

KAJI EKSPERIMENTAL SAMBUNGAN ADHESIF LAPIS TUNGGAL DAN GANDA AKIBAT PEMBEBANAN TARIK

I Wayan Suweca⁽¹⁾, Hernansjah⁽²⁾, Soni Taufani⁽³⁾

⁽¹⁾ Laboratorium Perancangan Mesin, ITB

⁽²⁾ Departemen Teknik Perminyakan, ITB

⁽³⁾ Alumni Departemen Teknik Mesin ITB

Ringkasan

Tulisan ini menyajikan satu kaji ekperimental sambungan adhesif lapis tunggal dan lapis ganda. Bahan adhesif yang digunakan adalah jenis Metalloam[®] grade III yang merupakan produksi nasional. Parameter yang dikaji adalah pengaruh waktu curing (curing time) terhadap kekuatan geser sambungan pada lapisan ikat adhesif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan geser sambungan semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu curing. Kekuatan geser maksimum dicapai setelah waktu curing mencapai 96 jam.

Abstract

This paper presents an experimental investigation of the single and double adhesively lap-bonding joint. The adhesive material used is Metalloam[®] grade III. The study was performed to investigate the influence of curing time on the shear strength of the bonding. The results show that the shear strength of the bonding joint increases with the curing time. The maximum shear strength was achieved after the curing time attain 96 hours.

Keywords: lap-bonding joint, curing time, shear strength

1. PENDAHULUAN

Dibandingkan dengan metode penyambungan konvensional seperti sambungan baut, paku keling, dan las; penyambungan dengan menggunakan bahan adhesif mempunyai beberapa kelebihan. Salah satu kelebihan tersebut adalah distribusi tegangan yang lebih merata sehingga konsentrasi tegangan jarang terjadi. Selain itu sambungan adhesif tidak memerlukan temperatur tinggi seperti pada pengelasan, tidak memerlukan pelubangan pada bahan yang akan disambung sehingga pengurangan kekuatan sambungan, akibat pengurangan luas penampang, dapat dihindarkan.

Walaupun mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan sambungan konvensional yang sering digunakan, sambungan adhesif mempunyai beberapa kekurangan. Kekurangan tersebut antara lain, bahan adhesif kurang tahan terhadap reaksi kimia, kekuatan sambungan yang lebih kecil dibandingkan sambungan mekanik, dan sifat sambungannya yang permanen sehingga tidak dapat dilepas setelah digunakan tanpa merusak material.

Pada penggunaan bahan adhesif untuk penyambungan logam, terdapat dua jenis sambungan yang sering digunakan yaitu, sambungan adhesif lapis tunggal dan sambungan adhesif lapis ganda. Hal ini disebabkan karena alasan proses produksinya yang mudah.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan sambungan adhesif adalah jenis bahan adhesif, jenis bahan adheren, waktu *curing*, temperatur *curing*, gaya klem, geometri sambungan, dan jenis pembebanannya, [1]. Studi tentang pengaruh waktu *curing* terhadap

kekuatan sambungan adhesif perlu dilakukan agar waktu mulai pemberian beban yang tepat dalam operasinya dapat diketahui.

Pada setiap jenis sambungan adhesif, terdapat distribusi tegangan yang berbeda-beda tergantung pada geometri sambungan dan jenis pembebanannya. Walaupun distribusi tegangannya lebih merata dibandingkan sambungan konvensional, timbulnya konsentrasi tegangan masih dapat terjadi pada sambungan adhesif.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh waktu *curing* terhadap kekuatan geser sambungan adhesif lapis tunggal dan ganda dengan melakukan kaji eksperimental. Hal ini didorong oleh kenyataan bahwa penelitian terhadap waktu *curing* bahan adhesif Metalloam[®] belum pernah dilakukan.

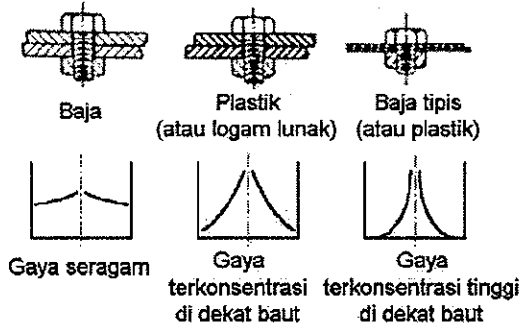
Bahan adhesif yang digunakan adalah produk Metalloam[®] grade III, yang merupakan bahan adhesif dalam bentuk resin, dan dalam proses polimerisasinya memerlukan bahan katalis. Bahan adhesif ini adalah bahan adhesif produksi nasional.

2. SAMBUNGAN ADHESIF

Disain sambungan adhesif mencakup pemilihan geometri yang tepat, pertimbangan jenis bahan adhesif dan material yang akan direkatkan, ukuran serta dimensi sambungan, dan kemudahannya untuk diproduksi.

Ketika menyambungkan dua material yang tipis, sambungan adhesif menunjukkan keunggulannya. Hal ini diilustrasikan dengan memperlihatkan konsentrasi

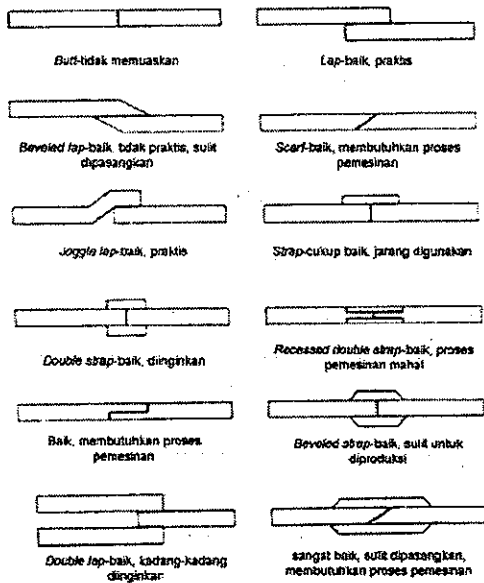
tegangan yang tinggi akibat gaya klem pada sambungan baut apabila digunakan untuk menyambung dua material yang tipis seperti ditunjukkan pada Gb.1. berikut ini.



Gambar 1 Distribusi tegangan akibat gaya klem pada sambungan baut [2]

Pada Gb. (1) dapat dilihat bagaimana pengaruh faktor ketebalan material yang disambung terhadap distribusi tegangan pada daerah sambungan baut. Konsentrasi tegangan menjadi semakin tinggi pada sambungan baut dengan material adheren yang semakin tipis. Fenomena tersebut tidak terjadi pada sambungan adhesif [2].

Berbagai bentuk sambungan adhesif untuk menyambung logam dengan logam atau plastik dengan plastik yang umum dilakukan ditunjukkan pada Gb.2. Berbagai bentuk sambungan tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

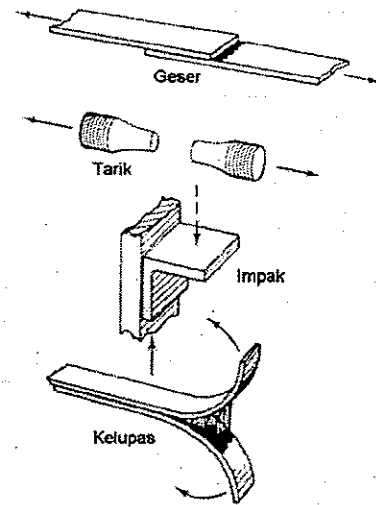


Gambar 2 Sabungan ikat adhesif untuk logam atau plastik [2]

2.1. Beban Pada Sambungan adhesif

Berbagai jenis mode pembebanan yang umum diberikan pada sambungan adhesif ditunjukkan pada Gb. (3).

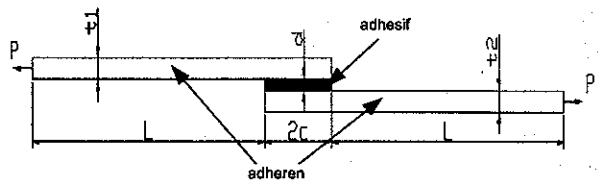
Oleh karena pada umumnya bahan adhesif mempunyai kekuatan geser yang lebih besar dibandingkan dengan kekuatan lainnya (misalnya kekuatan lentur), maka sambungan adhesif umumnya digunakan untuk pembebanan geser.



Gambar 3 Berbagai mode pembebanan pada sambungan adhesif [2]

2.2. Sambungan adhesif Lapis Tunggal

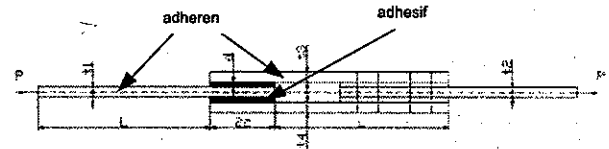
Geometri sambungan adhesif lapis tunggal dapat dilihat seperti pada Gb. (4) berikut ini.



Gambar 4 Geometri sambungan adhesif lapis tunggal

2.3. Sambungan adhesif Lapis Ganda

Geometri sambungan adhesif lapis ganda dapat dilihat seperti pada Gb. (5).



Keterangan gambar (4) dan (5)

- t_1, t_2, t_3 : tebal adheren
- d : tebal adhesif
- P : gaya yang bekerja
- $2c$: panjang overlap sambungan
- $L+2c$: panjang adheren

Gambar 5 Geometri sambungan adhesif lapis ganda

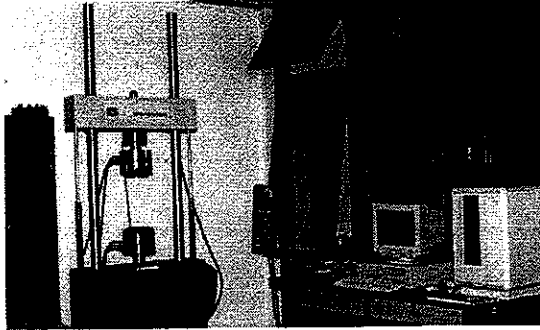
3. PROSEDUR DAN METODE PENGUJIAN

Pengujian sambungan adhesif dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM D 1002-72 dan ASTM D 3528-76, [3,4]. Pengujian kekuatan geser sambungan dilakukan pada berbagai waktu *curing*. Pada setiap jenis sambungan adhesif dilakukan waktu *curing* selama 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Parameter-parameter lain yang bisa berpengaruh pada kekuatan geser sambungan pada waktu proses *curing* yaitu temperatur dan tekanan, diupayakan untuk dibuat sama untuk setiap kasus yang dikaji.

Dari hasil pengujian bisa diperoleh kurva-kurva tegangan geser-regangan geser maupun kurva-kurva tegangan tarik-regangan tarik. Kurva-kurva tersebut digunakan untuk menentukan karakteristik sambungan adhesif pada setiap waktu *curing*.

3.1. Mesin Uji Spesimen

Mesin uji-tarik yang digunakan adalah MTS 810 *Universal Testing Machine*, seperti terlihat pada Gb. (6) berikut ini.

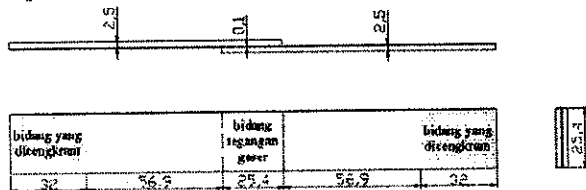


Gambar 6 Mesin uji spesimen MTS 810

3.2. Spesimen Uji Kekuatan Geser Sambungan adhesif

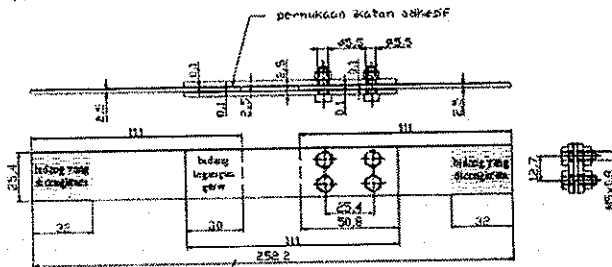
Spesimen sambungan adhesif yang diuji kekuatan gesernya terdiri dari dua jenis disain sambungan, yaitu: spesimen sambungan adhesif lapis tunggal, dan spesimen sambungan adhesif lapis ganda.

Dimensi spesimen sambungan adhesif lapis tunggal dapat dilihat pada Gb. (7) berikut ini.



Gambar 7 Spesimen sambungan adhesif lapis tunggal (satuan mm)

Sedangkan dimensi spesimen sambungan adhesif lapis ganda dapat dilihat pada Gb. (8).

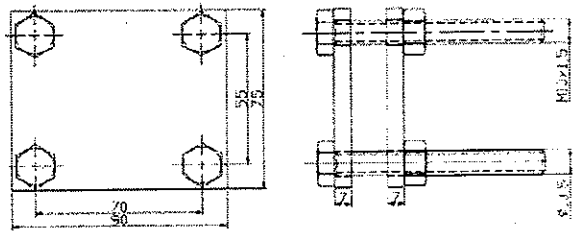


Gambar 8 Spesimen sambungan adhesif lapis ganda (satuan mm)

3.3. Proses *Curing*

Proses pengeringan bahan adhesif yang sudah direkatkan pada bahan adheren dilakukan pada temperatur kamar (sekitar 27°C). Pemberian gaya penekan pada proses pengeringan dilakukan untuk memberikan gaya klem (*clamping force*) yang sama pada setiap spesimen

sambungan ikat, sehingga pengaruhnya pada setiap spesimen dapat dianggap sama. Tekanan klem yang diberikan untuk semua kasus adalah sebesar 2,7 MPa. Alat bantu pemberi gaya tekan dapat dilihat pada Gb. (9) berikut ini.

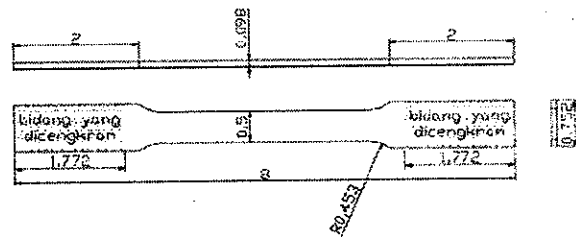


Gambar 9 Alat pemberi gaya tekan (satuan mm)

3.4. Penentuan Sifat-sifat Mekanik Material Adheren

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari material adheren yang digunakan, maka dilakukan pengujian kekuatan-tarik terhadap material adheren. Untuk menjamin bahwa kegagalan sambungan hanya terjadi pada bahan adhesif, maka kekuatan-tarik material adheren harus dibuat lebih besar dari kekuatan bahan adhesif. Pengujian tarik material adheren dilakukan berdasarkan standar pengujian ASTM E8-65T, [5].

Dimensi spesimen uji-tarik material adheren dapat dilihat pada Gb. (10).



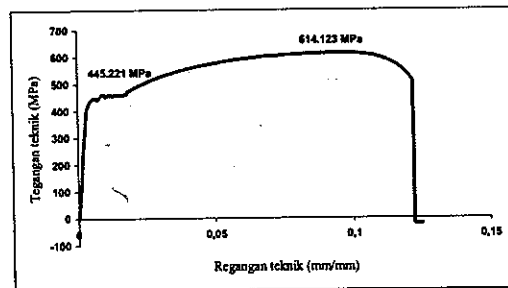
Gambar 10 Spesimen uji-tarik material adheren (satuan inci)

4. HASIL PENGUJIAN

4.1. Hasil Uji-tarik Spesimen Material Adheren

Uji-tarik dilakukan terhadap spesimen dengan laju penarikan sebesar 5 mm/menit dan laju sampling sebesar 2 sampel/detik.

Data-data pengujian tarik material adheren kemudian diolah untuk menghasilkan kurva tegangan-regangan. Kurva tegangan teknik terhadap regangan teknik hasil pengolahan data hasil pengujian diberikan pada Gb. (11).



Gambar 11 Kurva tegangan-regangan teknik hasil uji-tarik material adheren

Beberapa nilai kekuatan dan sifat mekanik material adheren yang dapat diperoleh dari kurva tegangan-regangan teknik diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Sifat-sifat mekanik material adheren

Sifat	Nilai
S_u (MPa)	614,1
S_y (MPa)	445,2
E (GPa)	148,1

Catatan :

- S_u = Kekuatan tarik (*ultimate strength*)
- S_y = Kekuatan luluh (*yield strength*)
- E = Modulus elastisitas

4.2. Hasil Uji-tarik Spesimen Sambungan adhesif Lapis Tunggal

Uji-tarik dilakukan dengan laju penarikan sebesar 1,25 mm/menit dan laju sampling sebesar 10 sampel/detik.

Jenis kegagalan yang terjadi untuk sambungan adhesif lapis tunggal pada setiap waktu *curing*, seluruhnya berupa kegagalan pada bahan adhesif.

Kegagalan adhesif terjadi akibat rusaknya ikatan sekunder antara molekul-molekul pada bahan adhesif dengan molekul-molekul pada bahan adheren dan permukaan ikatan yang gagal. Hal ini terjadi pada lapisan ikatan adhesi antara bahan adheren dengan bahan adhesif.

Persiapan permukaan yang kurang baik, dapat juga menyebabkan terjadinya kegagalan adhesif. Jenis pembebanan pada sambungan adhesif, juga menentukan jenis kegagalan yang terjadi. Hal ini berhubungan dengan tegangan yang terjadi pada bahan adhesif maupun pada lapisan ikatan adhesinya dengan material adheren.

Kekuatan geser, S_s untuk sambungan jenis ini, didefinisikan sebagai berikut.

$$S_s = \frac{P_{maks}}{2bc} \quad (1)$$

yang mana :

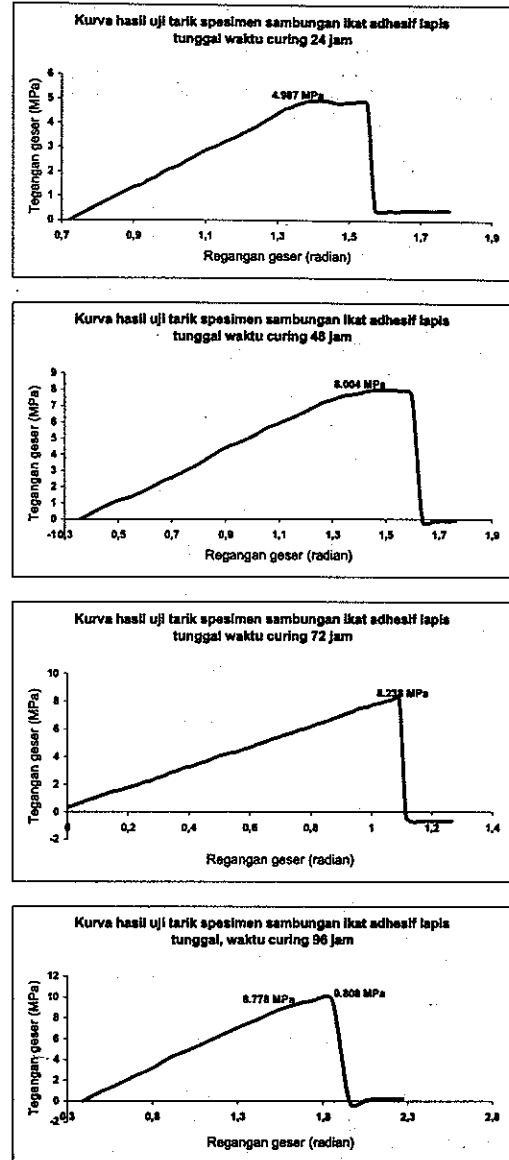
- P_{maks} = gaya maksimum yang dapat ditahan
- b = lebar sambungan
- $2c$ = panjang sambungan (*overlap*)

Beberapa nilai kekuatan yang dapat ditentukan dari hasil pengujian sambungan adhesif lapis tunggal untuk berbagai waktu *curing* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kekuatan sambungan adhesif lapis tunggal pada berbagai waktu *curing*

Waktu <i>curing</i> (jam)	P_{maks} (N)	S_s (MPa)
24	3217,70	4,99
48	5163,58	8,00
72	5315,12	8,24
96	6327,72	9,81

Kurva-kurva tegangan geser terhadap regangan geser pada setiap waktu *curing* untuk sambungan adhesif lapis tunggal dapat dilihat pada Gb. (12).



Gambar 12 Hasil uji-tarik sambungan adhesif lapis tunggal pada setiap waktu *curing*

4.3. Hasil Uji-tarik Spesimen Sambungan adhesif Lapis Ganda

Uji-tarik dilakukan dengan laju penarikan sebesar 1,25 mm/menit dan laju sampling 2 sampel/detik. Seperti halnya pada sambungan adhesif lapis tunggal, jenis kegagalan pada sambungan adhesif lapis ganda pada setiap waktu *curing*, hampir seluruhnya berupa kegagalan pada material adhesif.

Kekuatan geser, S_s untuk sambungan jenis ini, didefinisikan sebagai berikut.

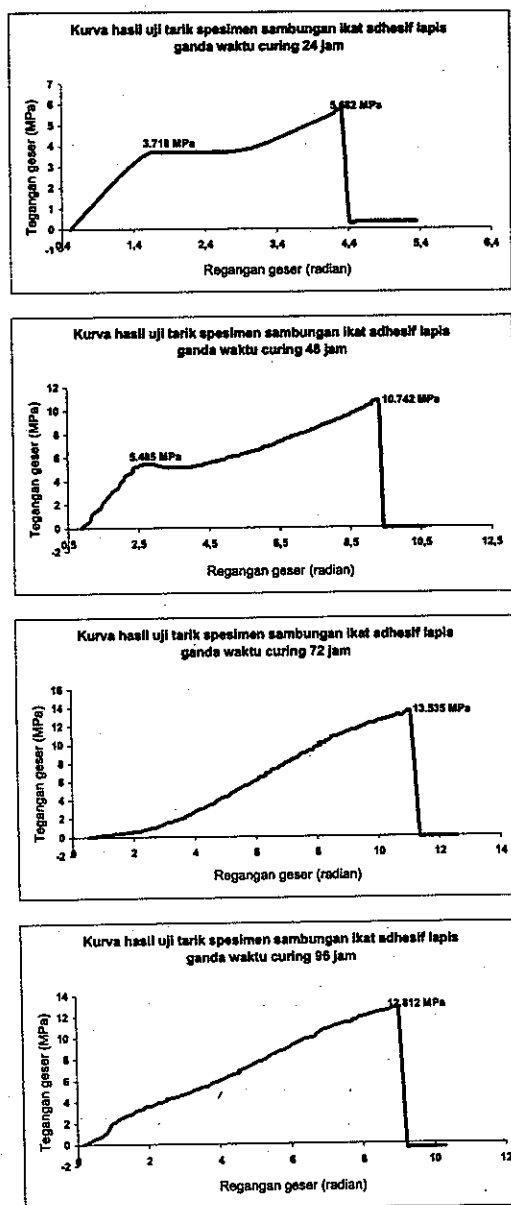
$$S_s = \frac{P_{maks}}{4bc} \quad (2)$$

Beberapa nilai kekuatan yang dapat ditentukan dari hasil pengujian sambungan adhesif lapis tunggal pada berbagai waktu *curing* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Kekuatan sambungan adhesif lapis ganda pada berbagai waktu *curing*

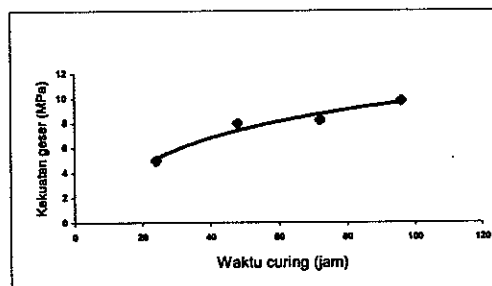
Waktu <i>curing</i> (Jam)	P_{maks} (N)	S_s (MPa)
24	8659,46	5,682
48	16371,05	10,74
72	20628,10	13,54
96	19525,95	12,81

Kurva-kurva tegangan geser terhadap regangan geser pada setiap waktu *curing* untuk lapisan ikat adhesif lapis ganda dapat dilihat pada Gb. (13).

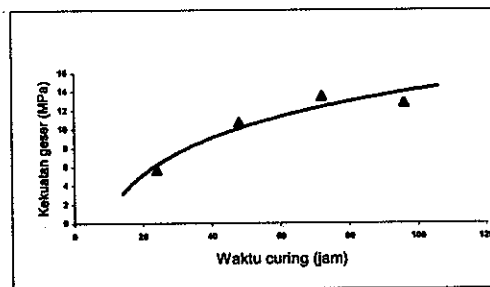


Gambar 13 Kurva-kurva hasil uji-tarik sambungan adhesif lapis ganda

Pada Gb. (14) dan Gb. (15) ditunjukkan kekuatan geser sambungan sebagai fungsi dari waktu *curing*, masing-masing untuk sambungan adhesif lapis tunggal dan lapis ganda. Kedua kurva tersebut menunjukkan bahwa kekuatan geser sambungan semakin lama semakin kuat sampai mencapai nilai maksimum. Kedua sambungan mencapai kekuatan maksimumnya setelah waktu *curing* 96 jam. Hal ini dapat digunakan sebagai pedoman dalam memberikan pembebanan pada sambungan adhesif dengan bahan adhesif Metalloam® grade III.



Gambar 14 Kurva kekuatan geser vs waktu *curing* sambungan adhesif lapis tunggal



Gambar 15 Kurva kekuatan geser vs waktu *curing* sambungan adhesif lapis ganda

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil kaji eksperimental kekuatan sambungan adhesif adalah sebagai berikut:

1. Dilihat dari kurva kekuatan geser sambungan terhadap waktu *curing* diperoleh bahwa kekuatan geser kedua sambungan adhesif mulai mencapai nilai maksimumnya *setelah* waktu *curing* 96 jam, yaitu sebesar 10 MPa untuk lapis tunggal dan sebesar 14 MPa untuk lapis ganda.
2. Semua modus kegagalan pada sambungan adhesif yang diteliti terjadi pada ikatan adhesi antara bahan adhesif dan bahan adheren.
3. Pemberian beban pada sambungan adhesif antara bahan adheren berupa logam dengan bahan adhesif Metalloam® grade III hendaknya dilakukan *setelah* waktu *curing* mencapai 96 jam (4 hari).

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Houwink, R.; Salomon, G., 1965, *Adhesion and Adhesives*, Volume I, second completely revised edition, Elsevier publishing company, Amsterdam.
2. Cagle, Charles V., 1968, *Adhesive Bonding Techniques and Applications*, McGraw-Hill Book Company, New York.
3. D 1002-72, 1981, *Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive in Shear by Tension Loading*, Annual Book of ASTM Standards, Part 22, Philadelphia.
4. D 3528-76, 1981, *Standard Test Method for Strength Properties of Double Lap Shear Adhesive Joints By Tension Loading*, Annual Book of ASTM Standards, Part 22, Philadelphia.
5. E 8-65T, 1966, *Tentative Methods of Tension Testing of Metallic Materials*, Annual Book of ASTM Standards, Part 30, Philadelphia.