal dan pupation dan secara signifikan mengurangi jumlah telur. Dibandingkan dengan ragi dan busa EPS, hanya XPS yang menunjukkan berat larva lebih rendah, pupa dan imago. Dapat disimpulkan bahwa Styrofoam tidak layak pakan ekonomis dalam budidaya ulat kutu. Namun, mengingat bahwa Styrofoam pakan dapat menjaga kehidupan serangga dan menghasilkan telur, penggunaan ulat kutu di degradasi limbah busa polystyrene masih layak dipertimbangkan. Styrofoam mengacu pada Polystyrene yang diperluas (PS) busa biasa digunakan untuk wadah makanan dan minuman seperti gelas dan kotak sekali pakai, atau bantalan bahan dalam kemasan. Karena tingkat daur ulang yang rendah, polystyrene telah mencemari lingkungan, menyebabkan masalah serius ancaman terhadap satwa liar dan kesehatan manusia. Dalam lingkungan, puing busa polystyrene mudah keliru untuk makanan dan akhirnya ditelan oleh satwa liar yang dapat menyebabkan bahaya (ATSDR, 1992; CIWMB, 2004; Lacounty Gove, 2008). Styrene oxide, metabolit reaktif dari styrene, diketahui menunjukkan hasil

karsinogenik positif secara oral paparan bioassays (WHO, 1987). Berbagai upaya untuk menghilangkan dan mendaur ulang styrofoam sampah telah dilakukan, seperti dengan penguburan (mengisi tanah), pembakaran dan penggunaan mikroba pengurai plastik. Namun, penguburan (tanpa kontaminasi, kekurangan UV dan oksigen) membuat busa lebih stabil dan memiliki waktu yang panjang untuk proses degradasi. Padahal pembakaran membutuhkan tinggi suhu (energi tinggi diperlukan) untuk terbakar dengan baik (Derrick, 2010). Di sisi lain, tidak ada Teknik biodegradasi terbukti praktis aplikasi, sehingga direkomendasikan untuk menyaring efisien organisme dan mengembangkan teknologi yang mampu merendahkan plastik secara efisien tanpa mempengaruhi lingkungan (Kale et al., 2015). Kemudian, ada harapan yang menggairahkan untuk limbah PS degradasi setelah Yu Yang dan rekannya menerbitkan temuan penelitian mereka yang sangat berharga dan menjanjikan bahwa busa PS dapat didegradasi oleh kumbang T. Molitor larva, ulat makan. Seperti diberitakan, styrofoam itu efisien terdegradasi di usus larva dalam waktu retensi kurang dari 24 jam dan larva hanya diberi makan dengan styrofoam mampu bertahan selama lebih dari sebulan, sama seperti larva yang diberi makan dengan diet standar (Yang et al., 2015a). Hasil tes antibiotik terhadap aktivitas bakteri usus Larva menunjukkan bahwa ulat makan gentamisin hilang kemampuan untuk mendepolimerisasi PS dan mengisolasi mineral PS menjadi CO<sub>2</sub>. Dapat disimpulkan bahwa kemampuan ulat dalam biodegradasi styrofoam disebabkan oleh peran dan aktivitasnya bakteri usus (Yang et al., 2015). Diberikan T. molitor adalah serangga yang dibudidayakan dan memiliki besar nilai ekonomi, temuan penelitian

tersebut juga menjanjikan manfaat bagi peternak cacing gelang. Seperti yang telah Diindikasikan, budidaya serangga yang dapat dimakan adalah alternatif strategi untuk produksi makanan dan pakan yang kaya protein dengan risiko ekologis yang rendah (Grau et al., 2017). Dalam proses budidaya, seperti bisnis ternak lainnya, pembiakan ulat bulu juga membutuhkan pakan. Di Indonesia, ulat *T. molitor* biasanya diberi makan dengan gandum pollard atau ragi singkong yang difermentasi menyebabkan biaya tinggi dalam proses budidaya (Sitompul, 2006). Khususnya untuk makan ragi, lalat buah (*Drosophila melanogaster*) pada buah anggur diinokulasi dengan ragi roti ditemukan menunjukkan persentase kelangsungan hidup yang tinggi (Becher et al., 2012). Jika limbah busa polystyrene memang bisa dikonsumsi oleh ulat makan tentu biaya budidaya ulat dapat diminimalkan. Untuk menentukan efek produktivitas dari umpan busa PS pada ulat, parameter pertumbuhan, perkembangan dan reproduksi larva yang diberi limbah Styrofoam telah diselidiki. Untuk mengetahui apakah jenis Styrofoam berpengaruh maka dalam penelitian ini Diperluas Polystyrene (EPS) dan Extruded Polyesterene (XPS) adalah bekas. Pernyataan penelitian semacam itu didasarkan pada fakta itu, secara fisik, busa XPS memiliki kepadatan lebih tinggi dan kekuatan tekan dibandingkan EPS (Graham, 2015). Padahal pemberian busa polistiren tidak menunjukkan kematian efek, tetapi limbah busa PS jelas mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan reproduksi ulat makan. Dibandingkan dengan diet standar dan Busa EPS, pemberian XPS menunjukkan hasil terburuk terutama untuk berat larva, berat pupa dan imago berat. Ada beberapa laporan ilmiah yang bisa menjelaskan mengapa pakan standar, terutama ragi, adalah mampu

menghasilkan efek produktivitas yang lebih baik larva. Sel ragi adalah sumber vitamin B, protein, melacak logam dan asam amino yang bisa dengan mudah berasimilasi melalui pencernaan sederhana. Selain itu, ragi mengandung 7,5-8,5% berat nitrogeny kering, sehingga ragi bisa menjadi sumber nitrogen dan lainnya yang lebih baik persyaratan diet (Gibson dan Hunter, 2010). Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa busa PS tidak memiliki efek mematikan pada ulat makan, tetapi jelas tidak bisa menyamakan, apalagi untuk melampaui, efek produktivitas dari diet standar terutama ragi. Disimpulkan bahwa busa PS tidak layak untuk digunakan sebagai pakan ekonomis dalam budidaya ulat daun. Cacing tambang yang diberi pakan busa PS menunjukkan tingkat pertumbuhan dan perkembangan larva, kepompong dan imago yang rendah dan membuat imago menghasilkan jumlah telur yang lebih rendah. Di antara keduanya jenis limbah PS, busa XPS memberikan ukuran produktivitas yang lebih sedikit dibandingkan dengan umpan busa EPS. Namun, mengingat bahwa umpan busa PS dapat mempertahankan kehidupan serangga dan menghasilkan telur, penggunaan ulat bulu dalam degradasi limbah PS masih layak dipertimbangkan.

(Aljaibachi & Callaghan, 2018), mikroplastik (MP) di lingkungan terus menjadi area yang berkembang dalam hal dampak akut dan kronis pada kehidupan air. Sementara peningkatan jumlah penelitian memberikan wawasan penting tentang perilaku dan dampak mikropartikel di lingkungan laut, kurangnya informasi tentang air tawar lingkungan hidup. Studi ini berfokus pada serapan, retensi dan dampak 2 mm anggota parlemen polystyrene di cladoceran air tawar *Daphnia magna* sehubungan dengan makanan asupan (alga *Chlorella vulgaris*), dengan ukuran MP

yang dipilih untuk mendekati sel ukuran alga. Daphnia terpapar berbagai konsentrasi anggota parlemen dan alga. Ketika terkena satu konsentrasi anggota parlemen Daphnia segera memakannya dalam jumlah banyak. Namun, keberadaan ganggang, bahkan pada konsentrasi rendah, pernah terjadi dampak negatif yang signifikan pada serapan MP yang tidak sebanding dengan relative tersedianya. Ketika konsentrasi MP meningkat, asupan tidak jika ganggang hadir, bahkan pada konsentrasi anggota parlemen yang lebih tinggi. Ini menunjukkan bahwa Daphnia secara selektif menghindari makan plastik. Daphnia dewasa yang terpajan pada anggota parlemen selama 21 hari menunjukkan kematian setelahnya tujuh hari paparan di semua perawatan dibandingkan dengan kontrol. Namun signifikan perbedaan semua terkait dengan konsentrasi alga daripada konsentrasi MP. Ini menunjukkan bahwa di mana ada banyak makanan, anggota parlemen memiliki sedikit efek pada orang dewasa. Disana ada juga tidak berdampak pada reproduksi mereka. Tes toksisitas neonatus dikonfirmasi sebelumnya hasil bahwa kematian dan reproduksi dikaitkan dengan ketersediaan makanan dari pada Konsentrasi MP. Ini masuk akal mengingat saran kami bahwa Daphnia selektif menghindari makan mikroplastik. Penelitian Aljaibachi and Callaghan dirancang untuk menentukan efek 2 mm MP pada Daphnia magna di kehadiran ganggang *Chlorella vulgaris*. Ini adalah pendekatan eksperimental dan tidak dimaksudkan untuk mencerminkan konsentrasi lingkungan anggota parlemen. Tidak ada pengukuran yang akurat 2 mm MP di lingkungan air tawar dan ukuran plastik khusus ini dapat dihasilkan baik dari sumber utama seperti kosmetik, atau dari degradasi plastik besar partikel Penyerapan anggota parlemen menurun di hadapan alga dan ekskresi

anggota parlemen berkurang. Konsentrasi anggota parlemen yang tertelan tidak meningkat dengan konsentrasi ketika alga berada tersedia yang menunjukkan bahwa *Daphnia* secara selektif memakan ganggang daripada anggota parlemen. Tes toksisitas kronis (angka kematian dan reproduksi) tidak menemukan efek toksik setelah 96 h paparan meskipun tujuh hari paparan terhadap konsentrasi tinggi anggota parlemen meningkatkan kematian. Ciri-ciri riwayat hidup neonatus (angka kematian, reproduksi dan tingkat pertumbuhan) adalah terutama terkait dengan konsentrasi makanan daripada anggota parlemen yang bisa mengkonfirmasi pilih *Daphnia* partikel makanan daripada anggota parlemen. Studi yang disajikan di sini dilakukan untuk melihat dampak dari anggota parlemen itu sendiri dan dengan demikian hasil kami telah diperoleh dengan anggota parlemen bersih yang belum terpapar kontaminan apa pun. Beberapa anggota parlemen lingkungan cenderung bercampur dengan kontaminan lain yang dapat mengikat mereka dan mengubah toksisitasnya. Oleh karena itu, arah penelitian di masa depan harus mencakup penyelidikan toksisitas anggota parlemen yang dikumpulkan dari lingkungan perairan atau dalam campuran dengan polutan air tawar yang diketahui seperti pestisida.

(Nyambara Ngugi, 2017). Populasi yang tumbuh di Kenya menuntut perluasan fasilitas perumahan. Batu bata tradisional yang terbakar, batu galian, kayu, dan lembaran besi bergelombang tetap menjadi bahan konstruksi yang paling umum digunakan di Kenya. Expanded Polystyrene (EPS) bahan yang berasal dari proses penyulingan minyak mentah dan 100% dapat didaur ulang, merupakan bahan konstruksi alternatif.

Penggunaan Bahan EPS mengurangi laju di mana bahan alami seperti kayu dan batu diekstraksi dari lingkungan mempromosikan pembangunan berkelanjutan. Bangunan EPS cepat dibangun, hemat biaya dan memiliki karakteristik termal cocok untuk daerah dengan kondisi cuaca ekstrem. Secara struktural, bahan EPS telah berkinerja baik untuk level rendah dan tinggi bangunan hingga sepuluh lantai. Di Kenya, kurangnya standar pengaturan dan ketidaksadaran di antara para pemain industri telah terhambat kemampuan beradaptasi bahan bangunan EPS. Makalah ini membahas potensi EPS sebagai bahan konstruksi di Kenya. Ini menyimpulkan bahwa Kenya perlu mengembangkan strategi untuk mempromosikan penggunaan bahan EPS ramah lingkungan.

(Sekhar et al., 2016). Akumulasi limbah elektronik telah meningkat secara dahsyat dan dari berbagai plastik, resinsusi merupakan salah satu bahan buangan yang dibuang di mesin elektronik. Media pengayaan, yang mengandung high impact polystyrene (HIPS) dengan decabromodiphenyl oxide dan sumber karbon asim antimon trioksida, digunakan untuk mengisolasi kultur mikroba. Viabilitas kultur ini dalam media mineral yang mengandung e-plastic dikonfirmasi lebih lanjut dengan uji reduksi triphenyl tetrazolium chloride (TTC). Empat kultur diidentifikasi dengan sekuensing 16S rRNA sebagai *Enterobacter* sp., *Citrobacter sedlakii*, *Alcaligenessp.* dan *Brevundimonas diminuta*. Eksperimen biodegradasi dilakukan dalam level labu dan suplementasi gelatin (0,1% b / v) bersama dengan HIPS telah meningkatkan laju degradasi hingga maksimum 12,4% (b / b) dalam 30 hari. Ini adalah laporan pertama untuk bahan semacam ini. Perbandingan FTIR, NMR, dan analisis TGA film e-plastik asli dan terdegradasi mengungkapkan perubahan struktural di bawah

perawatan mikroba. Intermediate degradasi polistiren dalam supernatan kultur juga terdeteksi menggunakan analisis HPLC. Gravitasi biodegradasi divalidasi oleh perubahan morfologis di bawah mikroskop pemindaian elektron. Semua isolat ditampilkan aktivitas depolymerase untuk mendukung degradasi enzimatik dari e-plastik. Sampel minyak dikumpulkan dari tempat penimbunan plastik di mana kemungkinan penyintas plastik mikroba asli tinggi. Kondisi lingkungan ekstrem yang disediakan oleh berbagai polimer pakta dapat memengaruhi mikroba penghuni untuk menjadi penghancur polimer. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penyaringan yang diperkaya adalah metode seleksi yang sangat efektif untuk mengisolasi bacte-ria yang dapat menurunkan kontaminan lingkungan yang sangat persisten, seperti hidrokarbon polyaromatik (PAH) [16,23]. Setelah penyaringan pengayaan dua langkah, campuran bakteri yang mampu tumbuh dalam media mineral yang mengandung e-plastik sebagai sumber karbon tunggal diperoleh. Biofilm yang melekat pada film plastik dibiarkan tumbuh pada lempeng agar nutrisi dan empat kultur murni (IS01, IS01S, IS011, dan IS02) diisolasi. Semua kultur adalah gram negatif. Saat ini, biodegradasi limbah e-plastik yang ramah lingkungan memiliki relevansi yang signifikan karena efek buruk dari degradasi kimia dan minyak. Dalam penelitian ini, empat strain bakteri pemakan non-pathogenice-plastik berhasil diisolasi dan diidentifikasi. Pengurangan dalam penyerapan puncak karakteristik film plastik dalam hasil FTIR, deteksi intermediet degradasi dalam supernatan kultur, perlekatan kuat sel mikroba pada permukaan film plastik dan perubahan morfologi berikutnya dalam gambarEM mengkonfirmasi proses biodegradasi. Tindakan polimerase adalah faktor

yang berkontribusi dalam proses degradasi. Aspek masa depan dari penelitian ini termasuk pengembangan mikrobialconsortium untuk meningkatkan laju biodegradasi dan untuk mengungkap mekanisme mereka secara rinci.

(Setyowati, 2014). Dunia konstruksi secara langsung atau tidak langsung berkontribusi terhadap degradasi lingkungan yang mengakibatkan global pemanasan dan perubahan iklim. Salah satu contohnya adalah penggunaan semen dalam pembangunan yang telah dipertanggungjawabkan emisi CO<sub>2</sub> terbesar kedua setelah pembangkit listrik, yaitu sekitar 930 juta ton / tahun atau sekitar 7% dari total emisi CO<sub>2</sub>. Dalam mengatasi masalah ini, maka penerapan konsep pembangunan berkelanjutan yang sekarang dikenal sebagai konstruksi hijau telah dilakukan dengan beton modifikasi bahan penyusun. Masalah lain tentang kenaikan harga minyak telah menghasilkan produk bahan konstruksi termasuk material seperti batu bata tanah liat dan sejumlah bahan konstruksi lainnya. Oleh karena itu, penelitian tentang Green-material produk akan memenuhi tantangan aspek ekonomi dan lingkungan. Limbah industri Styrofoam digunakan dalam penelitian ini untuk menghasilkan beton dengan bobot yang ringan dan memiliki ketahanan yang baik terhadap rembesan. Sedangkan penggunaan fly ash dalam penelitian ini dimaksudkan sebagai bahan pengganti semen, penggunaan semen dalam campuran beton dapat dikurangi. Penggunaan fly ash dari pabrik gula Trangkil-Pati, Jawa Tengah, Indonesia pada penelitian sebelumnya merupakan bukti untuk meningkatkan kekuatan tekan beton ringan diproduksi karena mirip dengan fly ash [3]. Kemudian,

konsep pengembangan teknologi Nano akan meningkatkan kualitas kinerja busa-bata.

(Ede, Alegiuno, & Aawoyera, 2014). Penyediaan rumah hunian yang terjangkau bagi massa di negara-negara berkembang telah menjadi fatamorgana selama bertahun-tahun dan masa depan tidak menunjukkan manfaat yang baik karena biaya mengadopsi teknologi bahan beton konvensional semakin meningkat sementara begitu banyak masalah lingkungan seperti perubahan iklim sedang diangkat dalam beberapa waktu terakhir. Untuk menghindari tren penyediaan perumahan yang buruk ini, beberapa bahan dan teknologi konstruksi inovatif sedang diperkenalkan untuk memfasilitasi desain modular yang unik, pengurangan tenaga kerja, penurunan penipisan material yang dapat habis, penghematan waktu dan dana. Salah satu bahan tersebut adalah polistiren yang diperluas. Pengenalan bahan plastik canggih dan khususnya teknologi bangunan polystyrene yang diperluas dalam industri konstruksi Nigeria akan menjadi inisiatif yang sangat berguna dan cemerlang yang akan membantu pengurangan biaya konstruksi dan memfasilitasi akses ke rumah-rumah yang terjangkau bagi massa. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aplikasi bahan plastik inovatif ini di industri bangunan Nigeria dengan perhatian khusus pada persepsi kinerja oleh klien dan pengguna akhir. Sebuah bangunan di mana perluasan teknologi bangunan polystyrene telah banyak digunakan di Abuja dianggap sebagai studi kasus. Kuisisioner dibagikan di antara klien dan penghuni kawasan bangunan dan alat statistik digunakan untuk menganalisis data yang dikumpulkan. Kepuasan yang besar diverifikasi

di antara klien dan penduduk dan kinerja peringkat tinggi dikonfirmasi untuk dapat didaur ulang, keandalan, fleksibilitas dan ketahanan kelembaban dari produk bangunan EPS semua menandakan masa depan yang hebat untuk aplikasi produk bangunan canggih ini di industri bangunan Nigeria.

Castro (2014), Bahan plastik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Mereka mengandung berbagai senyawa dengan massa molekul rendah, termasuk residu polimerisasi monomer dan oligomer, residu bahan kimia terkait pelarut, dan berbagai aditif. Produk plastik yang terbuat dari Expanded Polystyrene (EPS) saat ini digunakan sebagai wadah makanan. Oleh karena itu penelitian ini berusaha mengidentifikasi senyawa organik volatil yang dikeluarkan oleh EPS dari paket makanan dan peralatan yang digunakan di Cartagena, Kolombia. Pelat berbasis EPS, wadah makanan dan sup menjadi sasaran berbagai suhu dan bahan kimia yang dilepaskan ditangkap dengan mikroekstraksi fase padat, diikuti oleh desorpsi termal pada kolom dan analisis kromatografi gas / spektrometri massa. Hasilnya mengungkapkan adanya setidaknya 30 senyawa yang berbeda dalam produk berbasis EPS yang diperiksa; yang paling sering ditemukan adalah benzaldehide, styrene, ethylbenzene dan tetradecane. Pelepasan molekul-molekul ini bergantung pada suhu. Oleh karena itu disarankan untuk mengatur penggunaan produk EPS yang dapat mengalami pemanasan untuk melindungi kesehatan manusia dengan mengurangi paparan bahan kimia ini. Kesimpulannya, produk berbasis EPS yang tersedia di Kolombia melepaskan beberapa bahan kimia saat dipanaskan; beberapa yang paling sering diamati adalah

benzaldehyde, pentadecane, tetradecane, ethylbenzene, cumene, isocumene, acetophenone, 1,3-diphenylpropane, dan styrene. Emisi molekul-molekul ini bergantung pada suhu; oleh karena itu, penggunaan bahan-bahan ini untuk menyimpan makanan dan minuman panas harus dikontrol dengan cermat. Laporan pendahuluan ini cukup untuk mendorong pengembangan kebijakan publik yang bertujuan melindungi orang dari paparan bahan kimia ini. Oleh karena itu, undang-undang wajib harus menetapkan karakteristik kualitas yang sesuai untuk produk berbasis EPS ini.

(Osemeahon, Barminas, & Jang, 2012). Dalam keinginan berkelanjutan kami untuk menemukan metode daur ulang limbah yang sesuai, limbah polistiren diperluas diubah menjadi pengikat cat menggunakan pelarut yang berbeda (seperti bensin, toluena, xylene, CCl<sub>4</sub> dan kloroform). Beberapa properti pengikat yang dikembangkan diselidiki. Properti seperti indeks bias, kepadatan, viskositas, kekeruhan, titik lebur, perpanjangan putus dan penyerapan kelembaban ditemukan bervariasi dari satu pelarut ke yang lain. Pengikat yang dikembangkan dengan bensin, toluena, xilena dan kloroform ditemukan larut dalam air, sedangkan pengikat yang dikembangkan dengan CCl<sub>4</sub> ditemukan tidak larut dalam air. Namun, hanya pengikat yang dikembangkan dengan bensin yang menunjukkan perpanjangan persentase yang cukup pada waktu istirahat dan memproyeksikan limbah polistiren sebagai pengikat potensial untuk formulasi cat emulsi.

(Ibrahim, Bankole, Ma'aji, Ohize, & Abdul, 2013). Penelitian ini dirancang untuk menilai potensi kekuatan bahan polystyrene yang digunakan dalam konstruksi bangunan di distrik Mbora, Abuja. Dua pertanyaan penelitian dirumuskan untuk memandu penelitian. Desain penelitian eksperimental digunakan untuk penelitian ini. Studi ini dilakukan di laboratorium teknologi bangunan, Universitas Teknologi Federal, negara bagian Minna Niger dan lokasi pembangunan perkebunan Citec International, Distrik Mbora, Abuja. Temuan penelitian mengungkapkan antara lain bahwa bahan polystyrene memiliki potensi kekuatan yang baik dalam konstruksi bangunan. Berdasarkan temuan, direkomendasikan juga bahwa harus ada orientasi yang tepat pada penggunaan bahan Expanded Polystyrene (EPS) untuk konstruksi bangunan karena memiliki kualitas yang diperlukan untuk bahan bangunan, pemerintah dan masyarakat Nigeria harus menggunakan Bahan EPS dalam konstruksi rumah karena merupakan bahan bangunan yang kuat dan aman. Pernyataan masalah; setelah manusia memenuhi kebutuhan dasarnya untuk bertahan hidup (makanan, tempat tinggal dan pakaian), dia mulai menyombongkan diri, menunjukkan kemewahan dan nilai estetika padanya. Tetapi orang awam telah gagal untuk mengetahui seberapa baik bahan ini digunakan untuk nilai estetika akan melayani itu. Dan untuk efek ini, begitu banyak rumah yang telah runtuh menyia-nyaikan banyak nyawa dan properti. Pengalaman menunjukkan bahwa, kurangnya penilaian yang efektif terhadap bahan bangunan telah menyebabkan dan menimbulkan banyak risiko pada begitu banyak nyawa dan properti ([6]). Kesalahan ini telah terjadi di masa lalu dan tidak boleh dibiarkan berlanjut terutama karena polystyrene digunakan sebagai bahan

bangunan di distrik Mbora di Abuja, Nigeria. Berdasarkan hal tersebut di atas, penelitian ini dirancang untuk menilai efektivitas bahan polystyrene untuk konstruksi bangunan di distrik Mbora, Abuja, Nigeria.

(Rouabah, Dadache, & Haddaoui, 2012). Efek pendinginan gratis pada sifat-sifat mekanik, termal, dan termofisika polistirena telah diselidiki. Tiga perlakuan termal yang berbeda diselidiki: pendinginan pertama dari keadaan leleh ke suhu yang berbeda, pendinginan kedua dari  $T_g + 7^\circ\text{C}$ , dan akhirnya anil. Hasilnya telah menunjukkan bahwa sedikit peningkatan kekuatan dampak dapat diperoleh setelah pendinginan kedua pada  $40^\circ\text{C}$ , dan korelasi antara sifat mekanik dan termal diamati. Perbaikan dari sifat ini diperoleh dengan mengorbankan sifat-sifat lain seperti modulus elastis, kepadatan, kekerasan, dan panas suhu distorsi (HDT). Sedikit peningkatan kekuatan dampak setelah pendinginan kedua mungkin terkait dengan keberadaan mode relaksasi yang terletak sekitar  $40^\circ\text{C}$ . Namun, tidak ada efek yang ditunjukkan pada sifat termofisika. Kepadatan, modulus elastisitas, modulus lentur, Kekerasan, dan HDT. Evolusi kepadatan, modulus elastisitas, modulus lentur, kekerasan, dan HDT atas suhu pendinginan kedua. Properti ini mencapai minimum pada suhu pendinginan kedua  $40^\circ\text{C}$ . Nilai kerapatan minimum diamati selama satu detik suhu pendinginan  $40^\circ\text{C}$  dan dikaitkan dengan peningkatan volume gratis. Peningkatan gratis volume mengarah ke mobilitas rantai yang lebih tinggi yang menjelaskan peningkatan kekuatan dampak Izod yang sebelumnya diamati. Selain itu, kekuatan dampak Izod lebih tinggi setelah sedetik padam pada  $40^\circ\text{C}$  daripada setelah pendinginan pertama

pada 0°C. Ini mungkin langsung dikaitkan dengan peningkatan lebih besar dari volume bebas yang diinduksi pada pendinginan kedua.

(Nassar, Kabel, & Ibrahim, 2012). Expanded polystyrene (EPS) banyak digunakan dalam industri, sebagai bahan pengemas, bahan konstruksi, dan dalam rumah tangga peralatan. Sebaliknya, limbah mereka (WPS) memiliki efek lingkungan yang mengganggu. Jadi, dalam penelitian kami, bertujuan untuk menggunakan kembali (WPS) sebagai produk efektivitas; (WPS) digunakan untuk meningkatkan kinerja aspal campuran panas. Peningkatan kinerja aspal lokal; tingkat penetrasi (60/70), dicampur dengan berbagai persentase (WPS; M.wt. = 77.000) 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6%. Sifat fisik aspal yang dimodifikasi dan tidak dimodifikasi; Nilai penetrasi, titik pelunakan, Viskositas absolut pada 60 ° C, Viskositas kinematika pada 135 ° C, dan Durabilitas dievaluasi melalui tes Marshall. Morfologi diperiksa oleh mikroskop optik (OM). Hasil terbaik dicatat untuk aspal modifikasi polimer (PMA) yang mengandung (5% WPS). Jumlah itu meningkatkan kemampuan kerja dan meningkatkan ketahanan terhadap deformasi campuran beton aspal. Termal properti untuk PMA diselidiki oleh Thermal Gravimetric Analysis (TGA). Kesimpulan hasil penelitiannya menunjukkan sifat mekanik dari aspal dasar sebagai pengikat sangat dipengaruhi oleh penambahan polimer WPS. Analisis menunjukkan bahwa, viskositasnya signifikan meningkat pada suhu 60 ° C dan 135 ° C (42% dan 137% masing-masing), suhu pelunakan meningkat 18 ° C dari pengikat aspal dasar, penetrasi menurun sebesar 29,5%. Semua pengikat yang dimodifikasi memberikan nilai stabilitas yang lebih tinggi, peningkatan rongga udara dan sedikit penurunan aliran.

Itu sifat morfologis dari PMA membuktikan kompatibilitas antara polimer dan matriks aspal. Di Secara umum, strategi di balik memodifikasi aspal adalah bergantung pada aspal dasar untuk memberikan suhu rendah yang baik properti sementara tergantung pada pengubah untuk memberikan yang baik sifat suhu tinggi. Di sisi lain untuk menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh besarnya produksi WPS dan menggunakannya dalam aplikasi industri.

(Amirshaghghi et al., 2011). Migrasi monomer styrene dari piringan polystyrene (PS) dilakukan selama ini penelitian pada suhu 5, 20, dan 40 ° C. Menurut Makanan dan Obat-obatan Peraturan Administrasi (FDA), percobaan ini dilakukan dalam kontak dengan 10% etanol sebagai simulan makanan untuk emulsi minyak dalam air (o / w). Masakan itu diisi masing-masing suhu yang ditentukan dan disimpan selama 35 hari. Secara relatif dekat Interval (1, 7, 15, 24, dan 35 hari) jumlah migrasi yang terjadi adalah ditentukan dengan cara Kepala Spektrometri Kromatografi Gas Ruang (HSGC-NONA). Dengan meningkatkan waktu penyimpanan dan suhu, jumlah migrasi menjadi meningkat dan setiap saat dan suhu monomer stirena terdeteksi. Selain itu, model matematika berdasarkan hukum kedua Fick divalidasi menjadi memprediksi migrasi dari bahan kemasan ke etanol 10%. Difusi yang dihasilkan koefisien adalah  $3,6 \times 10^{-18}$ ,  $4,9 \times 10^{-18}$ , dan  $6 \times 10^{-18}$  ( $m^2 / s$ ) dalam 5, 20 dan 40 ° C masing-masing. Kesimpulan; Dalam penelitian ini, styrene monomer dipilih karena sifat toksikologisnya monomer dan 10% etanol dipilih sebagai a pengganti emulsi O / W menurut FDA. Seperti yang diharapkan, migrasi itu meningkat dengan bertambahnya waktu dan suhu percobaan. Yang

jenis koefisien difusi juga dihitung dalam tiga suhu yang ditentukan yang dekat untuk data yang dilaporkan oleh Murphy et al. pada 8% etanol [11]. Apalagi matematika Model berdasarkan hukum kedua Fick adalah divalidasi untuk memprediksi tingkat migrasi dari bahan pembungkus menjadi makanan tiruan. Sangat cocok di antara keduanya nilai eksperimental dan prediksi adalah diperoleh yang memungkinkan penggunaannya untuk memprediksi migrasi setiap saat.

(García, Gracia, Duque, Lucas, & Rodríguez, 2009), Pembubaran dengan pelarut yang sesuai adalah salah satu proses termurah dan lebih efisien untuk polystyrene penanganan limbah. Dalam karya ini kelarutan busa polistiren dalam beberapa pelarut benzena, toluena, xylene, tetrahydrofuran, chloroform, 1,3-butanediol, 2-butanol, linalool, geraniol, d-limonene, p-cymene, terpinene, phellandrene, terpineol, menthol, eucalyptol, cinnamaldheyde, nitrobenzene, N, N-dimethylformamide dan air telah ditentukan. Hasil percobaan telah menunjukkan bahwa untuk mengembangkan "proses hijau" konstituen minyak esensial, dlimonene, p-cymene, terpinene, phellandrene, adalah pelarut yang paling tepat. Tindakan pelarut ini tidak menghasilkan degradasi rantai polimer. Kelarutan polimer dalam hal tersebut. pelarut pada suhu yang berbeda telah diselidiki. Pelarut dapat didaur ulang dengan mudah distilasi. Kesimpulan hasil penelitiannya menunjukkan beberapa pelarut dengan karakteristik berbeda telah diuji sebagai agen disolusi untuk XPS. Kelarutan polimer dalam pelarut dipengaruhi oleh polaritas. Kecenderungan polimer untuk larut lebih baik dalam pelarut non polar yang secara kimia dan fisik paling mirip dengan XPS, meskipun pelarut polar juga bisa digunakan untuk proses daur ulang jika mereka tidak

memiliki kecenderungan yang jelas untuk membentuk ikatan hidrogen. Limonene, terpinene, cymene, phellandrene, dan cinnamaldheyde menunjukkan properti yang cocok untuk daur ulang XPS. Ini Senyawa adalah konstituen dari minyak atsiri dan, karenanya, alami pelarut. Kelarutan XPS dalam pelarut ini meningkat seiring dengan suhu demikian tetapi pada suhu yang lebih tinggi digunakan dalam hal ini mempelajari sedikit degradasi rantai polimer yang diproduksi. Di setiap negara atau wilayah pilihan terbaik akan bervariasi tergantung pada ketersediaan komersial dan harga pelarut alami ini di bagian dunia itu. Pelarut dapat dengan mudah didaur ulang dengan distilasi memperoleh polimer daur ulang berkualitas sangat baik. Styrene terutama digunakan dalam produksi plastik dan resin polystyrene. Paparan akut (jangka pendek) untuk styrene pada manusia menghasilkan selaput lendir dan iritasi mata, dan efek gastrointestinal. Kronis (jangka panjang) paparan styrene pada manusia menghasilkan efek pada sistem saraf pusat (CNS), seperti sakit kepala, kelelahan, kelemahan, dan depresi, disfungsi CSN, gangguan pendengaran, dan neuropati perifer. Studi pada manusia tidak dapat disimpulkan tentang efek reproduksi dan perkembangan styrene; beberapa penelitian tidak melaporkan peningkatan efek perkembangan pada wanita yang bekerja di industri plastik, sementara seorang wanita peningkatan frekuensi aborsi spontan dan penurunan frekuensi kelahiran dilaporkan pada kasus lain belajar. Beberapa studi epidemiologi menunjukkan mungkin ada hubungan antara paparan styrene dan peningkatan risiko leukemia dan limfoma. Namun, bukti tidak dapat disimpulkan karena membingungkan faktor-faktor. EPA belum memberikan klasifikasi karsinogen formal untuk styrene.

(Nassar et al., 2012), styrofoam banyak digunakan oleh industri dan manufaktur sebagai bahan pengemas, bahan konstruksi, dan untuk perabotan dalam rumah tangga. Sebaliknya, limbah mereka memiliki efek lingkungan yang mengganggu. Solusinya adalah dengan cara menggunakan kembali sebagai produk efektif dan digunakan untuk meningkatkan kinerja aspal campuran panas. Uji toksisitas kronis pada sampah styrofoam tidak ditemukan efek toksik terhadap jumlah kematian dan reproduksi algae setelah 96 jam terjadi paparan meskipun tujuh hari paparan semakin meningkat angka kematiannya (Aljaibachi & Callaghan, 2018). Salah satu upaya penanggulangan pencemaran lingkungan oleh kegiatan industry manufaktur di Kenya, sampah plastic polystyrene telah dimanfaatkan untuk pembuatan bahan bangunan atap rumah (Nyambara Ngugi, 2017). Hal yang sama (Ede et al., 2014) menyatakan bahwa pemanfaatan sampah Styrofoam sebagai bahan baku pembantu pembuatan bangunan rumah telah banyak diwujudkan di Nigeria. Beberapa bahan dan teknologi konstruksi inovatif yang diperkenalkan mendukung desain modular yang unik, pengurangan tenaga kerja, pengurangan penggunaan material yang tidak dapat diperbarui, menghemat waktu dan biaya. Salah satu bahan tersebut adalah pengembangan pemanfaatan limbah polystyrene. Pengenalan bahan plastik canggih dan khususnya teknologi bangunan polystyrene yang dikembangkan dalam industri konstruksi Nigeria telah menjadi inisiatif yang sangat berguna dan cemerlang yang dapat membantu pengurangan biaya konstruksi. (Setyowati, 2014), limbah industri berupa Styrofoam telah diterapkan dalam penelitiannya untuk menghasilkan beton dengan bobot yang ringan dan memiliki ketahanan yang baik terhadap rembesan.

Hasil penelitian mengungkapkan bahwa bahan polystyrene memiliki potensi kekuatan yang baik dalam konstruksi bangunan (Ibrahim et al., 2013). Akumulasi limbah elektronik telah meningkat secara dahsyat dari berbagai jenis plastik termasuk polystyrene yang berasal dari bungkus produk barang elektronik (Sekhar et al., 2016). Biodegradasi sampah plastik yang ramah lingkungan memiliki relevansi yang signifikan karena efek buruk dari degradasi kimia dan minyak. Ocampo & Clark, (2015) menekan kekhawatiran tentang keberlanjutan produk dan proses telah memaksa manufaktur untuk berpindah dari membuat keputusan berbasis ekonomi semata ke tujuan yang lebih holistik yang mencakup perspektif ekonomi, social, budaya dan lingkungan hidup. Segudang penelitian di bidang ini difokuskan pada menciptakan peluang yang akan meminimumkan dampak negative dari kegiatan manufaktur terhadap lingkungan alam dan masyarakat. Praktik manufaktur yang berkelanjutan secara tradisional dianggap oleh perusahaan sebagai beban dan mengurangi peluang keuntungan serta in-efficiency dari perusahaan, namun, pengurangan biaya operasi dan kepuasan karyawan yang meningkat menjadi manfaat dari perusahaan ketika inisiatif tersebut berhasil dilaksanakan (Nordin, Ashari, & Rajemi, 2014). Disarankan untuk melakukan perbandingan belajar untuk memastikan perbedaan yang signifikan di antara perusahaan dalam menerapkan praktik manufaktur berkelanjutan. Jawahir, Badurdeen, & Rouch (2013), dalam konteks manufaktur, menciptakan nilai berkelanjutan membutuhkan produk, proses, dan inovasi tingkat sistem untuk memungkinkan aliran material loop tertutup yang berdekatan di beberapa siklus kehidupan. Dibutuhkan pemahaman tentang interaksi yang kompleks dalam sistem

sosio-teknis dengan lingkungan alam untuk memunculkan sintesis sehingga penciptaan nilai berkelanjutan dapat terjadi secara harmonis dan berkesinambungan. Manufaktur berkelanjutan yang inovatif dapat menjadi mesin pendorong pertumbuhan ekonomi berkelanjutan, dan tidak saja mempromosikan ekonomi pertumbuhan, tetapi juga mendorong peningkatan kesejahteraan sosial dan praktik-praktik sadar lingkungan. Untuk meningkatkan derajat manufaktur berkelanjutan, maka sangat dibutuhkan inovasi produk, proses, sistem input dan output produk di seluruh aras siklus hidup. Deif (2011), menyajikan model sistem untuk paradigma manufaktur hijau, model ini menangkap berbagai kegiatan perencanaan untuk merubah dari yang kurang hijau menjadi manufaktur yang lebih hijau dan lebih ramah lingkungan. Model yang diusulkan adalah pendekatan kualitatif komprehensif untuk merancang dan meningkatkan nilai sistem manufaktur hijau serta peta jalan untuk penelitian kuantitatif di masa depan guna mengevaluasi paradigma baru ini.

## **BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**



### **Tujuan Penelitian**

---

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan/memperoleh inovasi teknologi dan material ramah lingkungan untuk digunakan sebagai bahan baku pembantu produksi pada industry manufaktur.
2. Tujuan jangka panjang untuk menciptakan dan mewujudkan system operasional manufaktur berkelanjutan (*sustainability*), dengan memanfaatkan sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) dan menghasilkan produk barang yang dapat diterima oleh seluruh konsumen dunia (*economy*) serta produk pascapakai tidak mencemari lingkungan, dampak penurunan derajat kesehatan masyarakat dapat diminimumkan (*social*).
3. Tujuan jangka menengah adalah untuk mengarahkan pebisnis manufaktur untuk ikut bertanggungjawab atas produk yang diproduksinya, dan bertanggungjawab terhadap sumber daya alam yang dimanfaatkannya sebagai bahan baku produksi (*environmental stewardship*).
4. Tujuan jangka pendek riset ini adalah untuk merancang dan membangun model material limbah sekam (*rice husk*) sebagai pengganti bahan *Styrofoam* yang biasa digunakan manufaktur.



## Manfaat Penelitian

---

Manfaat hasil penelitian ini adalah untuk memenuhi tuntutan masyarakat global akan produk industry manufaktur yang ramah lingkungan, dengan karakteristik:

1. Penelitian ini sebagai Riset Unggulan Inovasi Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta dalam melaksanakan Visi Bela Negara pada Pengembangan Manufaktur Berkelanjutan / Industri-Manufaktur Ramah Lingkungan.
2. Penelitian ini dimaksud untuk memanfaatkan sumber daya alam **terbarukan** (*renewable resources uses*) dalam setiap bahan baku yang akan digunakan oleh kegiatan industri/ manufaktur untuk memproduksi barang yang ramah lingkungan dan tidak merusak tatanan lingkungan hidup dan tidak menguras ketersediaan bahan baku dari sumber daya alam dan lingkungan hidup.
3. Substitusi Material Terbarukan untuk Pengembangan Industri Manufaktur Berkelanjutan (*sustainable manufacturing*) yang mendukung harapan dunia terhadap implementasi SDGs.

## **BAB 4. METODE PENELITIAN**

(Yuan et al., 2012), kerangka kerja pendukung keputusan untuk manufaktur yang ramah lingkungan menggunakan metode uji coba. Pendekatan sistem ini mempertimbangkan tiga komponen manufaktur: teknologi, energi dan material, yang dapat digunakan untuk meningkatkan keberlanjutan manufaktur. Dengan cara mengurangi sumber dampak lingkungan dari kegiatan manufaktur. (Deif, 2011), pada metode uji dan coba, bila suatu rancangan gagasan teknologi atau material yang dibuat menghasilkan produk teknologi yang tidak sesuai dengan rencana atau terjadi kesalahan teknologi, maka segera dilakukan rancangan ulang dan melakukan pengujian-pengujian terhadap material bahan baku yang digunakan pada proses produksi.

Metode yang akan digunakan dalam upaya pencapaian tujuan riset ini pada dasarnya menggunakan 2 (dua) metode riset yaitu; metode survey dan metode uji dan coba (*trial and error*). Metode riset survey digunakan untuk mengumpulkan data dan informasi tentang fakta dan permasalahan serta analisisnya, sedangkan metode uji dan coba (*trial and error*) digunakan untuk menjelajah (*explore*) rancangan ide/gagasan/rencana yang dibuat langsung dan diikuti dengan pengujian-pengujian secara kuantitatif dan kualitatif. Pada metode uji dan coba (*trial and error*), bila suatu rancangan ide/gagasan/rencana teknologi atau material yang dibuat menghasilkan produk teknologi yang tidak sesuai dengan rencana atau terjadi kesalahan teknologi, maka segera dilakukan rancangan ulang dan

melakukan pengujian-pengujian terhadap teknologi atau material tersebut.



## Metode *Survey*

---

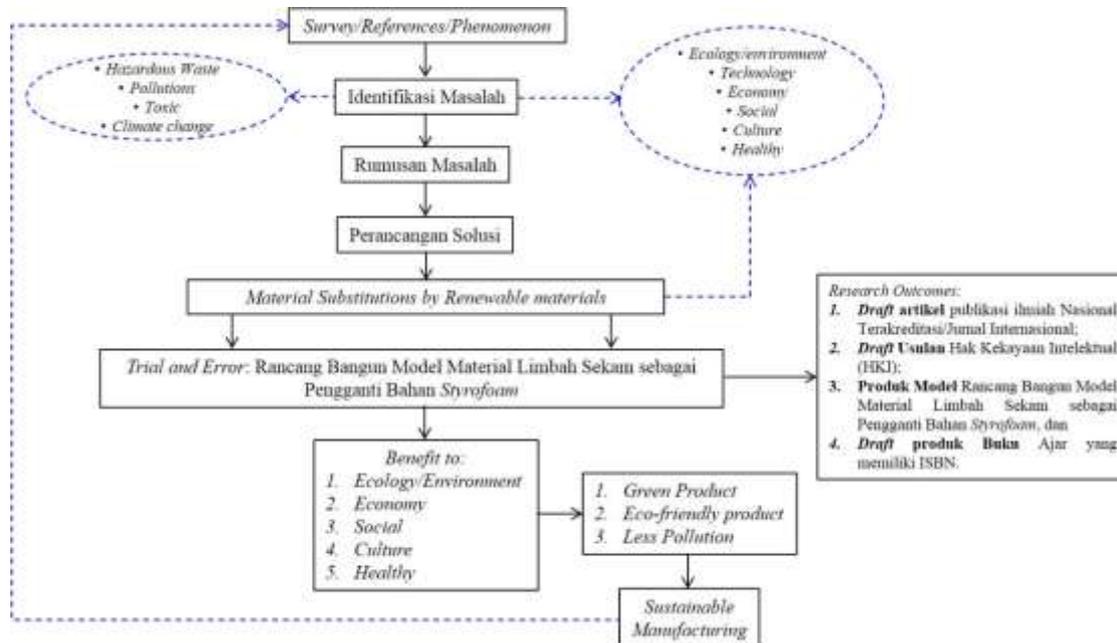
Metode riset *survey* dilakukan untuk meneliti dan mengumpulkan data tentang fakta dan permasalahan serta analisisnya. Sampling riset dilakukan pada tiga wilayah riset yaitu: wilayah Kabupaten Tangerang, Kabupaten Bekasi dan Kabupaten Bogor.



## Metode Uji-Coba

---

Metode metode uji dan coba (*trial and error*) digunakan untuk menjelajah (*explore*) rancangan ide/gagasan/rencana yang dibuat langsung dan diikuti dengan pengujian-pengujian secara kuantitatif dan kualitatif. Pada metode uji dan coba (*trial and error*), bila suatu rancangan ide/gagasan/rencana teknologi atau material yang dibuat menghasilkan produk teknologi yang tidak sesuai dengan rencana atau terjadi kesalahan teknologi, maka segera dilakukan rancangan ulang dan melakukan pengujian-pengujian terhadap teknologi atau material tersebut sehingga dapat diaplikasikan oleh masyarakat industri.

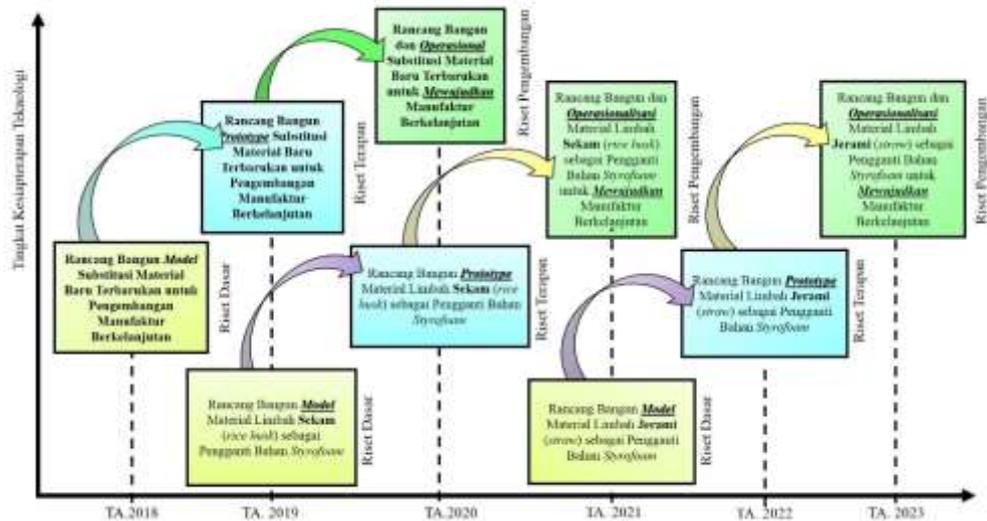


**Gambar 4.1** Metode dan Mekanisme Riset Rancang Bangun Model Material Limbah Sekam Sebagai Pengganti Bahan Styrofoam

Didasarkan atas fenomena kehidupan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, perusahaan industry manufaktur meresponnya dengan berbagai produk yang dihasilkannya. Tidak jarang produk yang dipasarkan menimbulkan masalah pada lingkungan hidup berupa sampah yang muncul menyertai produk yang dipasarkan, seperti bungkus plastic, kemasan plastic, dan ganjalan plastic *styrofoam* pada kemasan barang-barang elektronik. Setelah dilakukan perumusan masalah dan pencarian factor penyebabnya, maka dibuatlah mekanisme perancangan solusi mengatasi masalah melalui proses-proses riset dan percobaan. Riset *trial and error* rancang bangun model material limbah sekam sebagai pengganti bahan *styrofoam* dilakukan untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan oleh material *styrofoam* yang dapat memperburuk kualitas lingkungan kehidupan.

### Peta Jalan Riset (*research roadmap*)

Arah jalan riset akan dijelaskan melalui gambar/skema peta jalan riset (*research roadmap*) berbasis sampah organik.



**Gambar 4.2.** Peta Jalan Riset (*research roadmap*)



## Rancangan Percobaan Penelitian

---

Usulan riset ini akan berlangsung mengikuti peta jalan riset (*research roadmap*) berbasis sampah organik sebagaimana dituangkan pada Gambar di atas. Pada tahun anggaran dan kegiatan riset tahun 2019 akan dilakukan riset dengan topic: Rancang Bangun **Model** Material Limbah **Sekam** (*rice husk*) sebagai Pengganti Bahan *Styrofoam*. Kemudian, pada tahun anggaran dan kegiatan berikutnya yaitu rencana riset tahun 2020 akan dilakukan riset lanjutan dengan topic: Rancang Bangun **Prototype** Material Limbah **Sekam** (*rice husk*) sebagai Pengganti Bahan *Styrofoam*. Selanjutnya, pada tahun anggaran dan kegiatan berikutnya yaitu rencana riset tahun 2021 akan dilakukan riset lanjutan dengan topic: Rancang Bangun dan **Operasionalisasi** Material Limbah **Sekam** (*rice husk*) sebagai Pengganti Bahan *Styrofoam* untuk **Mewujudkan** Manufaktur Berkelanjutan.

**Tabel 4.1.** Matriks Percobaan Model Sekam:

	$T + P_1 + A + t_1$	$T + P_2 + A + t_1$	$T + P_3 + A + t_1$
M <sub>1</sub>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
M <sub>2</sub>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
M <sub>3</sub>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>
M <sub>4</sub>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>

	$T + P_1 + A + t_2$	$T + P_2 + A + t_2$	$T + P_3 + A + t_2$
M <sub>1</sub>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
M <sub>2</sub>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
M <sub>3</sub>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
M <sub>4</sub>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>

	$T + P_1 + A + t_3$	$T + P_2 + A + t_3$	$T + P_3 + A + t_3$
$M_1$	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
$M_2$	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
$M_3$	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>
$M_4$	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>

	$T + P_1 + A + t_4$	$T + P_2 + A + t_4$	$T + P_3 + A + t_4$
$M_1$	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>
$M_2$	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
$M_3$	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>
$M_4$	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>66</b>

	$T + P_1 + A + t_5$	$T + P_2 + A + t_5$	$T + P_3 + A + t_5$
$M_1$	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>
$M_2$	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>
$M_3$	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
$M_4$	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>

	$T + P_1 + A + t_6$	$T + P_2 + A + t_6$	$T + P_3 + A + t_6$
$M_1$	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>
$M_2$	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>
$M_3$	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>
$M_4$	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>72</b>

Notasi rancangan percobaan dengan variasi percobaan penelitian Model Sekam:

- a. Material (M): 4 Variasi ( $M_1 = 100$  gram,  $M_2 = 110$  gram,  $M_3 = 120$  gram,  $M_4 = 130$  gram)
- b. Time (t): 5 Variasi ( $t_1 = 60^\circ$ ,  $t_2 = 90^\circ$ ,  $t_3 = 120^\circ$ ,  $t_4 = 150^\circ$ ,  $t_5 = 180^\circ$ )
- c. Temperature (T): 1 x  $250^\circ\text{C}$
- d. Adhesive (A): 1 x 15 gram



**Gambar 5.1.** Limbah Sekam (kiri) sebagai Material Substitusi Styrofoam (kanan)



**Gambar 5.2.** Model Material Sekam dan Styrofoam

## **BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN**



### **Material Terbarukan**

---

Material terbarukan adalah material yang dapat memperbarui dirinya secara alamiah seperti vegetasi dan hewani. Material vegetasi yang dipergunakan oleh manufaktur adalah material kapas atau *cotton* untuk diproduksi menjadi benang, kain, baju, sepatu, tas, jacket, ikat pinggang dan lain sebagainya. Material yang bersumber dari hewani seperti kulit sapi untuk alas kaki, sepatu, tas, *jacket*, ikat pinggang dan lain sebagainya. Material baru terbarukan merupakan sumber daya alam yang bisa diperbarui oleh dirinya sendiri secara alamiah, dan merupakan material yang belum pernah dipergunakan sebelumnya untuk berbagai keperluan manufaktur. Pengganti bahan bakar solar dari vegetasi adalah minyak sawit yang dikenal sebagai *bio-fuel*. Vegetasi merupakan salah satu jenis vegetasi yang dapat dijadikan sebagai material baru terbarukan dalam penelitian ini adalah sekam, dimana sumber daya alam ini dapat dijadikan sebagai material dasar untuk mengganti material sintetik yang selama ini dipergunakan oleh manufaktur untuk dijadikan sebagai bagian dari pengemas produk barang (*packaging*) elektronik. Limbah vegetasi sekam adalah material yang diperoleh sesaat setelah dipanen, sering digunakan untuk membuat pakan ternak, bahan baku konstruksi dan media tanaman. Mohiuddin (2014), beberapa negara telah mengembangkan pemanfaatan limbah sekam menjadi bio-product seperti; serat untuk pembuatan benang, kain, pupuk, makanan ikan, bio-kimia, kertas, produk kerajinan

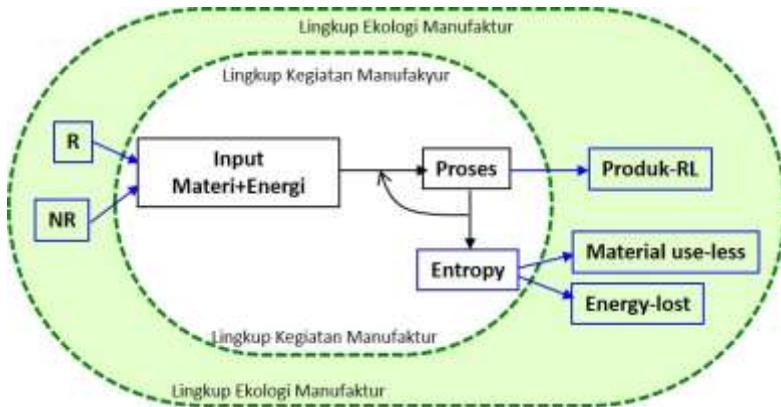
tangan dan lain sebagainya. Mohiuddin (2014), sifat fisika-kimia material sekam meliputi; komposisi *cellulose* (50-60%), *hemicelluloses* (25-30%), *pectin* (3-5%), *lignin* (12-18%), *water soluble materials* (2-3%), *fat and wax* (3-5%) and *ash* (1-1.5%).



## Sistem Manufaktur

---

System manufaktur menggunakan material *Styrofoam* sebagai bahan baku utama maupun sebagai bahan baku pembantu proses produksi. Sistem tersebut terdiri atas sub-sistem *input*, sub-sistem proses, sub-sistem *output*, dan sub-sistem limbah (*entropy*). Pada metabolisme manufaktur yang memproduksi barang elektronik *rice cooker* misalnya, bahan baku utama sebagai sub-sistem *input* adalah logam besi, zeng, plastic dan kapasitor pemanas. Sedangkan bahan baku pembantu untuk kemasan menggunakan bahan *Styrofoam*, kertas, kardus dan plastik. Terkait dengan sistem keberlanjutan manufaktur, maka dalam hal penggunaan material *styrofoam* adalah sesuatu yang telah dilarang penggunaannya oleh *environmental protection agency* (EPA) karena produk yang menggunakan material ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.



**Gambar 5.3.** Sistem Entropy Manufaktur

Entropi kegiatan manufaktur dapat berupa *material useless* dan *energy lost*. *Material useless* dari proses kegiatan manufaktur adalah limbah padat (sampah), limbah cair maupun berbentuk gas. *Energy lost* yang ditimbulkan oleh kegiatan manufaktur yang dilepas ke lingkungannya dapat berupa; panas, bising, getaran, radiasi, dan bau.

Setiap kegiatan manufaktur dapat dipastikan menimbulkan limbah dan pencemar lingkungan sebagai entropy, dan entropy inilah yang menimbulkan dampak negative terhadap lingkungan hidup. Tergantung pada jenis material yang digunakan oleh industri manufaktur, jika material bahan baku yang digunakan sebagai input bersifat sintetis, maka produk yang diterima konsumen juga bersifat sintetis yang tidak mudah terurai dalam tanah pada saat produk tersebut menjadi sampah.

Hasil pengamatan pada berbagai jenis industri dan manufaktur yang menggunakan material *styrofoam* sebagai bahan baku utama maupun

sebagai bahan baku pembantu proses produksi diperoleh data dan informasi sebagai berikut.

Pada industry manufaktur barang elektronik rice cooker misalnya, bahan baku utamanya adalah logam besi, zeng, plastic dan kapasitor pemanas. Sedangkan bahan baku pembantu untuk kemasan menggunakan bahan Styrofoam dan kertas kardus. Terkait dengan *sustainability*, maka penggunaan material styrofoam adalah sesuatu yang telah dilarang penggunaannya oleh *environmental protection agency* (EPA) yaitu badan dunia yang melindungi lingkungan hidup dari kerusakan dan pencemaran.



**Gambar 5.4.** Kegiatan Industri Manufaktur Menggunakan Material *Styrene/Styrofoam*



**Gambar 5.5.** Kegiatan Industri Manufaktur Menggunakan Material *Styrene/Styrofoam*



**Gambar 5.6.** Produsen *Styrene/Styrofoam*



**Gambar 5.7.** Produsen *Styrene/Styrofoam*



**Gambar 5.33.** Produk *Styrene/Styrofoam* Siap Dipasarkan



**Gambar 5.8.** Industri Manufaktur Pengguna *Styrene/Styrofoam*



## Substitusi Material Input Manufaktur

---

Substitusi material input manufaktur yang masih menggunakan sumber daya alam tak terbarukan seperti *Styrofoam* sebagai bahan baku pembantu pembuatan kemasan barang elektronik seperti; *Styrofoam* ganjalan kemasan televisi, *Styrofoam* ganjalan kemasan rice cooker, *Styrofoam* ganjalan kemasan washer, *Styrofoam* ganjalan kemasan oven, *Styrofoam* ganjalan kemasan dispenser, *Styrofoam* ganjalan kemasan mesin pompa air dan *Styrofoam* kemasan barang elektronik lainnya. Material pengganti styrofoam yang digunakan pada penelitian ini adalah sekam padi. Sekam padi direkayasa menjadi pengganti material *Styrofoam* yang biasanya dipakai oleh manufaktur barang elektronik tersebut di atas. Sehingga produk manufaktur Nasional diharapkan dapat memenuhi tuntutan masyarakat pasar global yang ramah lingkungan dapat dipenuhi dan manufaktur dapat dikembangkan menjadi manufaktur berkelanjutan (*sustainable manufacturing*). Model material dengan rancangan percobaan  $M_4 + T + P_3 + A + t_6$  ternyata dapat menjadi model yang memiliki karakteristik sifat fisik yang hampir sama dengan sifat fisik material *Styrofoam*. Karakteristik sifat fisik model yang sama meliputi tingkat kekerasan material, tingkat kekenyalan dan ringan. Keberlanjutan manufaktur memanfaatkan model material ini dapat diperoleh dari sifat alamiah material sekam yang mudah terurai dalam tanah sewaktu menjadi sampah, sehingga aman bagi lingkungan dan menjadi material yang ramah lingkungan.

Uji coba rancang bangun model substitusi material baru terbarukan guna pengembangan manufaktur berkelanjutan **telah berhasil** dilaksanakan dengan tingkat ketercapaian kinerja penelitian sebesar 95%. Model yang memiliki karakteristik sifat fisik yang mendekati sama dengan sifat fisik material *Styrofoam* adalah  $M_4 + T + P_3 + A + t_6$ . Semakin besar ukuran material pada percobaan maka semakin besar kemungkinan kegagalan hasil penelitian. Model yang gagal pada percobaan ternyata dapat digunakan kembali sebagai bahan baku percobaan berikutnya untuk pembuatan model yang sama. Material sekam mudah diurai secara alamiah oleh mikro organisme dalam tanah sehingga material ini menjadi sampah yang tidak akan mengganggu lingkungan kehidupan. Sedangkan material *Styrofoam* tidak mampu diurai oleh mikro organisme dalam tanah, sehingga material ini menjadi sampah yang dapat mengganggu lingkungan kehidupan. Dengan demikian maka model material Sekam dapat digunakan sebagai bahan pengganti *Styrofoam* yang lebih ramah lingkungan dibanding penggunaan material *Styrofoam* itu sendiri.



## Dampak Sampah Plastik Styrofoam

---

Tumpukan sampah plastic Styrofoam di lingkungan permukiman, perkantoran dan industry manufaktur dapat menimbulkan dampak penurunan kualitas lingkungan. Penurunan kualitas lingkungan hidup akibat menumpuknya sampah plastic Styrofoam berupa; buruknya estetika lingkungan, mengganggu sanitasi lingkungan, mencemari air tanah, mencemari tanah dan tumbuhan, serta dapat mempengaruhi kualitas udara lingkungan kehidupan.



**Gambar 5.9.** Sampah *Styrofoam* pada Tempat Pembuangan Sementara



**Gambar 5.10.** Tumpukan Sampah *Styrofoam* di Pintu Air Sungai



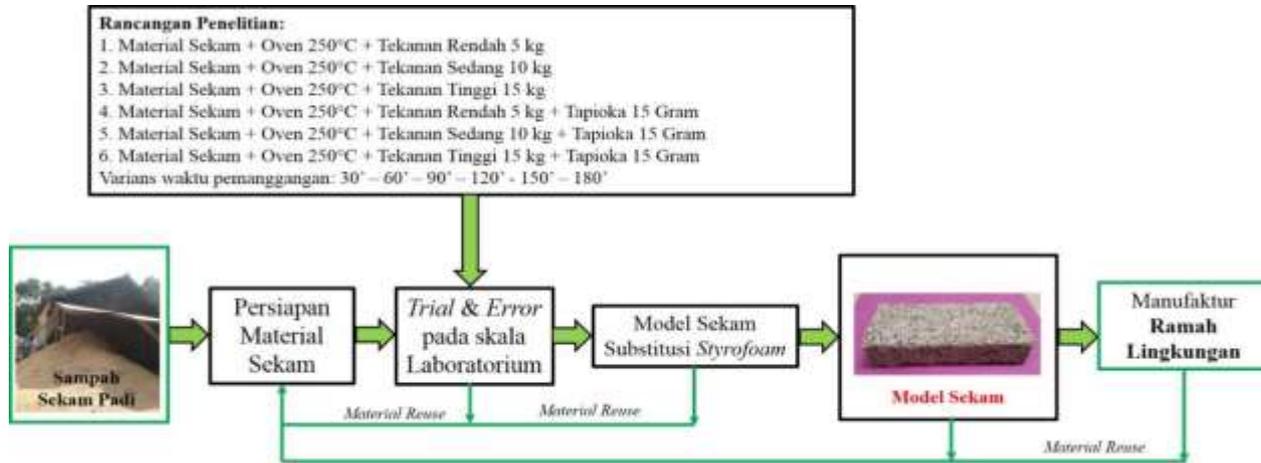
**Gambar 5.11.** Tumpukan Sampah *Styrofoam* di Sungai



**Gambar 5.12.** Tumpukan Sampah *Styrofoam* di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Bantar Gebang Bekasi

## Rancang Bangun Model Material Sekam

Tahapan proses penelitian dan percobaan menggunakan metode trial and error dapat dijelaskan pada Gambar sebagai berikut:



**Gambar 5.13.** Tahapan Proses Penelitian dan Percobaan Metode *Trial and Error*

**Tabel 5.1.** Dokumentasi Hasil dan Proses-proses Penelitian dan Percobaan

No	Foto	Keterangan
1		Material Sekam (Husk) sebagai bahan penelitian ini didapatkan dari sumber pabrik penggilingan padi (huller) di wilayah Kabupaten Lebak Banten
3		Timbangan digital untuk menimbang bahan penelitian.

4		<p>Material kanji tapioca ditimbang sebelum digunakan dalam proses penelitian.</p> <p>Kanji tapioca berfungsi sebagai bahan perekat (adhesive).</p>
5		<p>Air dipanaskan pada suhu <math>\pm 85^{\circ}\text{C}</math> untuk melarutkan tepung kanji.</p>
6		<p>Air panas ditakar sebanyak 300 cc – 600 cc untuk melarutkan tepung kanji.</p>

7		Sekam diseleksi untuk ditimbang.
8		Sekam ditimbang dengan berat bervariasi 80 gram – 120 gram
9		Sekam ditimbang dengan berat bervariasi 80 gram – 120 gram

10		<p>Cetakan berbahan logam dioleskan dengan minyak goreng untuk maksud agar pada saat material percobaan dikeringkan tidak mengalami lengket, dan mudah dilepaskan dari cetakan.</p>
11		<p>Ke dalam wadah berisi tepung kanji tapioca dituangkan air panas, sambil diaduk secara merata. Sehingga diperoleh larutan gel perekat yang mencukupi untuk merekat antar butiran sekam.</p>

12		<p>Pengadukan bahan perekat dilakukan secara merata, sehingga diperoleh larutan gel perekat yang mencukupi untuk merekat antar butiran sekam.</p>
13		<p>Pengadukan bahan perekat dilakukan secara merata, sehingga diperoleh larutan gel perekat yang mencukupi untuk merekat antar butiran sekam.</p>
14		<p>Masukkan material sekam ke dalam larutan gel perekat dan diaduk secara merata.</p>

15		<p>Masukkan material sekam ke dalam larutan gel perekat dan diaduk secara merata.</p>
16		<p>Adonan material sekam dengan larutan gel perekat dimasukkan ke dalam cetakan.</p>
17		<p>Adonan material sekam dengan larutan gel perekat dimasukkan ke dalam cetakan.</p>

18		<p>Adonan material sekam dengan larutan gel perekat dimasukkan ke dalam cetakan.</p>
19		<p>Alat cetakan material sekam dimasukkan dalam oven, dan dipanaskan pada suhu 250°C.</p>

20		<p>Material sekam dalam cetakan dimasukkan dalam oven, dan dipanaskan pada suhu 250°C dengan variasi perlakuan selama 30 menit sampai 120 menit.</p>
21		<p>Hasil proses pencetakan dan pemanasan material sekam.</p>

22		Hasil akhir proses pembuatan model material sekam.
23		Pembandingan secara visual antara material Styrofoam dengan material substitusinya yaitu material sekam.

24		Pembandingan secara visual hasil percobaan pembuatan model substitusi material Styrofoam dengan material sekam.
25		Pembandingan secara visual hasil percobaan pembuatan model substitusi material Styrofoam dengan material sekam.
26		Pembandingan secara visual hasil percobaan pembuatan model substitusi material Styrofoam dengan material sekam.

**Tabel 5.2.** Pelibatan Mahasiswa Dalam Kegiatan Penelitian

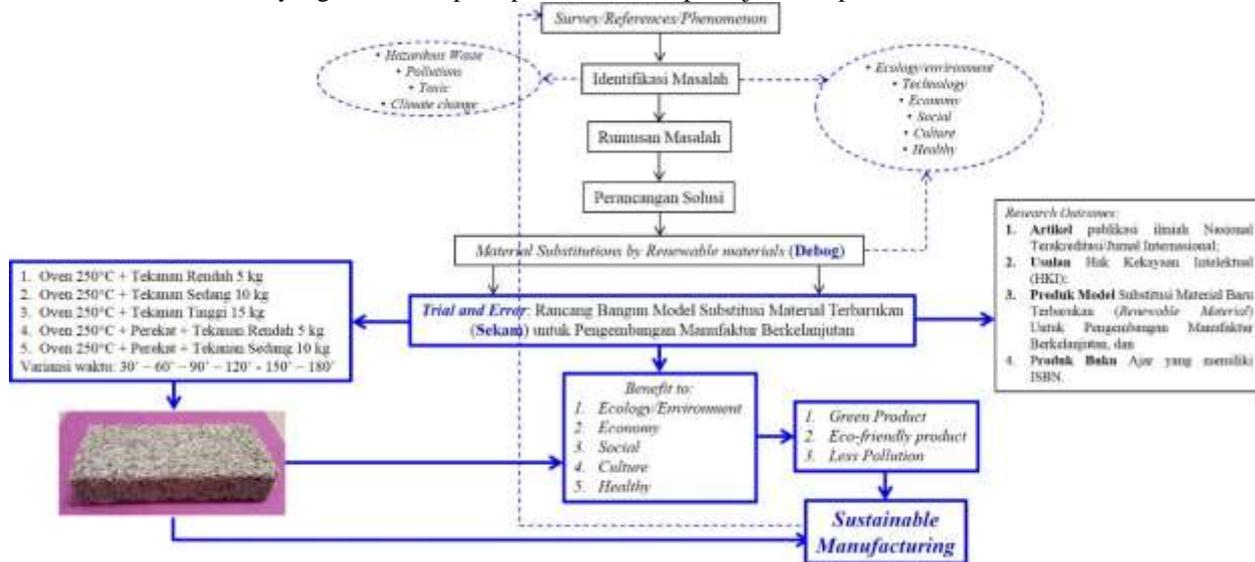
<b>No</b>	<b>Foto</b>	<b>Keterangan</b>
1		Pelibatan mahasiswa dalam kegiatan penelitian Sekam
2		Pelibatan mahasiswa dalam kegiatan penelitian Sekam

3		Pelibatan mahasiswa dalam kegiatan penelitian Sekam
4		Pelibatan mahasiswa dalam kegiatan penelitian Sekam

5		Pelibatan mahasiswa dalam kegiatan penelitian Sekam
6		Pelibatan mahasiswa dalam kegiatan penelitian Sekam

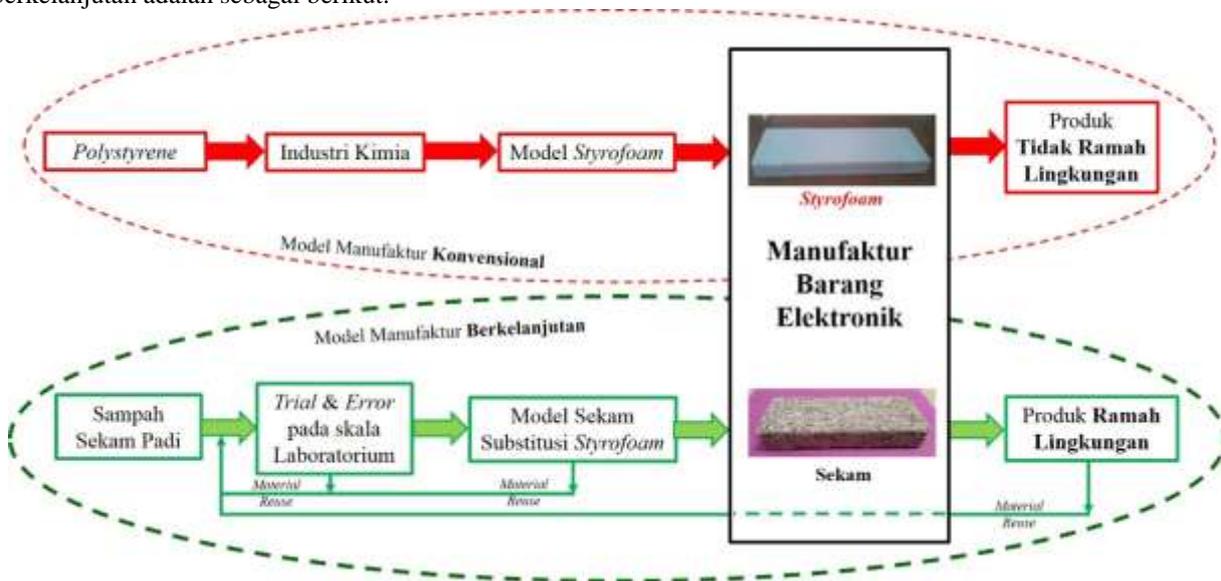
### 5.1. Model Substitusi Material Baru Terbarukan (*research outcome*)

Berdasarkan atas hasil dan luaran yang dicapai dalam penelitian ini sebagaimana diuraikan pada Sub-Bab di atas, maka model yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dijelaskan pada Gambar 5.45 berikut.



Gambar 5.14. Hasil Penelitian Rancang Bangun Model Material Limbah Sekam Sebagai Pengganti Bahan Styrofoam

Perbandingan model kegiatan industri manufaktur konvensional dan model kegiatan industri manufaktur berkelanjutan adalah sebagai berikut:



**Gambar 5.15.** Perbandingan Model Kegiatan Industri Manufaktur **Konvensional** dan **Berkelanjutan**

## **BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **6.1. Kesimpulan**

Uji coba rancang bangun model substitusi material baru terbarukan guna pengembangan manufaktur berkelanjutan **telah berhasil** dilaksanakan dengan tingkat ketercapaian kinerja penelitian sebesar 95%. Model yang memiliki karakteristik sifat fisik yang mendekati sama dengan sifat fisik material *Styrofoam* adalah  $M_4 + T + P_3 + A + t_6$ . Semakin besar ukuran material pada percobaan maka semakin besar kemungkinan kegagalan hasil penelitian. Model yang gagal pada percobaan ternyata dapat digunakan kembali sebagai bahan baku percobaan berikutnya untuk pembuatan model yang sama. Material sekam mudah diurai secara alamiah oleh mikro organisme dalam tanah sehingga material ini menjadi sampah yang tidak akan mengganggu lingkungan kehidupan. Sedangkan material *Styrofoam* tidak mampu diurai oleh mikro organisme dalam tanah, sehingga material ini menjadi sampah yang dapat mengganggu lingkungan kehidupan. Dengan demikian maka model material Sekam dapat digunakan sebagai bahan pengganti *Styrofoam* yang lebih ramah lingkungan dibanding penggunaan material *Styrofoam* itu sendiri.

### **6.2. Saran**

1. Untuk pengembangan industry-manufaktur yang berkelanjutan, maka disarankan kepada pelaku industry-manufaktur untuk

segera mengganti material Styrofoam dengan material sekam sebagaimana hasil penelitian ini.

2. Untuk meminimumkan dampak negative lingkungan hidup dari kegiatan industry-manufaktur, maka disarankan kepada pelaku industry-manufaktur untuk segera menggunakan sumber daya alam terbarukan “sekam” sebagai salah satu alternatif bahan baku pembantu kegiatan industry-manufaktur.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Abedin, R., & Das, H. S. (2014). Electricity from rice husk : a potential way to electrify rural Bangladesh. *International Journal of Renewable Energy Research*, 4(3), 604–609.
2. Aljaibachi, R., & Callaghan, A. (2018). Impact of polystyrene microplastics on *Daphnia magna* mortality and reproduction in relation to food availability . *PeerJ*, 6, e4601. <https://doi.org/10.7717/peerj.4601>
3. Amirshaghghi, Z., Emam Djomeh, Z., & Oromiehie, A. (2011). Studies of Migration of Styrene Monomer from Polystyrene Packaging into the Food Simulant. *Iranian Journal of ...*, 8(4), 542–549. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409309>
4. Babaso, P. N., & Sharanagouda, H. (2017). Rice Husk and Its Applications: Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10), 1144–1156. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.138>
5. Castro, N. P., Gallardo, K. C., & Verbel, J. O. (2014). Identification of volatile organic compounds (VOCs) in plastic products using gas chromatography and mass spectrometry (GC/MS). *Revista Ambiente e Agua*, 9(3), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
6. Ceptureanu, Eduard Gabriel., Sebastian Ion Ceptureanu., Razvan Bolog., and Ramona Bologa. 2018. Impact of Competitive Capabilities on Sustainable Manufacturing Applications in Romanian SMEs from the Textile Industry. *Sustainability*. 2018, 10, 942; doi:10.3390/su10040942. [www.mdpi.com/journal/sustainability](http://www.mdpi.com/journal/sustainability).
7. Deif, A. M. (2011). A system model for green manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 19(14), 1553–1559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.05.022>
8. Ede, A. N., Alegiuno, V., & Aawoyera, O. P. (2014). Use of Advanced Plastic Materials in Nigeria: Performance Assessment of Expanded Polystyrene Building Technology System. *American Journal of Engineering Research*, 3(4), 17–23.
9. F. Rouabah, D. Dadache, and N. Haddaoui. 2012. Thermophysical and Mechanical Properties of Polystyrene: Influence of Free Quenching. *International Scholarly Research Network*. ISRN Polymer Science. Volume 2012, Article ID 161364, 8 pages.

- doi:10.5402/2012/161364.
10. García, M. T., Gracia, I., Duque, G., Lucas, A. de, & Rodríguez, J. F. (2009). Study of the solubility and stability of polystyrene wastes in a dissolution recycling process. *Waste Management*, 29(6), 1814–1818. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.01.001>
  11. Ibrahim, D., Bankole, O. C., Ma'aji, S. A., Ohize, E. J., & Abdul, B. K. (2013). Assessment Of The Strength Properties Of Polystyrene Material Used In Building Construction In Mborá District Of Abuja, Nigeria. *International Journal of Engineering Research and Development*, 6(12), 80–84.
  12. Jawahir, I., Badurdeen, F., & Rouch, K. (2013). Innovation in Sustainable Manufacturing Education. *Procedia CIRP*, (July), 9–16. Retrieved from [http://www.gcsm.eu/Papers/28/0.3\\_Jawahir.pdf](http://www.gcsm.eu/Papers/28/0.3_Jawahir.pdf)
  13. Marten, Brooke and Andrea Hicks. 2018. Expanded Polystyrene Life Cycle Analysis. Literature Review: An Analysis for Different Disposal Scenarios. *Journal Sustainability*. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin-Madison, Madison, Wisconsin. Mary Ann Liebert, Inc. Vol. 11 No. 1. February 2018. DOI: 10.1089/sus.2017.0015.
  14. Ministry, B. (2016). Properties and industrial applications of rice husk : A review. *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, 6(10), 86–90. <https://doi.org/10.1007/s00606-007-0629-8>
  15. Mohiuddin, O., Mohiuddin, A., Obaidullah, M., Ahmed, H., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). Electricity production potential and social benefits from rice husk, a case study in Pakistan. *Cogent Engineering*, 3(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1177156>
  16. Molamohamadi, ohreh, & Ismail, N. (2013). Developing a New Scheme for Sustainable Manufacturing. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.7763/ijmmm.2013.v1.1>
  17. Naghmeah Tagavi. 2015. Sustainable Manufacturing Strategy; Identifying Gaps in Theory and Practice. Thesis. Department of Technology Management and Economics Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden 2015.
  18. Nagrale, S. ., Hajare, H., & Modak, P. R. (2012). Utilization of Rice Husk Ash. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2(4), 1–5.

19. Nassar, I. M., Kabel, K. I., & Ibrahim, I. M. (2012). Evaluation of the Effect of Waste Polystyrene on Performance of Asphalt Binder. *ARPJ Journal of Science and Technology*, 2(10), 927–935.
20. Nordin, N., Ashari, H., & Rajemi, M. F. (2014). A Case Study of Sustainable Manufacturing Practices. *Journal of Advanced Management Science*, 2(1), 12–16. <https://doi.org/10.12720/joams.2.1.12-16>
21. Nukmal, N., Umar, S., Amanda, S. P., & Kanedi, M. (2018). Effect of Styrofoam Waste Feeds on the Growth, Development and Fecundity of Mealworms ( *Tenebrio molitor* ) . *OnLine Journal of Biological Sciences*, 18(1), 24–28. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2018.24.28>
22. Nyambara Ngugi, H. (2017). Use of Expanded Polystyrene Technology and Materials Recycling for Building Construction in Kenya. *American Journal of Engineering and Technology Management*, 2(5), 64. <https://doi.org/10.11648/j.ajetm.20170205.12>
23. Ocampo, L., & Clark, E. (2015). A Sustainable Manufacturing Strategy Decision Framework in the. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 9(3), 177–186.
24. Osemeahon, S. A., Barminas, J. T., & Jang, A. L. (2012). Development of Waste Polystyrene as a binder for emulsion paint formulation I: Effect of polystyrene Concentration. *The International Journal Of Engineering And Science*, 2319–1813.
25. Oyawale, F. A. (2012). Characterization of Rice Husk via Atomic Absorption Spectrophotometer for Optimal Silica Production. *Ijst*, 2(4), 210–213.
26. Pathak, Priyanka & M. P. Singh. 2017. Sustainable Manufacturing Concepts: A Literature Review. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, Vol. 4, No. 6(2017), 1-13. DOI: 10.5281/zenodo.833990. <http://www.ijetmr.com>©*International Journal of Engineering Technologies and Management Research*.
27. Raheem, A. A., & Kareem, M. A. (2017). *Optimal Raw Material Mix for the Production of Rice Husk Ash Blended Cement*. 7(2), 77–93.
28. Rosa, S. M. L., Santos, E. F., Ferreira, C. A., & Nachtigall, S. M. B. (2009). Studies on the properties of rice-husk-filled-PP composites: effect of maleated PP. *Materials Research*, 12(3), 333–338. <https://doi.org/10.1590/s1516-14392009000300014>

29. Rouabah, F., Dadache, D., & Haddaoui, N. (2012). Thermophysical and Mechanical Properties of Polystyrene: Influence of Free Quenching. *ISRN Polymer Science*, 2012, 1–8. <https://doi.org/10.5402/2012/161364>
30. Sekhar, V. C., Nampoothiri, K. M., Mohan, A. J., Nair, N. R., Bhaskar, T., & Pandey, A. (2016). Microbial degradation of high impact polystyrene (HIPS), an e-plastic with decabromodiphenyl oxide and antimony trioxide. *Journal of Hazardous Materials*, 318, 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.07.008>
31. Setyowati, E. (2014). Eco-building Material of Styrofoam Waste and Sugar Industry Fly-ash based on Nano-technology. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 245–253. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.031>
32. Smith, L. dan Ball, P, 2012, *Steps Towards Sustainable Manufacturing through Modelling Material, Energy and Waste Flows*, International Journal of Production Economics Vol. 140 Issue 1: 227-238.
33. Subki, N., & Hashim, R. (2011). Rice Husk as Biosorbent: A Review. *Health and the Environment Journal*, 3(December), 89–95.
34. Thiyageshwari, S., Gayathri, P., Krishnamoorthy, R., Anandham, R., & Paul, D. (2018). Exploration of rice husk compost as an alternate organic manure to enhance the productivity of blackgram in typic haplustalf and typic rhodustalf. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph15020358>
35. Todkar, B. S., Deorukhkar, O. A., & Deshmukh, S. M. (2016). Extraction of Silica from Rice Husk. *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(3), 2278–67. Retrieved from <http://www.ijerd.com/paper/vol12-issue3/Version-2/H12326974.pdf>
36. Uddin, M. K. (2017). *A study on the potential applications of rice husk derivatives as useful adsorptive material*. <https://doi.org/10.21741/9781945291357-4>
37. Ummah, H., A.Suriamihardja, D., Selintung, M., & Wahab, A. W. (2015). Analysis of chemical composition of rice husk used as absorber plates sea water into clean water. *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(14), 6046–6050. <https://doi.org/1819-6608>

38. Viana, C. E. M., Neto, J. W. da S., & Mourad, K. A. (2016). Using rice husks in water purification in brazil. *International Journal of Environmental Planning and Management*, 2(3), 15–19. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/305688958\\_Using\\_Rice\\_Husks\\_in\\_Water\\_Purification\\_in\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/305688958_Using_Rice_Husks_in_Water_Purification_in_Brazil)
39. Yuan, C., Zhai, Q., & Dornfeld, D. (2012). A three dimensional system approach for environmentally sustainable manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 61(1), 39–42. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2012.03.105>