

PEMBUATAN KAIN TENUN 3 (TIGA) DIMENSI

THE MAKING OF 3-D WOVEN FABRIC

Moekarto Moeliono

Balai Besar Tekstil

Jl. A. Yani No. 390 Bandung Telp. 022.7206214-5 Fax. 022.7271288

E-mail : texirdti@bdg-centrin.net.id, moekartomoeliono@gmail.com

Tanggal diterima : 26 Maret 2012, direvisi : 30 Mei 2012, disetujui terbit : 11 Juni 2012

ABSTRAK

Pembuatan mesin tenun 3-D (tiga dimensi) dan kain tenunnya telah dilakukan secara terpadu. Mesin yang dibuat mengacu pada sistem ATBM (Alat Tenun Bukan Mesin), dan bahan baku untuk penelitian ini menggunakan serat nilon multifilamen. Adapun tujuan dari penelitian Balai Besar Tekstil ini, yaitu untuk membuat mesin tenun yang mampu menghasilkan kain tenun 3 - D dan hasil kain tersebut selanjutnya langsung dijadikan bahan komposit. Kontruksi mesin tenun dibuat dengan merancang alat mesin baru, dan menggunakan 3 (tiga) model benang untuk 3 arah, yaitu X, Y, dan Z. Benang Z sebagai pengikat lapisan benang X dan benang Y, pengikatan ini selain mengikatkan juga menyatukan kekuatan ke arah tebal kain dan memperbaiki kelemahan yang ada pada kain tenun biasa (2-D). Pengaturan jumlah serat per satuan luas penampang (*volume fraction*) dapat dilakukan dengan mengubah jumlah benang pada arah tertentu dengan mengubah jenis anyaman benang Z, sedangkan untuk mengubah jenis desain anyaman dapat dilakukan dengan sistem *dobby* atau *jacquard*. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa prototip baru ATBM 3-D yang telah dibuat dengan sistem ini mampu membuat kain tenun 3-D yang hasil kainnya dapat dijadikan bahan komposit sesudah mengalami proses peresinan. Namun demikian kekuatan *bending forces* yang diperoleh hanya mencapai 45 %.

Kata kunci : kain tenun 2-D, kain tenun 3-D, ATBM, multi filamen, benang X, Y, Z

ABSTRACT

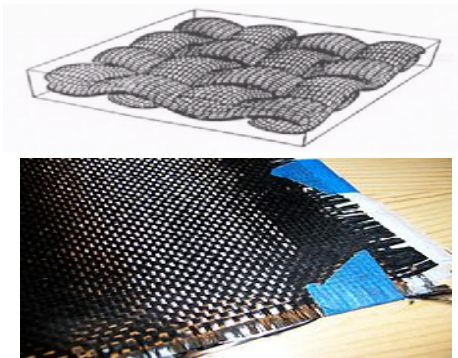
The manufacturing of 3-D woven machine and its woven has been carried out as integrately. The machine is based on ATBM system, and the raw material for woven making has used multyfilament nylon. Therefore the aim of this BBT's research is to make a weaving machine to produce 3-D woven and it use to make a composite material directly. The machine was designed base on 3 direction, i.e X, Y and Z axis. Z yarn ties X and Y yarn, thus the strength of yarn will increase to direction of cloth thickness. This improvement result much better strength than conventional woven (2D). A sum of fibre arrangement per areal unit section (volume fraction) can be done with changing a sum of yarn on special direction with changing a kind of Z yarn weave. Furthermore for changing a kind of weaving design can be done with doobby and jacquard system. The result of the research shows that the machine is able to make 3-D woven and its result can be employed for material composite after the polymerisation. Eventhough the result of bending forces strength is only 45% at the moment

Key words : 2-D woven, 3-D woven, ATBM, multyfilament, X, Y, Z yarn.

PENDAHULUAN

Penggunaan tekstil sekarang sudah berkembang ke arah *smart textile*, seperti kain kesehatan, kain anti peluru (*ballistic fabrics*), bahan konstruksi dan lain-lain. Jadi disini tidak terpaku pada pemakaian sandang ataupun nonsandang, tetapi kain sudah dapat dibuat dan dimodifikasi prosesnya, sehingga hasil yang diperoleh dapat disesuaikan dengan kebutuhan konsumen dan terintegrasi.¹ Sebagai contoh bahan tekstil yang dijadikan bahan komposit untuk kebutuhan tekstil teknik, adalah bahan kain tenun 3-D.

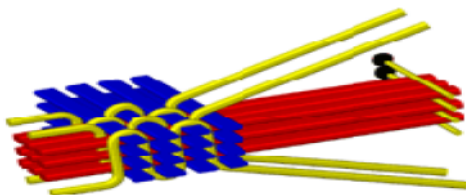
Kain tenun 3-D adalah kain tenun yang terbuat dari serat multi filament yang bersilangan tegak lurus dari 3 (tiga) arah yang berlainan. Pada kain tenun 3-D digunakan istilah "X" untuk benang lusi, "Y" untuk benang pakan, dan benang "Z". Benang lusi dan benang pakan kain 3-D tidak saling menganyam, tetapi hanya saling menyilang membentuk lapisan-lapisan sendiri. Pada kain 3-D benang lusi dan benang pakan membentuk lapisan yang diikat oleh benang Z, sedangkan banyaknya lapisan benang lusi dan benang pakan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Perbedaan kain 2-D dan 3-D dapat dilihat seperti pada Gambar 1, 2 dan 3 berikut.



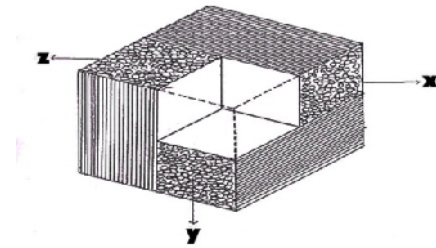
Gambar 1. Lembaran Kain Tenun (2-D) Bahan Serat Carbon



Gambar 2. Kain 2-D (Penampang Kain Arah Lusi)



Gambar 3. Kain 3-D



Gambar 4. Satu Sel Unit Kain 3-D

Gambar 3 memperlihatkan jenis anyaman benang Z, adalah jenis anyaman polos (*plain*), dapat dilihat diantara silangan benang Z, Y dan Z yang diikuti ruang kosong. Ruang kosong ini harus diperkecil sedapat mungkin, hal ini agar diperoleh *volume fraction* yang tinggi. Ruang kosong ini setelah dipenetrasi dengan resin akan menjadi *resin area* dan ini harus dihindarkan karena akan mempengaruhi sifat fisik dari komposit yang dihasilkan. Dengan adanya benang Z yang mengikat lapisan serat, maka komposit yang terbuat dari kain tenun 3-D dapat diharapkan mempunyai kekuatan impact (*impact*) yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *laminated composite*.

Bahan komposit didefinisikan sebagai bahan yang merupakan gabungan lebih dari satu bahan dan masing-masing bahan tersebut masih memiliki sifatnya sendiri,² atau bahan komposit terdiri dari dua atau lebih bahan yang dikombinasikan membentuk suatu bahan kejuruteraan dan akan menghasilkan sifat tertentu yang berbeda dengan sifat bahan asalnya dan bahan tersebut tidak saling melarutkan.³

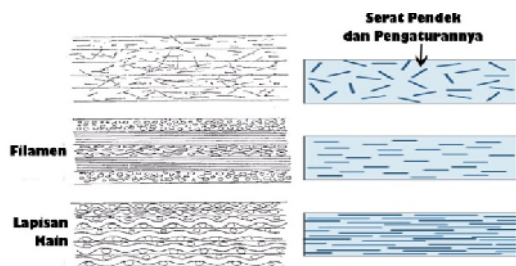
Klasifikasi komposit dapat dibagi menjadi :

- Komposit matrik polimer (PMC)
- Komposit matrik logam (MMC)
- Komposit matrik keramik (CMC)
- Karbon karbon komposit (CCComposite)
- Komposit hybrid (HC)
- Kombinasi matrik atau kombinasi gentian.

Kekuatan komposit sebenarnya ada pada serat dan benangnya, daya rekat suatu serat justru meningkat bila diameter mengecil, misalnya kekuatan tariknya, juga modulusnya. Serat seperti silika, alumina, aluminium silika, titania, zirkonia, boron, boron karbida, silikon karbida, silikon nitrida, dipakai pada komposit dengan media matriks berupa polimer, logam, keramik juga termasuk jenis keramik yang sama dengan seratnya.⁴ Tiap serat mempunyai kemampuan tersendiri sehingga dalam pembuatan komposit sangat penting untuk memperhatikan spesifikasi dari serat tersebut untuk menyesuaikan dengan perlakuan yang diberikan.

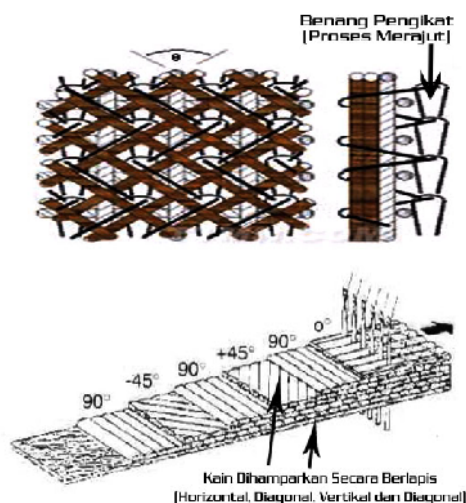
Salah satu bahan tekstil yang dijadikan bahan model komposit (*composite*), yaitu suatu bahan yang terbuat dari serat-serat atau kain yang diletakan berlapis-lapis dengan susunan tertentu, kemudian disatukan atau direkatkan dengan menggunakan resin untuk mendapatkan produk dengan sifat-sifat tertentu yang sesuai dengan

kegunaannya. Bahan komposit yang dihasilkan ini biasanya disebut *laminated composite*, dan bahan jenis ini mempunyai kelemahan diantaranya kalau kena benturan (*impact*) akan cepat terjadi *delaminasi* antara lapisan-lapisan serat atau lainnya, sehingga akan cepat rusak. Gambar 1 berikut memperlihatkan beberapa contoh tentang macam-macam *laminated composite*.



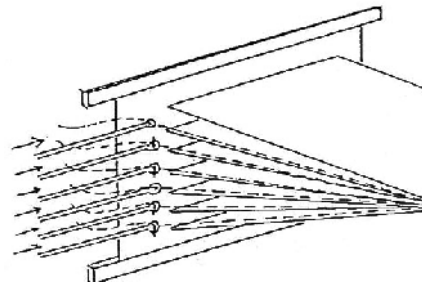
Gambar 5. Laminated Composite

Pembuatan kain 3-D yang terus dikembangkan sejak tahun 1994 sampai dengan sekarang, adalah jenis kain *rajut multiaxial* dan ini dikembangkan oleh pembuat mesin dari Jerman *LIBA* dan *Karl Mayer*. Adapun bahan yang digunakan bahan *carbon 12K 800 tex-Poliester 12 K 800 tex* juga bahan dari *fiberglass*. Sejak tahun 2004 perusahaan rajut *LIBA* tersebut sudah mendirikan pabriknya di Indonesia (catatan : pada waktu percobaan dengan menggunakan serat-serat tersebut secara kebetulan penulis ikut terlibat langsung). Untuk pembuatan kain 3-D dengan modifikasi ATBM sepengetahuan penulis, dalam hal ini baru pihak Balai Besar Tekstil pada tahun 1994 dan 1995, juga diteruskan dengan kombinasi pembuatan komposit untuk ballistic fabric dari bahan kokon sutera pada tahun 2005-2006. Sedangkan pada Gambar 6 berikut merupakan tampilan skematis dan pandangan samping (*cross section*) dari kain 3-D menggunakan teknik merajut yang dilakukan oleh pabrik pembuat mesin *LIBA-KARL-MAYER*.



Gambar 6. Kain Rajut Multiaxial buatan Liba

Skematis Rencana Penambahan Peluncuran Pakan⁶



Gambar 7. Skematis Rencana Penambahan Peluncuran Pakan

Peluncuran benang pakan pada kain 3-D secara serentak lebih dari satu dan ini berbeda pada peluncuran benang pakan pada kain 2-D (hanya ada satu unit).

Ruang lingkup penelitian dalam hal ini, hanya mencakup pembuatan ATBM 3-D dengan didasari pembuatan kain 2-D dengan membuat penambahan dudukan tempat peluncuran pakan, menambah jumlah lapisan lusi, menambah alat baru untuk peluncuran pakan dengan jenis tongkat rigid, dan mencoba membuat kompositnya dengan penambahan resin epoxy sebagai awal uji coba pembuatan komposit dari hasil kain yang diproses oleh kain 3-D percobaan.

METODA

Bahan Baku

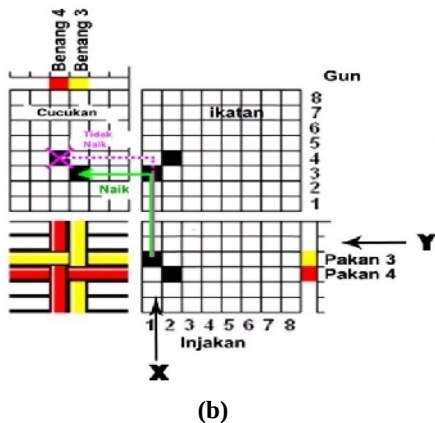
Penggunaan bahan baku untuk pembuatan kain tenun 3-D, adalah nilon 66 *high tenacity* (multi filamen) dengan nomor benang 600 *Denier*.

Skematis ATBM

Kain tenun yang umum beredar pada saat ini, baik untuk sandang maupun non sandang hanya terdiri dari dua arah benang yang saling menganyam tegak lurus (kain tenun 2-D). Pada kain tenun 3-D, benang yang membentuk kain terdiri dari benang dari 3 (tiga) arah dan saling menyilang berpotong tegak lurus. Berikut ini merupakan tampilan skematis ATBM yang digunakan untuk membuat kain tenun 2-D.⁷

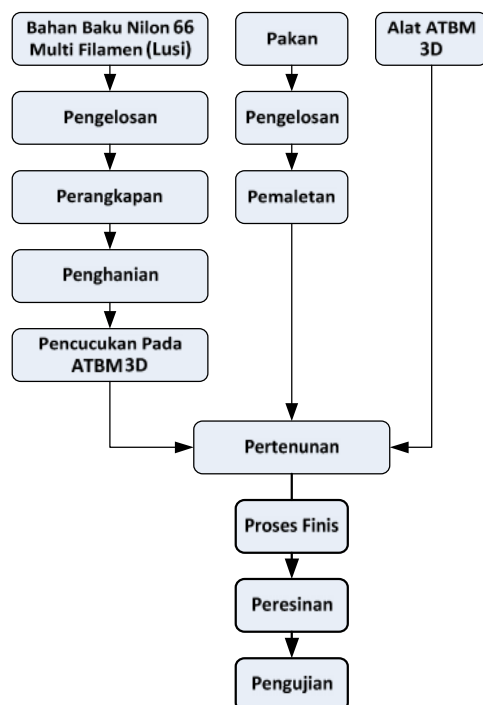
Skematis Penelitian⁸

Dalam penelitian ini ada 2 (dua) langkah kegiatan, yaitu proses pembuatan Alat (ATBM 3-D) dan proses pembuatan kainnya (kain 3-D). Pada proses pembuatan kain mencakup alur proses benang lusi dan benang pakan. Untuk lusi dilakukan tahapan pengelosan, perangkapan, penghanian, dan pencucukan pada ATBM – 3D dan proses pertununan. Sedangkan untuk benang pakan tahapan proses pengelosan, pemaletan dan pertununan. Sesudah jadi kain dilakukan proses finis, peresinan dan terakhir pengujian.



Catatan : Peluncuran pakan (Y) hanya satu kali (*single picking*)

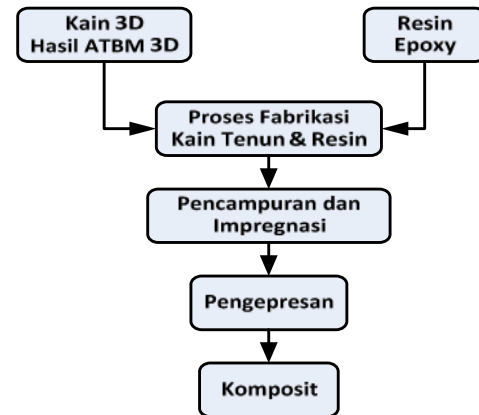
Gambar 8. Skematis ATBM (a) dan Pegging Plan (b)



Gambar 9. Skematis Penelitian

Proses Peresinan^{9,10}

Untuk proses peresinan (pembuatan kain 3-D) ini dapat dijelaskan melalui tampilan Gambar 9 sebagai berikut :



Gambar 10. Proses Peresinan

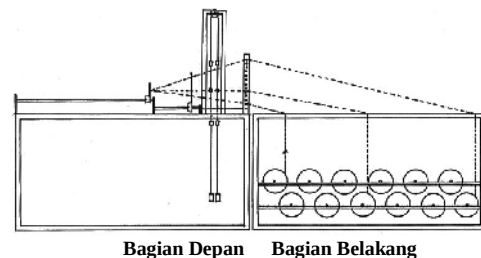
Pelaksanaan Penelitian

Rencana Pembuatan Prototipe ATBM 3-D

Bentuk prototip ATBM untuk membuat kain tenun 3-D berbeda dengan ATBM untuk membuat kain tenun 2-D. Pada ATBM 2-D (Gambar 6), penyisipan pakan dilakukan hanya satu helai (unit) setiap peluncuran benang pakan, sedangkan pada ATBM 3-D (Gambar 7) peluncuran benang (*weft insertion*) pakan bisa lebih dari 2 (dua) atau 3 (tiga) pakan sekaligus dalam setiap penyisipan dan ini bergantung kepada jumlah lapisan (*layer*) benang lusi yang akan dibuat. Jumlah lapisan benang lusi disesuaikan dengan ketebalan (*thickness*) dan bentuk penampang kain 3-D yang dikehendaki.

Selain jumlah lapisan lusi yang lebih banyak pada kain 3-D, maka benang lusinya juga berbeda. Lusi pada kain 3-D yang digunakan pada penelitian ini tidak digintir, agar resin yang akan dipenetrasi masuk kedalam kain 3-D dengan baik, dan diharapkan akan menyelimuti setiap helai filamennya dengan sempurna.

Makin sempurna resin menyelimuti serat tanpa adanya gelembung (*voids*), maka komposit yang dihasilkan akan semakin baik. Gambar 10 berikut merupakan rencana skematis pembuatan ATBM 3-D untuk membuat kain tenun 3-D sebagai bahan dasar komposit.¹¹



Gambar 11. Skematis Prototip ATBM 3-D yang Dibuat

Alat Pemisah Lapisan Lusi

Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa ATBM 3-D ini terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian depan dan belakang. Dari bagian kedua ini (yang belakang) benang lusi ditarik dari masing-masing lalatan (*beam*), kemudian masing-masing lusi dilewatkan melalui lubang pengantar berposelen, benang-benang lusi tersebut ditarik kedepan ke bagian depan (bagian pertama ATBM) melalui alat pemisah lapisan lusi (Gambar 11).

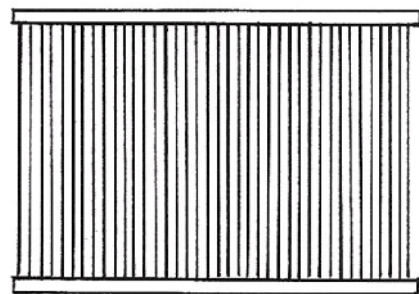
Alat pemisah lusi ini terbuat dari besi yang melintang kearah lebar mesin, dan disusun secara vertikal dengan jumlah susunan sesuai dengan jumlah *beam* maksimum. Semua alat pemisah benang lusi ini diletakkan pada area bagian belakang ATBM 3-D.



Gambar 12. Alat Pemisah Lapisan Lusi

Penggunaan Sisir

Sisir yang digunakan dalam ATBM-D ada 2 (dua) macam, yaitu sisir pengetek dan sisir penarik kain jadi (Gambar 13).



a. Sisir Pengetek



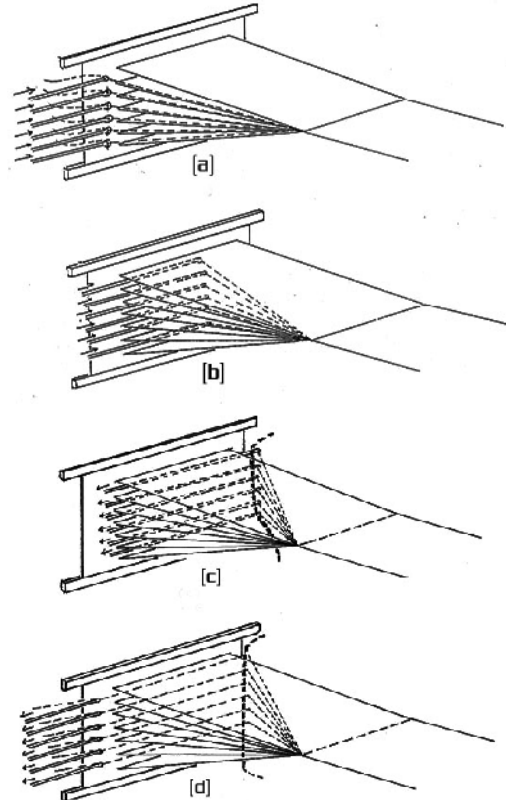
b. Sisir Penarik Kain Jadi

Gambar 13. Sisir pada ATBM 3-D

Benang Z, setelah melalui alat pemisah lapisan benang lusi (sebelum memasuki lubang sisir), terlebih dahulu dicucukan ke dalam lubang gun. Jumlah kamran, tempat dudukan jarum, dalam hal ini disesuaikan dengan jumlah anyaman benang Z yang dikehendaki. Benang lusi dan benang Z yang telah melalui lubang sisir selanjutnya diikatkan pada sisir ke-2.

Dengan adanya alat pemisah lapisan lusi, maka benang lusi tersebut pada saat keluar dari sisir

akan membentuk lapisan-lapisan benang lusi (mulut lusi). Untuk benang Z, lapisannya dibentuk oleh gerakan naik-turunnya kamran. Setelah terbentuknya mulut lusi yang berupa lapisan-lapisan lusi, maka benang pakan disisipkan. Penyisipan benang pakan dilakukan dengan menggunakan pengantar pakan, yang jumlahnya sama dengan jumlah lapisan lusi ditambah satu. Penyisipan benang pakan (*weft insertion*) dilakukan secara serentak melalui mulut lusi (Gambar 14)



Keterangan Gambar 14 :

- Posisi awal
- Pengantar benang diantara mulut lusi (lebih dari satu)
- Pengantar benang pakan diposisi paling jauh dan benang penangkap benang pan sudah disisipkan
- Penangkap benang pakan sudah kembali ke posisi awal

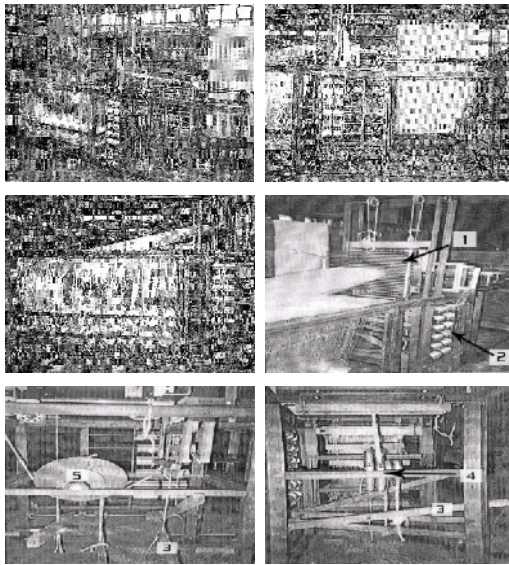
Gambar 14. Pembentukan Mulut Lusi dan Penyisipan Benang Pakan

Setelah proses penyilangan benang pakan dan penyisipan benang pengikat/besi penahan selesai, sisir mulai bergerak kedepan melakukan gerakan pengetekan (*beating motion*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat tenun bukan mesin (ATBM)

Gambar 15 berikut merupakan hasil dari penelitian pembuatan ATBM 3-D untuk menghasilkan kain tenun 3-D sebagai bahan kain untuk dasar pembuatan komposit (*composite*).



Gambar 15. Hasil Prototip ATBM 3-D

Keterangan Gambar 15 :

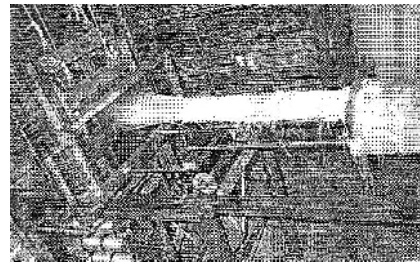
1. Sisir tenun (*Reeds*)
2. Kedudukan pakan (jumlahnya sesuai dengan jumlah lapisan lusi ditambah 1)
3. Injakan
4. Gun (kamran)
5. Piringan yang berhubungan dengan kamran.

Pembuatan alat tenun

Dalam melakukan pembuatan alat tenun ini mengacu pada ATBM 2-D, dan mencakup 4 (empat) proses, yaitu pemilihan kayu, pelat besi, alat pembantu dan perakitan. Kayu yang digunakan untuk membuat rangka maupun dudukan dipakai kayu jenis *Borneo*, hal ini dilakukan berhubung di pasaran bahan ini cukup tersedia. Pengaturan dan perhitungan dimensi disesuaikan dengan konstruksi ATBM, hanya disini lebar efektif alat ATBM 3-D ini dibuat selebar sisir sisir tenun 62 cm karena lebar sisir ini cukup banyak di pasaran, sehingga dalam proses pengembangan selanjutnya diharapkan tidak banyak mengalami kendala. Untuk alat pembantu seperti pelat besi digunakan sebagai penguat rangka dan pembuatan batang peluncur pakan juga sebagai alat penangkap benang pakan yang sudah diluncurkan/disisipkan melalui mulut lusi. Selanjutnya dalam melakukan perakitan dilakukan di lab. Pertenunan BBT, dan dalam hal ini tidak mengalami hambatan yang cukup berarti.

Kain tenun 3-D pada ATBM 3-D

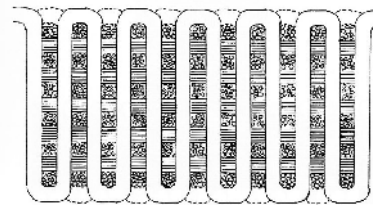
Gambar 16 merupakan tampilan hasil pembuatan ATBM 3-D dan kain 3-D pada saat proses.



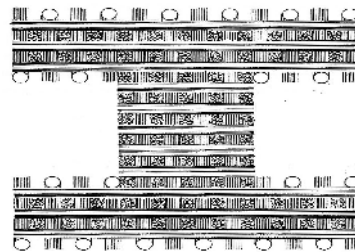
Gambar 16. Hasil Pembuatan ATBM 3-D dan Kain Tenun 3-D

Bentuk kain tenun 3-D

Sebagai contoh hasil pembuatan kain tenun 3-D untuk bahan dasar komposit (*composite*), dapat dihasilkan bentuk dengan penampang datar dan bentuk I (Gambar 17).



Penampang Datar



Penampang I

Gambar 17. Skematis Hasil Kain Tenun 3-D

Pengujian gaya tekuk (Bending forces)

Tabel-Tabel berikut merupakan hasil dari pengukuran tebal kain dan pengujian *bending forces* (*ASTM-D3800M-Composite Standard*), dan standar kekuatannya.

Tabel 1. Hubungan Antara Bobot Tekanan Penekanan dan Tebal Kain Tenunnya

No.	Bobot Penekanan (kg)	Tebal Kain (mm)
1	60	0,95
2	50	102
3	40	104
4	20	106

Tabel 2. Hubungan Antara Tebal Kain Tenun dan Hasil Uji *Bending Forces*

No.	Tebal Kain (mm)	Hasil Retak Rata-Rata (%) - Penekanan dengan 80 PSI
1	0,95	55
2	102	75
3	104	80
4	106	100

Pembahasan

Bahan baku

Bahan baku yang digunakan baik untuk benang X dan Y maupun benang Z, yaitu benang nilon –multifilamen dengan nomor 600 *Denier/high tenacity*. Penggunaan benang dengan kondisi *high tenacity* ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan maksimal hasil kain tenun 3-D selain nantinya ada tambahan kekuatan akibat reaksi dengan bahan resin yang dipakai. Penggunaan bahan baku ini hanya satu jenis saja, berhubung adanya kesulitan untuk mendapatkan bahan nilon multi filaman *high tenacity* di pasaran kalau membeli dengan volume kecil.

Persiapan (*Preparation*)

Pada proses persiapan, benang lusi tidak mengalami penggintiran (*twisting*) karena dalam pembuatan kain tenun 3-D nantinya ada proses peresinan dan resin yang diberikan harus memasuki semua celah ataupun rongga antara serat-serat sehingga akan terbentuk bentuk bahan komposit yang padat dan masif tanpa ada ruang kosong yang diisi oleh udara. Sedangkan untuk benang pakan juga tidak mengalami proses pemaletan, tapi hanya melalui proses pengelosan saja dengan bentuk gulungan cakra (*cheese*). Hal ini dilakukan untuk menghindari tergelincirnya benang nilon pada gulungan, karena seperti diketahui benang nilon dengan nomor benang 600 *Denier* ini sangat licin dan mudah *slip* pada waktu penarikan di pertunenan.

Pelaksanaan pertunenan

Seperti sudah dijelaskan, bahwa penyisipan benang pakan (*weft insertion*) menggunakan “*pengantar pakan*” dan panjang pengantar pakan ini harus sedikit lebih panjang dari pada lebar lapisan lusi, sehingga ada ruang untuk menyisipkan benang pengikat/besi penahan benang pakan pada bagian yang berlawanan dari asal pengantar benang pakan. Adapun fungsi benang pengikat, adalah untuk menahan benang pakan agar jangan terbawa kembali pada saat pengantar benang pakan tersebut ditarik kembali ke posisi awal.

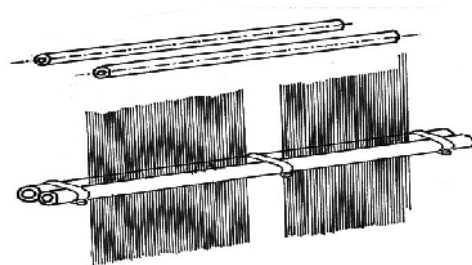
Penyilangan benang pakan dan penarikan kembali pengantar benang pakan dilakukan pada saat di posisi paling belakang. Setelah proses penyilangan benang pakan dan penyisipan benang pengikat/besi penahan selesai, sisir tenun mulai digerakan ke depan melalui pengetekan. Pada saat terjadi pengetekan, yaitu pada saat sisir pada posisi paling depan terjadi perubahan lapisan/mulut benang Z. Lapisan yang asalnya di atas bergerak dan berpindah ke bawah dan

sebaliknya. Perubahan lapisan benang Z berfungsi untuk menahan/mengikat benang pakan yang telah disilangkan.

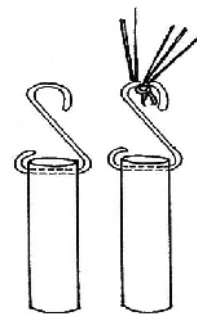
Uji coba pada tahapan pertama dilakukan dengan membuat kain 3-D, dengan jumlah lapisan lusi sebanyak 11 (sebelas) lapis benang lusi. Untuk mendapatkan tegangan pada benang lusi digunakan beban dengan menggunakan dua buah batang besi yang dibungkus dengan pipa karet dan ini diberlakukan untuk setiap lalatan (*beam*). Panjang batang besi kurang lebih sama dengan lebar mesin, sedangkan pembungkusan batang besi dengan pipa karet bertujuan agar beban yang diberikan dapat memegang benang lusi dengan baik. (Gambar 18). Selama proses pertunenan dilakukan, ada beberapa hal yang harus dijelaskan :

- Mulut lusi antara lapisan lusi tidak terbuka dengan sempurna
- Tegangan lusi untuk setiap lusi masih belum sama ¹², dan hal ini yang menyebabkan tidak bersihnya mulut lusi.

Selanjutnya untuk mengatasi persoalan tersebut, maka dilakukan perubahan atas bentuk dan cara pembebanann lusi. Beban lusi yang asalnya berbentuk dua batang besi terbungkus pipa karet yang disatukan dengan klem, diubah menjadi beban berupa potongan besi sepanjang 10 cm dengan diameter 15 mm. Berat dari beban ini lebih kurang 125 gram, dan digantungkan untuk setiap 5 (lima) buah benang lusi.



Gambar 18. Pemasangan Bandul Pemberat



Gambar 19. Bandul Pemberat

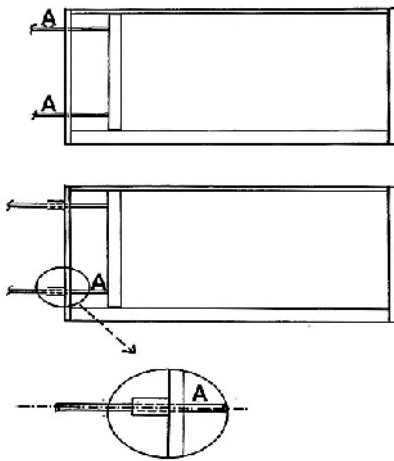
Tegangan benang pakan

Dengan kondisi pemasangan beban untuk setiap 5 (lima) lusi ini mengakibatkan tegangan benang pakan menjadi menurun (kendur). Untuk

mengatasi hal ini maka dilakukan dengan pemberian pemberat tambahan kepada semua benang pakan sebesar 100 gram.

Alat Pengantar Benang

Pada saat mulut lusi sudah mulai bersih, pakan dapat disisipkan dengan lebih baik, hanya disini masih ada sedikit gangguan pada alat pengantar benang pakan. Alat ini pada saat didorong untuk menyisipkan benang pakan, gerakannya tidak stabil. Alat pengantar benang ini bergoyang/bergerak turun-naik, hal ini disebabkan terlalu pendeknya alur/lubang tempat dudukan batang pengantar benang pakan yang ada pada tempat dudukan sisir.



Gambar 20. Tempat Dudukan Sisir Pengetek dan Pengantar Benang Pakan

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka lubang/alur tempat dudukan batang pengantar benang pakan diperpanjang dengan menambah alat/aluminium persegi panjang yang berlubang di tengahnya. Aluminium berlubang tersebut ditempelkan pada rangka dudukan sisir dengan 4 (empat) buah baut. Lubang pada aluminium persegi empat, satu titik pusat dengan lubang tempat dudukan batang pengantar benang pakan yang terdapat pada rangka dudukan sisir. Dengan demikian lubang/alur tempat dudukan batang pengantar benang pakan menjadi lebih panjang dan batang pengantar benang pakan dapat bergerak dengan baik tanpa bergoyang ke atas dan ke bawah.

Bandul pemberat

Pada daerah dimana bandul bergantung pada benang lusi, masih ada hambatan, yaitu ujung kawat tempat bergantung pada benang lusi kadang-kadang suka mengait benang filamen benang sebelahnya. Kondisi ini cukup mengganggu kelancaran dan tegangan benang lusi. Hambatan ini lebih banyak terjadi pada bandul untuk benang Z, karena adanya sentakan-sentakan pada saat pembukaan mulut lusi (*shedding motion*).

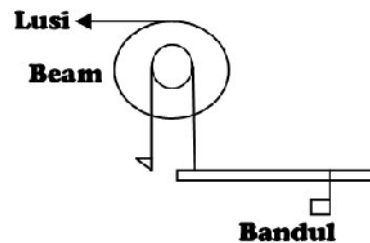
Untuk mengatasi hambatan yang ada ini, maka ujung kawat pada bandul dihaluskan dan ditekuk lebih ke dalam. Selain itu sudut-sudut besi

bandulnya juga dihaluskan, dan selanjutnya pada saat menggantungkan bandul diusahakan agar posisi bandul berada pada satu jajar (*level*).

Lalatan (*beam*) lusi

Pada saat penarikan benang lusi dari *beam* harus benar dan hati-hati, karena apabila tidak hati-hati maka akan membuat kusut benang yang ditariknya (terutama benang filamen). Pada saat ditarik bersama-sama setelah melewati lubang porselen, *beam* harus diberi sistem pengereman, hal ini agar tidak terjadi penurunan tegangan benang lusi.

Berhubung peralatan yang digunakan untuk membuat kain 3-D ini, adalah jenis ATBM maka dalam proses pengeremannya menggunakan sistem bandul. Gambar 21 berikut merupakan tampilan sistem pengereman yang dirancang dan digunakan pada ATBM 3-D.



Gambar 21. Skematis Pengereman Sistem Bandul¹³

Peresinan

Pada proses peresinan menggunakan jenis resin *EPOXY* karena bertujuan untuk proses pengeringannya berlangsung secara perlahan, yaitu selama 24 jam. Dengan waktu mengering yang cukup lama ini diharapkan hasil kain 3-D tidak getas, tetapi kuat dan kokoh juga cukup fleksibel. Selanjutnya sistem peresinan yang dilakukan menggunakan cara tekan (*press*) dan *injection*, sehingga bahan resin dapat masuk ke pori-pori kain yang masih tersedia.¹⁴

Hasil kain penelitian

Gambar 22 berikut merupakan contoh hasil kain tenun 3-D yang sudah diberi resin *epoxy*.



Gambar 22. Hasil Penelitian Kain Tenun 3-D

Bending forces

Sesuai dengan cara pengujian *bending forces*, maka ketebalan kain 0,95 mm yang ditekan dengan 80 PSI menghasilkan komposit kain 3-D yang retak rata-rata 55 % (catatan : banyak sampel pengujian $n = 8$ dan ini sesuai dengan ASTM-Standar Pengujian komposit D3800M.^{15,16} Komposit yang baik sebenarnya tidak boleh retak dalam

kondisi pengujian ini, tetapi perlu diingatkan kembali bahwa penelitian ini masih dalam tahap awal dari pembuatan mesinnya, sehingga hasil kainnya juga pasti belum begitu sempurna.

Hasil kain masih retak, hal ini dimungkinkan karena masih adanya ruang udara pada kain 3-D yang belum terisi oleh resin yang akibatnya kekuatan menjadi kurang. Ruang udara yang ada, dalam hal ini dikarenakan beban tekanan waktu peresinan kurang berat atau lama pengeringan harusnya lebih dari 24 jam. Oleh karena itu penelitian pembuatan kain 3-D untuk bahan dasar komposit harus dikembangkan dan diperbaiki dalam hal mesin, proses pembuatan juga cara peresinannya.

Pengujian yang dilakukan masih terbatas pada *bending forces* saja, hal ini dikarenakan hasil kain tenun 3-D masih belum sempurna dan kuantitas produk masih terbatas.

KESIMPULAN

1. Prototip ATBM 3-D dapat digunakan untuk membuat kain tenun 3-D untuk bahan dasar komposit, walaupun jalannya mesin masih belum lancar.
2. Proses pembuatan kain tenun 3-D masih sangat lambat dan masih menggunakan tangan (manual), hal ini dikarenakan benang nilon multifilamen yang dipakai untuk proses produksi sangat sensitif.
3. Hasil kain tenun 3-D masih belum memenuhi standar kekuatan yang diharapkan.
4. Motorisasi prototip masih belum dapat dilaksanakan, karena belum sempurnanya proses pembuatan kainnya.

SARAN

Penelitian ini masih harus disempurnakan lagi, khususnya untuk mendapatkan bahan dasar komposit yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan, terutama untuk:

- Prototip ATBM 3-D masih harus disempurnakan lagi, khususnya alat pengantar benang pakan harus dibuat lebih lebih fleksibel.
- Penggunaan variasi bahan baku dan nomor benang.

- Penggunaan variasi jenis resin
- Pemanfaatan serat alam.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹ Hermesjoss, M., et al., (2009), *Properties of Interningled Carbon/Pek 3-D Woven Composite Mechanical Behaviour of Materials IX*, RockSadd Publishing, New York.
- ² Chawla, (1998), *The New Composite Structure*, Ahmaddibab Pub., New Delhi.
- ³ Smallman & Bishop, (2000), *The Technology of Composite*, New York.
- ⁴ Moeliono, Moekarto, (1998), *Dasar Pertenunan dan Teori Matriks Desain*, ISBN 978-602-95847-2-2, BBT., Bandung.
- ⁵ Liba, (2004), *Multiaxial*, Liba Maschinen GmbH., Naila, Germany.
- ⁶ Falcon, Brand, (2004), *Multiphase shedding Motion*, Sarshita Pub., New Delhi.
- ⁷ Brandt, Jr., (2005), *The Principle of Multiple Shedding Motion*, Hilton Publishing, New York.
- ⁸ Barret, M., (2007), *Integrally Woven Sandwich Structures for Composite*, Deutschland.
- ⁹ Salldrich, Jr., (2008), *Moulding and Injection System*, Bang.Bros Pub., Toronto.
- ¹⁰ Machfud, et al., (1994 dan 1995), *Penelitian Pembuatan Kain Tenun 3-D*, BBT., Bandung.
- ¹¹ Carlos, Jr., (1996), *How its made-Small Weaving*, Reutlingen Publishing, Germany.
- ¹² Bickshop, Samuel, (1998), *How to Measure Yarn Tension*, Manual Instruction for Yarn Tension Measurement, Moenchengladbach, Germany.
- ¹³ Khondker, Hersberg, (2008), *Measurements and Prediction of Compression after Impact*, Applied Science and Manufacturing, Elsevier.
- ¹⁴ Alexander E. Bogdanovich, (2010), *3D Translaminar and Textile Reinforcements for Composites*, Published Online: 15 DEC., DOI: 10.1002/9780470686652.eae205, Copyright © 2010 John Wiley & Sons, Ltd. All rights reserved.
- ¹⁵ Liu Jihong, Jiang Hongxia, Lu Yuzheng, (2009) *Weaving thickness parameters of 8 shape 3D woven enhancing fabric*, International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 21 Iss: 5, pp.270 – 278.
- ¹⁶ Aadhar, M., Sanjay, P., (2012), *3-Dimensional Weaving – Taking Textiles to the Next Dimension*, April 19th, Textile Review.