

Bangunan Sekolah Alam dengan Konsep Arsitektur Ramah Lingkungan melalui Penerapan Material Limbah Padi di Lombok Tengah

Abdurrahman Shidqul Qudwah¹, Agung Murti Nugroho², Rinawati P. Handajani³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

³ Dosen Jurusan Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Email: rah_man_1993@yahoo.com

ABSTRAK

Lombok Tengah merupakan bagian dari provinsi NTB yang merupakan provinsi dengan penghasil beras sepuluh besar di Indonesia. Dari hasil panen kemudian akan menghasilkan limbah padi berupa jerami dan sekam. Kebanyakan limbah dibakar dan sebagian kecil dibuat kompos atau dimanfaatkan sebagai makanan ternak. Namun saat ini telah banyak dilakukan pengembangan bahan bangunan yang memanfaatkan limbah padi baik jerami maupun sekam sebagai material yang terbarukan. Pendidikan sekolah alam mengenalkan bagaimana cara memanfaatkan sumber daya alam Indonesia yang sangat melimpah ini melalui kegiatan-kegiatan bernuansa alam. Penerapan material limbah padi pada sekolah alam di Lombok Tengah tidak hanya mendukung nuansa alam yang diusung, namun juga dapat mengenalkan dan memberikan pembelajaran baik bagi siswa maupun masyarakat bahwa material limbah padi yang banyak terbuang di sekitar mereka dapat dimanfaatkan dan berpotensi sebagai material bangunan untuk dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lagi lebih luas. Metode perancangan menggunakan pendekatan programatik dengan mengkompilasikan penelitian-penelitian tentang pemanfaatan material limbah padi dengan memahami potensi material dan kekurangannya untuk diterapkan. Perancangan menghasilkan penerapan material limbah padi pada bangunan yang dapat memenuhi kebutuhan fungsional dan estetika pada tiap fasilitas-fasilitas bangunan sekolah alam.

Kata kunci: sekolah alam, material limbah padi

ABSTRACT

Central Lombok, the part of NTB provincial is the top ten of earnings rice in Indonesia. Harvesting of rice produces waste like rice husks and rice straw wich most of them are burned, composted or used as animal's feed. However, nowadays it have been carried out development of building materials that use waste of rice straw and rice husk as sustainable materials. Nature school education introduces how to utilize the natural resources of Indonesia are very bountiful through the activities of natural shades. Application of waste rice material on nature school in Central Lombok is not only supporting the natural feel that is brought, but can also introduce and provide learning for both students and the community that a lot of wasted rice around them can be used as a building material and have potential to be developed again more widely utilized. Design method is carried out using a programmatic approach to compile research on the utilization of waste materials of rice with understanding the material and potential of wate rice materials. Design produce of rice waste material application on buildings that can meet the functional and aesthetic needs in each nature school building facilities.

Key words: nature school, waste rice materials

1. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara agraris dimana mayoritas penduduk memiliki mata pencaharian di bidang pertanian. Letak geografis Indonesia yang dilewati barisan pegunungan dunia menyebabkan wilayah daratan Indonesia sangat subur sehingga berpotensi untuk bercocok tanam. Tanaman padi merupakan salah satu komoditas utama yang berkembang di negara Indonesia. Indonesia menjadi negara penghasil padi tertinggi di Asean dengan luas lahan persawahan mencapai 13.769.913 Ha dengan hasil bobot panen mencapai 70.866.571 ton pada tahun 2013 (BPS, 2014). Dari total bobot panen, sebesar 22-30% menghasilkan limbah sekam dan belum termasuk limbah jerami. Kebanyakan limbah kemudian dibakar atau ditumbuk dan dibusukkan untuk menyuburkan sawah. sebagian kecil dibuat kompos atau dimanfaatkan sebagai makanan ternak. Setiap hektar sawah menghasilkan berton-ton limbah dan baru sebagian kecil yang dimanfaatkan, sisanya dibuang atau dijual tanpa pengolahan.

Limbah padi sendiri berupa jerami (damen) dan sekam pada kondisi mentah tanpa pengolahan lanjutan dapat digunakan sebagai bahan bangunan. Jerami dapat dimanfaatkan sebagai material utama atap atau bahkan dinding bangunan. Sedangkan sekam padi pada pengujian terbaru yang dilakukan oleh R & D Services, Inc dengan metode berdasarkan *American Society for Testing and Material* (ASTM) standar di Cookeville, Tennessee, menunjukkan bahwa sekam padi dalam keadaan mentah dan belum diolah merupakan Kelas A atau Kelas I bahan insulasi/isolasi (Lee et al, 2013). Dengan penerapan khusus sekam padi dapat dimanfaatkan menjadi bahan insulasi radiasi matahari untuk pendinginan bangunan. Selain pemanfaatan pada kondisi mentah, limbah padi juga dapat dimanfaatkan sebagai material bangunan melalui proses pengolahan.

Lombok tengah merupakan bagian dari provinsi NTB yang merupakan provinsi dengan penghasil beras sepuluh besar di Indonesia. Lombok Tengah sendiri memiliki luas lahan sawah lebih dari setengah bagian kabupaten, yaitu 71.046 hektar dan hasil panen mencapai 362.161 ton per tahun. Lombok Tengah juga memiliki permasalahan suhu yaitu memiliki iklim dengan suhu yang cukup tinggi mencapai 32°C. Sementara standar kenyamanan termal optimal yang dibutuhkan sekitar 22,8 °C ~ 25,8 °C (SNI T 03-6572-2001). Ketersediaan material yang melimpah serta manfaat material yang dihasilkan maka pemakaian material limbah padi untuk bangunan pada lokasi ini akan menjadi solusi yang sesuai dengan permasalahan tersebut.

Titik berat pembangunan di Kabupaten Lombok Tengah tidak lagi hanya terbatas kepada pencapaian pertumbuhan ekonomi yang tinggi, namun sudah mulai memperhatikan pembangunan kualitas manusia. Dengan merujuk pada amanat UUD 1945 beserta amandemennya (pasal 31 ayat 2), maka pemerintah secara konsisten berupaya meningkatkan kualitas SDM, yang salah satunya ditempuh melalui jalur pendidikan.

Sekolah Alam adalah sekolah dengan konsep pendidikan berbasis alam semesta. Metode belajar mengajar lebih banyak menggunakan *action learning* atau belajar aktif. Murid dapat langsung terjun ke lapangan melihat objek pembelajaran (Maryati, 2007). Pendidikan sekolah alam mengenalkan bagaimana cara memanfaatkan sumber daya alam Indonesia yang sangat melimpah ini melalui kegiatan-kegiatan bernuansa alam. Suasana natural yang diusung dari konsep pendidikan sekolah alam ini menuntut bangunan agar memiliki kesan sederhana, ramah lingkungan serta terintegrasi dengan lingkungan alam sekitarnya. Penggunaan material bangunan dapat beragam untuk memenuhi kebutuhan fasilitas bangunan sekolah alam. Akan lebih baik apabila material bangunan berasal dari

bahan lokal yang banyak tersedia disekitar lokasi perancangan bangunan sekolah alam. Hal ini akan mengurangi kegiatan transportasi dan mengurangi emisi karbon yang dihasilkan selama proses pembangunan. Pemakaian bahan yang sudah tersedia juga akan mengenalkan potensi material pada masyarakat untuk dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lagi lebih luas.

Kecamatan Praya Barat Daya yang merupakan salah satu kecamatan di Lombok Tengah masih kental akan nuansa alamnya. Hadirnya fasilitas sekolah dengan menerapkan konsep pendidikan sekolah alam akan dapat membantu program pemerintah mengembangkan sumber daya manusia sekaligus menghadirkan suasana yang sesuai dalam kegiatan belajar mengajar. Ketersediaan bahan bangunan limbah padi yang melimpah di sekitar kawasan dapat memberi kemudahan menghadirkan bangunan sekolah alam dengan operasional yang lebih ringan. Terwujudnya bangunan dengan pemanfaatan material limbah padi yang tersedia disekitar kawasan kecamatan Praya Barat Daya juga akan membantu menjaga lingkungan dengan mengurangi jumlah limbah yang terbuang, mengurangi pemakaian kayu, menurunkan pemakaian beban pendinginan, serta menjadi pengenalan bagi masyarakat agar dapat memanfaatkan potensi material limbah padi lebih luas.

2. Bahan dan Metode














2.1 Pengertian Limbah Padi

Padi setelah dituai berasnya menyisakan limbah berupa sekam dan jerami (damen). Sekam memiliki kerapatan jenis (*bulk densil*) 1125 kg/m³, dengan nilai kalori 1 kg sekam sebesar 3300 k.kalori, serta memiliki *bulk density* 0,100 g/ml, nilai kalori antara 3300 -3600 kkalori/kg sekam dengan konduktivitas panas 0,271 BTU (Houston, 1972 dalam Aventi). Pada keadaan normal, sekam berperan penting melindungi biji beras dari kerusakan yang disebabkan oleh serangan jamur, dapat mencegah reaksi ketengikan karena dapat melindungi lapisan tipis yang kaya minyak terhadap kerusakan mekanis selama pemanenan, penggilingan dan pengangkutan (Haryadi, 2006 dalam Aventi). Selain dalam wujud sekam, setelah panen hasil padi juga menyisakan batang atau jerami yang tidak dipergunakan lagi dan terbuang. Jerami adalah limbah pertanian yang melimpah di Indonesia. Dari berbagai kemungkinan pemanfaatan jerami sebagaimana disebutkan, pemakaian jerami sebagai konstruksi bangunan secara langsung belum banyak dimanfaatkan di Indonesia. Sementara itu di negara maju, jerami telah dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai bahan bangunan yang justru memberikan nilai tambah sesuai kondisi cuaca setempat, yaitu mampu menjadi insulator pada saat berlangsungnya musim dingin (Mediastika, 2007).

2.2 Ragam Material Limbah Padi

Limbah padi baik sekam maupun jerami padi memiliki potensi pengolahan sebagai material bangunan karena kandungan zat utamanya yang memiliki ketahanan dan kekuatan bahkan setelah pembakaran. Beragam hasil pengolahan limbah padi sebagai material bangunan diantaranya,

Tabel 1. Ragam dan Kriteria Material Limbah Padi

| Bahan | Ragam Material | Elemen Interior | | | | Elemen Exterior | | Sifat Fisik | | | | | | Perekat / Komposit | Berat Limbah Padi (%) | Massa Jenis (Kg/M ³) | Sumber |
|-------------|--|-----------------|--------|---------|--------|-----------------|------|-------------|----------------|----------|--------|-----------|------------------|---|-----------------------|----------------------------------|-------------------------|
| | | Dinding | Lantai | Plafond | Prabot | Dinding | Atap | Insulasi | Penyerap Bunyi | Anti Air | Ringan | Tahan Api | Kepadatan Tinggi | | | | |
| Jerami padi |  Papan partikel | √ | - | √ | - | - | - | √ | √ | - | √ | - | - | Resin UF | 20% | 600 | yang, et al, 2002 |
| |  Papan fiber MDF | √ | - | √ | √ | - | - | - | - | √ | √ | √ | √ | Resin UF, Resin MUF, Resin pMDI | 30% | 900 | Halvarsson, et al, 2010 |
| |  Papan Jerami | √ | √ | √ | √ | - | √ | √ | √ | - | √ | - | - | Tanpa/ Dengan resin, layer kayu, Melamin, PVC dll | 97% | 676 | Envirowall, 2014 |
| |  Batako komposit | - | - | - | - | √ | - | √ | √ | √ | - | - | - | Semen | 33% | 1090 | Mansour, 2007 |
| |  Atap jerami | - | - | - | - | √ | √ | √ | √ | √ | - | - | - | - | 100 % | 970 | Atap alang alang, 2012 |
| |  Bio komposit (hollow panel) | √ | √ | - | - | - | - | - | - | √ | √ | √ | √ | PHBV, PLA, HDPE | 30% | 1336 | Buzarovska, 2008 |
| Sekam padi |  Gypsum board | √ | - | √ | - | - | - | √ | √ | - | √ | √ | √ | Gypsum, citric acid | 20% RHA | 1200 | Kim, 2009 |
| |  Komposit semen | √ | - | - | - | √ | - | - | - | √ | √ | √ | √ | semen | 25% RHA | 1760 | Bakri, 2008 |
| |  Papan partikel-sintetis | √ | √ | √ | √ | √ | - | √ | √ | √ | √ | √ | - | Reesin PF, Resin UF | 15% | 700 | Lee et al, 2003 |
| |  Papan partikel-alami | √ | - | √ | √ | - | - | √ | √ | - | √ | - | - | Perekat Pati | 50% | 700 | Johnson et al, 2009 |
| |  Papan Bio komposit sekam (resysta) | √ | √ | - | - | √ | - | - | - | √ | √ | √ | √ | Garam, minyak mineral | 60% | 1460 | Resysta, 2014 |
| |  Batako sekam | √ | - | - | - | √ | - | - | - | √ | √ | √ | √ | Semen, pasir | 15% RHA | 1520 | Guntur, 2010 |
| |  Bata sekam | √ | - | - | - | √ | - | - | - | √ | √ | √ | √ | Tanah liat | 15% RHA | 1500 | Christiawan et al, 2010 |

(Sumber: Penelitian-penelitian pemanfaatan limbah padi terkini)

2.3 Sekolah Alam

Sekolah Alam (SA) adalah sekolah dengan konsep pendidikan berbasis alam semesta. Lingkungan SA terasa natural dengan bangunan sekolah yang berupa rumah panggung dikelilingi oleh berbagai kebun buah, sayur, bunga bahkan areal peternakan. Bukan suasana gedung bertingkat dan megah sebagai ruang kelas. Sejak dini anak-anak dikenalkan dengan lingkungan kehidupan nyata. Keberagaman dipandang sebagai sesuatu yang unik di SA, dan keseragaman tidak dipandang dari apa yang dikenakan, tapi pada akhlak, perilaku dan sikap serta semangat belajar dan rasa ingin tau mereka (Maryati, 2007).

2.4 Metode Perancangan

Tahapan dalam desain untuk menyelesaikan permasalahan diambil beberapa langkah yang terbagi ke dalam beberapa fase, yaitu pengumpulan data (primer maupun sekunder), analisis dan sintesis, serta hasil perancangan. Dalam pengumpulan data beserta paparan awal dilakukan dengan metode deskriptif, yaitu memaparkan berdasarkan pengamatan secara objektif terkait dengan permasalahan dan fenomena yang diangkat. Data yang dikumpulkan berupa hasil penelitian tentang pengolahan limbah padi, objek-objek komparasi tentang fungsi bangunan sekolah alam serta data tentang gambaran pendidikan sekolah alam sendiri. Data yang diperoleh akan dikompilasikan menjadi parameter-parameter perancangan, yaitu parameter penerapan material serta parameter perancangan desain sekolah alam. Parameter ini menjadi acuan proses desain dan sebagai batasan yang menentukan keberhasilan perancangan.

Proses analisis desain menggunakan metode programatik berurutan mulai dari analisis ruang, analisis tapak dan analisis bentuk dan tampilan bangunan. Analisis ruang akan menghasilkan konsep ruang dengan mengikuti beberapa pertimbangan, yaitu komparasi, standar sarana prasarana serta aktivitas pendidikan kurikulum 2013 yang berbasis tematik terpadu. Analisis tapak akan menghasilkan konsep perancangan tapak mengacu pada parameter desain sekolah alam yang telah disusun serta mempertimbangkan strategi desain arsitektur organik. Pada analisis tampilan bangunan akan menghasilkan konsep penerapan material limbah padi pada bangunan sesuai dengan kebutuhan dan kemampuannya mengacu pada parameter penerapan material yang telah disusun. Konsep-konsep yang dihasilkan dari proses analisis akan menghasilkan konsep pemanfaatan limbah padi pada perancangan bangunan sekolah alam yang dapat menjawab rumusan masalah, konsep kemudian dituangkan dalam gambar pra rancangan dengan metode digitalisasi menghasilkan gambar *layout-plan*, *site-plan*, denah, tampak, potongan, perspektif eksterior, perspektif interior dan model maket.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Lokasi Tapak

Kecamatan Praya Barat Daya (Prabarda) merupakan salah satu kecamatan yang berada di Lombok. Pada Kecamatan Prabarda jumlah penduduk usia 7-15 tahun yang masih belum bersekolah cukup tinggi dibandingkan dengan kecamatan lain di Kabupaten Lombok Tengah sehingga perancangan bangunan sekolah ditujukan untuk memenuhi kebutuhan pendidikan penduduk usia Sekolah Dasar. Luas tapak terpilih yaitu 17.000 m² dengan batas-batas tapak meliputi: utara lahan persawahan, selatan jalan Desa Darek, timur sawah dan perumahan, barat SDN 1 Darek dan perumahan.



Gambar 1. A. Kabupaten Lombok Tengah, B. Praya Barat Daya (Prabarda), C. Desa Darek
(Sumber: Diolah dari Google Earth, 2014)

3.2 Eksisting Tapak

Kondisi tapak perancangan masih berupa lahan persawahan yang datar, sehingga *view* ke dalam sangat bebas dan tidak terhalang kenaikan tanah. Potensi ini dapat dimanfaatkan agar perancangan tampilan bangunan lebih optimal terutama pada zona publik. Pencapaian juga dapat dibuat frontal dengan *view* diarahkan ke dalam tapak menuju bangunan penerima. *View* ke luar bangunan pada bagian timur dan utara merupakan hamparan sawah yang luas. Pada *view* ke utara jika cuaca cerah pada pagi hari dapat terlihat suasana pegunungan Rinjani sehingga dapat menjadi potensi *view* yang positif. Sementara pada *view* ke timur dan barat terlihat perumahan warga sehingga perlu ditambahkan *barrier* vegetasi untuk privasi. Pada *view* ke selatan atau depan tapak terdapat pepohonan yang masih kurang tertata, sehingga pada bagian ini perlu penataan dengan tambahan vegetasi pengarah untuk interaksi visual antara suasana jalan luar dengan bangunan sekolah.

3.3 Analisis dan Konsep

Bangunan Sekolah alam ini terdiri dari sembilan massa bangunan yang berbeda, yaitu satu massa untuk tiap fasilitas pengunjung, fasilitas laboratorium & perpustakaan, fasilitas *workshop* material & *merchandise*, fasilitas pengajar, dua massa untuk fasilitas servis, dan tiga massa bangunan untuk fasilitas kelas. Untuk menyatukan tampilan massa bangunan ini maka digunakan karakter atap dengan material penutup yang sama. Karakter atap seperti yang dibahas sebelumnya yaitu menghadirkan suasana ceria atraktif sehingga digunakan bentuk lengkung dan dinamis. Material penutup atap dari jerami padi juga menjadi satu kesatuan karakter antar massa sekaligus menghadirkan nuansa yang natural dan dekat dengan lingkungan sekitar.



Gambar 2. Perspektif Eksterior Lanskap

Massa-massa bangunan ini mewadahi fasilitas dan ruang yang berbeda-beda sehingga setiap massa memiliki kebutuhan fungsi yang berbeda, sehingga material olahan limbah padi akan diterapkan pada beberapa elemen bangunan sesuai dengan kemampuan dan karakteristik yang dibutuhkan mengacu pada parameter yang telah disusun. Penerapannya antara lain pada lantai, dinding, plafond, penutup atap serta sebagai material insulasi bangunan. Berikut analisis dan konsep penerapan material limbah padi pada perancangan sekolah alam,

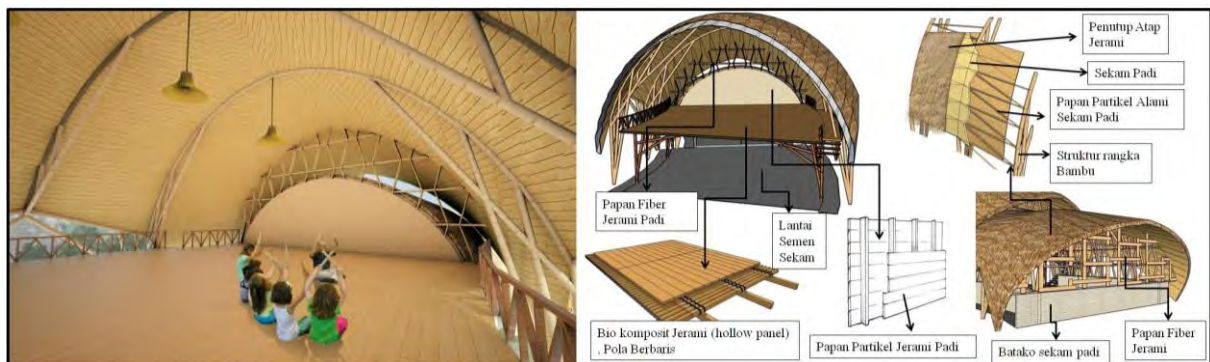
3.3.1 Konsep penerapan limbah padi pada bangunan Fasilitas Pengunjung

Fasilitas pengunjung menyediakan ruang-ruang publik seperti hall penerima, galeri, ruang tunggu, resepsionis, dan ruang aula. Ruang-ruang pada fasilitas ini dapat diakses pengunjung atau masyarakat umum. Nuansa sekolah sebaiknya dapat terlihat pada fasilitas sehingga dapat memperlihatkan kondisi sekolah dan aktivitas didalamnya pada masyarakat yang berkunjung.

Dinding dapat menggunakan papan fiber jerami padi yang lebih tahan air. Papan disusun berongga untuk kesan terbuka sehingga pengunjung dapat melihat suasana sekolah dari fasilitas ini. Dari segi fungsional material papan fiber jerami ini lebih ringan sehingga beban struktur lebih ringan untuk penempatan pada dinding. Walaupun sifatnya tahan air namun membutuhkan tambahan konstruksi yang lebih tahan air pada dinding bawah agar tidak cepat rusak. Dinding dapat disusun dengan konstruksi batako sekam yang lebih tahan air, ringan dan lebih bersifat insulatif. Dinding pada sisi yang tertutup dapat menggunakan papan partikel jerami disusun rapat sehingga dapat diletakkan instalasi sekaligus penyerap bunyi untuk ruang aula.

Lantai menggunakan lantai semen yang lebih praktis, dengan polesan tanpa nat akan membuat lantai lebih mudah dibersihkan. Pada lantai dua dapat menggunakan dek papan bio komposit jerami (*hollow panel*). Sifatnya ringan dan tahan air sehingga beban struktur lebih ringan untuk diterapkan pada lantai dua. Perlu penambahan *coating* agar lantai dek bertekstur licin dan mudah dibersihkan pada ruang aula.

Bahan insulasi yang digunakan yaitu sekam padi dengan *double layer*. Di bawah penutup atap jerami akan digunakan dua *layer* papan partikel alami sekam padi dan diantaranya disisipkan sekam padi tanpa pengolahan.



Gambar 3. Konsep Penerapan Material pada Fasilitas Pengunjung

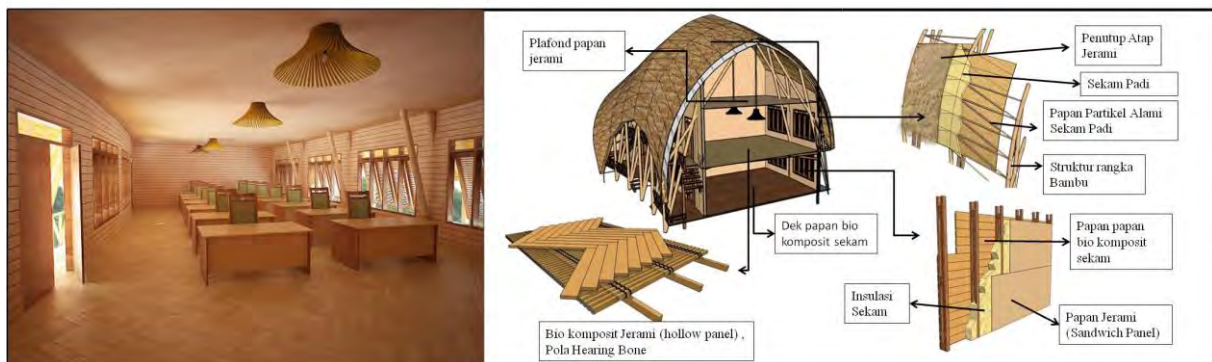
3.3.2 Konsep penerapan limbah padi pada bangunan Fasilitas Pengajar

Fasilitas pengajar pada sekolah alam terdiri dari ruang guru, ruang administrasi, ruang kepala sekolah, dan terdapat juga ruang Usaha Kesehatan Sekolah (UKS). Fasilitas ini mewadahi aktivitas yang sifatnya lebih tertutup karena berhubungan dengan dokumen, arsip dan aktivitas penyimpanan yang perlu terhindar dari lembab. Karena kebutuhan ruang yang perlu lebih tertutup, pada fasilitas ini dapat diterapkan sistem panggung sehingga sirkulasi udara tetap dapat terjadi melalui dek lantai. penggunaan sistem panggung juga dapat terhindar dari kelembaban.

Dinding tertutup yang massif dapat menggunakan bio komposit sekam yang sifatnya tahan air dan tekstur licin sehingga lebih tahan jika terkena tampias air. Susunan dapat dibuat horizontal dengan sambungan lidah agar tertutup rapat dan terhindar dari gangguan cuaca luar. Sekat dinding dalam dapat menggunakan papan jerami padi, papan jerami dapat menghasilkan ketebalan yang tipis dan ringan sehingga sesuai untuk penerapan insulasi *dobel layer*.

Lantai dek dapat menggunakan papan bio komposit jerami. Material ini memiliki sifat ringan dan tahan air sehingga sesuai diterapkan pada level lantai dua untuk mengurangi beban struktur. Namun pada level lantai satu dapat menggunakan finishing dek dengan papan bio komposit sekam yang lebih awet dan tahan terhadap kelembaban cuaca luar.

Durasi pemakaian ruang pada fasilitas ini paling lama dibandingkan dengan fasilitas lainnya, sehingga digunakan insulasi *double layer* pada dinding dan atap bangunan untuk mengurangi panas yang masuk ke dalam bangunan.



Gambar 4. Konsep Penerapan Material pada Fasilitas Pengajar

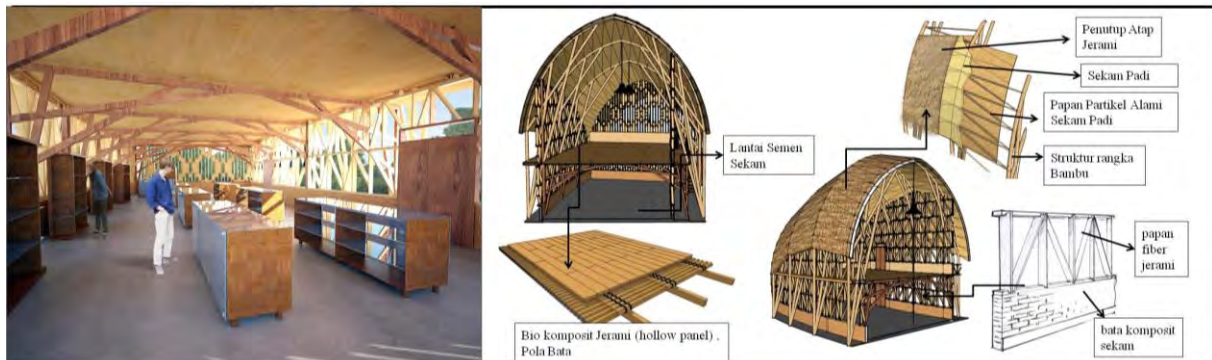
3.3.3 Konsep penerapan limbah padi pada bangunan Fasilitas Workshop dan Merchandise

Fasilitas *workshop* dan *merchandise* merupakan fasilitas yang mewadahi kegiatan pembelajaran wirausaha. Siswa dapat menghasilkan produk makanan dan karya yang mereka olah untuk dijual, sehingga fasilitas ini juga akan mewadahi pengunjung atau masyarakat yang datang. Pengunjung dapat membeli produk sekaligus dapat memperoleh pembelajaran pengolahan material limbah padi melalui fasilitas *workshop* yang disediakan. Fasilitas ini dapat dibuat terbuka agar pengunjung tetap dapat melihat kondisi lingkungan belajar sekolah walaupun tidak langsung dapat mengakses fasilitas lain sekolah.

Pada dinding luar dapat menggunakan papan fiber jerami padi karena sifatnya yang padat dan anti air sehingga tahan dari cuaca di luar. Papan disusun berongga untuk suasana yang terbuka dan sirkulasi udara cepat berganti. Untuk konstruksi tahan air pada dinding bawah dapat digunakan material bata komposit sekam dengan perekat komposit semen

sekam. Tambahan *railing* dapat digunakan rangka ayu meranti dengan susunan vertikal atau diagonal untuk menjaga aktivitas anak.

Lantai pada level satu menggunakan lantai semen tanpa *finishing* yang lebih praktis dan efisien dalam penerapan serta mudah dalam perawatan. Penerapan pada sekolah alam akan memunculkan kesan sederhana dan lebih natural. Panggung dek lantai dua dapat menggunakan material papan bio komposit jerami yang ringan dan tahan air sehingga beban struktur lantai dua lebih ringan. Serta untuk kenyamanan pengunjung sistem insulasi *double layer* digunakan di bawah penutup atap



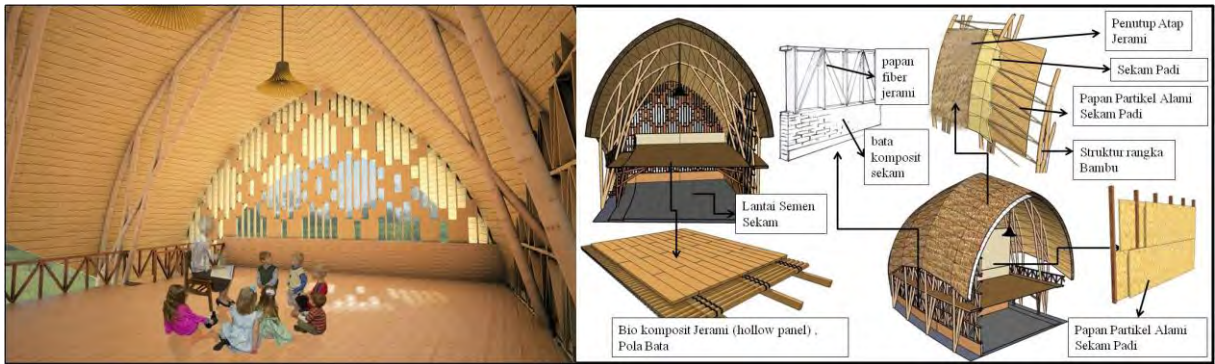
Gambar 5. Konsep Penerapan Material pada Fasilitas *Workshop* dan *Merchandise*

3.3.4 Konsep penerapan limbah padi pada bangunan Fasilitas Ruang Kelas

Ruang kelas pada sekolah alam merupakan wadah belajar mengajar seperti pada sekolah umumnya. Namun aktivitas belajar tidak dilakukan sepenuhnya di dalam kelas. Kegiatan belajar di kelas umumnya diawali dengan pembuka antara lain berdoa, *review* materi sebelumnya, dan *briefing* penjelasan kompetensi yang akan dilaksanakan. Kemudian memasuki kegiatan inti, pada kegiatan inti inilah siswa dibebaskan untuk belajar di luar kelas memanfaatkan media di alam sebagai bahan belajar, siswa melihat dan merasakan langsung objek yang ada di alam untuk dipelajari. Kegiatan yang umum dilakukan di luar namun beberapa mata pelajaran justru dilakukan sepenuhnya di dalam ruang kelas dengan suasana yang bebas dan santai. Dari aktivitas tersebut maka kedekatan baik visual maupun spasial dengan lingkungan luar haruslah terjaga.

Pada dinding luar lantai satu dan dua dapat menggunakan papan fiber jerami yang tahan dari cuaca di luar. Kemudian papan disusun berongga untuk kesan yang terbuka dan sirkulasi udara cepat berganti. Untuk konstruksi tahan air pada dinding bawah dapat digunakan material bata komposit sekam dengan perekat komposit semen sekam, tampilan ekspos tanpa finishing untuk memperkuat suasana natural. Sekat antar ruang dapat menggunakan material papan partikel alami sekam padi karena sifatnya yang dapat meredam suara.

Lantai fasilitas ruang kelas pada lantai bawah menggunakan semen sekam tanpa *finishing*. Lantai semen memiliki tekstur licin, sehingga selain lebih praktis dan efisien, penerapan pada sekolah alam akan memunculkan kesan sederhana, natural dan ceria. Dek panggung lantai dua dapat menggunakan material papan bio komposit jerami yang ringan untuk beban struktur. Untuk mencapai kenyamanan termal pada ruang kelas digunakan insulasi *double layer* dibawah penutup atap.



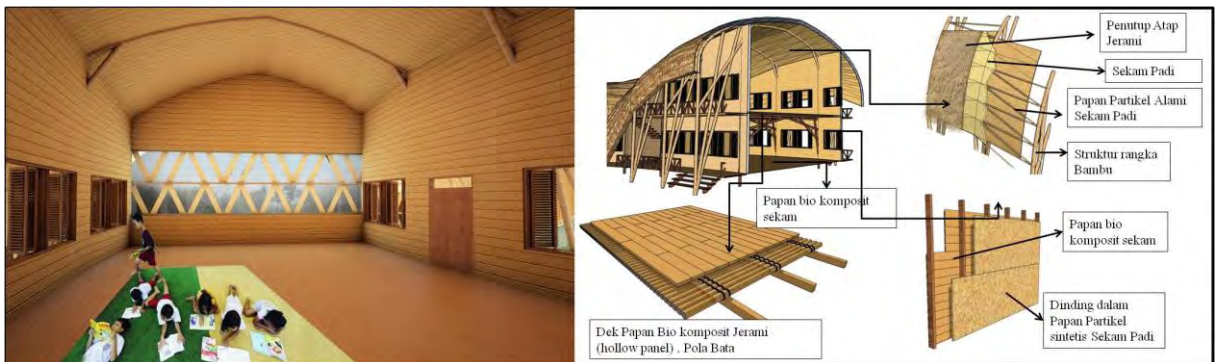
Gambar 6. Konsep Penerapan Material pada Fasilitas Kelas

3.3.5 Konsep penerapan limbah padi pada bangunan Fasilitas Laboratorium dan Perpustakaan

Fasilitas laboratorium dan perpustakaan ini terdiri dari ruang laboratorium sains, laboratorium komputer dan ruang perpustakaan. Aktivitas pada ruang ini berkaitan dengan penyimpanan yang perlu terhindar dari kelembaban dan genangan air. Penggunaan sistem panggung pada bangunan fasilitas ini akan dapat menghindari masalah tersebut. Selain kelembaban konten dalam ruang juga perlu terhindar dari terpaan angin, namun aktivitas di dalamnya memerlukan pencahayaan yang cukup. Maka dinding baik lantai satu dan dua dapat dirancang dengan konstruksi massif atau rapat dengan bukaan yang lebar dan dapat dioperasikan.

Dinding luar dapat menggunakan papan bio komposit sekam yang tahan air. Bukaan juga dapat dioperasikan hingga dinding juga dapat berkesan semi terbuka. Dengan demikian cahaya alami dapat masuk kedalam ruang sesuai kebutuhan. Dinding bagian dalam dapat menggunakan papan partikel sintetis sekam padi karena tahan air untuk aktivitas ruang dalam laboratorium.

Panggung dek lantai dua dapat menggunakan papan partikel bio komposit jerami agar udara berganti dan tidak lembab. Sementara pada dek lantai satu akan berhubungan langsung dengan kelembaban luar, agar lebih awet maka digunakan papan dek bio komposit sekam. Untuk mencapai kenyamanan termal di dalam aktivitas belajar digunakan insulasi sekam *double layer* di bawah penutup atap.



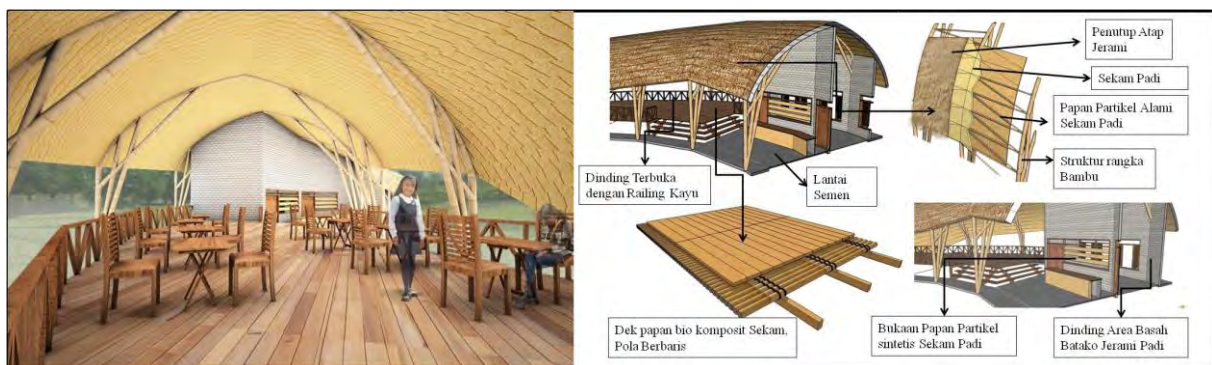
Gambar 7. Konsep Penerapan Material pada Fasilitas Laboratorium dan Perpustakaan

3.3.6 Konsep penerapan limbah padi pada bangunan Fasilitas Kantin

Kantin pada sekolah alam ini terdiri dari ruang dapur, area makan, area pemesanan dan toilet. Fasilitas kantin selain menjual makanan juga dapat sebagai wadah siswa merasakan langsung pengolahan makanan dari kebun mereka. Pada fasilitas ini terbagi menjadi area basah dan area kering, area akan dipisahkan dengan perbedaan konstruksi lantai yaitu konvensional dan sistem panggung. Aktivitas pada fasilitas ini lebih santai sebagai tempat siswa saat beristirahat. Kesan terbuka pada bangunan akan menghadirkan suasana yang lebih nyaman ditambah dengan menerapkan pendinginan dengan insulasi, sehingga suasana juga lebih teduh.

Konstruksi dinding pada area basah berupa dinding batako sekam padi yang lebih tahan air. Sementara pada area kering yang terbuka seperti area makan atau pemesanan dapat menggunakan pembatas railing kayu meranti.

Lantai pada fasilitas ini haruslah terjaga kebersihannya, lantai pada area basah menggunakan penutup batu alam, agar mudah dibersihkan namun tetap sesuai dengan suasana natural bangunan. Pada dek agar mudah dibersihkan maka menggunakan pola bata atau berbaris dengan tekstur licin. Untuk suasana teduh juga diterapkan insulasi *dobel layer* di bawah penutup atap.



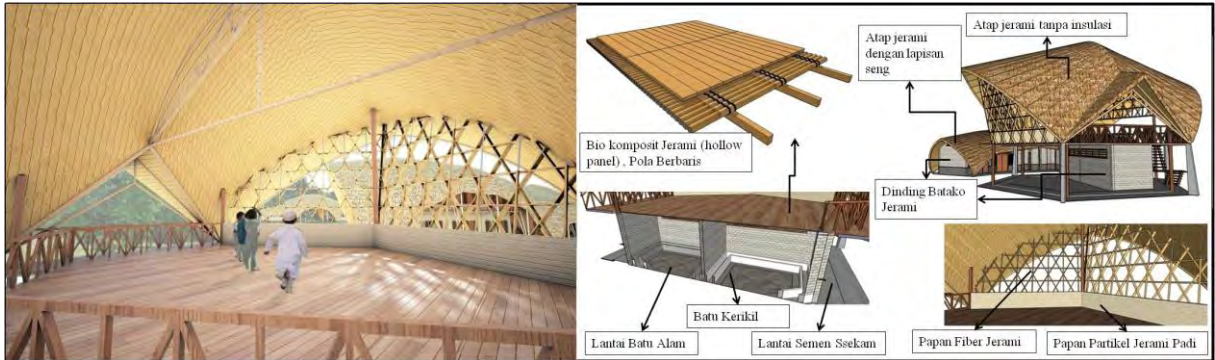
Gambar 8. Konsep Penerapan Material pada Fasilitas Kantin

3.3.7 Konsep penerapan limbah padi pada bangunan Fasilitas Servis

Fasilitas servis pada sekolah alam terdiri dari mushola, ruang ME, dan toilet. Ruang pada fasilitas ini sebagian merupakan area basah sehingga konstruksi penutup lantai akan sulit untuk diterapkan material olahan limbah padi. Lantai akan terkena air terus menerus sehingga perlu material yang licin, tahan air dan mudah dibersihkan untuk fasilitas ini. Pemakaian penutup lantai keramik atau batu alam dapat menjadi alternatif agar kesan natural tetap terjaga. Pada area mushola agar tetap suci dan kering perlu diposisikan lebih tinggi satu level lantai. Konstruksi insulasi pada fasilitas ini tidak diperlukan karena durasi pemakaian ruang yang kecil. Namun untuk ketahanan cuaca hujan pada ruang ME diperlukan konstruksi tambahan pada atap yaitu dengan lapisan seng sebelum penutup atap. Untuk dimensi ruang-ruang yang kecil juga dapat menggunakan plafond.

Dinding perlu menggunakan konstruksi dinding batako jerami. Material ini lebih tahan air karena mawadahi aktivitas yang bersifat basah. Dinding bagian dalam juga akan menggunakan susunan konstruksi yang sama. Dinding batako jerami juga dapat dicetak menjadi roster sebagai elemen bukaan yang tahan air.

Lantai pada area basah menggunakan penutup batu alam, pada area kering menggunakan lantai semen ekspos dengan tekstur licin sehingga mudah dibersihkan dan menyatu dengan material bangunan lainnya. Panggung dek lantai dua dapat menggunakan bio komposit jerami agar udara antara area wudlu dengan ruang sholat dapat berganti. Plafond dapat menggunakan komposit *gypsumboard* sekam padi yang bersifat ringan dan lebih dapat menyerap bunyi.



Gambar 9. Konsep Penerapan Material pada Fasilitas Servis

Tiap material limbah padi memiliki persentase kandungan bobot limbah yang berbeda beda dalam komposit atau campurannya. Pemetaan penerapan material pada elemen bangunan tiap fasilitas, beserta perkiraan jumlah bobot limbah yang dimanfaatkan dalam perancangan sekolah alam dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 2. Pemetaan Penggunaan Material pada Tiap Fasilitas Bangunan

| Bahan | Ragam Material | Fasilitas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Volume | Massa Jenis (Kg/M ³) | Kandungan Limbah Padi | Bobot Limbah (Kg) | | | | |
|-------------|--------------------------------|-----------|---------|---------|------|----------|---------|---------|------|----------|---------|---------|------|--------|---------|---------|---------------------------------------|--------------|---------|---------|------------------|--------|---------|---------|------|--------|----------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------|-----------|---------|------|
| | | Penerima | | | | Pengajar | | | | Workshop | | | | Kelas | | | | Lab & Perpus | | | | Kantin | | | | | | | | Servis | | | |
| | | Lantai | Dinding | Plafond | atap | Lantai | Dinding | Plafond | atap | Lantai | Dinding | Plafond | atap | Lantai | Dinding | Plafond | atap | Lantai | Dinding | Plafond | atap | Lantai | Dinding | Plafond | atap | | | | | Lantai | Dinding | Plafond | atap |
| Jerami padi | Papan partikel | - | √ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | √ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | √ | - | - | 3,79 | 600 | 20% | 455,00 | | |
| | Papan fiber kepadatan menengah | - | √ | - | - | - | - | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | - | - | - | - | - | √ | - | - | √ | - | - | 39,02 | 900 | 30% | 10536,40 | | |
| | Papan Jerami | - | - | - | - | - | √ | √ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 17,09 | 676 | 97% | 11207,84 | | |
| | Batako komposit | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | √ | - | - | √ | - | - | 103,19 | 1090 | 33% | 37118,61 | | |
| | Atap jerami | - | - | - | √ | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | √ | - | - | √ | - | - | √ | - | - | √ | - | - | √ | 278,36 | 970 | 100% | 270008,23 | | |
| | Bio komposit (hollow panel) | √ | - | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | - | - | - | √ | - | - | - | 37,93 | 1336 | 30% | 15204,21 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Total Bobot Limbah Jerami (Kg) | | | | 344530,29 | | | | | | | | | | | | |
| Sekam padi | Gypsum board | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | √ | - | - | √ | - | 15,07 | 1200 | 64% (20%RHA) | 11507,40 | | | |
| | Komposit semen | √ | - | - | - | - | - | - | √ | √ | - | - | √ | √ | - | - | - | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | 147,70 | 1760 | 80% (25% RHA) | 206830,11 | | | |
| | Papan partikel-sintetis | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | √ | - | - | √ | - | - | - | - | - | - | 155,03 | 700 | 15% | 16278,03 | | | |
| | Papan partikel-alami | - | - | √ | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | √ | - | - | √ | - | - | √ | - | - | - | - | - | - | 14,76 | 700 | 50% | 5164,47 | | | |
| | Papan bio komposit sekam | - | - | - | √ | √ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | √ | √ | - | √ | - | - | - | - | - | - | - | 14,42 | 1460 | 60% | 10460,28 | | | |
| | Batako sekam | - | √ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 29,61 | 1520 | 48% (15% RHA) | 21201,70 | | | |
| | Bata sekam | - | - | - | - | - | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 835,08 | 1500 | 48% (15% RHA) | 104384,63 | | | |
| | Sekam insulasi | - | - | - | √ | - | √ | - | √ | - | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | - | √ | - | - | - | - | - | 15,07 | 125 | 100% | 11507,40 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Total Bobot Limbah Sekam (Kg) | | | | 375826,61 | | | | | | | | | | | | |

(Sumber: Hasil Analisis, 2014)

4. Kesimpulan

Sekolah Alam dengan Konsep Arsitektur Ramah Lingkungan melalui Penerapan Material Limbah Padi di Lombok Tengah ini terdiri dari enam fasilitas yang memiliki kebutuhan dan fungsi berbeda diantaranya fasilitas pengunjung, fasilitas kelas, fasilitas pengajar, fasilitas laboratorium & perpustakaan, fasilitas kantin, dan fasilitas servis. Oleh karena itu penerapan material limbah padi disesuaikan dengan kebutuhan dan karakter tiap fasilitas bangunan.

Material limbah padi diterapkan pada beberapa elemen bangunan sesuai dengan kemampuan dan karakteristik material yang dibutuhkan. Penerapannya antara lain pada lantai, dinding, plafond, penutup atap serta sebagai material insulasi bangunan.

Pemakaian material limbah padi memiliki keuntungan yaitu sebagai material ramah lingkungan menggantikan penggunaan kayu, konstruksi yang ringan dan dapat bersifat insulasi.

Tidak semua material limbah padi dapat diterapkan secara utuh dalam konstruksi bangunan. Material limbah padi dapat saling melengkapi atau membutuhkan konstruksi material lain untuk memenuhi kebutuhan fungsional fasilitas.

Fasilitas dengan area basah juga akan memerlukan konstruksi material tahan air pada lantainya dan tidak dapat diterapkan material limbah padi.

Dinding pada sistem tanpa panggung apabila menerapkan material papan limbah padi masih memerlukan konstruksi tambahan yang tahan air di bawahnya. Konstruksi dapat menggunakan material limbah padi seperti batako jerami, komposit semen sekam, batako sekam tau bata sekam agar material dinding tidak cepat rusak karena kelembaban.

Karena material limbah padi memiliki sifat yang ringan, pada dinding lantai dua perlu tambahan struktur railing kayu yang lebih tahan tekanan sebagai pengaman aktivitas anak.

Insulasi bangunan diterapkan pada pada fasilitas pengunjung, fasilitas kelas, fasilitas pengajar, fasilitas laboratorium & perpustakaan, serta fasilitas kantin. Fasilitas - fasilitas ini mewadahi aktivitas dengan durasi dalam ruang yang cukup lama serta membutuhkan suasana teduh dan santai.

Insulasi pada atap diterapkan menggunakan konstruksi *dobel layer* dengan papan alami sekam padi dibawah penutup atap. Kemudian pada celah layer disisipkan sekam padi tanpa pengolahan. Insulasi pada dinding menggunakan penyisipan sekam pada *double layer* dengan papan yang tahan air pada bagian luar dan papan tipis pada sisi dalam.

Daftar Pustaka

- Atap alang alang. 2012. <http://www.atapalangalang.blogspot.com/2012/10/desain-atap-alang-alang.html> (diakses tanggal 20 September 2014)
- Aventi. 2010. *Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Dalam Pembuatan Hollow Panel Untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Kabupaten Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Bakri. 2008. *Komponen Kimia dan Fisik Abu Sekam Padi sebagai SCM untuk Pembuatan Komposit Semen*. Makassar: Lab. Keteknikan dan Diversifikasi Produk Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.
- BPS. 2012. Tabel Luas Panen-Produktivitas-Produksi Tanaman Padi Provinsi Indonesia. http://www.bps.go.id/tnmn_pgn.php?kat=3&id_subyek=53¬ab=0 (diakses tanggal 11 Maret 2014)

- BSNI. 2014. SNI 03-6572-2001. ciptakarya.pu.go.id/pbl/doc/sni/SNI_VENTI.PDF (diakses tanggal 11 Maret 2014)
- Buzarovska, A; Bogoeva-Gaceva, G; Grozdanov, A; Avella, M; Gentile, G dan Errico, M. 2008. *Potential use of rice straw as filler in eco-composite materials*, Institute for Chemistry and Technology of Polymers (ICTP). Itali: Via Campi Flegrei 34, 80078, Pozzuoli (Na).
- Christiawan dan Darmanto, Seno . 2010. *Perlakuan Bahan Bata Merah Berserat Abu Sekam Padi*. Denpasar: Universitas Diponegoro.
- Envirowall. 2014. Strawboard. <http://www.envirowall.net/products/applications/strawboard> (diakses tanggal 20 Juli 2014)
- Halvarsson , Soören dan Norgren, Magnus. 2010. *Manufacture of High-Performance Rice-Straw Fiberboards*. Sweden: Department of Research, Technology and DeVelopment (RTD), Metso Corporation, SE-851 50 Sundsvall.
- Guntur, Hartono. 2010. *Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Untuk Pembuatan Bata Beton Berlobang*. Cepu: SimetriS Nomor 12, Majalah Ilmiah STTR Cepu ISSN 1693 - 7066.
- Johnson, Anbu Clemensis; Y. Bhg. Dato' Engr; Dr Nordin bin Yunus. 2009. *Particleboards from Rice Husk: A Brief Introduction to Renewable Materials of Construction*, Jurutera, Malaysia: The Institution of Engineers.
- Kim, Sumin. 2009. Incombustibility, *Physico-mechanical Properties and TVOC Emission Behavior of the Gypsum-rice Husk Boards for Wall and Ceiling Materials for Construction*. Xerxes: Industrial Crops And Products 29: 381-87. Science Citation Index.
- Lee, Kyu-In; Yeom, Dongwoo dan Kim, Eun-Jin. 2013. *Experimental Research on the Correlation of Temperature, Humidity, and CO₂ Level of a Rice Hull Insulated Indoor Environment*. Korea: Journal of Asian Architecture and Building Engineering.
- Lee, Young-Kyu; Kim, Sumin; Yang, Hang -Seung dan Kim, Hyun-Joong. 2003. *Mechanical Properties of Rice Husk Flour-Wood Particelboard by Urea-Formaldehyde Resin*. Seoul: Mokchae Konghak, Collage of Agriculture and Life Sience.
- Mansour, A., Srebric, J. dan Burley, J .2007. *Development of Straw-cement Composite Sustainable Building Material for Low-cost Housing in Egyp*. Egypt: Journal of Applied Sciences Research, 3(11): 1571-1580, INSInet Publication.
- Maryati. 2007. *Sekolah Alam, Alternatif Pendidikan Sains yang Membebaskan dan Menyenangkan*. Yogyakarta: Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA.
- Mediastika , Christina E. 2007. *Potensi Jerami Padi Sebagai Bahan Baku Panel Akustik*. Yogyakarta: Prodi Arsitektur, Universitas Atma Jaya.
- Resysta. 2014. Technology&Characteristics. <http://www.resysta.com/characteristics.html> (diakses tanggal 20 September 2014)
- Yang , Han-Seung; Kim, Dae-Jun dan Kim, Hyun-Joong. 2002. *Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials*. South Korea: Laboratory of Adhesion Science and Bio-Composites, School of Biological Resources and Materials Engineering, Seoul National University.