

# FASTENING SANDWICH COMPOSITE POLYESTER METHOD REINFORCED PLANTS FIBER – INDUSTRI WASTE WITH HONEYCOMB CORE OF USED PAPER

## METODE FASTENING KOMPOSIT SANDWICH POLYESTER DIPERKUAT SERAT TUMBUHAN - LIMBAH INDUSTRI DENGAN HONEYCOMB CORE DARI KERTAS BEKAS

Agus Dwi Catur, Nasmi Herlinasari, dan Sinarep

Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram 83000

E-mail: agus\_dc1@yahoo.co.id

### ABSTRACT

Sandwich composite were produced. An saturated polyester matrix combined by plant fiber, industrial waste, and paper honeycomb core. The connection method of sandwich composite is very important when it apply to construction such as window panel, wall, roof, floor ect. Fastening method of sandwich composite are the objective of this study. This study get suitable predrilling diagonal, minimum distance between two fastener, and critical distance to the end of composite.

Sandwich composite was made by hand lay up technique. Composite skin was made of laminated polyester strengthened by banana stem fiber, agave sisalana wiberi leaf fiber, fly ash, and rice husk ash filler. Honeycomb core was made from buffalo used paper. Honeycomb core was adhered between two skin(laminate). Fastener penetration to composite must no cracked or damage. Fastening of composite use wood srew gauge #6( 3,51 mm), #8 (4,17 mm), and #10 (4,82mm). Predrilling work to sandwich composite with 0 mm, 1,5 mm, 2 mm, 3 mm, 3,5 mm, 4 mm, dan 4,5 mm diameters of drill. Test of minimum distance between two fastener worked on sandwich composite till to cracked. Test of critical distance of fastener hole to the end of sandwich composite worked in this research. It was done to the end of composite until composite was cracked.

Fastener setting method is very specific. This method was begun to predrilling of sandwich composite. Diameter of predrilling of fastener gauge, #6, #8, #10 were 3 mm, 4 mm, 4,5 mm. Minimal distance fastener to fastener were 6 mm, 8 mm, 10 mm for each gauge #6, #8, #10. Critical distance of fastener to end of composite for fastener gauge #6, #8, #10 were 6,3 mm, 6,7 mm, 7,7 mm. This take place on the rice husk ash filler sandwich composite.

**Key words:** sandwich composite, fastening, fiber, filler.

### ABSTRAK

*Sandwich composite* telah diproduksi. Kandungan polyester tak jenuh yang dikombinasikan dengan serat tumbuh-tumbuhan, limbah industry, dan *paper honeycomb core*. Metode sambungan komposit *sandwich* sangat penting ketika diplikasikan untuk konstruksi seperti panel cendela, dinding, atap, lamtai, dan lain-lain. Metode *fastening* pada sandwich composite merupakan pembahasan dalam studi ini. Studi ini mengambil diagonal *predrilling*, jarak minimum antara *fastener* dan jarak kritis terhadap akhir dari komposit. *Sandwich composite* dibuat dengan menggunakan tangan. Bagian kulit komposit dibuat dari dari polyester tipis yang diperkuat dengan serat batang pisang, *agave sisalana wiberi leaf fiber*, *fly ash* dan abu sekam, inti *honeycomb* dibuat dari kertas *buffalo* bekas. Inti *honeycomb* dilekatkan diantara dua lapisan pelindung. Pelindung penetrasi untuk komposit tidak boleh retak atau rusak. Perlindungan komposit menggunakan skrup kayu berukuran #6( 3,51 mm), #8 (4,17 mm), dan #10 (4,82mm). Pekerjaan *predrilling* untuk komposit *sandwich* dengan diameter lubang 0 mm, 1,5 mm, 2 mm, 3 mm, 3,5mm, 4mm, dan 4,5 mm. Uji kritikal lobang *fastener* terhadap bagian terakhir dari komposit sandwich ini yang dilakukan dalam penelitian ini. Hal tersebut dilakukan pada bagian akhir komposit hingga komposit retak. Metode penempatan pelindung *fastener* sangatlah spesifik. Metode tersebut dimulai pada *predrilling* pada komposit *sandwich*. Diameter *predrilling* untuk pengukuran fastener #6, #8, #10 adalah 3 mm, 4 mm, 4,5 mm. Jarak minimal *fastener* hingga *fastener* lain adalah 6 mm, 8 mm, 10 mm, untuk setiap alat ukur #6, #8, #10. Jarak kritikal akhir *fastener* dari komposit untuk alat ukur *fastener* #6, #8, #10 adalah 6,3 mm, 6,7 mm, 7,7 mm. Hal ini terjdipada abu sekam komposit sandwich.

**Kata-kata kunci:** komposit *sandwich*, *fastening*, serat, pengisi

### Pendahuluan

Limbah industri dapat bermanfaat kalau penanganannya tepat, bahkan dapat sebagai sumberdaya bahan mentah. Sebagai bahan mentah yang dibutuhkan, limbah akan lebih cepat terpakai daripada hanya ditimbun saja. Selama proses pembakaran batubara dihasilkan abu terbang (*fly ash*) sebesar 349 milyar ton di seluruh dunia, di Indonesia 1,66 milyar ton pada tahun 2000 dan menjadi 2 milyar ton pada tahun 2006 (Putri, M., 2008). Perlu perluasan pemakaian *fly ash* ke depan dengan meningkatnya jumlah *fly ash* yang dihasilkan dari pembangkit listrik dan industri.

Limbah pertanian berupa sekam padi yang dihasilkan 11,41 juta ton yang digunakan untuk berbagai keperluan di antaranya dibakar untuk menghasilkan energi. Jumlah abu yang dihasilkan dari pembakaran itu setara dengan 2,05 juta ton abu sekam (*rise husk ash/RHA*). Hal ini didasarkan pada data tahun

2008, Indonesia sebagai negara agraris termasuk dalam tiga besar penghasil padi setelah China dan India yaitu 57 juta ton gabah kering giling pada tahun 2007. Pengembangan penggunaan abu sekam padi sebagai *filler* komposit *polyester* yang diperkuat serat tumbuhan seperti yang dilakukan pada penelitian ini adalah merupakan perluasan pemakaian abu sekam padi yang mempunyai dampak pertambahan nilai pada abu sekam padi pada khususnya dan ketahanan pangan pada umumnya.

Serat nanas dan serat pisang termasuk serat tumbuhan yang moderat pada lingkungan lembab, menyekat panas dan meredam suara. Selain biaya yang rendah dan dapat diperbaiki, pembuatan kompositnya memerlukan peralatan yang sedikit, ini memberi peluang pada serat nanas dan serat pisang sebagai penguat komposit untuk bahan struktural dan karena sifat mekaniknya dan ramah lingkungan. Salah satu spesies tanaman nanas/sisal adalah nanas bali (*agave sisalana weberi*). Ciri-ciri tumbuhan ini hampir mirip dengan nanas tapi tidak berbuah, daun

tanaman ini umumnya lancip, tebal, dan ka-ku, yang berfungsi untuk menyimpan air. Umumnya tanaman sisal menghasilkan serat yang kuat, 60 % pasaran serat alam dunia berasal dari spesies ini, mulanya tumbuh liar di Amerika tengah (Naiola, P.B.,-1986). Di kawasan pedesaan khususnya masyarakat di Kecamatan Sakra, Kabupaten Lombok Timur, NTB, masyarakat banyak menggunakan serat sisal yang oleh masyarakat di kawasan tersebut biasa disebut dengan *nanas bali* sebagai tali atau kerajinan.

Kertas bekas telah banyak didaur ulang menjadi bahan atau benda-benda baru seperti untuk hiasan, packaging dan menjadi kertas dengan bentuk dan jenis yang berbeda. Memanfaatkan kembali kertas bekas dapat mengurangi penebangan kayu hutan. Kertas yang dibentuk berongga mempunyai berat jenis yang kecil dengan kekakuan yang lebih baik daripada kertas lembaran. Konstruksi kertas berongga semisal dalam bentuk honeycomb sangat cocok diterapkan pada komposit sandwich sebagai core karena kekakuannya.

Komposit *sandwich* yang umum diterapkan pada komposit matrik *polymer* adalah konsep struktur panel yang terdiri dari dua laminat paralel tipis mengapit *core* yang ringan. Konstruksi *sandwich* dipilih ketika diharapkan struktur mempunyai kekakuan tinggi dengan berat yang relatif lebih ringan dibandingkan komposit laminat *monolit* (anonim,2002). Memadukan serat tumbuhan berupa serat nanas bali dan serat pohon pisang, limbah industri berupa flyash dan abu sekam padi serta honeycomb kertas bekas sebagai core dalam komposit sandwich menghasilkan komposit dengan berat jenis yang rendah (240-330 kg/m<sup>3</sup>) dengan kekakuan yang memadai (catur, a.d., 2009).

Penyambungan mekanik pada komposit sangat penting karena menjaga stabilitas dan kekuatan struktur. Untuk itu penelitian untuk mendapatkan jenis penanganan berupa penyambungan pada pemakaian komposit sandwich yang dikembangkan untuk pemakaian sebagai papan pintu, lembaran atap, dinding partisi dan lantai/ubin dilakukan. Sambungan lem bersifat permanen sedangkan sambungan fastening tidak permanen artinya dapat dibongkar pasang kapan saja tergantung jenis fastenernya. Adapun untuk memperoleh tujuan tersebut komposit sandwich yang dikembangkan telah dilakukan uji pengerjaan penetrasi fastener yang berupa sekrup. Metode fastening yang cocok untuk komposit sandwich telah didapatkan pada tulisan ini.

## Metode Penelitian

Pengambilan serat dari tanaman sumber serat. Serat daun diambil dari daun tanaman Nanas Bali (*agave sisalana weberi*) yang sudah dewasa ditandai dengan warna hijau tua pada daun. Keseragaman serat perlu dijaga dengan mengambil daun yang mempunyai panjang mendekati sama. Daun kemudian digesek dengan pisau tajam agar lapisan *palisade tissue* tempat klorofil, *epidermis* dan lapisan *cuticula* hilang. Daun yang sudah bersih akan tampak serat-seratnya yang berwarna putih kekuningan. Agar seratnya dapat diambil dengan mudah daun direndam kedalam air selama dua hari. Serat dipisahkan dari daging daun dengan menyisir daun menggunakan bambu bercelah secara berulang-ulang sampai diperoleh serat yang bersih. Serat kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama satu hari. Sedangkan serat batang diambil dari batang pohon pisang yang sudah tua dan layu di pohon. Lapisan terluar pelepah batang dikelupas dengan pisau sehingga kelihatan seratnya. Serat dipisahkan dari daging pelepah pisang dengan menyisirnya menggunakan bambu bercelah secara berulang-ulang sampai diperoleh serat yang bersih.

Serat direndam dalam larutan 4% NaOH selama 2 jam di dalam wadah terbuat plastik untuk menghilangkan lapisan lilin dan *lignin* pada serat. Serat kemudian dicuci dalam air mengalir untuk menghilangkan NaOH yang masih membasahi serat. Pen-

cucian serat kemudian dilakukan pada air ledeng kemudian dikeringkan dengan dijemur di bawah terik matahari. Dalam pembuatan kulit komposit susunan serat adalah anyaman tegak lurus. Serat ditimbang untuk sebanyak 10% volume kulit komposit *sandwich*, dipilin dan kemudian dianyam tegak lurus.

Kertas bekas dari berbagai jenis kertas dapat digunakan sebagai *honeycomb core*, namun untuk menyeragamkan sifat komposit maka kertas buffalo bekas dipilih dengan berat 250 gram per m<sup>2</sup>. Kertas dipotong memanjang dengan lebar 25 mm. Kertas kemudian ditekan pada mal untuk membentuk sudut-sudut (*honeycomb*), panjang sisi-sisinya 9 mm dan 7 mm. Untuk membentuk *honeycomb* maka kertas tersebut dilekatkan dengan lem glukol satu sama lain. Ketebalan *honeycomb core* yang sudah jadi adalah 25 mm.

*Honeycomb* diperlakukan tanpa dan dengan pencelupan pada *catalized polyester*, katalis yang digunakan adalah metil etil keton. Pencelupan diikuti dengan pentirisan dan pengeringan di udara terbuka. Pencelupan dilakukan agar *honeycomb* lebih kaku dan tahan terhadap air apabila terjadi kebocoran laminat.

Pembuatan kulit komposit dilakukan dengan teknik *hand lay-up* atau sering disebut *wet lay-up*. Resin *catalized polyester*, serat, filler ditimbang sesuai dengan persentase volumenya.

Komposisi serat selalu diambil sebesar 10% volume terhadap volume kulit komposit. Langkah awal adalah mengoleskan pengkilap porselin (MAA) di permukaan cetakan dari kaca dan dikeringkan, ini bertujuan untuk mempermudah pengangkatan komposit dari cetakan pada saat komposit sudah memadat. *Polyester* dicampur dengan katalis berupa metil etil keton sebanyak 1% berat *polyester* disebut sebagai *catalized polyester*. Sedangkan limbah industri yang dicampurkan berupa *fly ash* dan abu sekam padi berjumlah 0%, 10%, 20%, 30% volume terhadap volume kulit. Pencampuran dilakukan dengan pengaduk mekanis.

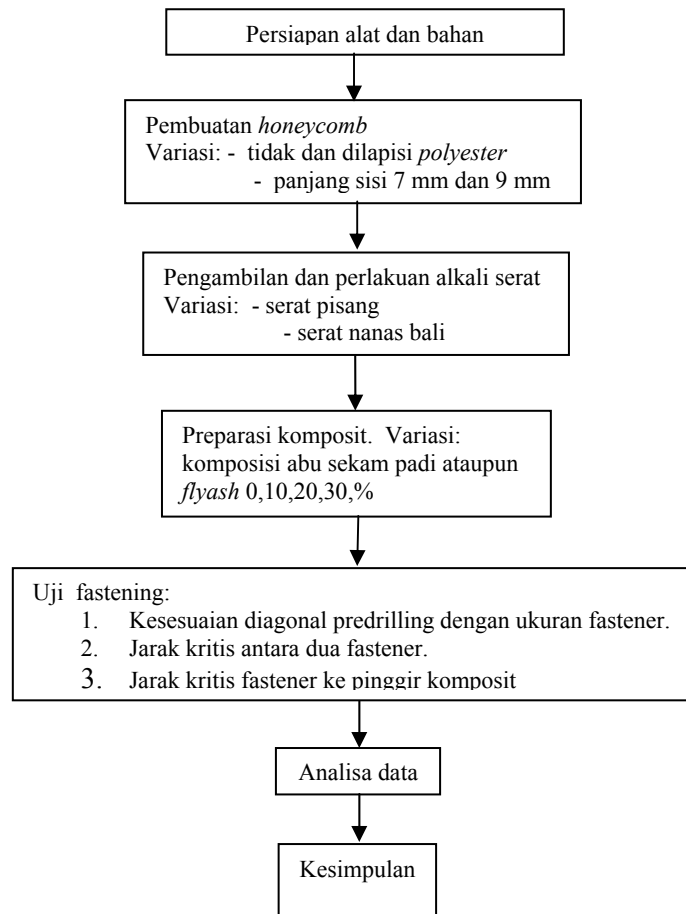
Sebagian resin atau resin yang telah dicampur filler dituangkan ke dalam cetakan dan diratakan. Serat yang dianyam tegak lurus dimasukkan dalam cetakan, dibenamkan dalam resin kemudian diratakan lagi. Resin sisa dituangkan dan diratakan lagi. *Honeycomb core* diletakkan diatas kulit komposit yang masih basah ditekan dengan tangan agar menancap ke dalam kulit. Kulit yang kedua dibuat dengan cara yang sama dengan kulit pertama. Sebelum kulit kedua mengering, *honeycomb* yang telah menempel di kulit pertama ditempelkan ke kulit kedua sehingga konstruksi komposit sandwich terbentuk. Untuk menyempurnakan proses pemadatan maka komposit dicuring didalam oven pemanas pada suhu 80°C selama 3 jam. Komposit *sandwich* dikeluarkan dari oven dan setelah dingin dipotong dengan gergaji untuk membuat spesimen uji.

Pada pengujian fastening dilakukan tiga jenis pengujian yaitu pengujian kesesuaian diagonal *predrilling* terhadap ukuran *fastener*, pengujian jarak kritis antar dua *fastener* dan pengujian jarak kritis antara *fastener* dengan pinggir komposit *sandwich*.

Alat yang digunakan adalah *fastener driver* merek Wipro W6100C dengan setingan torsi nomor 11 (1,6 kg.cm). Adapun ukuran spesimen masing-masing pengujian adalah sebagai berikut:

1. (200 x 50 x 31) mm<sup>3</sup> untuk pengujian kesesuaian *predrilling* terhadap *fastener*.
2. (125 x 50 x 31) mm<sup>3</sup> untuk pengujian jarak kritis antar dua *fastener*.
3. (75 x 50 x 31) mm<sup>3</sup> untuk pengujian jarak kritis antara *fastener* dengan pinggir komposit.

Pengujian kesesuaian *predrilling* terhadap *fastener* dilakukan dengan *predrilling* terhadap komposit *sandwich* dengan diameter 0 mm, 1,5 mm, 2 mm, 3 mm, 3,5 mm, 4 mm, dan 4,5 mm. Adapun *fastener* yang digunakan untuk uji *fastening* adalah *wood screw* ukuran #6( 3,51 mm), #8 (4,17 mm), dan #10 (4,82 mm). Ukuran panjang *wood screw* yaitu 2 inch untuk ukuran # 8, #10 dan 1,5 inch untuk ukuran #6.



Gambar 1. Alur Penelitian

Pengujian jarak kritis antar dua *fastener* dilakukan berdasarkan hasil pengujian sebelumnya (pengujian kesesuaian *predrilling* terhadap *fastener*), yaitu dengan pasangan *fast-ener-diagonal predrilling* yang berhasil menembus komposit *sandwich*. Jarak kritis adalah jarak minimal yang diperbolehkan dalam pemasangan *fastener*, baik antar *fastener* maupun antara *fastener* dengan pinggir komposit untuk menghindari keretakan. Jarak antara dua *fastener* yang diuji disesuaikan dengan ukuran diameter kepala masing-masing *fastener*.

Jarak-jarak yang akan diuji untuk masing-masing *fast-ener* adalah sebagai berikut:

1. *Fastener* #6 : 15; 12; 9 dan 6 mm
2. *Fastener* #8 : 17; 14; 11 dan 8 mm
3. *Fastener* #10 : 19; 16; 13; dan 10 mm

Pengujian dihentikan pada jarak yang menyebabkan retaknya komposit *sandwich* pada masing-masing spesimen dan dicatat jarak terakhir yang tidak menyebabkan retak.

Pengujian jarak kritis antara *fastener* dengan pinggir komposit ini juga menggunakan hasil pada pengujian kesesuaian diameter *predrilling* terhadap ukuran *fastener*. Jarak yang diuji juga disesuaikan dengan jari-jari kepala masing-masing *fastener* dimana jarak terakhir adalah jari-jari kepala *fastener*. Jarak pengujian untuk masing-masing *fastener* ada-lah sebagai berikut:

1. *Fastener* #6 = 9; 7; 5; dan 3 mm
2. *Fastener* #8 = 10; 8; 6 dan 4 mm
3. *Fastener* #10= 11; 9; 7 dan 5 mm

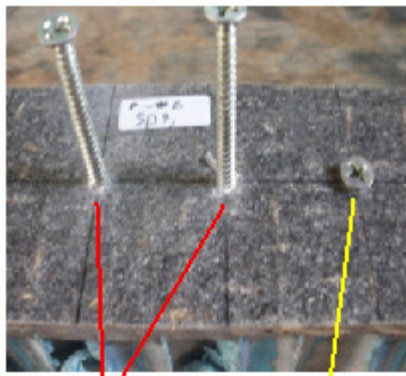
Pengujian dihentikan pada jarak dari pinggir yang menyebabkan retaknya komposit *sandwich* pada masing-masing spesimen dan dicatat jarak terakhir yang tidak menyebabkan retaknya komposit *sandwich*.

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

*Predrilling* adalah pelubangan awal dengan diameter tertentu (di bawah harga diameter *gauge fastener*) pada tempat dimana *fastener* akan dipasangkan, dengan tujuan untuk mempermudah dan menghindari kerusakan komposit pada proses *fastening*. Adapun *predrilling* dilakukan dengan *Banch Drilling Machine* dengan kecepatan putaran *drill* 320 rpm.

Pada pengujian ini diperoleh dua hasil pengamatan penetrasi *fastener* yaitu berhasil dan gagal. Penetrasi *fastener* dikatakan berhasil apabila *fastener* dapat masuk melakukan penetrasi dengan sempurna pada lubang *predrilling* sebanyak tiga pengulangan (gambar 2). Sedangkan penetrasi *fastener* yang gagal terjadi hal-hal sebagai berikut:

1. Retak kecil: *fastener* dapat komplit menembus komposit tetapi terjadi keretakan kecil pada komposit di sekitar *fastener*.
2. Gempil: *fastener* dapat komplit menembus komposit tetapi terjadi pemisahan serpihan matrik komposit di sekitar *fastener*.
3. Tidak tembus: *fastener* dapat melakukan penetrasi ke dalam komposit dengan seting torsi 11 tetapi tidak sampai menembus komposit secara komplit.
4. Tdk dapat masuk: *fastener* hanya berputar saja tidak terjadi penetrasi pada komposit.
5. Masuk bebas: *fastener* dapat masuk bebas kedalam lubang *predrilling* tanpa harus ditekan dan diputar dengan *driver*.



tidak dapat masuk Masok Sempurna

Gambar 2. Fastener masuk dan gagal masuk

Hasil pengamatan menunjukkan komposit dengan diagonal *predrilling* tertentu saja yang dapat ditembus oleh penetrasi *fastener*. *Fastener* tidak dapat masuk ke dalam komposit *sandwich* dengan sempurna kecuali dengan adanya lubang *predrilling*. Komposit tanpa *predrilling* (diagonal *predrilling* 0 mm) tidak dapat ditembus oleh *fastener* (gambar 3).



tanpa predrilling, fastener tdk dpt menembus

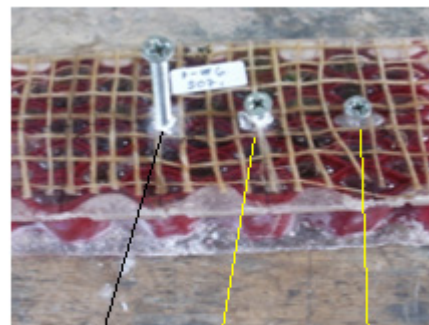
Gambar 3. Fastener tidak dapat melakukan penetrasi tanpa predrilling

*Predrilling* pada komposit *sandwich* dalam pengujian ini memberikan ruang kepada *fastener* untuk masuk menembus kedua *skin*. Semakin besar diameter lubang *predrilling* maka akan semakin memudahkan proses penetrasi *fastener* ke dalam komposit, walaupun tidak semua komposit yang dilakukan *predrilling* berhasil ditembus dengan sempurna oleh *fastener*. Lubang *predrilling* dibuat dengan diagonal mulai dari 1,5 mm, 2mm, 3mm, 3,5mm, 4mm, 4,5mm. Yang perlu diperhatikan adalah diameter *predrilling* tidak boleh menyamai diameter *gauge* masing-masing *fastener* karena prinsip utama pada pemasangan *fastener* adalah terbentuknya ulir pada komposit yang dipasang *fastener* sehingga sambungan nan-tinya dapat dibongkar pasang. Bila diameter *predrilling* menyamai atau lebih besar daripada diameter *gauge* masing-masing *fastener* maka *fastener* masuk dengan bebas ke dalam lubang *predrilling* tanpa penekanan maupun puntiran dari *screw driver*.

Diameter *predrilling* sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dalam proses *fastening*, dimana hanya diagonal *predrilling* yang paling mendekati diameter *gauge fastener* yang bisa masuk sempurna yaitu *fastener* #8 dengan diagonal *predrilling* 4 mm dan *fastener* #10 dengan diagonal *predrilling* 4,5 mm. Sedangkan untuk *fastener* #6 bisa menembus komposit *sandwich* dengan diagonal *predrilling* 3 mm.

*Fastener* #6 mempunyai diagonal luar ulir 3,51 mm, selisihnya 0,51 mm terhadap diagonal *predrilling* yang berhasil ditembus dengan baik yaitu 3 mm. Untuk lubang *predrilling* di

bawah 3 mm yaitu 2 mm, 1,5 mm penetrasi *fastener* gagal menembus komposit ditandai dengan kerusakan komposit berupa retak kecil, gempil, atau *fastener* tidak dapat masuk lagi kedalam komposit karena torsi *srew driver* dengan setingan nomor 11 sudah tidak cukup untuk memutar *fastener*.



Tidak tembus Tembus tapi gempil Tembus tapi retak kecil

Gambar 4. Fastening yang gagal karena retak

Kegagalan penetrasi *fastener* ukuran #6 ke dalam komposit juga terjadi karena *fastener* tidak dapat masuk kedalam komposit tanpa *predrilling*, *fastener* hanya berputar saja tanpa terjadi penetrasi pada komposit. Sedangkan untuk komposit dengan diagonal *predrilling* diatas diagonal luar ulir *fastener* yaitu 3,5 mm, 4 mm, dan 4,5 mm, penetrasi *fastener* gagal karena *fastener* dapat masuk bebas ke lubang *predrilling* komposit tanpa diputar oleh *srew driver*. Fungsi *fastener* sebagai pengencang dalam sambungan komposit tidak tercapai kalau *fastener* dapat masuk bebas ke lubang *predrilling* komposit.

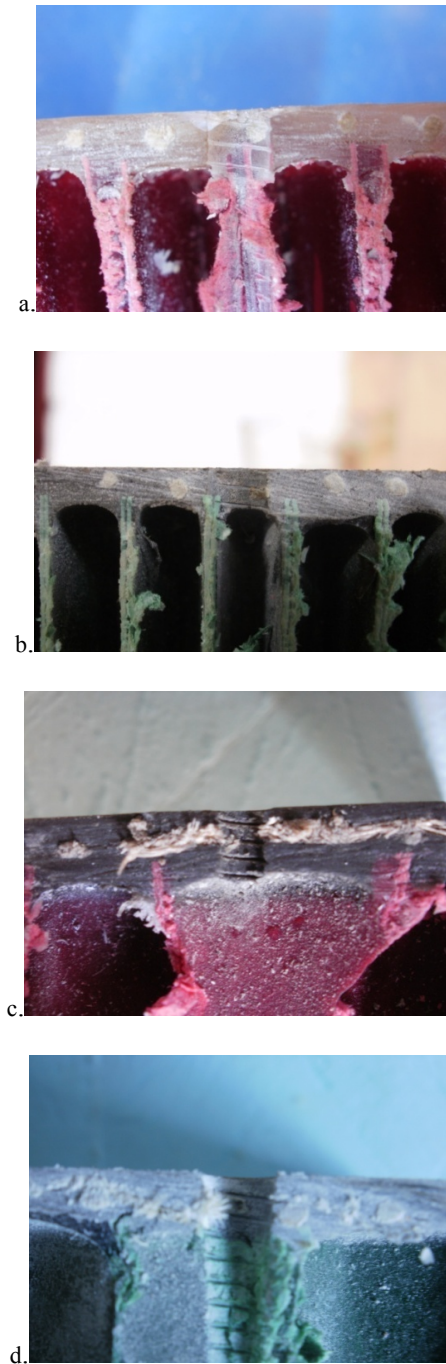
*Fastener* #8 mempunyai diameter luar ulir sebesar 4,17 mm, komposit yang dapat ditembus dengan baik olehnya adalah komposit dengan lubang *predrilling* 4 mm. Komposit dengan diagonal *predrilling* di bawah 4 mm gagal ditembus oleh penetrasi *fastener* dengan hasil pengamatan: tidak dapat masuk, retak, gempil, tidak tembus. *Fastener* tidak dapat masuk lagi menembus kedalam komposit karena torsi *srew driver* dengan setingan nomor 11 sudah tidak cukup untuk memutar *fastener*. *Fastener* #8 tidak dapat masuk kedalam komposit tanpa *predrilling*, *fastener* hanya berputar saja tanpa terjadi penetrasi pada komposit. Sedangkan komposit dengan diagonal *predrilling* 4,5 mm tidak terjadi pengencangan *fastener* dengan komposit karena diagonal lubang *predrilling* lebih besar daripada diagonal luar ulir *fastener*.

*Fastener* #10 (4,83 mm) dapat menembus dengan baik komposit dengan *predrilling* 4,5 mm, diagonal *predrilling* ini hanya lebih kecil sedikit dari diagonal *fastener* yaitu mempunyai selisih 0,33 mm. Sedangkan komposit dengan diagonal *predrilling* dibawah 4,5 mm tidak dapat ditembus oleh penetrasi *fastener* #10. Tipe kegagalannya adalah tidak dapat masuk untuk komposit tanpa *predrilling*, retak, gempil, dan tidak tembus ketika torsi yang dimiliki *srew driver* tidak mampu lagi memutar *fastener*.

Pada pengujian *fastener* #8 dengan *predrilling* 2 mm pada semua jenis komposit hampir semuanya mengalami kegagalan pada *skin* ke-2 setelah melewati *skin* pertama. Kegagalan pada *skin* kedua ini disebabkan karena pada saat *fastener* mulai dipenetrasi mula-mula gerak makan sangat rendah, sehingga yang terjadi adalah proses pelubangan lanjut (*boring*). Setelah *fastener* mencapai kedalaman tertentu pada *skin* pertama barulah *fastener* mulai membuat jejak berupa ulir sesuai dengan konstruksi ulir *fastener*. Pada *skin* kedua kecepatan makan dari *fastener* menjadi lebih tinggi karena dipengaruhi oleh ulir yang sudah terbentuk pada *skin* pertama. Kecepatan gerak makan yang tinggi pada diameter *predrilling* yang kecil inilah yang menjadi



penyebab kegagalan pada proses *fastening* ini, torsi yang dibutuhkan untuk melakukan penetrasi pada komposit melebihi torsi yang disediakan oleh *screw driver* dengan seting torsi nomor 11.



Keterangan:

- a. Ulir pada *skin* komposit tanpa *filler*
- b. Ulir pada *skin* komposit dengan *filler* abu sekam padi
- c. Ulir pada *skin* komposit dengan *filler fly ash*
- d. Ulir pada *skin* dan pada *honeycomb core* komposit

Gambar 5. Penampang membujur alur ulir pada komposit

Untuk beberapa jenis komposit, *fastener* #6 dapat menembus sempurna komposit dengan diagonal *predrilling* di bawah 3 mm yaitu dengan diagonal *predrilling* 2 mm, *fast-ener* #8 dapat menembus sempurna beberapa komposit dengan diagonal *predrilling* 3,5 mm, dan *fastener* #10 dapat menembus sempurna

beberapa komposit dengan diagonal *predrilling* 4 mm. Beberapa jenis komposit tersebut mempunyai kulit komposit dengan *filler* abu sekam padi. Hal ini disebabkan karena komposit *sandwich* dengan *filler* abu sekam padi adalah yang paling mudah terkikis oleh ulir *fastener*.

Ulir di ujung *fastener* menancap dan mengikis jejak tancaannya tersebut sehingga ulir yang berada di belakangnya mendapat ruang (alur) yang lebih besar untuk tetap bergerak maju. Struktur abu sekam padi yang lebih kasar menyebabkan ikatan antara matrik dengan abu sekam padi lebih mudah terlepas daripada dengan *fly ash* yang mempunyai ukuran butir lebih halus.

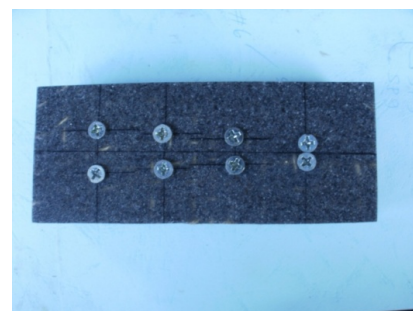
Variasi jenis *filler* pada komposit *sandwich* juga berpengaruh pada kualitas ulir yang terbentuk oleh jejak *fastener*. Kualitas ulir ini perlu diperhatikan mengingat salah satu kelebihan dari metode *fastening* adalah dapat dibongkar pasang. Jika kualitas ulir baik maka sambungan akan dapat lebih sering dibongkar pasang dengan sedikit atau tanpa terjadi keausan alur ulir komposit.

Ulir yang terbentuk lebih kokoh terdapat pada *skin* komposit tanpa *filler* dan dengan *filler fly ash*, sedangkan pada *skin* dengan *filler* abu sekam padi terlihat lebih rapuh, hal ini terbukti dari adanya kerusakan ulir setelah *fastener* dilepas dari komposit. Butiran-butiran abu sekam padi terlepas dari ikatan matrik *polyester* ketika *fastener* diputar lepas dari komposit.

Pada gambar 5d terlihat ulir juga terbentuk pada *honeycomb core* yang dilapisi *catalized polyester*. Pembentukan alur ulir pada *honeycomb core* kertas dipengaruhi oleh pelapisan kertasnya. *Fastener* meninggalkan jejak ulir dengan jelas pada *honeycomb core* yang dilapisi *catalized polyester* setelah *fastener* dicopot dari komposit, sedangkan pada *honeycomb core* kertas yang tidak dilapisi *polyester* jejak ulir tidak bertahan kejelasannya setelah *fastener* dicopot dari komposit.

Jarak kritis antara dua *fastener* adalah jarak minimal pada pemasangan dua *fastener* pada komposit sehingga komposit hampir retak. Sebelum dilakukan pengujian jarak kritis, *predrilling* dilakukan pada komposit. Diameter lubang *predrilling* ini dilakukan berdasarkan hasil pada pengujian kese-suaian *predrilling* terhadap *fastener*, yaitu *fastener* #6 dengan *predrilling* 3 mm, *fastener* #8 dengan *predrilling* 4 mm dan *fastener* #10 dengan *predrilling* 4,5 mm.

Pengujian dilakukan terhadap 56 jenis komposit *sandwich* yang berbeda. Dari pengujian jarak kritis antar dua *fastener* ini diperoleh bahwa jenis komposit tidak mempengaruhi jarak kritis antara dua *fastener*. *Fastener* yang dipenetrasikan dapat menembus semua jenis komposit dengan *predrilling* sampai jarak minimal antara *fastener* sebesar diagonal kepala *fastener* seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Foto spesimen yang telah dilakukan pengujian jarak kritis antar *fastener*.

Jarak kritis antar *fastener* pada sebuah komposit *sandwich* merupakan jarak minimal antara dua *fastener* yang merupakan diagonal kepala *fastener*. Jarak minimal tersebut seperti yang tertera pada tabel 1.

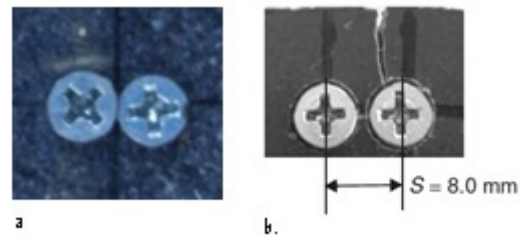
Tabel 1. Jarak minimal antara dua *fastener*

Nomor <i>gauge fastener</i>	Diameter <i>predrilling</i> (mm)	Jarak minimal antar <i>fastener</i> (mm)
#6	3	6
#8	4	8
#10	4,5	10

Semua *fastener* (dengan *predrilling* masing-masing) dapat dipasang pada jarak minimalnya yaitu sama dengan diameter kepala *fastener* tanpa merusak komposit *sandwich*.

Jika *fastener* dipasang di bagian tengah spesimen (lebih dari 7mm dari pinggir) maka komposit memiliki tiga komponen penguat komposit yaitu serat penguat, *honeycomb core*, dan matrik itu sendiri. Dari komponen-komponen pen-yusun tersebut komposit *sandwich* dapat menahan gaya pene-trasi *fastener* sehingga komposit tidak retak atau pecah. Kon-disi inilah yang menjadi alasan tidak adanya kerusakan spesi-men pada semua

jarak pengujian, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada jarak kritis antar dua *fastener* pada komposit *sandwich* kecuali sebesar diagonal kepala *fastener*.



Keterangan:

- a. Komposit *sandwich* polyester dengan *fastener* #8
- b. WF-RPP: 30%WF-70%RPP,#6 (Ratnam, M.M, 2008)

Gambar 7. Jarak kritis antara dua *fastener*.

Tabel 2. Jarak kritis antara *fastener* dengan pinggir komposit *sandwich*

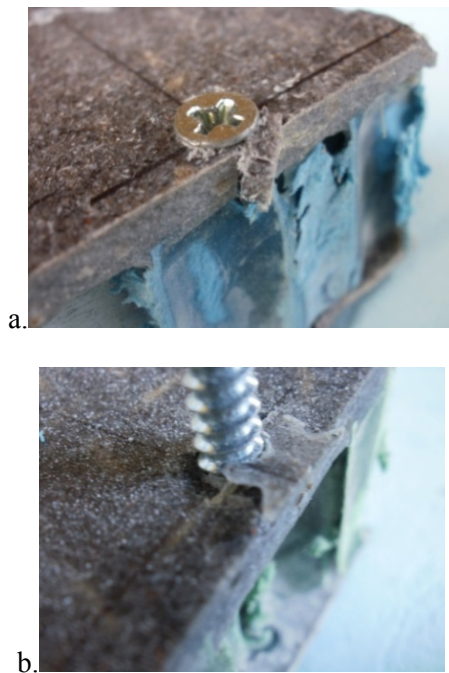
Jenis Filler	Komposisi filler (%volume)	Ukuran <i>fastener</i>	Jarak kritis <i>fastener</i> thd pinggir komposit(mm)							
			Serat Pohon Pisang				Serat sisal			
			Sisi honey comb 7mm		Sisi honey comb 9mm		Sisi honey comb 7mm		Sisi honey comb 9mm	
			Pelapisan honeycomb		Pelapisan honeycomb		Pelapisan honeycomb		Pelapisan honeycomb	
		Lapis	Tidak	Lapis	Tidak	Lapis	Tidak	Lapis	Tidak	
Tanpa Filler	0	#6	3.0	3.7	3.7	3.7	3.0	3.7	3.7	3.7
		#8	4.0	4.7	4.0	4.7	4.0	4.7	4.0	4.7
		#10	5.0	5.7	6.3	5.7	5.0	5.7	5.7	5.7
	10	#6	5.0	5.0	4.3	5.7	5.0	5.0	4.3	5.7
		#8	5.3	5.3	4.7	6.0	5.3	5.3	4.7	6.0
		#10	6.3	7.0	5.7	6.3	6.3	7.0	5.7	6.3
Abu Sekam	20	#6	4.3	4.3	5.0	5.7	4.3	4.3	5.0	5.7
		#8	4.7	4.7	5.3	6.0	4.0	4.7	4.0	6.0
		#10	6.3	6.3	6.3	7.0	6.3	6.3	5.7	7.0
	30	#6	5.7	5.0	5.7	6.3	5.7	5.0	5.7	6.3
		#8	6.0	5.3	6.0	6.7	6.0	5.3	6.0	6.7
		#10	6.3	6.3	6.3	7.7	6.3	6.3	6.3	7.7
Fly Ash	10	#6	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
		#8	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
		#10	6.3	5.0	6.3	6.3	5.7	5.0	6.3	6.3
	20	#6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
		#8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

Fenomena yang terjadi pada penelitian ini berbeda dengan yang pernah dilakukan oleh Ratnam, M.M (2008) pada *Wood filler-recycled polypropylene* (WF-RPP), dimana diper-oleh jarak kritis kurang dari 8 mm untuk *fastener* #6 (gambar 7). Perbedaan yang paling prinsip dalam kedua penelitian ini dari segi komponen penguat komposit. WF-RPP hanya mengandalkan ke-

kuatan dari kombinasi matriks dan *filler* untuk melawan gaya penetrasi dari *fastener* sehingga jarak kritisnya harus lebih besar, sedangkan pada komposit *sandwich* peneli-tian ini memiliki lebih dari satu penguat untuk mengatasi de-formasi pada kulit komposit oleh *fastener*.

Jarak kritis antara fastener dengan pinggir komposit adalah jarak minimal pada pemasangan *fastener* ke pinggir komposit sehingga komposit hampir retak. Pengujian jarak kritis antara *fastener* dengan pinggir komposit dilakukan pada komposit setelah komposit dilakukan *predrilling*. Ukuran dia-gonal lubang *predrilling* berdasarkan hasil pengujian kesesuaian *predrilling* terhadap *fastener*, yaitu *fastener* #6, #8, dan #10 berturut-turut dengan diagonal *predrilling* 3 mm, 4 mm dan 4,5 mm. Variasi jarak pengujian ini ditentukan dengan mengacu pada jari-jari masing-masing kepala *fastener*. Jarak paling kecil lubang *fastener* ke pinggir komposit adalah sama dengan jari-jari kepala masing-masing *fastener*, kemudian jarak selanjutnya ditambah berturut-turut 2 mm. Pengujian dilakukan mulai dari jarak terjauh kemudian mendekati ke pinggir komposit. Jarak kritis *fastener* ke pinggir komposit merupakan jarak lubang *fastener* sebelum jarak lubang terjadinya kerusakan komposit.

Pada pengujian jarak kritis antara *fastener* dengan pinggir komposit terjadi dua jenis kerusakan. Kerusakan pertama terjadi akibat gaya ke samping (segala arah) yang berasal dari *fastener*. Sisi lubang yang mengarah ke pinggir komposit adalah bagian yang lemah sehingga kerusakan terjadi di sisi tersebut (gambar 8.a). Jenis kerusakan yang lain adalah terjadinya pemisahan sebagian kulit permukaan atas di sisi pinggir komposit akibat gaya desak penetrasi *fastener* (gambar 8b).



Gambar 8. Jenis-jenis kerusakan pada pinggir komposit sandwich

Pada dasarnya kedua jenis kerusakan ini disebabkan oleh ketidakmampuan daerah sisa pada pinggir komposit untuk menahan gaya *fastener*. Ketidakmampuan ini tentunya sangat berkaitan erat dengan jumlah komponen penyusun komposit pada bagian ini yang dalam hal ini adalah matrik dengan *filler*-nya, serat penguat dan *honeycomb core*.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa variasi *filler* penyusun *laminat* secara umum berpengaruh terhadap jarak kritis. Jarak kritis terjauh terdapat pada komposit *sandwich* dengan *filler* abu sekam padi. Hal ini terjadi karena karakteristik *skin* dengan *filler* abu sekam padi cenderung lebih rapuh jika dibandingkan dengan komposit tanpa *filler* dan *filler fly ash*. Kerapuhan ini juga dapat dilihat dari jenis ulir yang terbentuk.

## Kesimpulan

1. Metode pemasangan *fastener* pada komposit *sandwich polyester* sangatlah spesifik yaitu harus melalui prose *predrilling* dengan diameter mendekati diameter *gauge fastener*. *Predrilling* yang cocok untuk *fastener* #6, #8, #10 adalah 3 mm, 4mm, 4,5 mm.
2. Jarak kritis antara *fastener* satu dengan *fastener* yang lain tidak ada, yang ada adalah jarak minimal antar *fastener* yaitu sebesar diameter kepala *fastener*. Jarak minimal antar *fastener* #6, #8, #10 adalah 6 mm, 8mm, 10 mm.
3. Komposisi penyusun kulit komposit mempengaruhi jarak kritis antara *fastener* dengan pinggir komposit. Jarak kritis terjauh untuk *fastener* #6, #8, #10 adalah 6,3 mm, 6,7 mm, 7,7 mm yang terjadi pada komposit *sandwich* dengan *filler* abu sekam padi.

## Daftar Pustaka

- Anonim. (2002). *Composite Material Handbook*, Volume 3: *Polymer Matrix Composite, material usage, design and analysis*, Departemen of defense, USA,.
- Anonim. (2008). *FAO Statistical Database*, <http://apps.fao.org>,
- Anonim. (2008). *Pembangunan PLTU Batubara Harus Memaksimalkan Produksi Dalam Negeri*, Portal Nasional RI, <http://www.Indonesia.go.id>.
- Catur, A.D. (2009). "Berat Jenis Komposit Sandwich Matrik Polyester Diperkuat Serat Nanas dan Filler Fly Ash dengan Honeycomb Core dari Kertas Bekas." *Seminar Nasional dan Pameran Hasil-hasil Penelitian*, Lemlit Universitas Mataram, Mataram.
- Cipta, H. (2008). "Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Larutan NaOH pada Permukaan Serat Nanas Bali (agave sisalana) Weberi Terhadap Kekuatan Tariknya, dan Morfologi Permukaannya." Skripsi, Teknik Mesin, Universitas Mataram.
- Haneefa, A., Bindu, P., Aravind, I., Thomas, S. (2008). "Studies on Tensile and Flexural Properties of Short Banana/Glass Hybrid Fiber Reinforced Polystyrene Composites." *Journal of Composite Materials*, vol. 42, hal. 1471, Sage Publication.
- John, K. dan Naidu, S.V. (2004). "Tensile Properties of Unsaturated Polyester-Based Sisal Fiber-Glass Fiber Hybrid Composites." *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 23, hal. 1815, Sage Publication.
- Ratnam, M.M., Khoo, T.S., Khalil, H.P.S.A. (2008). "Wood Filler(WF)-recycled Polypropylene (RPP) Composite Pallet: Study of Static Deformation using FEA and Shadow Moire." *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 2008, vol.27, hal. 1733.
- Kiran, C.U. (2007). "Tensile Properties of Sun Hemp, Banana and Sisal Fiber Reinforced Polyester Composites." *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 2007, vol.26, hal 1043.
- Lai, W.L., Mariatti, M. (2008). "The Properties of Woven Betel Palm (Areca catechu) Reinforced Polyester Composites." *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. Vol. 27, hal. 925.
- Laly A. P., Potschke, P., Habler, R., Thomas, S. (2005). "The Static and Dynamic Mechanical Properties of Banana and Glass Fiber Woven Fabric-Reinforced Polyester Composite." *Journal of Composite Materials*, vol. 39, hal. 1007.
- Mariatti, M., Jannah, M., Bakar, A.A. (2008). "Properties of Banana and Pandanus Woven Fabric Reinforced Unsaturated Polyester Composites." *Journal of Composite Materials*, 2008, vol. 42, hal. 931.
- Mathur, V.K. (2005). "Composite Materials from Local Resources." *Construction and Building Materials*, vol.20(7), hal. 470-477.

- Misra, S. C. (2008). "Low Cost Polymer Composites with Rural Resources." *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, OnlineFirst, Vol. 00, No. 00/2008.
- Naiola, P.B. (1986). *Tanaman Budidaya Indonesia Nama Serta Manfaatnya*, CV. Yuasaguna, Jakarta.
- Putri, M. (2008). "Abu Terbang Batubara Sebagai Adsorben." *Majari Magazine*, <http://majarimagazine.com/2008>.
- Ratnam, M.M., Khoo, T.S., Shahnaz S.A.B. and Abdul Khalil, H.P.S. (2008). "Wood Filler-recycled Polypropylene (WFRP-P), Composite Pallet: Study of Fastening Method," *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 2008, 27, 1723.
- Reddy, G.V., Naidu, S.V, Rani Impact, T.S. (2008). "Properties of Kapok Based Unsaturated Polyester Hybrid Composites." *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 27, hal. 1789.
- Siriwardena, S., Ismail, H., Ishiaku, U.S. (2003). "A Comparison of the Mechanical Properties and Water Absorption Behavior of White Rice Husk Ash and Silica Filled Polypropylen Composites." *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 2003, vol. 22, hal.1645.