

Pengaruh kombinasi pengasaran dan perlakuan *preheat* pada *base material* terhadap kekuatan *bonding adhesve hysol EA9394* untuk *engine CFM56-7*

Abdul Malik Fajri*, Imam Hidayat

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Article Info

Article history

Received July 8, 2022

Revised December 25, 2022

Accepted December 27, 2022

Keywords

Adhesive;
Grit blasting;
Preheat;
Roughness
Hysol EA9394;

ABSTRACT

Aircraft engines or engines consist of various components united by various bonding or bonding methods, one of which is by using adhesives. Hysol EA9394 adhesive failure often occurs because the shear strength value is lower than the manual even though the procedure is in accordance with the manual. Therefore the purpose of this final project is to determine the effect of surface roughness and preheat base material treatment on the bonding strength of Hysol EA9394 adhesive. The method used in this study is experimental and the tests carried out are shear tests in the SPM 70-65-01-280-003 standard and roughness tests. Based on the results of the tests that have been carried out, the grit blasting process affects the surface roughness, and the surface roughness increases with increasing grit blasting duration. Specimen B which went through the grit blasting process for 30 seconds had an average surface roughness value of 184.81 μin . Meanwhile, H specimens that went through the grit blasting process for 90 seconds had an average surface roughness value of 294.9 μin . In addition, the combination of surface roughing and preheat treatment also significantly affects the strength of the adhesive bonding. Specimen J which went through the grit blasting process for 90 seconds and preheated at 150°C had an average shear strength of 26.89 MPa, while specimen A which was not given any treatment had an average shear strength of 17.45 MPa.

This is an open-access article under the [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



*Corresponding Author

Abdul Malik Fajri,
Jurusan Teknik Mesin,
Fakultas Teknik,
Universitas Mercu Buana,
Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat 11650, Indonesia

Email: fajrikm@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Industri perawatan mesin pesawat terbang merupakan salah satu sektor perawatan yang penting pada dunia penerbangan karena mesin pesawat membutuhkan dukungan perawatan agar tetap laik udara. Mesin pesawat terbang terdiri dari berbagai macam bagian yang terbuat dari banyak jenis material, beberapa bagian tersebut memerlukan *bonding* agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya [1].

Salah satu jenis *bonding* yang digunakan adalah *adhesive HYSOL EA9394*. *HYSOL EA9394* merupakan jenis *adhesive* yang terdiri dari dua bagian yang diproduksi oleh *Henkel Adhesive* [2]. *HYSOL EA9394* digunakan pada banyak bagian di mesin pesawat terbang karena sifatnya yang serbaguna.

Akan tetapi, pada banyak hasil pengujian yang telah dilakukan, sering terjadi kegagalan pada pengujian *HYSOL EA9394* karena hasilnya yang di bawah persyaratan, meskipun telah melewati prosedur yang sesuai dengan *manual* [3]. Hal ini mengakibatkan timbulnya isu kelaikan udara pada mesin pesawat terbang yang menggunakan *HYSOL EA9394*. Selain itu, stok *adhesive HYSOL EA9394* yang masih banyak menjadi tidak terpakai. *Shear test* sendiri dilakukan untuk mengetahui kekuatan geser pada sambungan yang terikat *adhesive* [4]–[6]. Dengan kata lain, *shear test* dilakukan untuk mengetahui kekuatan *bonding* pada *adhesive* yang diaplikasikan.

Menurut *standard practice* yang dikeluarkan oleh *manual* mesin pesawat terbang, *surface treatment* yang perlu dilakukan pada *base material* berupa *etching* dan membersihkan permukaan *base material* [3]. Hal ini membuka ruang untuk perbaikan metode yang dilakukan dalam proses pengaplikasian *adhesive*. Dalam jurnal ini, *surface treatment* yang dilakukan adalah dengan meningkatkan kekasaran permukaan *base material* dengan cara melakukan *grit blasting*, dan melakukan *preheat* pada *base material* sebelum mengaplikasikan *adhesive*.

Surface treatment yang baik dapat meningkatkan kekuatan *bonding* pada *adhesive* yang diaplikasikan [7], [8], pada penelitian terkait, kekasaran permukaan dapat mempengaruhi kekuatan *bonding adhesive* [8]–[10]. Selain kekasaran permukaan, perlakuan pemanasan berupa *preheat* dapat meningkatkan kekuatan *bonding adhesive* [11]–[13]. Oleh karena itu masalah yang dapat dirumuskan berdasarkan latar belakang di atas yaitu sering terjadinya kegagalan pada *adhesive HYSOL EA9394* dengan menggunakan prosedur yang sesuai manual dan perlunya analisis kombinasi perlakuan pengasaran permukaan dan perlakuan *preheat* pada *base material*.

Pada penelitian ini, *base material* akan diberikan perlakuan pengasaran dengan menggunakan *grit blasting*, menurut penelitian terkait, proses *grit blasting* meningkatkan kekasaran permukaan dan kekasaran permukaan meningkatkan kekuatan *bonding adhesive*. Proses *grit blasting* menembakkan partikel-partikel halus ke permukaan *base material* sehingga membuat deformasi plastis pada permukaan *base material*, sehingga mengakibatkan perubahan bentuk pada permukaan yang membuatnya tidak rata [10]. Sedangkan proses perlakuan *preheat* menurut penelitian terkait, dapat meningkatkan kekuatan *bonding adhesive*.

2. METODE DAN BAHAN

Pada penelitian ini, spesimen adalah plat aluminium yang dipotong sesuai standar yang terkait [14]. Kemudian spesimen tersebut diberikan perlakuan pengasaran permukaan. Setelah proses pengasaran permukaan, kekasaran permukaannya diuji menggunakan *roughness tester*. Setelah nilai kekasaran permukaan didapatkan, spesimen melalui perlakuan *preheat* sebelum diaplikasikan *adhesive*. Kemudian setelah pengaplikasian *adhesive*, *adhesive* memasuki *curing time*, dan dipanaskan di dalam oven sesuai dengan *manual* yang terkait. Setelah *curing time* selesai, spesimen akan melewati pengujian *shear test* untuk menguji kekuatan *bonding adhesivenya*. Pada penelitian ini, tiap variabel terdiri dari tiga spesimen. Tabel 1 menampilkan variabel-variabel dari spesimen yang digunakan.

Tabel 1: Variasi Perlakuan Spesimen

Spesimen	Lama Waktu <i>Grit Blasting</i> (s)	Temperatur <i>Preheat</i> (°C)
A	Tidak ada	Tidak ada
B	30	50
C	30	90
D	30	150
E	60	50
F	60	90
G	60	150
H	90	50
I	90	90
J	90	150

Spesimen terbuat dari aluminium 6061-T6[15] yang berbentuk plat, kemudian aluminium dipotong agar dimensinya mengikuti standar yang digunakan. Tiap spesimen yang dipotong diberikan identifikasi untuk mencegah tertukarnya spesimen. Gambar 1 menampilkan spesimen yang telah dipotong.



Gambar 1: Spesimen yang Telah Dipotong

Setelah itu proses *grit blasting* dilakukan dengan variasi lama waktu dengan tujuan untuk membuat permukaan spesimen menjadi kasar. *Grit blasting* adalah proses pembersihan permukaan dengan menyemprotkan biji besi atau butiran partikel besi yang tajam. Teknik ini memiliki proses yang sama dengan sandblasting namun karena media yang digunakan untuk penyemprotan berbeda sehingga menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik. Proses *grit blasting* dilakukan berdasarkan manual[16], tabel 2 menjelaskan parameter-parameter yang digunakan dalam proses *grit blasting*.

Tabel 2: Parameter *Grit Blasting*

Parameter	Keterangan
Material	Alumina 80 Mesh
Tekanan	50 psi
Jarak <i>Nozzle</i>	100 mm
Sudut <i>Nozzle</i>	90°

Proses *grit blasting* dilakukan menggunakan standar yang ada pada manual, dan menggunakan material alumina *mesh 80*. Alumina *mesh 80* ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2: Alumina *mesh 80*

Spesimen yang telah melalui *grit blasting* melewati *roughness test* untuk mengetahui nilai kekasaran pada permukaan spesimen. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik berbeda di tempat *adhesive* akan diaplikasikan. Pengambilan nilai *roughness test* dilakukan dengan metode *average roughness* dan satuan *microinch*. Gambar 3 menampilkan proses pengujian *roughness test*.



Gambar 3: *Roughness Test*

Setelah *roughness test* selesai, proses selanjutnya dilakukan, yaitu *preheat*. Spesimen dimasukkan ke dalam oven dan dipanaskan sesuai dengan temperature *preheat* yang ada pada tabel 1. Setelah suhunya tercapai, spesimen dikeluarkan dan diaplikasikan *adhesive* pada permukaan spesimen dan diletakkan pada *fixture* agar posisinya tidak bergerak. Setelah itu spesimen dimasukkan kembali ke dalam oven untuk proses curing. Curing dilakukan pada temperature dan waktu yang sesuai dengan manual. Setelah proses *curing selesai*, spesimen melewati proses pengujian *shear test*. *Shear test* uji kuat geser berupa tegangan geser maksimum yang dapat ditahan oleh suatu bidang di bawah kondisi tertentu. Uji ini dilakukan berdasarkan standar yang digunakan, yaitu SPM 70-65-01-280-003[14], tabel 3 menampilkan parameter *shear test*.

Tabel 3: Parameter *Shear Test*

Parameter	Keterangan
Dimensi Spesimen	90 mm x 25 mm x 1,6 mm
<i>Tension Load Rate</i>	2 mm / menit
Temperatur Pengujian	18-22°C

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Hasil Pengujian Spesimen

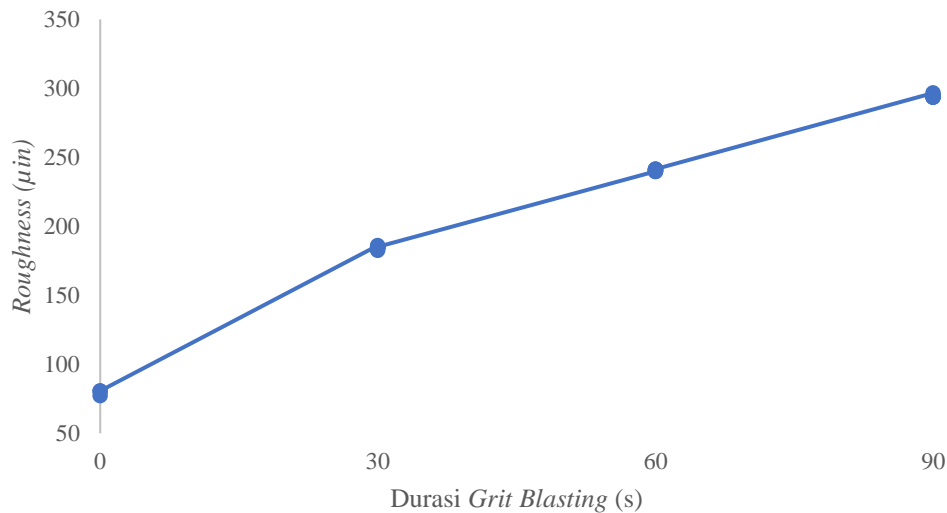
Tabel 4 menampilkan hasil pengujian *roughness test* dan *shear strength* dari semua spesimen.

Tabel 4: *Roughness Test* dan *Shear Strength* Spesimen

Spesimen	Nomor Spesimen	<i>Roughness Test</i> (μin)				<i>Shear Strength</i> (MPa)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-rata	
A	1	79,67	81,88	80,01	80,52	17,71
	2	76,45	77,89	77,32	77,22	17,11
	3	78,54	83,34	80,21	80,70	17,52
B	1	185,88	186,82	185,43	186,04	22,23
	2	182,10	184,95	184,40	183,82	22,35
	3	185,01	183,55	185,17	184,58	22,70
C	1	184,84	183,12	185,72	184,56	22,45
	2	185,55	184,84	185,87	185,42	22,76
	3	185,82	184,34	184,74	184,97	22,82
D	1	183,31	182,61	182,04	182,65	23,36
	2	185,93	184,07	182,96	184,32	22,63
	3	185,78	184,30	185,33	185,14	22,32
E	1	239,61	240,16	239,92	239,90	24,08
	2	240,52	240,17	241,51	240,73	23,83
	3	241,57	242,73	239,64	241,31	23,92
F	1	240,17	239,08	242,23	240,49	24,45
	2	240,07	238,42	241,32	239,94	24,42
	3	242,63	240,05	241,34	241,34	24,64
G	1	239,00	242,73	240,53	240,75	24,61
	2	240,20	239,34	239,49	239,68	24,42
	3	241,25	240,75	242,44	241,48	24,58
H	1	295,52	297,75	296,65	296,64	26,68
	2	294,51	293,66	292,68	293,62	26,43
	3	295,61	292,89	294,82	294,44	26,62
I	1	295,90	295,25	294,20	295,12	26,81
	2	295,81	294,48	292,97	294,42	27,06
	3	292,82	295,57	292,40	293,60	26,65
J	1	294,65	292,69	293,89	293,74	26,56
	2	295,90	292,50	293,98	294,13	26,97
	3	293,44	293,04	295,80	294,09	27,15

3.2. Pengaruh Durasi *Grit Blasting* terhadap Kekasaran Permukaan

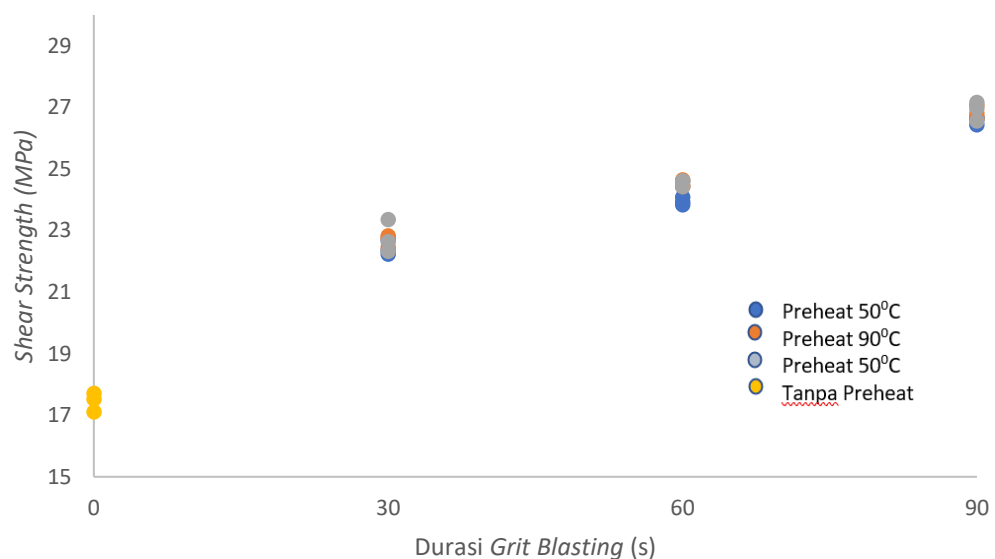
Berdasarkan gambar 4, grafik durasi *grit blasting* terhadap *roughness* didapatkan bahwa setelah melewati proses *grit blasting*, spesimen B, C, dan D, yang diberikan perlakuan *grit blasting* dengan durasi 30 detik memiliki kekasaran permukaan rata-rata dengan masing-masing nilai yaitu 184,81 μin , 184,98 μin , dan 184,04 μin . Spesimen E, F, dan G, yang diberikan perlakuan *grit blasting* dengan durasi 60 detik memiliki kekasaran permukaan rata-rata dengan masing-masing nilai yaitu 240,65 μin , 240,59 μin , dan 240,64 μin . Spesimen H, I, dan J yang diberikan perlakuan *grit blasting* dengan durasi 90 detik memiliki kekasaran permukaan rata-rata dengan masing-masing nilai yaitu 294,9 μin , 294,38 μin , dan 293,99 μin . Sedangkan spesimen A yang tidak diberikan perlakuan *grit blasting* memiliki kekasaran rata-rata yaitu 79,48 μin .



Gambar 4: Grafik Durasi *Grit Blasting* terhadap *Roughness*

Gambar 4 juga menjelaskan bahwa proses *grit blasting* mempengaruhi kekasaran permukaan spesimen. Selain itu juga *roughness* meningkat seiring dengan bertambahnya durasi *grit blasting* dan belum menunjukkan adanya penurunan peningkatan hingga 90 detik.

3.3. Pengaruh Kombinasi Pengasaran Permukaan dan Perlakuan *Preheat* terhadap *Shear Strength*



Gambar 5: Grafik Pengaruh Kombinasi Pengasaran Permukaan dan Perlakuan *Preheat* terhadap *Shear Strength*

Berdasarkan gambar 5, spesimen A yang tidak diberikan pengasaran permukaan dan perlakuan *preheat* memiliki rata-rata *shear strength* 17,45 MPa. Spesimen B yang melewati proses *grit blasting* selama 30 detik dan perlakuan *preheat* pada temperatur 50°C memiliki rata-rata *shear strength* 22,42 MPa. Spesimen C yang melewati proses *grit blasting* selama 30 detik dan perlakuan *preheat* pada temperatur 90°C memiliki rata-rata *shear strength* 22,68 MPa. Spesimen D yang melewati proses *grit blasting* selama 30 detik dan perlakuan *preheat* pada temperatur 150°C memiliki rata-rata *shear strength* 22,77 MPa. Spesimen E yang melewati proses *grit blasting* selama 60 detik dan perlakuan *preheat* pada temperatur 50°C memiliki rata-rata *shear strength* 23,94 MPa. Spesimen F yang melewati proses *grit blasting* selama 60 detik dan perlakuan *preheat* pada temperatur 90°C memiliki rata-rata *shear strength* 24,51 MPa. Spesimen G yang melewati proses *grit blasting* selama 60 detik dan perlakuan *preheat* pada temperatur 150°C memiliki rata-rata *shear strength* 24,54 MPa. Spesimen H yang melewati proses *grit blasting* selama 90 detik dan perlakuan *preheat* pada

temperatur 50°C memiliki rata-rata *shear strength* 26,58 MPa. Spesimen I yang melewati proses *grit blasting* selama 90 detik dan perlakuan *preheat* pada temperatur 90°C memiliki rata-rata *shear strength* 26,58 MPa. Spesimen J yang melewati proses *grit blasting* selama 90 detik dan perlakuan *preheat* pada temperatur 150°C memiliki rata-rata *shear strength* 26,89 MPa.

Berdasarkan gambar 5, dapat dilihat bahwa kombinasi pengasaran permukaan dan perlakuan *preheat* memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada kekuatan *bonding adhesive*. Spesimen J memiliki kekuatan *bonding adhesive* paling tinggi dengan nilai rata-rata *shear strength* yaitu 26,89 MPa, sedangkan spesimen A yang tidak diberikan kombinasi pengasaran permukaan dan perlakuan *preheat* hanya memiliki *shear strength* rata-rata 17,45 MPa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dianalisis, dapat disimpulkan bahwa proses *grit blasting* meningkatkan kekasaran permukaan, dan kekasaran permukaan meningkat dengan bertambahnya durasi *grit blasting*. Kemudian kombinasi pengasaran permukaan dan perlakuan *preheat* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan *bonding adhesive*. Untuk penelitian selanjutnya, pengaruh *curing time* dan *curing temperature* perlu diteliti. Selain itu, observasi permukaan dengan mikroskop elektron dapat dilakukan untuk melihat interaksi antara spesimen dan *adhesive*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. N. Melhem, "Aerospace Fasteners: Use in Structural Applications," in *Encyclopedia of Aluminum and Its Alloys*, CRC Press, 2019. doi: 10.1201/9781351045636-140000240.
- [2] Henkel Corporation Aerospace, "LOCTITE EA 9394 AERO Epoxy Paste Adhesive (KNOWN AS Hysol EA 9394)," 2013.
- [3] CFM International, "STANDARD PRACTICES MANUAL APPLICATION OF EPOXY ADHESIVE HYSOL EA 9394-BOND," 2021.
- [4] R. L. Mott, *Machine elements in mechanical design*.
- [5] S. Ebnesajjad, "Characteristics of adhesive materials," in *Handbook of Adhesives and Surface Preparation*, Elsevier Inc., 2011, pp. 137–183. doi: 10.1016/B978-1-4377-4461-3.10008-2.
- [6] B. Bhushan, *Modern Tribology Handbook*. 2001.
- [7] S. Correia, V. Anes, and L. Reis, "Effect of Surface Treatment on Adhesively Bonded Aluminium-Aluminium Joints Regarding Aeronautical Structures," *Engineering Failure Analysis*, pp. 34–45, 2018.
- [8] A. Ghumatkar, S. Budhe, R. Sekhar, M. D. Banea, and S. de Barros, "Influence of adherend surface roughness on the adhesive bond strength," *Latin American Journal of Solids and Structures*, vol. 13, no. 13, pp. 2356–2370, 2016, doi: 10.1590/1679-78253066.
- [9] G. Amar, "ANALISIS PENGARUH SUDUT DAN LAMA WAKTU PROSES BLASTING REAR CASE ENGINE CFM56-7B TERHADAP KEKUATAN BONDING THERMAL SPRAY," 2022.
- [10] A. Kekerasan, D. Dwilaksana, G. Jatisukanto, and J. Teknik Mesin, "Surface Roughness Analysis of Sand Blasting Process with Variation of Pressure, Time, and Angle using Taguchi Method," *J-Proteksion*, vol. 2, no. 1, pp. 27–30, 2017.
- [11] R. Ortiz-Fernandez, S. Imbriglio, R. Chromik, and B. Jodoin, "The Role of Substrate Preheating on the Adhesion Strength of Cold-Sprayed Soft Particles on Hard Substrates," *Journal of Thermal Spray Technology*, vol. 30, no. 3, pp. 655–667, Feb. 2021, doi: 10.1007/s11666-020-01148-w.
- [12] A. Davari, A. Daneshkazemi, B. Behniafar, M. Sheshmani, and B. Behniafar, "Effect of Pre-heating on Microtensile Bond Strength of Composite Resin to Dentin," 2014. [Online]. Available: www.jdt.tums.ac.ir
- [13] M. Lufitha, "Effect of Substrate Temperature on Coating Adhesion," 2001.
- [14] CFM International, "STANDARD PRACTICES MANUAL SHEAR TEST-SAMPLE TEST," 2021.
- [15] ASM International, *Metals Handbook*, 10th ed., vol. 2. 1990.
- [16] CFM International, "STANDARD PRACTICES MANUAL DRY ABRASIVE BLAST-MEDIUM-ABRASIVE BLAST," 2021.