

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Sifat Mekanis Komposit *Sándwich*.

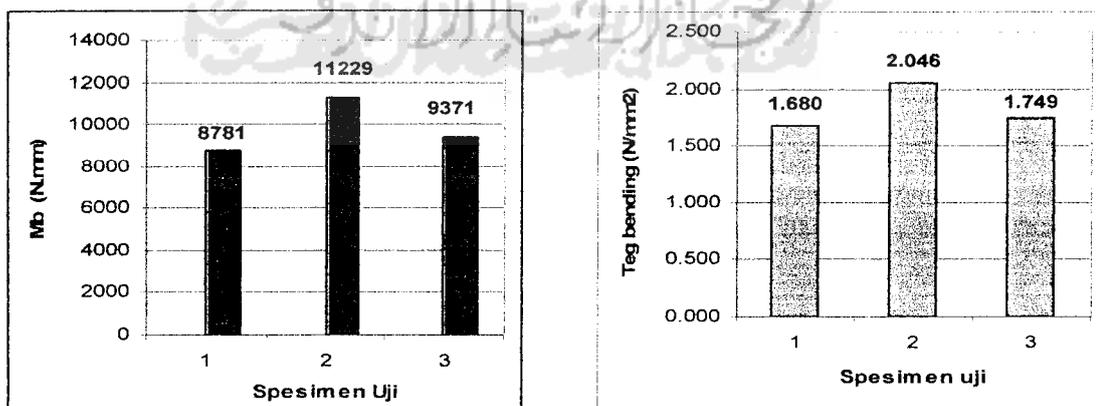
4.1.1. Pengujian Bending.

Uji bending ialah pengujian mekanis secara statis dimana benda uji lengkung ditumpu di kedua ujung dengan tumpuan, kemudian dibebani tekan $P(N)$ ditengah-tengah jarak antara dua tumpuan tersebut. Spesimen dengan panjang span 170 mm yang terdiri dari tiga (3) buah spesimen uji.

Momen bending dan tegangan bending dari ketiga sampel uji, dapat dilihat pada gambar 4.1. Momen bending yang terbesar didapat pada spesimen uji no 2 yaitu sebesar 11229 N.mm, spesimen uji no 3 yaitu 9371 N.mm dan yang terkecil spesimen uji no 1 yaitu 8781 N.mm. Momen bending rata-rata dari ketiga buah spesimen uji tipe A adalah 9793 N.mm.

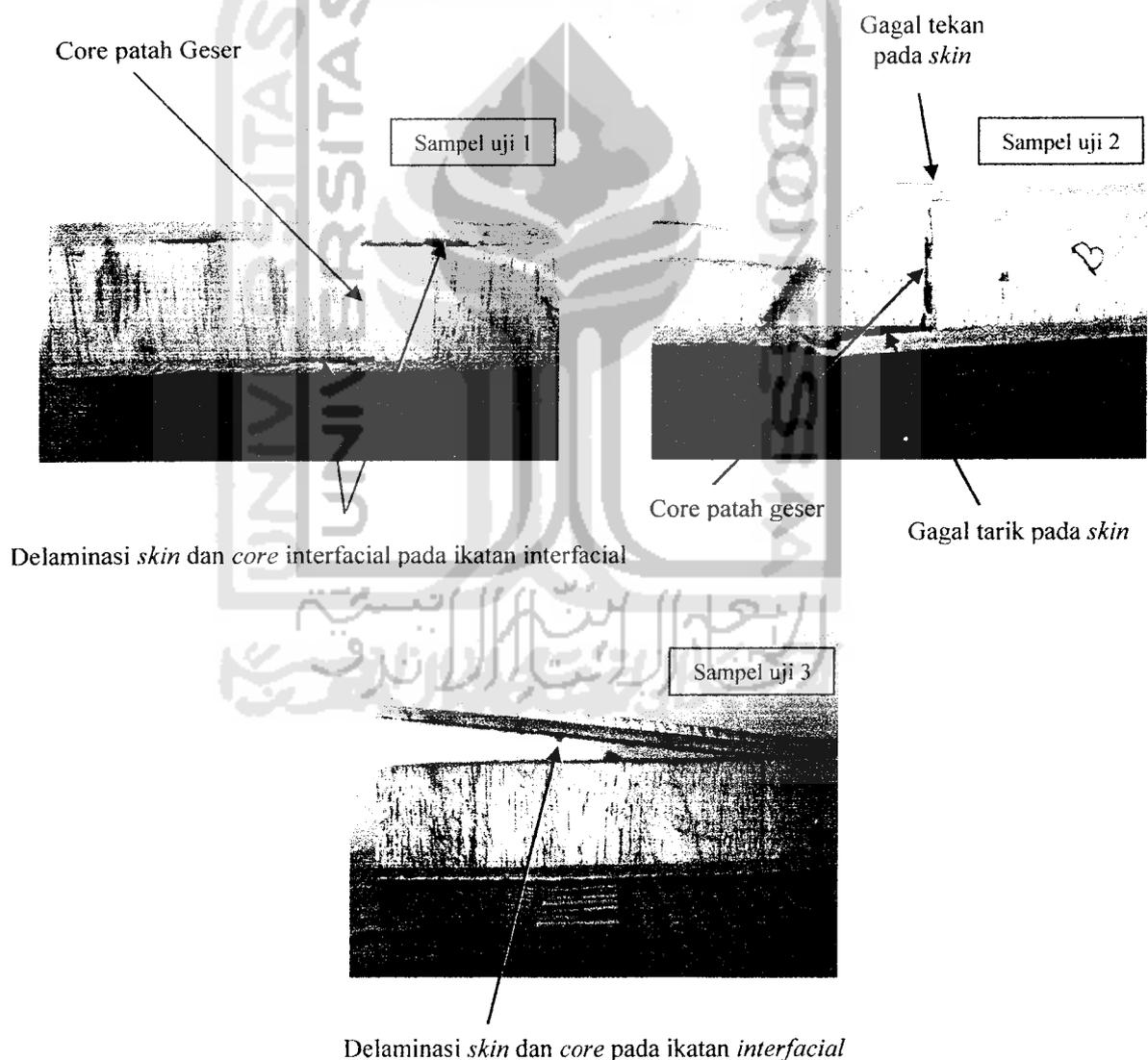
Tabel 4.1. Ukuran spesimen bending.

| Specimen | Panjang (P) mm | Lebar (L) mm | Tebal (T) mm |
|----------|----------------|--------------|--------------|
| 1 | 170 | 40 | 26 |
| 2 | 170 | 42 | 27 |
| 3 | 170 | 41 | 28 |



Gambar 4.1. Besar momen bending dan tegangan bending pada spesimen uji .

Tegangan bending terbesar didapatkan pada spesimen uji no 2 sebesar $2,046 \text{ N/mm}^2$, kemudian spesimen uji 3 sebesar $1,749 \text{ N/mm}^2$, hal ini disebabkan pengambilan sampel uji 1 dan 2 terletak di bagian tepi sandwich panel sedangkan harga bending terkecil terletak pada spesimen uji 1 yaitu sebesar $1,680 \text{ N/mm}^2$ dengan pengambilan sampel di bagian tengah sandwich panel. Harga rata-rata tegangan bending spesimen tipe A yaitu $1,825 \text{ N/mm}^2$.



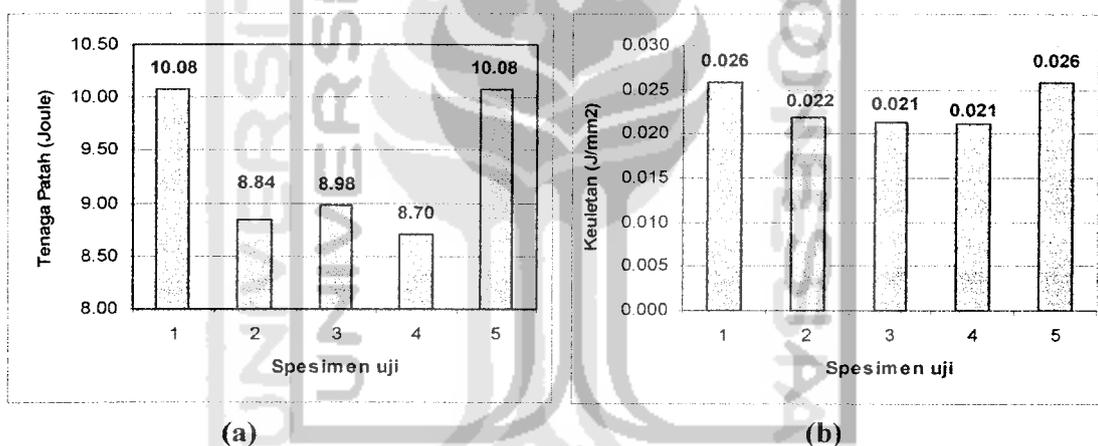
Gambar 4.2. Bentuk patahan dan delaminasi pengujian bending.

4.1.3. Pengujian Impak

Hasil pengujian komposit *sandwich* dengan *core* kayu sengon laut sesuai dengan standar ASTM D 5942.

Tabel 4.2. Tenaga patah hasil uji impak komposit *sandwich*

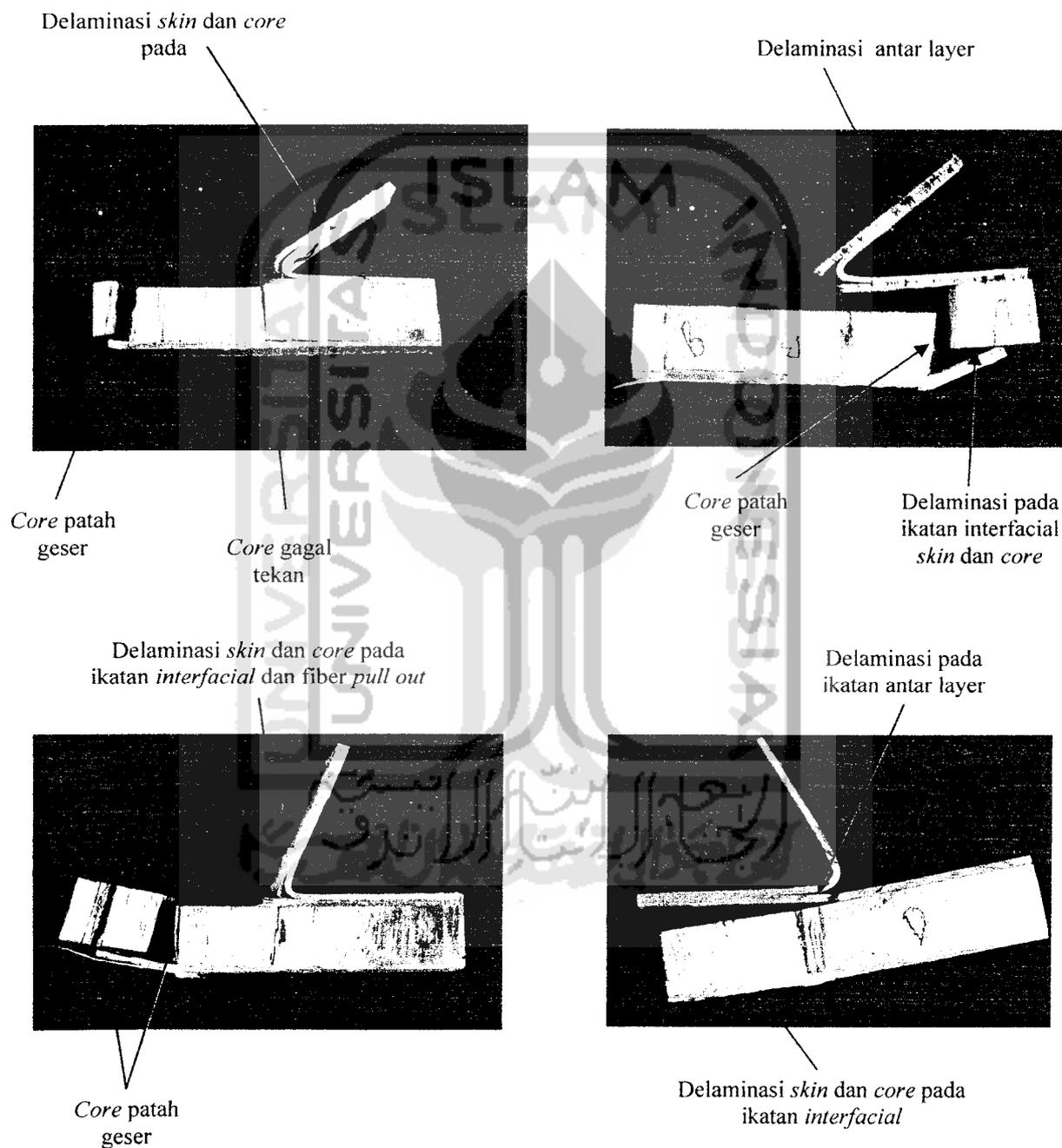
| Spesimen uji | Tebal (mm) | Lebar (mm) | Luas Penampang (mm) | Tenaga Patah (Joule) | Keuletan(joule/m ²) |
|--------------|------------|------------|---------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1 | 26 | 15 | 390 | 10,08 | 0,026 |
| 2 | 27 | 15 | 405 | 8,84 | 0,022 |
| 3 | 28 | 15 | 420 | 8,98 | 0,021 |
| 4 | 27,5 | 15 | 413 | 8,70 | 0,021 |
| 5 | 26 | 15 | 390 | 10,08 | 0,026 |

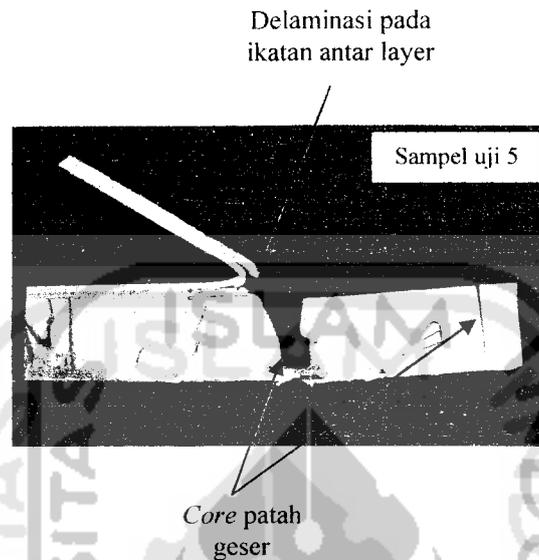


Gambar 4.3. Diagram batang hasil tenaga patah (a) dan nilai keuletan komposit *sandwich* pada pengujian impak (b).

Komposit *sandwich* dengan *core* kayu sengon laut yang diperkuat serat gelas mampu menyerap energi impak yang tinggi. Hal ini ditunjukkan dari pengujian impak *Charpy* diperoleh kemampuan tenaga patah komposit *sandwich* paling tinggi yaitu sebesar 10,08 joule. Hasil ini sebanding dengan nilai keuletan bahan yang menunjukkan harga keuletan yang paling baik adalah spesimen no.1 dan spesimen no.2 sebesar 0,026 joule/mm². Perbedaan hasil uji pada pengujian impak disebabkan kehomogenan pengambilan lokasi pada panel komposit *sandwich*. Dari kelima

spesimen tersebut didapatkan harga rata-rata untuk tenaga patah sebesar 9,34 Joule dan harga keuletan sebesar 0,23 Joule/mm²





Gambar 4.4. Bentuk patahan dan delaminasi komposit *sandwich* pada pengujian impact

Dengan demikian, penambahan pelat aluminium dan serat gelas (*fiber glass*) sebagai penguat struktur pada komposit *sandwich* dengan inti (*core*) spon laut menunjukkan peningkatan kemampuan menyerap energi impact yang baik.

4.2. Manufaktur Komposit *Sandwich*.

1. Pertama-tama yang dilakukan adalah menyiapkan mesin *vacuum* dan alat untuk proses *pemvacuuman*.
2. Siapkan *plat* aluminium yang digunakan pada bagian skin terluar dari *sandwich* panel. Sebelum diproses terlebih dibersihkan dengan menggunakan *lesonal* (cairan pembersih). Tujuannya adalah untuk menghilangkan adanya debu yang menempel antara *layer* dan skin (Gambar 4.5).
3. Setelah laminasi tahap pertama, dilanjutkan dengan pemberian resin lembaran serat acak 300gr/m^2 dan dilanjutkan dengan laminasi tahap kedua (Gambar 4.6).

4. Setelah resin merata pada laminasi tahap pertama kemudian ratakan dengan rol besi, lanjutkan dengan penempatan lembaran serat acak 450gr/m² dan dilanjutkan dengan laminasi tahap tiga (Gambar 4.7 dan Gambar 4.8).
5. Pada tahap ini pemasang inti (*core*) dari komposit *sandwich* menggunakan Kayu Sengon Laut (KSL) dilanjutkan dengan laminasi dan dilanjutkan dengan pemasangan lembaran serat acak 450gr/m² dan kemudian dilaminasi lagi (Gambar 4.9 dan Gambar 4.10).
6. Pada tahapan ini setelah proses laminasi dilanjutkan dengan meat acak 450gr, kemudian dilaminasi kembali dan dilanjutkan dengan 300gr *woven roving* (serat anyam), (Gambar 4.11 dan Gambar 4.12).
7. Laminasi dengan resin pada tahap terakhir sebelum proses *vacuum* dimulai (Gambar 4.13).
8. Proses terakhir adalah pemasangan penutup plastik dengan ketebalan 0,3 mm, dimana setiap sisi dari alat *vacuum* telah diberi solasi bolak-balik agar plastik dapat menempel (Gambar 4.14)
9. Setelah semuanya telah siap, selanjutnya proses *vacuum* dimulai. Dalam proses *vacuum* ini kebocoran-kebocoran pada plastik harus diminimalisir agar produk tidak mengalami ngulet. Lama *pemvacuuman* ± 1,5 – 2 jam (Gambar 4.15).
10. Setelah ± 2 jam produk tidak langsung diangkat, tetapi dibiarkan terlebih dahulu ± 15 menit setelah itu angkat penutup plastik (Gambar 4.16).
11. Gambar pintu kereta api K-I yang telah *difinishing* (Gambar 4.17).



Gambar 4.5. Persiapan tempat dan alat.



Gambar 4.6. Proses laminasi 1.



Gambar 4.7. Pemasangan serat acak 300gr, dilanjutkan dengan laminasi ke dua.



Gambar 4.8. Setelah laminasi kedua, dilanjutkan pemasangan serat acak 450gr.



Gambar 4.9. Laminasi tahap tiga, diratakan menggunakan rol besi.



Gambar 4.10. Pemasangan inti *sandwich* menggunakan *core* kayu sengon laut (*KSL*), dilanjutkan dengan laminasi tahap empat.



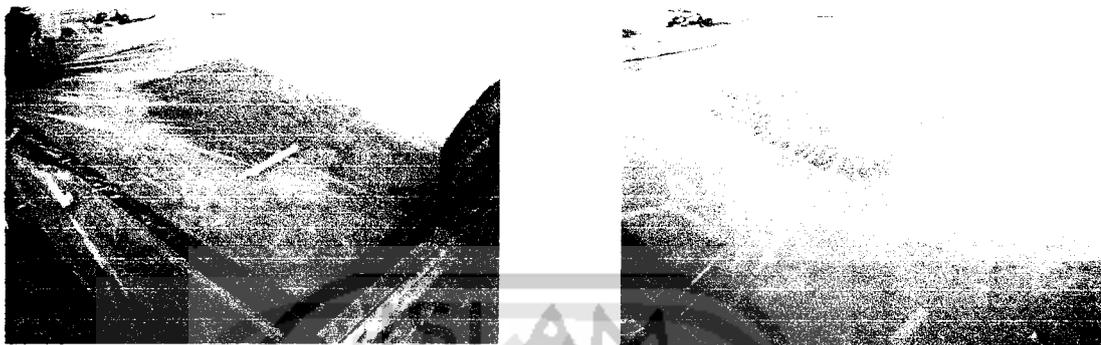
Gambar 4.11. Pemasangan serat acak 450gr, dilanjutkan dengan laminasi tahap lima.



Gambar 4.12. Pemasangan serat acak 450gr, dilanjutkan dengan laminasi tahap enam.



Gambar 4.13. Pemasangan *woven roving* (serat anyam), dilanjutkan laminasi tahap tujuh atau akhir.



Gambar 4.14. Persiapan *pemvacuuman* dengan menutup produk dengan plastik khusus dengan tebal 0.3 mm. Pada saat awal proses pemvacuuman.

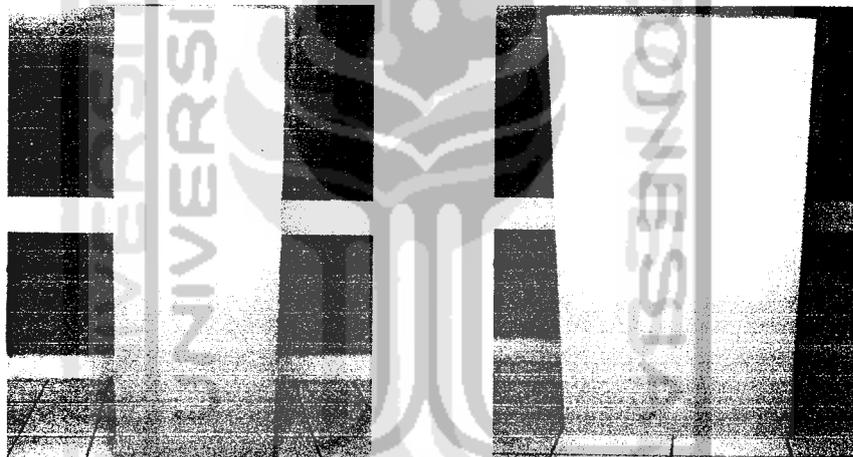


Gambar 4.15. Proses *pemvacuuman* setelah 1.5 jam – 2 jam.





Gambar 4.16. Setelah produk jadi plastik penutup diangkat.



Gambar 4.17.. Produk yang telah jadi pintu.

4.3. Analisa Produk Pintu Kereta Api Dari Bahan Komposit Sandwich.

4.3.1. Permasalahan Pada Proses Pevacuuman

1. Lapisan plastik yang digunakan untuk penutup pada saat proses *pevacuuman* mudah sobek.
2. Faktor cuaca berpengaruh, apabila cuaca tidak terlalu panas produk akan lebih maksimal dan sebaliknya apabila cuaca panas produk akan sedikit terjadi ngulet, ini disebabkan panas yang tinggi dari cuaca yang panas dan dari campuran resin dan katalis.

3. Dalam proses *pemvacuuman* kadang resin masuk kedalam selang vacuum, sehingga proses pemvacuuman kurang sempurna kerana terjadi penyumbatan pada selang *vacuum*.
4. Tabung *vacuum* terlalu kecil sehingga ketika resin masuk tidak dapat menampung banyak, dan mengakibatkan resin masuk kedalam mesin vacuum.

4.3.2. Pemecahan Masalah Pada Proses *Pemvacuuman*

1. Tabung *vacuum* diganti dengan yang lebih besar, agar daya tampung resin yang masuk bisa lebih banyak.
2. Agar produk tidak terjadi ngulet, pada saat *pemvacuuman* mesin *vacuum* harus tetap menyala sampai produk benar-benar dingin.
3. Plastik yang mengalami kebocoran dapat ditambal dengan solasi, dan jika sudah terlalu banyak kebocoran plastik dapat diganti dengan yang baru.
4. Selang *vacuum* harus selalu dicek agar tidak terjadi penyumbatan, apabila terjadi penyumbatan selang harus segera diganti dikarenakan akan mengurangi daya *vacuum*.

4.3.3. Laminasi pembuatan pintu K-I.

Bahan serat gelas yang dipakai dalam laminasi pembuatan *molding* sebanyak 5 lapis sehingga akan menghasilkan komposit lamina yang kuat, kaku dan tidak berubah bentuk pada saat penggunaan maupun saat perawatan dan penyimpanan. Langkah porses laminasi pembuatan pintu kereta K-I sebagai berikut:

1. Keseluruhan permukaan *plat* alumunium diolesi cairan resin, pemberian cairan resin harus merata.
2. Pada saat kondisi resin masih basah, permukaan *plat* alumunium diberi lapisan mat sebanyak 1 lapis, mat yang digunakan adalah SMC 300 gr/m². penggunaan mat sebagai lapisan pertama bertujuan untuk mempermudah laminasi.

3. Sebagai lapisan kedua mat yang digunakan adalah SMC 450 gr/m². Pemberian lapisan dilakukan pada saat kondisi resin setengah *gel*, selanjutnya pemasangan inti (*core*) kayu sengon laut.
4. Sebagai lapisan ketiga dan ke empat mat yang digunakan adalah SMC 450 gr/m², proses laminasi sama seperti pada proses kedua.
5. Sebagai lapisan terakhir dipakai *woven roving* 300 gr/m²
6. Setelah hasil laminasi kering maka tahap selanjutnya adalah diangkat dan merapikan bagian tepi panel komposit yang melebihi plat alumunium dengan menggunakan gerinda.

4.4 Kelebihan dan kekurangan metode *Hand lay up*.

4.4.1. Kelebihan metode *hand lay up*

- a. Mudah dalam proses.
- b. Biaya tenaga kerja yang murah karena dapat dilakukan dengan jumlah tenaga kerja yang tidak membutuhkan kemampuan yang tinggi.
- c. Proses pencetakan dan pembuatan pintu kereta api K1 dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sederhana.
- d. Lebih banyak pilihan material (resin, serat maupun pengisi/*core*) yang dapat dikerjakan dengan metoda *hand lay up*.

4.4.2 Kekurangan metode *hand lay up*.

- a. Kualitas produk pintu kereta api K1 yang dihasilkan sangat tergantung dari kemampuan operator.
- b. Pada pembuatan produk dengan kontur yang rumit dan berdimensi kecil metode ini susah untuk dilakukan.
- c. Sering terjadinya *void*/ rongga udara skibat proses laminasi yang kurang sempurna.

4.5. Analisa kegagalan dan solusinya.

Pada saat proses *pemvacuuman* kadang terjadi kebocoran pada plastik yang digunakan yang akan berakibat tidak maksimalnya produk yang dihasilkan, hal tersebut disebabkan tipisnya plastik yang digunakan yaitu 0,3 mm. Untuk mengatasi terjadinya kebocoran pada plastik dapat dilakukan dengan cara menambal bagian yang berlubang dengan menggunakan solasi/ lakban.

4.6. Analisa Ekonomi.

Ketergantungan dengan produk impor (serat gelas, PVC, dan *honeycomb*) merupakan kebijakan terbalik dengan kondisi alam Indonesia yang kaya akan sumber daya alamnya. Harga satu buah panel *divinycell H80* yang mencapai Rp 600.000,- sangat memberatkan biaya produksi. Pohon sengon laut merupakan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk konsep rekayasa inti (*core*) *sandwich*. Saat ini sedang dikembangkan pembuatan pintu kereta api KI dengan menggunakan komposit *sandwich* dengan bahan dasar kayu sengon laut (KSL) oleh PT. INKA. Sebelumnya pintu kereta api masih menggunakan bahan logam yang limbahnya dapat mencemari lingkungan, terutama tanah dan air. Panel komposit *sandwich* dengan bahan kayu sengon laut mampu menjawabnya, dengan bahan yang melimpah, proses yang mudah, bahan kayu yang mempunyai alur garis permukaan yang indah dan mampu diaplikasikan sebagai pintu kereta api, diharapkan mampu menekan biaya produksi, dengan tidak mengesampingkan nilai rekayasa teknologi maupun nilai seni arsitektur. Harga panel core kayu sengon laut yang hanya sepertiga dari *divinycell* diharapkan mampu untuk memangkas biaya produksi perusahaan.