

Peningkatan Masa Pakai Pisau Gergaji Tungsten Carbide Berpelapis dalam Pemotongan *Medium Density Fiberboard*

(Life Improvement of Coated Tungsten Carbide Tool in Cutting Medium Density Fiberboard)

Kidung Tirtayasa Putra Pangestu¹, Christina Dekawati Putri Lingga², Wayan Darmawan^{2*}

(Diterima September 2022/Disetujui Februari 2023)

ABSTRAK

Kelangkaan dan harga mahal kayu gergajian yang bermutu tinggi mengakibatkan industri furnitur pada saat ini banyak beralih menggunakan kayu komposit, seperti *medium density fiberboard* (MDF) sebagai bahan baku produknya. Salah satu faktor yang berpengaruh pada biaya produksi dan kualitas produk yang dihasilkan dalam industri furnitur adalah kualitas mata pisau gergaji yang digunakan dalam operasi pemotongan. Kualitas mata pisau gergaji dapat ditingkatkan melalui penambahan bahan pelapis pada permukaan pisau gergaji (*surface coating*). Tujuan penelitian ini adalah menentukan masa pakai pisau gergaji berbahan *tungsten carbide* (TC) yang telah dilapisi dengan AlCrN, TiAlN, dan TiN dalam pemotongan MDF. Operasi pemotongan dilakukan pada mesin *computer numerical control* (CNC) *router* pada laju bilah per putaran (Frev) 0,10, 0,15, 0,20, dan 0,30 mm/rev. Masa pakai pisau gergaji TC ditentukan berdasarkan tingkat keausan pisau gergaji dan dikalkulasi menggunakan formula masa pakai Taylor. Hasil penelitian menunjukkan pisau gergaji TC berpelapis menghasilkan daya tahan aus yang lebih baik dan masa pakai yang lebih lama dibandingkan pisau gergaji TC tanpa bahan pelapis. Semakin rendah Frev yang diatur dalam pemotongan MDF maka semakin rendah pula keausan dan semakin lama masa pakai pisau gergaji TC. Pisau gergaji TC terlapisi AlCrN menghasilkan daya tahan aus terbaik dan masa pakai terlama sehingga menjanjikan untuk dikembangkan dan diaplikasikan dalam pemotongan MDF.

Kata kunci: aus, masa pakai pisau, *medium density fiberboard*, pelapisan permukaan, pisau gergaji berpelapis

ABSTRACT

The scarcity and high cost of high-quality sawn timber has resulted in the switching of furniture industry to using composite wood such as medium density fiberboard (MDF) as the raw material for its products. One of the factors that affect production costs and product quality in the furniture industry is the quality of the cutting tool used in the cutting operation. The quality of the cutting tool could be improved through the addition of coatings on the surface of cutting tool (*surface coating*). The purpose of this study was to determine the life time of AlCrN, TiAlN, and TiN coated tungsten carbide (TC) tools in cutting MDF. Cutting operations were performed on a computer numerical control (CNC) router machine at feed per revolution (Frev) of 0,10, 0,15, 0,20, and 0,30 mm/rev. The TC cutting tool life was determined based on its wear and was calculated using the Taylor tool life formula. The results showed that coated TC cutting tool provided a better wear resistance and longer life than uncoated TC cutting tool. The low of Frev set in cutting MDF resulted in a lower wear and longer life of cutting tool. AlCrN coated TC cutting tool provided the best wear resistance and longest life, thus it promising to be developed and used in cutting MDF.

Keywords: coated cutting tool, *medium density fiberboard*, surface coating, tool life, wear

PENDAHULUAN

Kayu solid dapat digunakan dalam berbagai keperluan, salah satunya sebagai bahan baku dalam industri furnitur. Akan tetapi, industri furnitur mulai membatasi

penggunaan kayu solid dalam beberapa tahun terakhir, dan menggantinya dengan kayu komposit, seperti *medium density fiberboard* (MDF). Harga kayu komposit yang lebih murah dibandingkan dengan kayu solid mengakibatkan banyak industri furnitur yang beralih menggunakan kayu komposit sebagai bahan baku alternatif.

Biaya produksi pada industri furnitur dan kualitas permukaan kayu komposit yang dipotong dapat ditentukan oleh kualitas mata pisau gergaji yang digunakan dalam operasi pemotongan. Faktanya, kontribusi mata pisau gergaji dapat mencapai 8% dari total biaya

¹ Departemen Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, Makassar, Makassar 90245

² Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

* Penulis Korespondensi: Email: wayandar@indo.net.id

produksi, bahkan dapat mencapai 34% karena terjadi pemberhentian operasi mesin produksi dan kualitas buruk produk yang dihasilkan (Brenner *et al.* 2017). Salah satu parameter yang menentukan kualitas pisau gergaji adalah daya tahan ausnya (Chladil *et al.* 2019). Keausan pisau gergaji akan memengaruhi masa pakainya (Yemul & Deshpande 2021). Maka dari itu, pemilihan mata pisau gergaji yang tepat dalam proses pengerjaan kayu komposit perlu dipertimbangkan dengan baik.

Jenis pisau gergaji yang pada saat ini mulai banyak digunakan adalah pisau gergaji yang terbuat dari *Tungsten Carbide* (TC). Pisau gergaji TC memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan jenis pisau gergaji konvensional yang terbuat dari baja (*High Speed Steel/HSS*). TC memiliki daya tahan aus dua kali lebih baik dibandingkan dengan HSS dalam pemotongan kayu komposit (papan semen, papan partikel, dan papan serat) (Darmawan *et al.* 2012). Akan tetapi, pisau gergaji TC tidak cocok digunakan pada suhu pemotongan tinggi. Kondisi pemotongan tersebut dapat mengoksidasi cobalt sebagai bahan pengikat mata pisau gergaji TC. Akibatnya, ikatan antarpartikel TC menjadi tidak kompak dan mudah mengalami abrasi mekanis selama proses pemotongan, serta menghasilkan permukaan pisau yang tidak rata (Bagnall *et al.* 2018).

Salah satu inovasi yang menjanjikan dalam meningkatkan kualitas mata pisau gergaji TC adalah rekayasa permukaan melalui penambahan bahan pelapis pada permukaan pisau gergaji (*surface coating*). Pelapisan ini bertujuan meningkatkan kualitas pisau gergaji tanpa mengubah komposisi dan struktur material pisau (Darmawan 2017). Darmawan *et al.* (2012) telah melapiskan *titanium nitride* (TiN) dan *titanium carbon nitride* (TiCN) pada mata pisau gergaji TC melalui metode *physical vapour deposition* (PVD) dan diuji coba dalam pemotongan kayu komposit jenis *hardboard* dan papan semen. Hasil penelitian menunjukkan bahan pelapis TiCN memberikan perlindungan terbaik pada pisau gergaji TC dengan peningkatan daya tahan aus hingga dua kali dibandingkan pisau gergaji TC konvensional pada kecepatan pemotongan rendah. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan kekerasan permukaan pisau gergaji TC setelah dilapisi TiCN. Akan tetapi, daya tahan ausnya menurun drastis pada kecepatan pemotongan tinggi akibat daya tahan oksidasi TiCN yang rendah. Dengan demikian, bahan pelapis TiCN dinilai tidak cocok digunakan untuk pemotongan kayu komposit yang umumnya dikerjakan dalam kecepatan pemotongan tinggi.

Bahan pelapis lain yang telah diuji coba beberapa tahun terakhir dalam pemotongan kayu komposit adalah *titanium silicon nitride* (TiSiN), *titanium aluminium nitride* (TiAlN), dan *aluminium chromium nitride* (AlCrN). Kandungan silikon (Si) yang tinggi pada TiSiN dilaporkan dapat memberikan daya tahan oksidasi yang tinggi

(Greczynski *et al.* 2020). Akan tetapi, kelemahannya adalah TiSiN memiliki kekerasan permukaan yang terlampaui tinggi sehingga getas, akibatnya TiSiN mudah mengelupas ketika digunakan untuk memotong bahan yang abrasif dalam kecepatan tinggi (Fahrussiam *et al.* 2015). Di sisi lain, TiAlN dan AlCrN dilaporkan memiliki performa yang baik, terutama dalam hal daya tahannya terhadap aus pada pemotongan kayu komposit jenis *wood plastic composite* (WPC), *laminated veneer lumber* (LVL), dan *oriented strand board* (OSB) (Pangestu *et al.* 2021). Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut hanya fokus pada pengukuran dan penentuan daya tahan aus, dan belum mengkaji lebih lanjut mengenai masa pakai pisau, khususnya dalam pemotongan kayu komposit. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi masa pakai pisau TC yang dilapisi dengan bahan pelapis baru (AlCrN dan TiAlN) dalam pemotongan MDF.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Peningkatan Mutu Kayu (TPMK) dan Workshop Penggergajian dan Pengerjaan Kayu, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Mata pisau gergaji yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari *tungsten carbide* tipe K10 (90% *tungsten carbide/WC* dan 10% *cobalt/Co*). Masing-masing mata pisau TC terlapisi dengan AlCrN, TiAlN, dan TiN. Bahan-bahan pelapis ini diaplikasikan pada permukaan mata pisau TC menggunakan metode *arc ion plating* (AIP). Mata pisau TC tanpa bahan pelapis (kontrol) juga digunakan sebagai pembandingan pada penelitian ini. Desain dan spesifikasi, serta karakteristik mata pisau TC secara berurutan disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1. Bahan yang dipotong pada penelitian ini adalah MDF produksi *Accoya Wood* berukuran 100 cm (p) x 20 cm (l) x 1,8 cm (t) dengan kadar air 6% dan kerapatan 0,64 g/cm³.

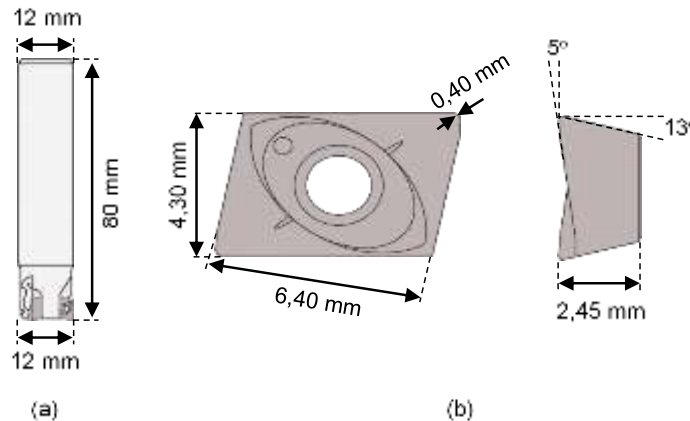
Prosedur Pemotongan

Pemotongan MDF menggunakan mesin CNC *router* Woodwise NR-231. Sampel MDF diletakkan secara melintang di atas meja CNC dan divakum agar posisi sampel tidak berubah selama proses pemotongan. Sampel tersebut dipotong menggunakan mata pisau TC (tanpa pelapis, terlapisi AlCrN, TiAlN, dan TiN) masing-masing sebanyak 10 kali. Pemotongan dilakukan pada tepi MDF secara kontinu hingga mencapai panjang lengkung 0,5 km untuk setiap pemotongan. Pemotongan MDF dilakukan dengan kondisi laju bilah per putaran (*feed revolution/Frev*) sebesar 0,10, 0,15, 0,20, dan 0,30 mm/rev, serta lebar dan kedalaman pemotongan secara berurutan sebesar 1 mm dan 2 mm.

Tabel 1 Karakteristik mata pisau tungsten carbide

Bahan pengeras	Ketebalan film (µm)	Kekerasan (HV)	Suhu oksidasi (°C)	Koefisien gesekan
Kontrol	-	1400	700	0,8
AlCrN	3	2800	1000	0,6
TiAlN	3	2800	800	0,8
TiN	3	2200	600	0,7

Sumber: Hitachi Tool Engineering, Ltd.



Gambar 1 Desain dan spesifikasi holder (a) dan mata pisau tungsten carbide (b).

Pengukuran Aus

Mata pisau yang telah digunakan dalam proses pemotongan diamati dan diukur jumlah ausnya. Jumlah aus mata pisau ditentukan melalui pengambilan foto pada bagian muka pisau (*clearance face*) menggunakan mikroskop dengan perbesaran 25 kali. Pengukuran aus dilakukan menggunakan *software ImageJ*. Aus mata pisau diukur berdasarkan jumlah *edge recession* dan delaminasi bahan pelapis. *Edge recession* adalah perubahan mata pisau dari kondisi awal ke kondisi aus. Delaminasi adalah pengelupasan bahan pelapis dari kondisi awal ke kondisi aus. Sebanyak 15 titik terdapat pada *clearance face* pisau yang aus ditentukan sebagai titik pengukuran *edge recession* dan delaminasi. Sketsa pengukuran aus disajikan pada Gambar 2.

Analisis Masa Pakai

Data aus dianalisis untuk memprediksi masa pakai pisau TC. Salah satu pendekatan untuk memprediksi masa pakai pisau adalah menggunakan persamaan Taylor (Hosseinkhani & Ng 2020). Persamaan ini menunjukkan hubungan eksponensial antara masa pakai pisau dengan kecepatan pemotongan (Li 2012). Pada penelitian ini, masa pakai pisau dihitung menggunakan persamaan Taylor yang dimodifikasi sesuai dengan variabel pemotongan yang diatur selama proses pemotongan, yaitu sebagai berikut:

$$VT^n = C$$

Keterangan:

V = Frev (mm/rev)

T = Waktu pemotongan (menit)
 n = Indeks masa pakai pisau
 C = *Machining constant*

Langkah-langkah untuk memperoleh konstanta n dan C adalah sebagai berikut, yaitu: 1) Meregresikan jumlah aus (W) dengan waktu pemotongan (T) pada laju bilah per putaran ke (i) $W_i = a + b T_i$, 2) Menentukan nilai T pada setiap persamaan regresi dengan menyubtitusi jumlah aus tertentu yang menjadi acuan, 3) Mentransformasikan nilai T dan laju bilah per putaran ke dalam bentuk logaritma ($\log T$ dan $\log V$), dan 4) Meregresikan $\log T$ dan $\log V$.

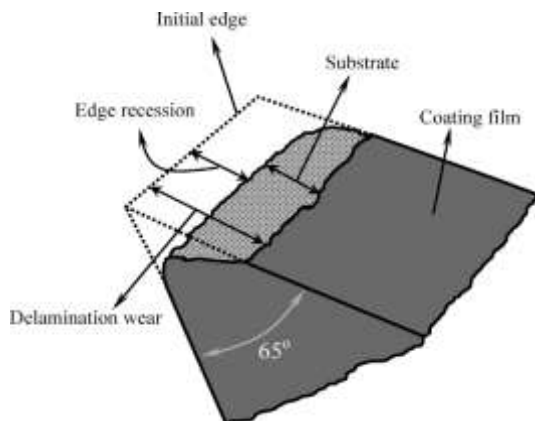
$$\log V = a + b \log T$$

Keterangan:

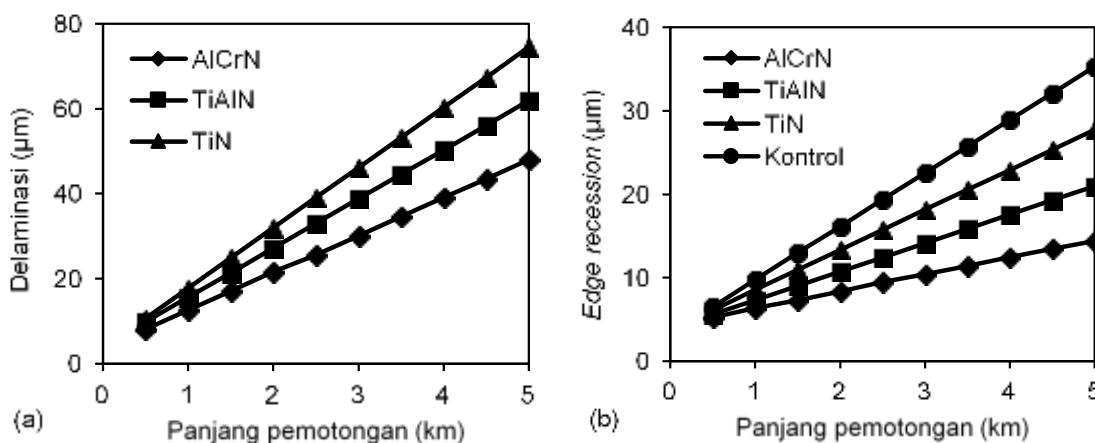
konstanta n = -b
 konstanta C = 10^a

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aus pada mata pisau TC berpelapis diawali dengan pengelupasan bahan pelapis (delaminasi) (Darmawan 2017). Perkembangan delaminasi pada mata pisau TC disajikan pada Gambar 3a. Hasil pengukuran menunjukkan delaminasi meningkat seiring dengan pertambahan panjang pemotongan MDF pada semua jenis pisau TC berpelapis yang diuji. Abrasi mekanis yang terjadi secara kontinu pada mata pisau TC berpelapis mengakibatkan bahan pelapis retak,



Gambar 2 Sketsa pengukuran aus pada clearance face pisau (Darmawan *et al.* 2010).



Gambar 3 Perkembangan delaminasi (a) dan edge recession (b) mata pisau tungsten carbide pada Frev 0,10 mm/rev.

mengelupas, dan akhirnya terpisah dari permukaan substrat pisau TC. Delaminasi juga dilaporkan dapat disebabkan oleh reaksi oksidasi bahan pelapis akibat suhu pemotongan yang tinggi sehingga melemahkan daya rekat antara bahan pelapis dan substrat pisau TC (Vereschaka *et al.* 2017).

Rata-rata delaminasi bahan pelapis AlCrN, TiAlN, dan TiN secara berurut adalah 54, 67, dan 80 µm. Delaminasi yang tinggi bahan pelapis TiN dan TiAlN dalam pemotongan MDF disebabkan oleh koefisien gesekan yang tinggi kedua bahan pelapis tersebut (Tabel 1). Meskipun koefisien gesekan TiN lebih rendah dibandingkan TiAlN, delaminasi TiN lebih tinggi dibandingkan TiAlN. Fenomena ini disebabkan oleh suhu oksidasi yang rendah dan kekerasan bahan pelapis TiN sebagaimana yang disajikan pada Tabel 1. Suhu oksidasi dan kekerasan yang rendah mengakibatkan TiN mudah teroksidasi dan mudah mengalami abrasi selama proses pemotongan.

AlCrN menghasilkan delaminasi yang paling rendah di antara bahan pelapis yang diuji pada penelitian ini. Hal ini disebabkan oleh karakteristik AlCrN yang baik, yaitu memiliki kekerasan dan suhu oksidasi yang tinggi, serta koefisien gesekan yang rendah. Hasil ini sesuai dengan penelitian Pangestu *et al.* (2019) yang melaporkan

bahwa mata pisau TC terlapis AlCrN mengalami delaminasi yang paling rendah pada pemotongan papan komposit berkepadatan rendah seperti OSB akibat koefisien gesekan yang rendah dan kekerasan dan suhu oksidasi AlCrN yang tinggi. Paiva *et al.* (2018) menambahkan bahwa suhu oksidasi AlCrN yang tinggi disebabkan oleh kandungan aluminium yang tinggi pada AlCrN (32–38%).

Laju bilah per putaran yang diatur dalam proses pemotongan MDF juga dapat menentukan tingkat delaminasi bahan pelapis pada mata pisau TC. Hasil pada Gambar 4a menunjukkan adanya kecenderungan bahwa semakin besar laju bilah per putaran maka semakin besar pula delaminasi bahan pelapis. Fenomena ini dapat ditemukan pada semua jenis mata pisau TC yang diuji. Laju bilah per putaran yang semakin besar mengindikasikan massa MDF yang dipotong per putaran semakin besar sehingga suhu pemotongan menjadi lebih tinggi (Sulaiman *et al.* 2014). Suhu pemotongan yang tinggi dapat mengakibatkan bahan pelapis teroksidasi dan mengelupas dari permukaan substrat pisau TC yang pada akhirnya akan meningkatkan keausan (Guimarães *et al.* 2022).

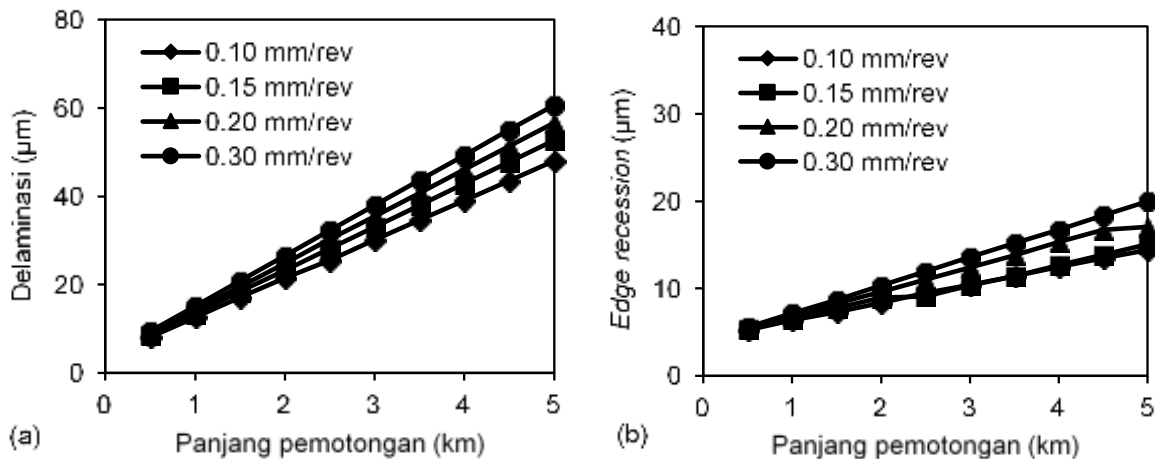
Pengelupasan bahan pelapis mengakibatkan substrat pisau TC tidak terlindungi dan rentan mengalami kerusakan selama proses pemotongan (Fahrussiam *et al.* 2015). Kerusakan tersebut mengakibatkan perubahan bentuk dan geometri mata pisau yang dievaluasi berdasarkan jumlah *edge recession*. Perkembangan *edge recession* pisau TC setelah pemotongan MDF disajikan pada Gambar 3b. Hasil penelitian menunjukkan *edge recession* pisau TC meningkat seiring dengan pertambahan panjang pemotongan. Chuangwen *et al.* (2018) mencatat aus mata pisau meningkat setiap waktu pemotongan bertambah sebagaimana nilai aus yang diukur lebih besar dari pemotongan sebelumnya.

Hasil penelitian juga menunjukkan *edge recession* pisau TC berpelapis ($24\ \mu\text{m}$) lebih rendah dibandingkan pisau TC tanpa pelapis ($38\ \mu\text{m}$). Hal ini mengindikasikan daya tahan aus pisau TC berpelapis lebih baik dibandingkan pisau TC tanpa pelapis. Mata pisau TC terlapisi AlCrN menghasilkan daya tahan aus terbaik dengan *edge recession* yang rendah ($14\text{--}19\ \mu\text{m}$). Kejadian aus yang rendah pada mata pisau TC terlapisi AlCrN disebabkan oleh kekerasan dan suhu oksidasinya

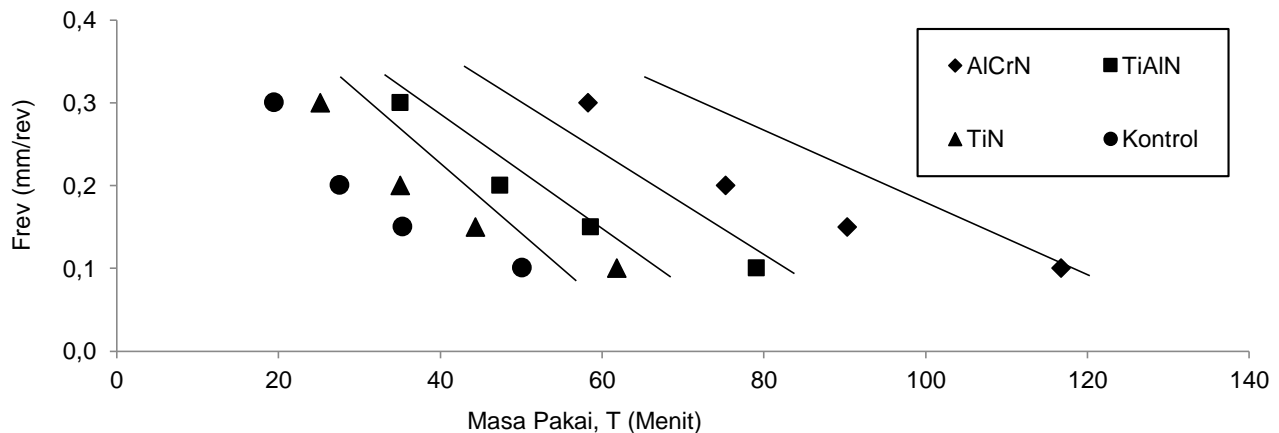
yang tinggi, serta koefisien gesekannya yang rendah. Hasil yang sama juga telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya (Kumar *et al.* 2014; Chandrashekhar *et al.* 2016). Fenomena ini membuktikan bahan pelapis yang diaplikasikan pada permukaan substrat pisau TC dapat memberikan perlindungan pada mata pisau melalui perbaikan karakteristiknya.

Lapisan pelindung yang hilang dari permukaan pisau TC mengakibatkan aus yang terjadi semakin parah seiring dengan peningkatan laju bilah per putaran yang diatur dalam pemotongan MDF (Gambar 4b). Fenomena ini hampir sama dengan fenomena delaminasi pada Gambar 3b. Peningkatan suhu pemotongan akibat pengaturan laju bilah per putaran yang tinggi telah mempercepat oksidasi pada mata pisau TC, khususnya pada bahan pengikatnya (*binder*), yaitu cobalt (Darmawan 2017). Cobalt yang teroksidasi mengakibatkan ikatan antarpartikel TC menjadi tidak kompak sehingga substrat TC mudah mengalami abrasi menghasilkan permukaan pisau yang tidak rata (Pangestu *et al.* 2019).

Jumlah *edge recession* yang dihasilkan pada setiap pemotongan menjadi acuan dalam menentukan masa



Gambar 4 Perkembangan delaminasi (a) dan *edge recession* (b) mata pisau tungsten carbide terlapisi AlCrN pada Frev bervariasi.



Gambar 5 Hubungan masa pakai pisau tungsten carbide dan Frev.

pakai pisau TC. Penentuan masa pakai pisau diperlukan untuk mengetahui jangka waktu maksimal suatu mata pisau gergaji dapat beroperasi secara optimal. Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara masa pakai pisau dengan laju bilah per putaran dalam pemotongan MDF menggunakan mata pisau TC. Hasil penelitian menunjukkan pisau TC berlapis menghasilkan masa pakai yang lebih lama dibandingkan dengan pisau TC tanpa bahan pelapis. Meskipun demikian, pelapisan mata pisau TC dengan TiN hanya memberikan sedikit peningkatan masa pakai.

Peningkatan masa pakai yang nyata dihasilkan oleh mata pisau TC terlapis AICrN, yaitu mencapai 120 menit pada laju bilah per putaran 0,1 mm/rev. Pemotongan MDF menggunakan mata pisau TC terlapis AICrN menghasilkan peningkatan masa pakai pisau hingga tiga kali dibandingkan pisau TC tanpa penambahan bahan pelapis. Hal ini bermakna bahwa lama pemakaian satu mata pisau TC terlapis AICrN dalam pemotongan MDF setara dengan lama pemakaian tiga mata pisau TC tanpa bahan pelapis. Dengan demikian, penggunaan mata pisau TC terlapis AICrN lebih efisien dibandingkan mata pisau TC tanpa bahan pelapis.

Hasil penelitian ini juga semakin memperjelas hubungan antara laju bilah per putaran dengan masa pakai pisau TC sebagaimana yang dilaporkan oleh Suresh *et al.* (2015). Gambar 5 menunjukkan semakin rendah laju bilah per putaran maka semakin lama pula masa pakai pisau TC. Pemotongan MDF menggunakan mata pisau TC terlapis AICrN dengan laju bilah per putaran 0,3 mm/rev hanya dapat dilakukan secara optimal selama 60 menit, sedangkan pada laju bilah per putaran 0,1 mm/rev dapat mencapai 120 menit.

Fenomena tersebut membuktikan bahwa meskipun operasi pemotongan berkecepatan tinggi menghasilkan produktivitas yang tinggi, konsekuensinya masa pakai pisau menjadi lebih singkat. Sebaliknya, operasi pemotongan berkecepatan rendah menghasilkan produktivitas yang rendah, namun masa pakai pisau menjadi lebih lama. Masa pakai pisau yang lebih lama akan menghasilkan biaya operasional yang rendah. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan jumlah mata pisau yang lebih sedikit dan/atau membutuhkan biaya pengasahan yang lebih rendah. Oleh karena itu, biaya operasional yang paling efisien dalam pemotongan MDF dihasilkan dengan mengatur laju bilah per putaran 0,1 mm/rev. Sementara itu, produktivitas yang paling tinggi dalam pemotongan MDF dihasilkan dengan mengatur laju bilah per putaran 0,3 mm/rev.

Formula masa pakai Taylor umumnya digunakan untuk menjelaskan perbedaan mekanisme aus pada pisau gergaji. Mekanisme aus yang terjadi pada mata pisau ditentukan oleh nilai eksponen n . Hasil perhitungan nilai eksponen n pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penyebab aus pada mata pisau TC didominasi oleh abrasi mekanis. Hal ini diindikasikan dari nilai eksponen n

Tabel 2 Nilai eksponen n dan konstanta C dalam formula masa pakai Taylor ($VT^n = C$)

Mata pisau <i>tungsten carbide</i>	Eksponen n	Konstanta C
Kontrol	1,16	9,37
AICrN	1,58	184,50
TiAlN	1,35	36,50
TiN	1,22	15,30

yang lebih dari 1 ($n > 1$). Hasil pada Tabel 2 juga menunjukkan nilai konstanta C mata pisau TC yang bervariasi antarjenis bahan pelapis. Nilai ini mengindikasikan kecepatan pemotongan pisau gergaji untuk masa pakai optimal selama 1 menit. Dengan demikian, semakin besar nilai konstanta C maka semakin lama pula masa pakai optimal pisau gergaji TC. Selain itu, nilai eksponen n dan konstanta C yang dihasilkan pada penelitian ini dapat digunakan untuk menghitung besaran laju bilah per putaran yang harus diatur dalam pemotongan MDF agar menghasilkan masa pakai pisau gergaji TC yang diinginkan.

KESIMPULAN

Pemotongan MDF menggunakan mata pisau gergaji TC terlapis AICrN, TiN, dan TiAlN menunjukkan daya tahan aus yang lebih baik dan masa pakai yang lebih lama dibandingkan dengan mata pisau gergaji TC tanpa bahan pelapis. Terdapat kecenderungan bahwa semakin rendah aus pada mata pisau gergaji TC, maka masa pakai pisau akan semakin lama. Selain perbedaan faktor karakteristik pisau gergaji TC, besaran laju bilah per putaran yang diatur dalam proses pemotongan juga berpengaruh pada daya tahan aus dan masa pakai pisau gergaji. Laju bilah per putaran pemotongan yang rendah akan menghasilkan daya tahan aus yang baik dan masa pakai pisau gergaji yang lama. Karakteristik mata pisau gergaji TC terlapis AICrN yang unggul, yaitu memiliki kekerasan permukaan dan suhu oksidasi yang tinggi, serta koefisien gesekan yang rendah menghasilkan daya tahan aus terbaik dan masa pakai pisau terlama di antara mata pisau gergaji TC berlapis yang diuji pada penelitian ini. Dengan demikian, mata pisau TC terlapis AICrN menjanjikan untuk dikembangkan dan diaplikasikan dalam pemotongan MDF.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagnall C, Capo J, Moorhead WJ. 2018. Oxidation behavior of tungsten carbide-6% cobalt cemented carbide. *Metallography, Microstructure, and Analysis*. 7: 661–679. <https://doi.org/10.1007/s13632-018-0493-7>

- Brenner D, Kleinert F, Imiela J, Westkämper E. 2017. Life cycle management of cutting tools: Comprehensive acquisition and aggregation of tool life data. *Procedia CIRP*. 61: 311–316. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.168>
- Chandrashekhar A, Kabadi VR, Bhide R. 2016. Scratch wear resistance of TiAlN and AlCrN coated EN-353 steel. *Journal of Material Sciences & Engineering*. 5(4): 251. <https://doi.org/10.4172/2169-0022.1000251>
- Chladil J, Sedlák J, Rybářová ER, Kučera M, Dado M. 2019. Cutting conditions and tool wear when machining wood-based materials. *BioRes*. 14(2): 3495–3505. <https://doi.org/10.15376/biores.14.2.3495-3505>
- Chuangwen X, Jianming D, Yuzhen C, Huaiyuan L, Zhicheng S, Jing X. 2018. The relationships between cutting parameters, tool wear, cutting force and vibration. *Advances in Mechanical Engineering*. 10(1): 1–14. <https://doi.org/10.1177/1687814017750434>
- Darmawan W, Rahayu IS, Nandika D, Marchal R. 2012. The importance of extractives and abrasives in wood materials on the wearing of cutting tools. *BioRes*. 7(4): 4715–4729. <https://doi.org/10.15376/biores.7.4.4715-4729>
- Darmawan W, Usuki H, Rahayu IS, Gottlober C, Marchal R. 2010. Wear characteristics of multilayer-coated cutting tools when milling particleboard. *Forest Products Journal*. 60(7/8): 615–621. <https://doi.org/10.13073/0015-7473-60.7.615>
- Darmawan W. 2017. *Cutting Tool Edge Engineering for Echo-Macining of Wood*. Bogor (ID): IPB Press.
- Fahrussiam F, Darmawan W, Wahyudi I, Usuki H, Yoshinobu M, Koseki S. 2015. Karakteristik aus mata pisau terlapisi bahan pengeras pada pemotongan kayu mersawa dan papan partikel. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 20(3): 223–228. <https://doi.org/10.18343/jipi.20.3.223>
- Greczynski G, Bakhit B, Hultman L, Odén M. 2020. High Si content TiSiN films with superior oxidation resistance. *Surface and Coatings Technology*. 398. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126087>
- Guimarães BMP, da Silva Fernandes CM, Amaral de Figueiredo D, Pereira da Silva FSC, Miranda MGM. 2022. Cutting suhue measurement and prediction in machining processes: comprehensive review and future perspectives. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 120: 2849–2878. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08957-z>
- Hosseinkhani K, Ng EG. 2020. A unique methodology for tool life prediction in machining. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*. 4(16): 1–19. <https://doi.org/10.3390/jmmp4010016>
- Kumar TS, Prabu SB, Manivasagam G, Padmanabhan KA. 2014. Comparison of TiAlN, AlCrN, and AlCrN/TiAlN coatings for cutting-tool applications. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*. 21(8): 796–805. <https://doi.org/10.1007/s12613-014-0973-y>
- Li B. 2012. A review of tool wear estimation using theoretical analysis and numerical simulation technologies. *International Journal of Refractory Metals and Hard Mater*. 35: 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2012.05.006>
- Paiva JM, Fox-Rabinovich G, Junior EL, Pietro Stolf P, Ahmed YS, Martins MM, Bork C, Veldhuis S. 2018. Tribological and wear performance of nanocomposite PVD hard coatings deposited on aluminum die casting tool. *Materials*. 11:358. <https://doi.org/10.3390/ma11030358>
- Pangestu KTP, Darmawan W, Nandika D, Wahyudi I, Dumasari L, Usuki H. 2019. Performance of coated tungsten carbide in milling composite boards. *Wood Research*. 66(4): 606–620. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/66.4.606620>
- Sulaiman S, Roshan A, Borazjani. 2014. Effect of cutting parameters on tool-chip interface suhue in an orthogonal turning process. *Advanced Materials Research*. 903: 21–26. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.903.21>
- Suresh R, Basavarajappa S, Gaitonde VN. 2015. Experimental studies on the performance of multilayer coated carbide tool in hard turning of high strength low alloy steel. *Journal of Materials Research*. 30(20): 3056–3064. <https://doi.org/10.1557/jmr.2015.236>
- Vereschaka AA, Grigoriev SN, Sitnikov NN, Batako AD. 2017. Delamination and longitudinal cracking in multilayered composite nano-structured coatings and their influence on cutting tool life. *Wear*. 390–391: 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2017.07.021>
- Yemul NN, Deshpande GR. 2021. Literature review on tool wear in turning operation of aluminium. *Journal of Engineering and Technology*. 8(2): 15–17.