

PERBEDAAN KEJADIAN KONJUNGTIVITIS FOTOELEKTRIK DENGAN METODE PENGELASAN BUSUR DAN PENGELASAN FRICTION STIR WELDING (FSW)

Retno Kamilia Mutiara, Baju Widjasena, Ekawati

Bagian Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat

Universitas Diponegoro

Email: retnokamilia@hotmail.com

Abstract : Photoconjunctivitis was an inflammation of conjunctiva caused by welding processes in manufacturing which has ultraviolet radiation. The welder who had experienced with arc welding will have photoconjunctivitis after 4-6 hours in welding process because it has ultraviolet radiation. Appropriate treatment for those welder is that they should have at least 2 days off from welding process. Friction Stir Welding (FSW) was a green welding with no fumes, no flares, and no ultraviolet radiation. But, there was no any study before which described the effects on human caused by FSW. This study aimed to analyze the differentiation of photoconjunctivitis by arc welding and friction stir welding. The study was quasi-experimental study with non randomized pretest-posttest control group design. The subjects of this study amounted to 16 as sampels. The result showed that the photoelectrical conjunctivitis has increased 31,25%, Mann-Whitney test showed that there was no difference of photoconjunctivitis by pre welding for those group ($p=1,000$), Wilcoxon test showed that there was no difference of photoconjunctivitis by pre-post welding in FSW group ($p=1,000$), Wilcoxon test showed that there was a differentiation of photoconjunctivitis by pre-post welding in arc welding group ($p=0,025$) and with Mann-Whitney test showed that there was a difference of photoconjunctivitis by post welding for those group ($p=0,015$). FSW might be considered that it is better for welding process because it has no fumes, no flares, and no ultraviolet radiation, but in fact, that method was not officially perfect, because that method still has fumes, metal flakes, and the probe might be apart in process.

Key words : photoconjunctivitis, friction stir welding, arc welding

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengelasan merupakan kegiatan penyambungan setempat antara dua buah logam atau lebih dengan memanfaatkan energi panas. Tujuan pengelasan dilakukan untuk mendapatkan konstruksi yang lebih ringan dan sederhana.

Sehingga biaya yang dikeluarkan lebih murah. Selain itu memiliki tingkat kebisingan yang lebih rendah dibandingkan dengan baut dan keling.⁽¹⁾ Pengelasan digunakan pada dalam pembuatan jembatan, rel kereta api, anjungan lepas pantai, serta konstruksi bangunan. Metode pengelasan sangat beragam, salah

satunya adalah metode las busur yang memiliki ciri khas menggunakan *filler* dan menghasilkan sinar *ultraviolet*, sinar inframerah dan cahaya tampak.⁽²⁾ Secara garis besar, teknik pengelasan las busur terbagi menjadi dua, yakni teknik las busur listrik dan las busur gas. Contoh las busur listrik adalah las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dan contoh dari las busur gas adalah las MIG (*Metal Inert Gas*). Penelitian di Paris mengatakan bahwa emisi sinar *ultraviolet* lebih besar dihasilkan oleh pengelasan las busur. Penelitian di Inggris melaporkan bahwa terdapat dua kasus terbakarnya retina pekerja akibat pengelasan las MIG.^(3,4)

Paparansinar *ultraviolet* akibat pengelasan menyebabkan terjadinya *photoconjunctivitis*, yakni peradangan konjungtiva akibat paparan sinar *ultraviolet* yang dihasilkan dari kegiatan pengelasan.⁽⁵⁾ Peradangan ini bersifat *reversible* dengan keluhan seperti mata merah dangatal, mata panas, silau, serta mata terasapedah. Tanda-tanda lain yang dapat dirasakan apabila mata pekerja mendapatkan dampak radiasi sinar *ultraviolet*, antara lain; rasa nyeri seperti ada tekanan yang

ringan di mata hingga rasa sakit yang cukup terasa, mata selalu berair dan memerah di seputaran membrane mata, mata yang menjadi sangat sensitive terhadap cahaya, ketidakmampuan dari mata untuk melihat sumber cahaya. Peradangan ini bersifat sementara dan dapat kembali normal apabila dijauhkan dari paparan selama minimal 48 jam.⁽⁶⁾

Penelitian yang dilakukan oleh Tri Wahyuni menghasilkan bahwa kegiatan pengelasan menggunakan metode pengelasan busur listrik dapat mengakibatkan terjadinya *photoconjunctivitis* atau konjungtivitis fotoelektrik. Penelitian lain yang dilakukan di Nigeria mengenai *Ocular effects of chronic exposure to welding light* mengatakan bahwa pengelasan busur nyala dapat mengakibatkan *pterygium*, konjungtivitis, katarak, serta kerato konjungtivitis.^(7,8)

Pada tahun 1991 ditemukan suatu metode pengelasan baru tanpa menghasilkan sinar *ultraviolet* oleh Wayne Thomas, yakni metode pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) atau yang biasa disebut las gesek. Pengelasan yang tidak menghasilkan sinar *ultraviolet*, tidak menghasilkan uap logam, serta tidak

menghasilkan nyala api menjadikannya suatu metode pengelasan yang ramah lingkungan. Selain itu, metode FSW ini menghasilkan hasil pengelasan yang lebih baik, rapat, dan kuat serta dapat dilakukan untuk mengelas material yang tidak dapat dilas oleh las busur.⁽⁹⁾

Keluhan konjungtivitis fotoelektrik akibat pengelasan pada mahasiswa teknik mesin yang telah menggunakan teknik las FSW dan las busur mengatakan bahwa terdapat kasus saat menggunakan las busur, mengalami keluhan seperti mata merah, berair, panas, bahkan tidak dapat membuka pada keesokan harinya, namun keluhan-keluhan tersebut tidak ditemukan saat melakukan pengelasan FSW.

Berdasarkan perbedaan metode pengelasan serta keluhan yang dialami, maka peneliti tertarik untuk menganalisis perbedaan kejadian konjungtivitis fotoelektrik dengan metode pengelasan busur dan pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini bersifat kuasi-eksperimental karena peneliti memiliki keterbatasan dalam

randomisasi subyek, etika, jumlah perlakuan, serta lama paparan. Dengan melakukan uji beda *Mann-Whitney* dan *Wilcoxon*.

Variabel perlakuan pada penelitian ini adalah jenis pengelasan, yakni pengelasan las busur dan las FSW. Variabel terdoba atau variabel terikatnya adalah kejadian konjungtivitis fotoelektrik. Dalam penelitian ini, kelompok busur merupakan pembandingan dan kelompok kontrol. Rancangan penelitian ini adalah menggunakan rancangan eksperimental ulang atau *non-randomized pretest-posttest control group design*. Merupakan rancangan yang melakukan pengukuran dan pemeriksaan pada awal sebelum perlakuan dan akhir setelah perlakuan.⁽¹⁰⁾

Sampel dalam penelitian ini adalah banyaknya jumlah perlakuan yang dilakukan pada masing-masing kelompok perlakuan. Jumlah perlakuan dalam penelitian ini adalah sebanyak 16 perlakuan yang terbagi dalam kedua kelompok perlakuan, yakni perlakuan dengan metode pengelasan FSW dan pengelasan busur. Masing-masing kelompok terdiri dari 8 jumlah perlakuan. Kelompok kontrol dalam penelitian ini adalah kelompok las busur.

Penelitian dilakukan di dua lokasi yang berbeda, yakni pengelasan busur dilakukan di laboratorium pengelasan Politeknik Negeri Semarang (Polines) dan pengelasan FSW dilakukan di Laboratorium Proses Produksi dan CNC Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Penelitian ini dilakukan pada mahasiswa yang sedang melakukan kegiatan praktikum pengelasan las busur Polines dan pada mahasiswa tingkat akhir yang sedang melakukan penelitian menggunakan mesin las FSW Teknik Mesin Undip.

Lama paparan yang dilakukan pada responden adalah melakukan kegiatan pengelasan selama 2 jam. Hal ini dikarenakan keterbatasan penggunaan mesin dan jadwal praktikum mahasiswa. Berdasarkan penelitian bahwa keluhan konjungtivitis fotoelektrik telah dapat dirasakan dan timbul pada jam kedua, dan meningkat pada jam keempat serta seterusnya.⁽¹¹⁾

Validasi data dilakukan dengan melakukan pemeriksaan mata. Pemeriksaan mata pada konjungtiva dilakukan oleh mahasiswa kedokteran umum semester delapan yang telah lulus stase mata dan mampu menganalisis

dan mendiagnosis keluhan-keluhan akibat konjungtivitis yang dibutuhkan dalam penelitian. Pemeriksaan tidak dilakukan oleh dokter yang berbeda untuk mencegah bias dalam menganalisis dan memasukkannya dalam tingkat keparahan keluhan konjungtivitis fotoelektrik.

Selain melakukan pengamatan terhadap mesin selama perlakuan dan pemeriksaan mata, peneliti melakukan pengukuran getaran terhadap mesin las FSW. Hal ini dikarenakan untuk mengetahui hazard lain yang mungkin dapat ditimbulkan akibat pengelasan FSW.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Univariat

1. Hasil Pemeriksaan Mata

Penentuan tingkat keparahan keluhan konjungtivitis fotoelektrik dibedakan dalam skala 0-3, yang bermakna bahwa pada skala 0, maka responden tidak memiliki keluhan konjungtivitis fotoelektrik, pada skala 1 berarti responden memiliki keluhan ringan konjungtivitis yang ditandai dengan mata sedikit berair dan mata sedikit memerah. Apabila ditemui peradangan pada konjungtiva berupa mata merah, air mata terlihat menggenang, mata terasa panas,

mata terasa perih, terdapat eksudat namun masih dapat membuka dan menutup mata, terasa seperti ada benda aneh di mata maka responden dikategorikan mengalami konjungtivitis sedang dan diberi nilai 2. Apabila ditemui air mata yang sangat berlebihan seperti menangis, mata berwarna sangat merah, mata terasa sangat panas, mata terasa perih, terdapat eksudat dan mata susah untuk dibuka atau ditutup, pseusoptosis, hipertrofipapil, terdapat kemosiskonjungtiva, folikel, *pseudomembran*, granuloma konjungtiva, dan *adenopato-preaurikular* maka responden tersebut dikategorikan mengalami kejadian konjungtivitis berat dan diberinilai 3.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Mata Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada Kedua Kelompok

Kelompok	Hasil Pemeriksaan													
	Sebelum						Sesudah							
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3		
Las Busur	7	87.5	1	12.5	0	0	0	2	25.00	6	75.0	0	0	0
Las FSW	7	87.5	1	12.5	0	0	0	7	87.50	1	12.5	0	0	0
Total	14	87.5	2	12.5	0	0	0	9	56.25	7	43.75	0	0	0

Pada pemeriksaan awal sebanyak 87,5% seluruh responden tidak mengalami konjungtivitis fotoelektrik. Hal ini dikarenakan belum terpaparnya responden akibat

kegiatan pengelasan. Namun, sebanyak 12,5% responden mengalami konjungtivitis tetapi bukan konjungtivitis fotoelektrik karena responden dipastikan tidak melakukan pengelasan sekurang-kurangnya tiga hari

Persentase responden yang tidak mengalami konjungtivitis fotoelektrik tetap pada pemeriksaan setelah perlakuan, yakni sebesar 87,5%. Namun jumlah responden yang mengalami konjungtivitis fotoelektrik meningkat menjadi 75% pada pengelasan busur setelah melakukan pengelasan.

B. Analisis Bivariat

1. Perbedaan Kejadian Konjungtivitis Fotoelektrik Sebelum Perlakuan pada Kedua Kelompok

Tabel 2. Perbedaan Kejadian Konjungtivitis Fotoelektrik Sebelum Perlakuan pada Kedua Kelompok

Pemeriksaan	Konjungtivitis Fotoelektrik (%)		U	Signifikansi
	Las Busur	Las FSW		
	Sebelum	12.5		

Hasil penelitian sebanyak 12,5% responden mengalami konjungtivitis ringan pada setiap kelompok. Dengan nilai signifikasni (1.000) > 0,05 maka dinyatakan

bahwa tidak terdapat perbedaan kejadian konjungtivitis fotoelektrik yang bermakna pada sebelum perlakuan. Hal ini dikarenakan belum terpaparnya oleh kegiatan pengelasan. Gejala yang ditemukan adalah mata sedikit berair. Keluhan yang dialami tersebut dapat saja jenis konjungtivitis lain seperti alergi atau iritasi. Tidak adanya perbedaan ini bermakna peneliti dapat melanjutkan pengujian.

2. Perbedaan Kejadian Konjungtivitis Fotoelektrik Sebelum dan Setelah Perlakuan

a. Las Busur

Tabel 3. Perbedaan Kejadian Konjungtivitis Fotoelektrik Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada Kelompok Las Busur

Jenis Las	Konjungtivitis Fotoelektrik (%)		Z	Signifikansi
	Sebelum	Sesudah		
Las Busur	12.5	75	-2.236	0.025

Pada kelompok las busur sebelum melakukan perlakuan terdapat sebanyak 12,5% mengalami konjungtivitis ringan, namun setelah perlakuan keluhan konjungtivitis fotoelektrik ringan meningkat menjadi 75%. Hasil uji statistic memiliki nilai signifikansi bernilai p value (0.025) $< 0,05$, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa ada

perbedaan kejadian konjungtivitis fotoelektrik yang bermakna sebelum dan sesudah pengelasan busur.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Nigeria bahwa pengelasan menggunakan metode las busur nyala dapat mengakibatkan konjungtivitis. Hal ini juga sejalan dengan teori *photoconjunctivitis* bahwa konjungtivitis fotoelektrik merupakan peradangan konjungtiva akibat pengelasan dengan paparan sinar UV. Penelitian ini sejalan pula dengan penelitian yang dilakukan di Ghana bahwasebanyak 22,6% responden mengalami konjungtivitis fotoelektrik pada pengelasan busur nyala. Selain itu penelitian di Inggris melaporkan bahwa terdapat dua kasus retina terbakar akibat pengelasan menggunakan metode MIG.^(4,5,12)

b. Las FSW

Tabel 4. Perbedaan Kejadian Konjungtivitis Fotoelektrik Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada Kelompok Las FSW

Jenis Las	Konjungtivitis Fotoelektrik (%)		Z	Signifikansi
	Sebelum	Sesudah		
Las FSW	12.5	12.5	.000	1.000

Hasil penelitian pada sebelum dan sesudah perlakuan menunjukkan

bahwa kedua hasil pemeriksaan sama-sama didapatkan hanya sebesar 12,5% responden yang mengalami kejadian konjungtivitis fotoelektrik. Hasil uji statistic menunjukkan bahwa *p value* (1.000) > 0,05, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan kejadian konjungtivitis fotoelektrik yang bermakna sebelum dan sesudah pengelasan FSW.

Hasil ini sesuai dengan studi pustaka bahwa metode pengelasan ini ramah lingkungan karena tidak menghasilkan uap, percikan, dan busurnya.⁽⁹⁾ Apabila tidak terdapat nyala busur maka tidak terbentuk pula sinar *ultraviolet*, sinar inframerah dan cahaya tampak. Sehingga tidak terbentuk radiasi non-pengion dan karena tidak terpapar sinar *ultraviolet* tersebut maka telah dibuktikan secara penelitian bahwa pengelasan ini tidak mengakibatkan konjungtivitis fotoelektrik.

Meskipun pengelasan ini cenderung tidak mengakibatkan kejadian konjungtivitis fotoelektrik atau *photoconjunctivitis*, namun ditemukan temuan lain yang ternyata membahayakan bagi kesehatan dan keselamatan pekerjaanya, yakni terciumnya uap logam, terdapat serpihan-serpihan yang diakibatkan

oleh gesekan pahat dan material, serta terlepasnya pahat dari cengkaman mesin. Terdapatnya serpihan-serpihan material setelah dilakukan perlakuan di meja kerja dapat membahayakan mata apabila masuk kedalam mata, dan melukai bola mata. Kejadian ini dinamakan kerato konjungtivitis dan dapat menimbulkan kebutaan.⁽¹³⁾

Temuan-temuan yang berhasil ditemukan pada saat penelitian kelompok las FSW antara lain terciumnya uap logam, terdapatnya serpihan-serpihan material sisa gesekan serta hamper terlepasnya pahat dari cengkaman. Temuan ini ditemukan tidak sejalan dengan teori sebelumnya. Hal tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah temuan ini merupakan kendala yang didapatkan hanya di lokasi penelitian ataukah dapat didapati pada setiap mesin FSW. Hal ini dikarenakan berdasarkan informasi yang didapatkan dari pihak Mesin Undip bahwa mesin yang digunakan merupakan mesin tua yang perlu dilakukan perawatan yang baik agar dapat digunakan sesuai dengan fungsinya.

3. Perbedaan Kejadian Konjungtivitis Fotoelektrik Sesudah Perlakuan pada Kedua Kelompok

Tabel 5. Perbedaan Kejadian Konjungtivitis Fotoelektrik Setelah Perlakuan

Pemeriksaan	Konjungtivitis Fotoelektrik (%)		U	Signifikansi
	Las Busur	Las FSW		
Sesudah	75	12.5	32.000	0.015

Responden yang mengalami kejadian konjungtivitis pada kelompok pengelasan las busur sebanyak 75% responden dan lebih besar dibandingkan dengan responden yang mengalami kejadian konjungtivitis foto elektrik pada las FSW. Hasil pengujian statistic dengan menggunakan uji *Mann-Whitney* menghasilkan nilai p adalah 0,015, maka $p < 0,05$. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa ada perbedaan kejadian konjungtivitis fotoelektrik yang bermakna pada kedua metode pengelasan.

Hasil penelitian ini sesuai dengan teori pengelasan FSW, yakni pengelasan merupakan pengelasan yang lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan sinar *ultraviolet*, sinar inframerah dan cahaya tampak, dan dapat dikatakan lebih ramah pada mata⁽⁹⁾. Pengelasan FSW dapat dinilai lebih baik

dibanding dengan las busur karena cenderung tidak mengakibatkan konjungtivitis fotoelektrik. Las FSW dapat menjadi suatu alternatif baru yang perlu diterapkan di industri dalam kegiatan pengelasan.

4. Pengukuran Getaran

Getaran mekanis yang dihasilkan oleh mesin FSW memiliki rata-rata sebesar $0,00167 \text{ m/s}^2$. Getaran tersebut masih dapat ditolerir oleh tubuh manusia sesuai dengan PER.13/MEN/X/2010 tentang NAB faktor fisika di lingkungan kerja.

KESIMPULAN

1. Kejadian konjungtivitis fotoelektrik pada seluruh responden saat sebelum dan sesudah perlakuan mengalami kenaikan sebanyak 31,25%.
2. Kondisi responden yang mengalami konjungtivitis fotoelektrik sebelum perlakuan pada kelompok perlakuan las busur dan las FSW tidak terdapat perbedaan.
3. Kondisi responden yang mengalami konjungtivitis fotoelektrik sebelum dan sesudah perlakuan las busur terdapat perbedaan yakni meningkat menjadi 75%.

4. Kondisi responden yang mengalami konjungtivitis fotoelektrik sebelum dan sesudah perlakuan pada metode las FSW tidak mengalami perbedaan.
 5. Kondisi responden setelah melakukan perlakuan pengelasan las busur cenderung mengalami konjungtivitis fotoelektrik sedangkan responden pada kelompok las FSW cenderung tidak menimbulkan konjungtivitis fotoelektrik.
- a. Melakukan penelitian terkait perbedaan dampak kesehatan dan keselamatan kerja pada mesin las FSW dengan *guarding* dan tidak menggunakan *guarding*
 - b. Melakukan penelitian terkait efek kesehatan akibat pengelasan selain pada mata
 - c. Melakukan penelitian tentang paparan akibat las FSW dengan lama paparan lebih dari 2 jam

SARAN

1. Bagi Laboratorium Mesin Undip
 - a. Perlu dilakukan pengendalian pada mesin, dengan memasang *local exhaust*, serta *guarding* dan perawatan performa mesin
 - b. Perlu memberlakukan pemakaian *cover all* berlengan panjang
 - c. Perlu menggunakan *faceshield* dan *googles* berdasarkan standar ANSI
2. Bagi Laboratorium Mesin Polines
 - a. Perlu memberlakukan pemakaian *cover all* berlengan panjang
3. Bagi Peneliti Lain

DAFTAR PUSTAKA

1. Setiawan A. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002). Jakarta: PT Penerbit Erlangga; 2008.
2. Suharto. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: PT Rineka Cipta; 1991.
3. Turut P, Isorni M. Macular Photoinjury Caused by a Welding Arc on Eye with an Implant. Bull Soc Ophthalmol France; 1986. 857-859 p.
4. G P H Britain. Retinal Burns Caused by Exposure to MIG-Welding Arcs: Report Two Cases. Br J Ophthalmol [Internet]. 1988;72:57-575. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1041530/pdf/brjopthal00588-0011.pdf>
5. WHO. The Known Health Effects of UV [Internet]. WHO.

2016. Available from: <http://www.who.int/uv/faq/uvhealtfac/en/index3.html>
6. Jeyaratnam J, Koh D. Buku Ajar Praktik Kedokteran Kerja. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2010.
 7. Wahyuni T. Faktor Risiko yang Berhubungan dengan Kejadian Konjungtivitis Fotoelektrik pada Pekerja Pengelasan di Kecamatan Cilacap Tengah Kabupaten Cilacap. Universitas Diponegoro; 2013.
 8. Davies KG, Asana U, NKU C., Osim EE. Ocular Effects of Chronic Exposure to Welding Light on Calabar Welder. Niger J Physiol Sci. 2007;22:55.
 9. Black J, Kohser RA. DeGarmo's: Material and Processes in Manufacturing. United State of America: John Wiley & Sons, Inc; 2012.
 10. Cook TD, Campbell DT. QUASI-EXPERIMENTATION: DESIGN & ANALYSIS ISSUES FOR FIELD SETTINGS. Boston: Houghton Mifflin Company; 1970.
 11. Tampubolon T. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Konjungtivitis pada Pekerja Perempuan yang Terpapar Uap. Universitas Indonesia; 2005.
 12. Kumah D., Cobbina F, Duodu D. Radiation-Related Eye Diseases Among Welders of Suame "magazine" in The Kumasi Metropolis. J Sci Technol Kwame Nkrumah Univ Sci and Technol. 2011;31:37.
 13. Plog BA, Niland J, Quinlan PJ, Schonfeld JB, editors. The Eyes. In: Fundamentals of Industrial Hygiene. Fourth Edi. United State of America: National Safety Council; 1995.