

PERANCANGAN PAHAT BOR MULTIDIAMETER

Yustinus Hendro Murdiyanto,¹⁾
I Made Widiyarta²⁾ dan NPG Suardana³⁾

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Udayana
Jl. P.B. Sudirman Denpasar-Bali, Phone : +62-361-3301132
E-mail : yustinushendromurdiyanto@yahoo.com

Abstrak : Tuntutan penyelesaian pekerjaan dalam dunia konstruksi semakin lama semakin singkat, terutama dalam pembuatan alat bantu untuk mempercepat pembuatan lubang pada baja konstruksi . Ketika tuntutan jumlah pembuatan lubang pada baja konstruksi yang sangat banyak dan harus diselesaikan dalam waktu yang cepat, maka muncul ide bagaimana agar suatu lubang dapat dibuat dalam waktu yang singkat. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang sebuah alat bantu pahat bor multidiаметer dengan material St.60 yang mampu membuat lubang diameter 24mm dengan sekali proses pengeboran. Pembuatan *prototype* alat bantu pahat bor multidiаметer ini menggunakan mesin-mesin konvensional (bubut, milling, potong, gerinda). Setelah *prototype* selesai dibuat maka dilakukan pengujian, pengujian pahat bor multidiаметer ini dilakukan dengan proses pengeboran menggunakan mesin bor magnet pada material besi WF-25 untuk menghasilkan lubang diameter 24mm. Alat potong yang dipakai menggunakan material *Carbide*. Hasil dari penelitian ini adalah berhasil membuat *prototype* pahat bor multidiаметer yang mampu membuat lubang diameter 24mm.

Kata kunci : pahat bor, *carbide*, besi WF-25

Abstract : Demands on the completion of the construction work in a world becomes shorter, especially in the manufacture of tools to accelerate the creation of holes in steel construction. When the demands of making the number of holes in the steel construction very much and must be completed in a short time, then came the idea how to keep a hole can be made in a short time. Purposes of this research is to design a multidiаметer tool drill St.60 material capable of making a hole with a diameter of 24mm drilling process. Prototype multidiаметer tool drill using process with conventional lathe machines, milling machines, sawing machines and grinding machines. Made after the completion of prototype testing, testing metode of multidiаметer tool drill is done with the drilling process using magnetic drilling machine on steel construction material WF-25 to produce a 24mm diameter hole. The used cutting tool utilizes carbide materials. The results of this research were successfully made a prototype multidiаметer tool drill are able to make a 24mm diameter hole.

Keywords : multidiаметer tool drill, *carbide*, steel construction WF-25

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia industri di Indonesia berkembang dengan begitu cepat, demikian juga perkembangan pada bidang konstruksi. Baja konstruksi sebagai komponen utama konstruksi memegang peranan yang sangat penting pada bidang tersebut. Bidang konstruksi sekarang ini mengarah pada penekanan biaya produksi dan mempercepat proses produksinya. Hal ini jelas bertujuan untuk meningkatkan efektifitas, efisiensi, dan produktifitas perusahaan yang akhirnya akan meningkatkan profit bagi perusahaan itu sendiri.

Salah satu tahapan kerja dalam pembangunan konstruksi adalah pekerjaan sambungan yaitu menyambung satu bagian konstruksi dengan bagian konstruksi yang lainnya. Penyambungan dapat dilakukan dengan proses las (*weld joint*), sambungan keling (*rivet joint*) maupun sambungan mur baut (*bolt nut joint*). Pada pekerjaan sambungan dengan keling maupun mur baut diawali dengan proses pelubangan. Besar kecilnya lubang dan jumlah lubang sangat

tergantung pada besar kecilnya konstruksi yang juga berkaitan dengan besar kecilnya beban yang diterima bagian konstruksi tersebut. Secara umum besar diameter lubang untuk konstruksi baja bangunan bertingkat umumnya dapat mencapai diameter 24 mm. Pembuatan lubang keling atau baut dengan diameter besar atau lebih besar dari 10 mm umumnya dibuat melalui tiga tahapan proses perbesaran lubang, yaitu dimulai dengan diameter bor 4mm kemudian diameter 10 mm dan yang terakhir diameter yang dikehendaki yaitu 18 mm, 22 mm, atau 24 mm. Proses tersebut membutuhkan banyak waktu yaitu waktu untuk proses pengeboran itu sendiri yang dilakukan bertahap sesuai diameter lubang ditambah dengan waktu untuk penggantian mata bor. Pada penelitian ini nanti akan difokuskan pada perancangan dan pembuatan pahat bor multidiаметer yang disesuaikan dengan kebutuhan lubang pada baja konstruksi dan pengujiannya pada mesin bor magnet.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam rangka meningkatkan kecepatan kerja dalam pembuatan sebuah lubang, maka akan dirancang sebuah pahat bor multidiameter yang bisa membuat lubang pada baja konstruksi, hasil rancangan tersebut dapat menghasilkan lubang dengan sekali proses pengeboran, dan prototipe hasil rancangan pahat bor multidiameter kemampuannya dalam membuat lubang akan diinvestigasi.

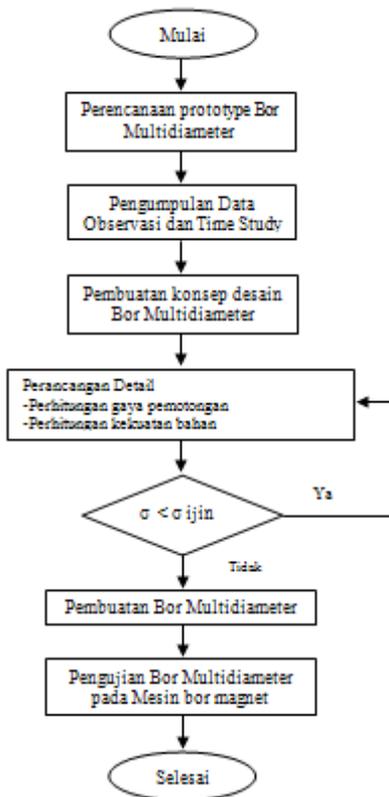
1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang pahat bor multidiameter yang mampu membuat lubang diameter 24 mm pada material baja lunak (*Mild Steel*) dengan sekali proses pengeboran.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Penelitian

Perancangan pahat bor multidiameter ini muncul karena ada tuntutan kebutuhan dalam meningkatkan kecepatan pembuatan lubang pada pekerjaan baja konstruksi. Tahap perancangan ini nantinya akan diwujudkan dengan tahap pembuatan *prototype* pahat bor multidiameter.



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Perancangan Pahat Bor Multidiameter

Obyek yang akan dirancang adalah sebuah alat pahat bor yang berfungsi untuk pekerjaan pembuatan lubang diameter 24mm pada material batang baja konstruksi dengan menggunakan mesin bor magnet. Alat ini dibuat dengan tujuan mempercepat proses

pembuatan lubang pada batang baja konstruksi dengan sekali proses pengeboran, yang proses sebelumnya harus dilakukan dengan tiga kali tahap pengeboran.

Data yang dibutuhkan dalam perancangan prototipe pahat bor multidiameter ini meliputi :

1. Data spesifikasi mesin bor magnet
 Dalam hal ini data yang diambil adalah putaran mesin dan kapasitas maksimum gaya potong yang nantinya akan digunakan dalam dasar perancangan dan pengujian pahat bor multidiameter ini.
2. Data desain pahat bor multidiameter
 Diambil data pahat potong yang ada pada katalog Kawan lama dan data dari internet yang meliputi fungsi penggunaannya, ukuran-ukuran maksimal dan minimal yang bisa dicapai dari pemakanan, dan ukuran kasar dari desain pahat bor. Data ini digunakan sebagai pembandingan terhadap perbaikan desain dan perubahan ukuran yang terjadi selama proses desain.

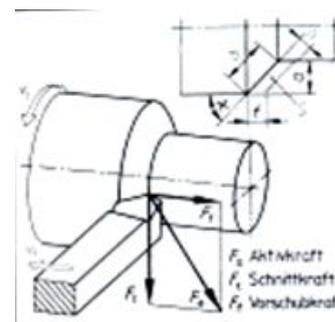
2.2 Perhitungan gaya pemotongan

Untuk menghitung kecepatan potong digunakan rumus :

$$V_c = \frac{d \times \pi \times n}{60000} \tag{2.1}$$

V_c = kecepatan potong (m/min), d = diameter pahat bor (mm), dan n = putaran spindle mesin (rpm).

Dengan melihat besarnya feeding (f) dan kecepatan potong (V_c), maka dapat ditentukan besarnya gaya akibat kecepatan potong (k_c) dalam satuan N/mm



Gambar 2.2 Proses pemotongan (Wilhelm,1978)

$$S = a \times f \tag{2.2}$$

Dimana :
 S = luas penampang total (mm²)
 a = ketebalan tatal (mm)
 f = lebar tatal (mm)

F_c adalah gaya yang di timbulkan karena pemotongan pahat bor persatuan luas dalam satuan Newton (N), k_c = gaya potong spesifik (N/mm²) dan dihitung :

$$F_c = S \times k_c \tag{2.3}$$

Power spindle

Untuk menghitung volume total setiap menitnya digunakan rumus :

$$Q = a \times f \times V_c \tag{2.4}$$

Q = volume total setiap menit (cm³/min)

a = ketebalan total (mm)

f = lebar total (mm)

V_c = kecepatan potong (m/min)

Untuk menghitung besarnya *power spindle* digunakan rumus :

$$P = P_u \times k_h \times k_r \times Q \tag{2.5}$$

P = *Power spindle* (kW)

P_u = *Average Power* (kW/cm³/min) lihat, Tabel. 2

k_h = faktor koreksi, untuk *mild steel*, berdasarkan ketebalan total, lihat Tabel 2.1

k_r = faktor koreksi, berdasarkan sudut potong $\gamma = -10^\circ$, lihat Tabel 2.2

Tabel 2.1 Faktor koreksi ketebalan total

Correction factor for flank wear		Correction coefficient, k_h						
Flank wear, mm	Average chip thickness, mm	Hardness of work material						
		H_R	125	150	200	250	300	350
0.2	0.1	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22
	0.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.09
	0.5	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05	1.06	1.07
0.4	0.1	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
	0.3	1.30	1.30	1.30	1.33	1.37	1.67	1.78
	0.5	1.20	1.20	1.20	1.22	1.23	1.27	1.32
0.6	0.1	1.12	1.12	1.14	1.15	1.16	1.19	1.24
	0.3	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	1.10	1.12
	0.5	1.68	1.71	1.73	1.84	1.94	2.09	2.20
0.8	0.1	1.26	1.25	1.29	1.33	1.37	1.44	1.50
	0.3	1.17	1.19	1.20	1.23	1.26	1.30	1.37
	0.5	1.09	1.10	1.10	1.12	1.14	1.16	1.19
1	0.1	1.91	2.04	2.10	2.34	2.47	2.54	2.65
	0.3	1.35	1.41	1.42	1.52	1.56	1.62	1.70
	0.5	1.23	1.28	1.32	1.36	1.38	1.43	1.52
1	0.1	1.12	1.14	1.15	1.17	1.18	1.23	1.27
	0.3	2.18	2.32	2.39	2.54	2.65	2.84	3.15
	0.5	1.45	1.50	1.56	1.67	1.70	1.74	1.80
1	0.5	1.30	1.34	1.39	1.47	1.45	1.51	1.67
	1.0	1.15	1.16	1.17	1.20	1.23	1.27	1.35

Note: H_R = Rockwell hardness number, H_R = Rockwell hardness scale C

Tabel 2.2 Faktor koreksi sudut potong pahat

Correction factor for rake angle, k_r								
Rake angle, γ degrees	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20
Correction coefficient, k_r	1.35	1.29	1.21	1.13	1.07	1	0.93	0.87

F_t = gaya yang diakibatkan karena adanya gaya sentrifugal akibat dari putaran spindle mesin bor magnet (N) dan V = *cutting speed* (mm/min), sehingga dapat di hitung :

$$F_t = \frac{1000 \times P}{V} \tag{2.6}$$

2.3 Perhitungan kekuatan bahan

F_{resultan} merupakan total gaya akibat putaran spindle mesin (N) dan gaya akibat pemotongan benda kerja dengan jenis pahat potong carbide F_c (N).

$$F_{resultan} = \sqrt{F_c^2 + F_t^2} \tag{2.7}$$

Sehingga, Momen bengkok M_b = hasil perkalian dari gaya total (N) dengan L = panjang dari ujung pahat bor sampai pencekaman *drill chuck* (mm) di hitung :

$$M_b = F_{resultan} \times L \tag{2.8}$$

Momen puntir M_t (Nmm) yang diakibatkan oleh daya motor P (kW), dan putaran spindle n (rpm) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$M_t = \frac{9550 \times P}{n} \tag{2.9}$$

Material yang digunakan untuk pembuatan pahat bor adalah st.60, berdasarkan diagram Smith didapatkan nilai tegangan :

$\sigma_{bw} = 300$ N/mm² Tegangan bengkok ganti / *reverse bending strength*

$\sigma_{sch} = 460$ N/mm² Tegangan bengkok ulang / *continuous bending strength*

$\sigma_{tsch} = 230$ N/mm² Tegangan puntir ulang / *continuous torque strength*

Angka keamanan untuk mesin perkakas $\nu = 1,5$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{bw}}{\gamma} \tag{2.10}$$

Analisis diameter pahat bor multidiameter karena momen bengkok murni dapat dihitung menggunakan rumus :

$$d = \sqrt[3]{M_b / (0,1 \times \sigma_{bw})} \tag{2.11}$$

Diameter pahat bor multidiameter karena momen bengkok = M_b mak (Nmm) dan momen puntir = M_t (Nmm) akibat pemotongan dengan *depth of cut* dapat di hitung menggunakan rumus :

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{bw}}{1,73 \times \sigma_{tsch}} = \frac{300}{1,73 \times 230} = 0,754 \tag{2.12}$$

Besarnya momen gabungan dapat dianalisis dengan rumus :

$$M_v = \sqrt{M_b^2 + 0,75(\alpha_0 \times M_t)^2} \quad (2.13)$$

Hasil analisis besarnya diameter pahat bor dapat di hitung menggunakan dasar Momen gabungan dan tegangan yang diijinkan.

$$d = \sqrt[3]{M_v / (0,1 \times \sigma_b w_{ijin})} \quad (2.14)$$

Jadi diameter pahat bor multidiameter minimum dihitung berdasarkan momen gabungan yaitu momen puntir akibat pemotongan tatal dan momen bengkok.

Pengujian fungsional maksudnya adalah menguji *prototype* pahat bor multidiameter sehingga bisa diketahui apakah semua bagian yang telah dirakit dan dilas mampu digunakan sesuai fungsinya atau tidak. Tujuan pengujian ini selain untuk mengetahui kerja masing-masing bagian juga untuk mengetahui apakah *Carbide tip* sudah mampu memotong benda kerja yang akan diuji atau tidak. Dikarenakan *Carbide tip* yang digerinda mempunyai sudut-sudut potong, yang sangat berpengaruh terhadap hasil pemotongan benda kerja.

Pengujian toleransi ukuran ini bertujuan untuk mengetahui apakah pahat bor multidiameter yang dibuat mampu untuk mencapai toleransi ukuran lubang pada sambungan mur baut. Tahapan-tahapan dalam melakukan pengujian toleransi ukuran adalah sebagai berikut :

1. Mesin yang digunakan untuk pengujian ini adalah mesin bor magnet Boky type JIC-25S, mesin ini memiliki kemampuan potong 12.000N, putaran spindle 320rpm dan maksimum diameter bor yang bisa dipakai 25mm.



Gambar 2.3 Mesin Bor Magnet Boky type JIC-25S

2. Setting benda uji dan pahat bor multidiameter. Benda uji yang dipakai menggunakan material jenis *Mild Steel* dengan ukuran tebal 10 mm. Benda uji sebelumnya dibuat marking ukuran dan ditandai dengan penitik untuk koordinat pengeboran.

3. Pemakanan benda kerja (*feed rate*) dilakukan secara manual dengan menurunkan spindle mesin bor magnet sampai pahat bor menyentuh material uji, memotong dan berhasil membuat lubang diameter 24 mm.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil perhitungan gaya dan kekuatan bahan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan di awal, maka didapatkan hasil besaran pada proses perancangan pahat bor multidiameter, Nilai besaran tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Nilai besaran hasil perhitungan pahat bor multidiameter

Keterangan	Simbol	Diameter 24mm
Kecapatan potong (m/min)	Vc	24,115
Gaya potong per satuan luas, (N/mm ²)	kc	2,800
Luas chip yang dipotong, (mm ²)	S	1
Cutting force, (N)	F _c	2,800
Unit power or specific power, (kW)	P _u	0.039
Faktor koreksi akibat ketebalan chip	k ₁	1.975
Faktor koreksi akibat sudut potong	k ₂	1.29
Metal removal rate, (cm ³ /min)	Q	24.115
Power, (kW)	P	2.396
Tangential cutting force, (N)	F _t	655.95
Power motor (kW)	P _{motor}	1.2
Putaran (rpm)	n	320
Gaya Resultan (N)	F _{resultan}	3,253.020
Momen bengkok, (Nmm)	M _b	58,554.446
Momen puntir akibat motor, (Nmm)	M _{t motor}	35,812
Momen puntir, (Nmm)	M _{t manual}	71,505
Tegangan bengkok ijin, (N/mm)	σ _{bw}	300
Tegangan bengkok ganti, (N/mm)	σ _{bch}	460
Tegangan puntir ulang, (N/mm)	σ _{tch}	230
Diameter karena Mb (mm)	d	12.496
Faktor batas tegangan dimanik	α	0.754
Momen gabungan, (Nmm)	M _v	74,891.072
Tegangan bengkok ijin, (N/mm)	σ _{bijin}	200
Diameter karena Mv (mm)	d	15.526

3.2 Hasil Perancangan Prototype

Proses perancangan mengacu pada nilai besaran hasil perhitungan dan daftar tuntutan yang dibuat, kriteria tuntutan dibuat berdasarkan dengan fungsional alat pahat bor multidiameter dan standar komponen yang ada dipasaran.



Gambar 3.1 Rancangan Pahat Bor Multidiameter

3.3 Hasil Pembuatan *Prototype*

Pada pembuatan komponen yang paling lama prosesnya adalah pembuatan *Body* pahat bor karena komponen ini mengalami beberapa proses pada mesin yang berbeda, dan yang paling sulit adalah pembuatan alur dudukan *tip carbide* pada mesin milling konvensional. Pada pembuatan alur dudukan *tip carbide* ini harus memperhatikan sudut kemiringannya dengan teliti karena merupakan fungsional utama dalam membentuk sudut garuk dalam pembuatan pahat bor. Pengasahan *tip carbide* juga harus diperhatikan dengan baik, meskipun sudut-sudut potongnya memiliki toleransi yang besar tetapi sangat menentukan pada hasil pemotongan benda kerja.



Gambar 3.2 Komponen Pahat Bor Multidiameter



Gambar 3.3 *Prototype* Pahat Bor Multidiameter

3.4 Hasil pengujian fungsional *prototype*

Pengujian fungsional dilakukan dengan menggunakan alat pahat bor tersebut untuk pemakanan benda kerja dengan *depth of cut* 0,2 mm pada material uji besi WF-25 jenis *mild steel* tebal 10 mm.

Kelebihan pahat bor multidiameter :

1. *Cutting tools carbide* pada pahat bor multidiameter dapat dilakukan pengasahan jika sudah tumpul.
2. *Body* atau *Shank* dari pahat bor multidiameter dapat dipakai secara berulang-ulang karena tidak mengalami kerusakan jika dipakai secara terus-menerus.

3. *Cutting tools carbide* dapat diganti dengan yang baru, jika sudah tidak dapat menghasilkan ukuran diameter sesuai tuntutan diameter lubang yang diinginkan, cara mengganti *cutting tools carbide* tersebut adalah dengan melepas *brazing* menggunakan *gas welding*.
4. *Twistdrill* untuk awalan pembuatan lubang dapat dilakukan pengasahan jika sudah tumpul dan dapat dengan mudah diganti dengan yang baru seandainya sisi potong *spiral* sudah mengalami keausan.
5. Biaya penggantian *cutting tools carbide* dan *twistdrill* relative murah dan mudah karena menggunakan komponen standar yang ada di pasaran.
6. Waktu pemotongan dapat lebih cepat karena tidak adanya lagi proses penggantian tools pada pembuatan lubang diameter 24mm.

Kelemahan pahat bor multidiameter :

1. *Power* mesin yang di butuhkan untuk melakukan proses pemotongan lebih besar karena menggunakan mata potong tunggal, jika dibandingkan dengan pemotongan menggunakan *twistdrill* secara bertahap untuk menuju diameter 24mm.
2. Pengaturan panjang *twistdrill* pada ujung pahat bor multidiameter harus dilakukan setting awal untuk memberikan ruang yang cukup untuk keluarnya *chip* hasil pemotongan agar pahat bor tidak terjepit, jarak panjang keluarnya *twistdrill* adalah antara 12mm sampai 15mm.
3. Proses pemotongan harus menggunakan mesin bor magnet dengan kualitas *slider* yang baik, karena akan meminimalkan getaran yang terjadi. Getaran ini berpengaruh besar terhadap hasil lubang yang dihasilkan.
4. Pahat bor multidiameter ini terbatas digunakan untuk ketebalan material baja konstruksi 10mm.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Dari kegiatan perancangan, pembuatan dan pengujian ini dapat diambil simpulan bahwa penelitian ini telah berhasil merancang pahat bor multidiameter yang mampu membuat lubang diameter 24 mm pada material baja lunak (*Mild Steel*) dengan sekali proses pengeboran.

4.2 Saran

Dalam perancangan, pembuatan dan pengujian pahat bor multidiameter yang telah dilakukan masih terdapat kekurangan yang menarik untuk dikembangkan. Adapun saran-saran yang diperlukan dalam tindak lanjut perancangan pahat bor ini adalah :

1. Hasil rancangan pahat bor multidiameter mudah untuk dimodifikasi dan diperbaiki bila terjadi kerusakan komponen. Untuk *body* pahat bor bisa dimodifikasi dengan material dengan kualitas

yang lebih baik seperti *VCL* atau *Spesial-K* yang dapat dikeraskan sampai 58 HRC.

2. Jumlah mata potong yaitu tip *carbide* dapat di tambah menjadi 2 buah atau lebih untuk mendapatkan hasil pemotongan yang lebih berkualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] J.Pradeep Kumar dan P.Packiaraj, 2012 “ *Effect of Drilling Parameters on Surface Roughness, Tool Wear, Material Removal Rate and Hole Diameter Error in Drilling of Ohns* ” International Journal of Advanced Engineering Research and Studies, hal. 150-154
- [2.] Lingaiah. K, 2001, *Elements of Machine Tool Design*, Chapter 25, New York.
- [3.] Niemann, G., 1999, *Elemen Mesin-Desain dan Kalkulasi dari Sambungan, Bantalan dan Poros*, Jilid 1, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- [4.] Rao, P. N, 2000, *Manufacturing Technology, Metal Cutting and Machine Tools*, McGraw-Hill Book Company, New Delhi
- [5.] Roloff, Hermann dan matek, Wilhelm, 1978, *Maschinenelemente Normung, Berechnung und Gestaltung*, Vieweg Verlag, Braunschweig, Jerman Barat.
- [6.] Wei Zhang dan Fengbao He, 2003 “ *Gundrill life improvement for deep-hole drilling on manganese steel* ” International Journal of Machine Tools and Manufacture 44, hal. 327–331
- [7.] William S. Gately., Harold A. Evensen,1980, *Machine Design Data Book*, McGraw-Hill Book Company, New York
- [8.] Y.S. Liao dan H.M. Lin , 2007 “ *Mechanism of Minimum Quantity Lubrication in High-Speed Milling of Hardened Steel* ” International Journal of Machine Tools & Manufacture 47, hal. 1660–1666