

KEBOLEHMESINAN KOMPOSIT Matriks Logam Al-Si/AIN
MENGUNAKAN MATA ALAT PEMOTONG KARBIDA

SITI HARYANI TOMADI

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH IJAZAH
DOKTOR FALSAFAH

FAKULTI KEJURUTERAAN DAN ALAM BINA
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2015

PENAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

1 JUN 2015

SITI HARYANI TOMADI
P54899

PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah kepada Allah S.W.T kerana dengan izinNya kajian ini dapat disempurnakan dengan sebaik seadanya. Terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia utama Prof. Dr. Jaharah A Ghani atas bimbingan, tunjuk ajar, nasihat dan bantuan sepanjang kajian ini dijalankan. Terima kasih juga kepada penyelia bersama Prof. Dr. Che Hassan Che Haron dan Prof. Dr. Abdul Razak Daud yang telah banyak membantu dari segi pandangan dan halatuju kajian.

Penghargaan buat Universiti Malaysia Pahang yang memberi sokongan sepanjang pengajian, Universiti Kebangsaan Malaysia yang membantu dari segi teknikal dan peralatan dan Kementerian Pengajian Tinggi di atas pembiayaan pengajian. Tidak lupa juga kepada pegawai sains dan juruteknik makmal pembuatan bahan termaju Jabatan Mekanik dan Bahan; En. Rohaizat, En. Rosli, En. Faizul dan En. Faizal yang banyak membantu dalam melakukan kerja-kerja penyelidikan. Buat semua sahabat terbaik; Dr. Shahir, Dr. Amri, En Sazali, Pn. Natasha dan Pn. Musfirah, terima kasih kerana banyak memberi pandangan, cadangan dan kerjasama sepanjang pengajian.

Jutaan terima kasih buat suami tercinta Zahiruddin Zainal di atas pengorbanan, kesabaran, doa dan sokongan yang tidak terhingga, anak-anak Yasmin Batrisyia dan Yusuf Arman yang sentiasa memahami kesibukan ibunya. Buat bonda dan ayahanda Tiamah Sufian dan Tomadi Adam yang sentiasa mendoakan kejayaan anak-anaknya. Juga kepada kedua mertua yang telah banyak memberikan doa, dan sokongan disepanjang pengajian ini. Semoga Allah SWT membalas semua jasa baik kalian. Akhir sekali semoga tesis ini bermanfaat kepada sesiapa yang membaca dan menjadi kebaikan di sisi Allah SWT.

ABSTRAK

Komposit matriks logam (MMC) merupakan gabungan antara logam ringan yang dikenali sebagai bahan matriks dengan bahan penguat atau tetulang seramik keras. Gabungan ini menghasilkan bahan yang mempunyai kekuatan yang lebih tinggi, lebih keras, lebih rintangan terhadap sifat haus, dan nisbah kekuatan kepada berat yang lebih baik berbanding dengan bahan matriks. Gabungan matriks logam dengan bahan tetulang seramik keras menawarkan potensi yang baik dalam industri automotif dan aeroangkasa. Kesukaran dalam pemesinan MMC dilihat sebagai salah satu masalah utama yang menghalang penggunaannya yang meluas dalam aplikasi kejuruteraan. Pemesinan MMC dilihat amat sukar kerana sifatnya yang sangat melelas dan penyerakan zarah bahan tetulang yang tidak sekata. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji kebolehmesinan komposit matriks logam Al-Si/AlN yang baharu dibangunkan dengan menggunakan mata alat karbida tidak bersalut dan karbida bersalut PVD TiAlN di dalam keadaan kering tanpa bendalir pemotong. Prestasi kedua-dua jenis mata alat dikaji dalam proses kisar menggunakan mesin kisar menegak DMC635V. Parameter pemesinan yang lain, yang dikaji dalam ujikaji ini ialah; laju pemotongan (240-400 m/min), kadar suapan (0.3-0.5 mm/gigi), kedalaman pemotongan (0.3-0.5 mm) dan peratus bahan penguat AlN (10-20%). Kaedah Taguchi dengan susunan ortogon L18 ($2^{13}3^4$) digunakan dalam ujikaji ini. Perubahan pada benda kerja komposit Al-Si/AlN selepas pemesinan dikaji dari perspektif kekasaran permukaan dan kekerasan mikro. Hasil kajian mendapati laju pemotongan dan dalam pemotongan adalah faktor yang sangat signifikan kepada hayat mata alat. Didapati hayat mata alat maksimum adalah 70.7 minit, apabila menggunakan mata alat tidak bersalut dengan laju pemotongan 240 m/min, kadar suapan 0.3 mm/gigi, dalam pemotongan 0.3 mm, dan MMC yang mempunyai bahan penguat AlN 10%. Manakala bagi mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah adalah dengan menggunakan mata alat tidak bersalut, laju pemotongan 400 m/min, kadar suapan 0.4 mm/gigi, dalam pemotongan 0.5 mm, dan MMC yang mempunyai bahan penguat AlN 15%. Tiada perubahan ketara pada kekerasan mikro, dan ubah bentuk plastik tidak kelihatan berdasarkan sampel yang dikaji. Melalui kaedah Taguchi, parameter pemotongan yang optimum bagi setiap ciri prestasi telah dicadangkan. Parameter pemotongan optimum juga diperolehi bagi mendapatkan kombinasi kesemua ciri prestasi dengan menggunakan kaedah analisis hubungan Grey (GRA). Melalui kaedah GRA, parameter pemotongan berikut disarankan; Mata alat jenis tidak bersalut, laju pemotongan 240 m/min, kadar suapan 0.4 mm/gigi, dalam pemotongan 0.3 mm dan 15 % bahan tetulang AlN. Mekanisme haus yang didapati adalah haus lelasan dan pembentukan alur yang tidak sekata pada permukaan rusuk mata alat. Haus lekatan juga berlaku pada permukaan rusuk mata alat disebabkan oleh tekanan tinggi yang terjana di antaramuka mata alat-benda kerja komposit Al-Si/AlN. Pertambahan unsur oksigen pada kawasan BUE yang terdeposit pada permukaan sadak menunjukkan adanya permukaan teroksida. Oleh itu ikatan logam-oksida dan oksida-oksida mungkin terbentuk. Serpihan benda kerja komposit Al-Si/AlN adalah berbentuk bergerigi, semi-bulatan dan seterusnya terputus membentuk serpihan-serpihan kecil. Kajian ini diharap menjadi kajian yang memberi impak yang besar kepada pembangunan berterusan bahan yang baru dibangunkan ini, untuk menjadi yang terbaik di antara bahan MMC dengan kebolehmesinan yang lebih baik seterusnya dapat mengurangkan kos pemesinan.

ABSTRACT

Metal matrix composite (MMC) is a combination of lightweight metal known as a matrix material with a reinforcement material or hard ceramic reinforcement. This combination produces a material with a higher strength, high hardness, high wear resistant and strength to weight ratio. Metal matrix composite reinforced with hard ceramic materials offers great potential in the automotive and aerospace industries. The difficulty in machining of MMC is seen as one of the major problems that prevent a widespread in engineering applications. The machining of MMC is seemed so difficult due to the abrasiveness of the material and inhomogeneous distribution of the reinforcement particles to the matrix material. The main objectives of this study are to investigate the machinability of AlSi/AlN MMC using uncoated and TiAlN PVD coated carbide cutting tool in dry machining conditions without any cutting fluid. Performances for both types of tools are examined in milling process using vertical milling machine model DMC635V. Parameters studied in this experiment were; cutting speed (240-400 m/min), feed rate (0.3-0.5 mm/tooth, depth of cut (0.3-0.5 mm), and percentage of AlN reinforcement (10-20%). Taguchi method with orthogonal array L18 ($2^{13}4$) was utilised in this experiment. In addition, the changes of the machined workpiece were studied in the perspective of surface roughness, and micro hardness. Studies conducted found that the cutting speed and depth of cut were the most significant factor affecting the tool life. It was found that the maximum tool life is 70.7 minutes, for the uncoated tool at cutting speed of 240 m/min, 0.3 mm/tooth of feed rate, with 0.3 mm depth of cut, and MMC with 10% AlN reinforcement. While uncoated tool were the most significant factors for the lower surface roughness at cutting speed of 400 m/min, of 0.4 mm/tooth of feed rate, with 0.5 mm depth of cut, and MMC with 15% AlN reinforcement. The depth of cut was the most significant factors causing the increases of cutting force. There are no significant changes in the microhardness and plastic deformation observed on Al-Si/AlN MMC sample. Using the Taguchi method, the optimal parameters for each of its performance have been obtained. Optimum cutting parameters were also obtained for the combination of all performance characteristics using gray relational analysis (GRA). From GRA method, the following parameters are recommended; uncoated tool type, cutting speed of 240 m/min, feed rate of 0.4 mm/tooth, depth of cut of 0.3 mm and 15% of the AlN reinforcement. Wear mechanism on the flank wear observed under SEM were abrasion and uneven groove formation at flank face of the cutting tool. Adhesion also observed on the flank surface which caused by the high pressure generated at the interface of the tool-workpiece Al-Si/AlN MMC. The increases of oxygen element on the BUE which deposited to the rake face contribute to the oxidized surface. Thus the formation of metal-oxide and oxide-oxide bonding were expected. The chips formation of Al-Si/AlN MMC workpiece was sawtooth, semi-circle and then cut off to form smaller chips. This study will hopefully be a great benefit for further development of this material which under investigation to be among the best MMC fabricated with better machinability that could reduce the machining costs.

KANDUNGAN

		Halaman
PENGAKUAN		ii
PENGHARGAAN		iii
ABSTRAK		iv
ABSTRACT		v
KANDUNGAN		vi
SENARAI JADUAL		x
SENARAI RAJAH		xii
SENARAI SIMBOL		xix
BAB I	PENDAHULUAN	
1.1	Pengenalan	1
1.2	Pernyataan masalah	3
1.3	Objektif kajian	5
1.4	Skop kajian	6
1.5	Carta alir kajian	6
1.6	Organisasi tesis	7
1.7	Sumbangan ilmu	8
BAB II	KAJIAN KEPUSTAKAAN	
2.1	Latar belakang	10
2.2	Mekanik pemotongan logam	12
2.3	Daya pemotongan	14
	2.3.1 Daya pemotongan MMC	15
2.4	Pembentukan serpihan	17
	2.4.1 pembentukan serpihan MMC	19
2.5	Pembentukan serpihan dan pinggir terbina (BUE)	21

2.5.1	Pembentukan serpihan terbina di pinggir mata alat (BUE) ketika pemotongan MMC	21
2.6	Proses kisar	22
2.6.1	Kaedah pemesinan kisar	24
2.6.2	Terminologi dalam pemesinan kisar	26
2.7	Pemotongan dalam keadaan kering dan basah	29
2.8	Kebolehmesinan MMC	31
2.9	Mata alat Pemotong	32
2.9.1	Bahan mata alat pemotong	33
2.9.2	Hayat mata alat pemotong	37
2.9.3	Jenis dan kriteria kegagalan mata alat pemotong	40
2.9.4	Mekanisma haus mata alat pemotong	42
2.9.5	Mekanisma haus mata alat pemotong ketika pemotongan MMC	43
2.9.6	Kesan saiz zarah tetulang MMC dan peratus bahan tetulang terhadap haus mata alat pemotong	47
2.10	Keutuhan permukaan benda kerja MMC	50
2.11	Kaedah Taguchi	54
2.12	Analisis Hubungan Grey (GREY)	57
2.13	Ringkasan	60
BAB III	METODOLOGI KAJIAN	
3.1	Pengenalan	63
3.2	Kaedah Taguchi dan rekabentuk ujikaji	65
3.2.1	Kaedah Taguchi	65
3.2.2	Rekabentuk ujikaji	65
3.3	Prosedur proses kisar	67
3.3.1	Bahan mata alat pemotong	69
3.3.2	Bahan benda kerja	72
3.4	Pengukuran hayat mata alat pemotong	75
3.5	Kajian mekanisme haus mata alat pemotong	76
3.6	Pengukuran kekasaran permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN	77

3.7	Pengukuran daya pemotongan	79
3.8	Kajian kekerasan mikro benda kerja komposit Al-Si/AlN	79
3.8.1	Pengukuran suhu	81
BAB IV	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Pengenalan	82
4.2	Keputusan pemesinan Al-Si/AlN MMC menggunakan mata alat pemotong karbida tidak bersalut dan bersalut PVD TiAlN	82
4.2.1	Hayat mata alat pemotong	83
4.2.2	Kekasaran permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN	96
4.2.3	Daya pemotongan	105
4.2.4	Perubahan pada permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN	114
4.2.4.1	Kekasaran permukaan benda kerja daripada awal hingga akhir hayat mata alat pemotong	114
4.2.4.1	Kekerasan permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN	116
4.3	Pengoptimuman parameter proses kasar komposit Al-Si/AlN menggunakan mata alat pemotong karbida tak bersalut dan bersalut PVD TiAlN	121
4.3.1	Hayat mata alat pemotong	121
4.3.2	Isipadu bahan terbuang	126
4.3.3	Kekasaran permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN	131
4.3.4	Daya pemotongan	135
4.3.5	Pengoptimuman parameter bagi gabungan kesemua ciri prestasi	140
4.4	Peningkatan haus mata alat pemotong	148
4.4.1	Haus mata alat pemotong karbida tidak bersalut	148
4.4.2	Haus mata alat pemotong karbida bersalut PVD TiAlN	152
4.5	Mekanisma haus mata alat pemotong dan pembentukan serpihan	156
4.5.1	Mekanisma haus pada mata alat pemotong karbida tidak bersalut	159
4.5.2	Mekanisma haus pada mata alat pemotong karbida bersalut PVD TiAlN	168
4.5.3	Pembentukan serpihan dan pinggir terbina (BUE) pada hujung mata alat pemotong	178
4.5.4	Pembentukan serpihan bahan benda kerja komposit Al-Si/AlN	183

BAB V	KESIMPULAN DAN CADANGAN PENAMBAHBAIKAN	
5.1	Kesimpulan	189
5.2	Cadangan penambahbaikan	191
RUJUKAN		193

SENARAI JADUAL

JADUAL		Halaman
Jadual 2.1	Sifat pelbagai bahan tetulang jenis zarah yang menjadi penguat MMC	12
Jadual 2.2	Bahan mata alat dan bahan salutan mata alat	34
Jadual 2.3	Perbandingan sifat mekanik bahan MMC	47
Jadual 3.1	Keadah Taguchi L18 dengan faktor pemotongan A, B, C, D dan E	66
Jadual 3.2	Jadual parameter pemotongan bagi ujikaji yang dijalankan	67
Jadual 3.3	Spesifikasi mata alat pemotong kisar	70
Jadual 3.4	Komposisi kimia aloi AlSi	72
Jadual 3.5	Spesifikasi zarah AlN	72
Jadual 3.6	Kekerasan bahan komposit Al-Si/AlN	74
Jadual 4.1	Keputusan ujikaji bagi kesemua ciri prestasi	83
Jadual 4.2	Hayat mata alat karbida tidak bersalut dan bersalut PVD TiAlN	85
Jadual 4.3	Nisbah S/N bagi hayat mata alat dengan ciri lebih besar-lebih baik	90
Jadual 4.4	Purata nisbah S/N hayat mata alat dan perbezaan (delta) antara aras	91
Jadual 4.5	ANOVA untuk nilai nisbah S/N hayat mata alat	92
Jadual 4.6	Nilai kekasaran permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN menggunakan mata alat karbida tidak bersalut dan bersalut PVD TiAlN	97
Jadual 4.7	Nisbah S/N bagi kekasaran permukaan benda kerja dengan ciri lebih kecil-lebih baik	100
Jadual 4.8	Purata nisbah S/N kekasaran permukaan R_a dan perbezaan (delta) antara aras	101
Jadual 4.9	ANOVA untuk nilai nisbah S/N kekasaran permukaan R_a	102
Jadual 4.10	Daya pemotongan menggunakan mata alat karbida tidak bersalut dan bersalut PVD TiAlN	105
Jadual 4.11	Nisbah S/N bagi daya paduan pemotongan dengan ciri lebih kecil-lebih baik	110
Jadual 4.12	Purata nisbah S/N daya paduan pemotongan dan perbezaan (delta)	

	antara aras	111
Jadual 4.13	ANOVA untuk nilai nisbah S/N daya paduan pemotongan	112
Jadual 4.14	Dua set data hayat mata alat dan nisbah S/N dengan ciri lebih besar-lebih baik	122
Jadual 4.15	Purata nisbah S/N hayat mata alat bagi setiap faktor pemotongan mengikut aras	123
Jadual 4.16	Nilai ramalan dan ujian kesahan faktor pemotongan optimum terhadap hayat mata alat	126
Jadual 4.17	Dua set data isipadu bahan terbuang dan nisbah S/N dengan ciri lebih besar-lebih baik	127
Jadual 4.18	Purata nisbah S/N isipadu bahan terbuang bagi setiap faktor pemotongan mengikut aras	128
Jadual 4.19	Nilai ramalan dan ujian kesahan faktor pemotongan optimum terhadap isipadu bahan terbuang	130
Jadual 4.20	Dua set data kekasaran permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN dan nisbah S/N dengan ciri lebih kecil-lebih baik	131
Jadual 4.21	Purata nisbah S/N kekasaran permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN bagi setiap faktor pemotongan mengikut aras	132
Jadual 4.22	Nilai ramalan dan ujian kesahan faktor pemotongan optimum terhadap kekasaran permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN	135
Jadual 4.23	Dua set data daya pemotongan dan nisbah S/N dengan ciri lebih kecil-lebih baik	136
Jadual 4.24	Purata nisbah S/N daya pemotongan bagi setiap faktor pemotongan mengikut aras	137
Jadual 4.25	Nilai ramalan dan ujian kesahan faktor pemotongan optimum terhadap daya pemotongan	140
Jadual 4.26	Data bagi kesemua ciri prestasi; purata hayat mata alat, purata isipadu bahan terbuang, purata kekasaran permukaan dan purata daya pemotongan alat	141
Jadual 4.27	Turutan selepas pra-pemprosesan data bagi kesemua ciri prestasi	142
Jadual 4.28	Turutan sisihan bagi kesemua ciri prestasi	143
Jadual 4.29	Pekali hubungan Grey, gred hubungan Grey dan susunan gred bagi kesemua ciri prestasi	144
Jadual 4.30	Purata GRG bagi kesemua ciri prestasi pemesinan komposit	

	Al-Si/AlN bagi setiap faktor pemotongan mengikut aras	145
Jadual 4.31	Perbandingan antara faktor pemotongan awal dan faktor pemotongan optimum terhadap kesemua ciri prestasi	147

SENARAI RAJAH

RAJAH		Halaman
Rajah 1.1	Carta alir kajian	7
Rajah 2.1	Bentuk seramik yang menjadi bahan penguat MMC	11
Rajah 2.2	Skematik proses pemotongan logam	13
Rajah 2.3	Komponen daya pemotongan yang terlibat ketika pengisaran hujung dengan satu mata alat (a) pemotongan menaik (b) pemotongan menurun	15
Rajah 2.4	Contoh proses kisar dengan kedalaman pemotongan yang ditetapkan	23
Rajah 2.5	Klasifikasi pemotongan kisar	24
Rajah 2.6	Kaedah kisar ke atas	25
Rajah 2.7	Kaedah kisar ke bawah	25
Rajah 2.8	Proses kisar menunjukkan perkaitan V_c , D , dan N	27
Rajah 2.9	Lekuk hayat mata alat	38
Rajah 2.10	Lokasi dan jenis haus yang biasa berlaku pada mata alat	41
Rajah 2.11	Haus kawah dan haus lelasan	41
Rajah 2.12	Tatacara atau prosedur analisis hubungan Grey (GRA)	59
Rajah 2.13	Julat parameter laju pemotongan dan kadar suapan dalam pemesinan kisar bahan MMC	62
Rajah 3.1	Carta alir ujikaji kisar	64
Rajah 3.2	Mesin kisar jenis DMC635V eco DMGECOLINE	68
Rajah 3.3	Pemesinan komposit Al-Si/AlN dengan kedalaman pemotongan jejari $a_e = 5\text{mm}$	69
Rajah 3.4	Pemotong kisar bergigi tiga	71
Rajah 3.5	Geometri mata alat yang digunakan; dengan $W_1=6.8\text{ mm}$, $BS=0.7\text{ mm}$, $RE=0.2\text{ mm}$, $LE=11\text{ mm}$, $S=3.59\text{ mm}$	71
Rajah 3.6	Bahan komposit Al-Si/AlN yang diaduk di dalam krusibel grafit pada	

	relau pemanas	73
Rajah 3.7	Bahan komposit Al-Si/AlN selepas proses rawatan haba dan struktur mikro bahan tersebut	74
Rajah 3.8	Mikroskop mudah alih, Mitutoyo	75
Rajah 3.9	Mikroskop SEM EDAX model Philips XL40	76
Rajah 3.10	Alat pengukur kekasaran permukaan, Mahr perthometer MI	77
Rajah 3.11	Proses pengukuran daya pemotongan	78
Rajah 3.12	(a) Pemotong berketepatan tinggi, (b) Mesin pelekap panas, (c) Mesin pencanai dan penggilap	79
Rajah 3.13	Pengukur kekerasan Shimadzu Mikro Hardness Tester HMV-2000	80
Rajah 3.14	Lakaran mata penusuk berbentuk piramid	81
Rajah 3.15	(a) Pengukur suhu jenis kamera imej terma Thermo Gear G100EX dan (b) Rajah skematik lokasi antara benda kerja yang dimesin dan kamera imej terma ketika proses pemesinan	81
Rajah 4.1	Hayat mata alat karbida tidak bersalut	86
Rajah 4.2	Hayat mata alat karbida bersalut PVD TiAlN	86
Rajah 4.3	Keadaan mata alat (a) mata alat tidak bersalut dan (b) mata alat bersalut PVD TiAlN selepas proses kasar	87
Rajah 4.4	Hayat mata alat karbida tidak bersalut pada keadaan pelbagai kadar suapan dan % AlN	88
Rajah 4.5	Hayat mata alat karbida bersalut PVD TiAlN pada keadaan pelbagai kadar suapan dan % AlN	88
Rajah 4.6	Perhubungan antara laju pemotongan dan kedalaman pemotongan terhadap hayat mata alat	94
Rajah 4.7	Perhubungan antara laju pemotongan dan kadar suapan terhadap hayat mata alat	95
Rajah 4.8	Keadaan mata alat (a) mata alat tidak bersalut dan (b) mata alat bersalut PVD TiAlN selepas 1 minit proses kasar pada $V_c = 240$ m/min	99
Rajah 4.9	Keadaan mata alat (a) mata alat tidak bersalut dan (b) mata alat bersalut	

	PVD TiAlN selepas 1 minit proses kasar pada $V_c = 320$ m/min	99
Rajah 4.10	Keadaan mata alat (a) mata alat tidak bersalut dan (b) mata alat bersalut PVD TiAlN selepas 1 minit proses kasar pada $V_c = 400$ m/min	99
Rajah 4.11	Daya paduan pemotongan menggunakan mata alat karbida tidak bersalut mengikut no ujikaji	107
Rajah 4.12	Daya paduan pemotongan menggunakan mata alat karbida bersalut PVD TiAlN mengikut no ujikaji	107
Rajah 4.13	Perbezaan daya paduan pemotongan antara mata alat baru dan mata alat yang haus bagi karbida tidak bersalut pada kadar suapan 0.3 mm/gigi dan pelbagai laju pemotongan	109
Rajah 4.14	Perbezaan daya paduan pemotongan antara mata alat baru dan mata alat yang haus bagi karbida bersalut TiAlN pada kadar suapan 0.4 mm/gigi dan pelbagai laju pemotongan	109
Rajah 4.15	Perhubungan antara kedalaman pemotongan dan kadar suapan terhadap daya paduan pemotongan benda kerja komposit Al-Si/AlN	113
Rajah 4.16	Perubahan nilai R_a daripada mata alat baru sehingga mata alat haus pada mata alat karbida tidak bersalut pada parameter pemotongan $V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 15% AlN	114
Rajah 4.17	Perubahan nilai R_a daripada mata alat baru sehingga mata alat haus pada mata alat karbida bersalut PVD TiAlN pada parameter pemotongan $V_c = 320$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 10% AlN	115
Rajah 4.18	Kekerasan mikro apabila V_c bertambah pada parameter $f_z = 0.4$ mm/gigi, dengan pelbagai doc	117
Rajah 4.19	Kekerasan mikro apabila f_z bertambah pada parameter $doc = 0.4$ mm dengan pelbagai V_c	118
Rajah 4.20	(a) Struktur mikro benda kerja selepas pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm)	118
Rajah 4.20	(b) Struktur mikro benda kerja selepas pemotongan ($V_c = 320$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm)	118
Rajah 4.20	(c) Struktur mikro benda kerja selepas 1 minit pemotongan	

	$(V_c = 400 \text{ m/min}, f_z = 0.4 \text{ mm/gigi}, doc = 0.5 \text{ mm})$	119
Rajah 4.21	(a) Suhu terjana selepas 1 minit pemotongan ($V_c = 240 \text{ m/min}, f_z = 0.4 \text{ mm/gigi}, doc = 0.4 \text{ mm}$)	120
Rajah 4.21	(b) Suhu terjana selepas 1 minit pemotongan ($V_c = 320 \text{ m/min}, f_z = 0.4 \text{ mm/gigi}, doc = 0.4 \text{ mm}$)	120
Rajah 4.21	(c) Suhu terjana selepas 1 minit pemotongan ($V_c = 400 \text{ m/min}, f_z = 0.4 \text{ mm/gigi}, doc = 0.5 \text{ mm}$)	121
Rajah 4.22	Faktor pemotongan optimum terhadap hayat mata alat dengan ciri lebih besar-lebih baik	125
Rajah 4.23	Faktor pemotongan optimum terhadap isipadu bahan terbuang dengan ciri lebih besar-lebih baik	129
Rajah 4.24	Faktor pemotongan optimum terhadap kekasaran permukaan dengan ciri lebih kecil-lebih baik	134
Rajah 4.25	Faktor pemotongan optimum terhadap daya pemotongan dengan ciri lebih kecil-lebih baik	139
Rajah 4.26	Gred hubungan Grey (gred yang tinggi adalah yang lebih baik)	145
Rajah 4.27	Faktor pemotongan optimum bagi kesemua ciri prestasi; hayat mata alat, isipadu bahan terbuang, kekasaran permukaan dan daya pemotongan	146
Rajah 4.28	Haus mata alat karbida tidak bersalut pada $f_z = 0.3 \text{ mm/gigi}$ (V_c dan doc berbeza)	150
Rajah 4.29	Kemajuan haus rusuk bagi mata alat karbida tidak bersalut ($V_c = 240 \text{ m/min}, f_z = 0.3 \text{ mm/gigi}, doc = 0.3 \text{ mm}$)	150
Rajah 4.30	Kemajuan haus rusuk bagi mata alat karbida tidak bersalut ($V_c = 320 \text{ m/min}, f_z = 0.3 \text{ mm/gigi}, doc = 0.3 \text{ mm}$)	151
Rajah 4.31	Kemajuan haus rusuk bagi mata alat karbida tidak bersalut ($V_c = 400 \text{ m/min}, f_z = 0.3 \text{ mm/gigi}, doc = 0.4 \text{ mm}$)	152
Rajah 4.32	Haus mata alat karbida bersalut PVD TiAlN pada $f_z = 0.3 \text{ mm/gigi}$	

	(V_c dan doc berbeza)	153
Rajah 4.33	Kemajuan haus rusuk bagi mata alat karbida bersalut PVD TiAlN ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm)	154
Rajah 4.34	Kemajuan haus rusuk bagi mata alat karbida bersalut PVD TiAlN ($V_c = 320$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm)	155
Rajah 4.35	Kemajuan haus rusuk bagi mata alat karbida bersalut PVD TiAlN ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm)	155
Rajah 4.36	Mata alat karibida (a) tidak bersalut dan (b) bersalut PVD TiAlN	156
Rajah 4.37	Kedudukan titik analisis EDAX pada permukaan rusuk mata alat karbida tidak bersalut selepas 70.7 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	157
Rajah 4.38	Keputusan analisis EDAX pada kawasan sopt 1 mata alat karbida tidak bersalut selepas pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	158
Rajah 4.39	Keputusan analisis EDAX pada kawasan spot 2 mata alat karbida tidak bersalut selepas pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	158
Rajah 4.40	Pembentukan BUE pada hujung mata alat karbida tidak bersalut selepas 70.7 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	159
Rajah 4.41	Unsur oksigen yang terdapat pada BUE yang terdeposit ke permukaan sadak mata alat karbida tidak bersalut selepas 70.7 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	160
Rajah 4.42	Keputusan analisis EDAX pada kawasan spot 1 mata alat karbida tidak bersalut selepas 70.7 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	160
Rajah 4.43	Keputusan analisis EDAX pada kawasan spot 3 mata alat karbida tidak bersalut selepas 70.7 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	161
Rajah 4.44	Mekanisma haus mata alat karbida tidak bersalut selepas 70.7 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	162

Rajah 4.45	Pembentukan BUE pada hujung mata alat karbida tidak bersalut dan mekanisma haus selepas 26.53 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 15% AlN)	163
Rajah 4.46	Permukaan rusuk mata alat karbida tidak bersalut selepas 26.53 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 15% AlN)	164
Rajah 4.47	Alur terbentuk pada permukaan rusuk mata alat karbida tidak bersalut selepas 26.53 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 15% AlN)	165
Rajah 4.48	Kawasan hujung mata alat karbida tidak bersalut yang haus selepas 26.53 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 15% AlN)	166
Rajah 4.49	Keputusan analisis EDAX pada kawasan Spot 1 mata alat karbida tidak bersalut selepas 26.53 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 15% AlN)	167
Rajah 4.50	Keputusan analisis EDAX pada kawasan Spot 2 mata alat karbida tidak bersalut selepas 26.53 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 15% AlN)	167
Rajah 4.51	BUE pada hujung mata alat karbida bersalut PVD TiAlN yang terdeposit pada permukaan sadak selepas 62.5 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	169
Rajah 4.52	Haus lekatan pada kawasan permukaan rusuk Spot 1 selepas 62.5 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	170
Rajah 4.53	Keputusan analisis EDAX pada kawasan Spot 1 selepas 62.5 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	171
Rajah 4.54	Haus lelasan dan haus lekatan selepas 62.5 minit pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	171
Rajah 4.55	Keadaan mata alat karbida bersalut PVD TiAlN selepas 23.35 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm dan 10% AlN)	172

Rajah 4.56	Haus rusuk dan retak pada mata alat karbida bersalut PVD TiAlN selepas 23.35 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm dan 10% AlN)	173
Rajah 4.57	Salutan TiAlN yang tertanggal pada kawasan Spot 1 dan bahan benda kerja yang melekat pada kawasan Spot 2 mata alat karbida bersalut PVD TiAlN selepas 23.35 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm dan 10% AlN)	174
Rajah 4.58	Keputusan analisis EDAX pada kawasan Spot 1 apabila salutan TiAlN tertanggal daripada mata alat karbida bersalut PVD TiAlN selepas 23.35 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm dan 10% AlN)	175
Rajah 4.59	Keputusan analisis EDAX pada kawasan Spot 2 apabila hanya bahan benda kerja yang melekat selepas 23.35 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm dan 10% AlN)	175
Rajah 4.60	Haus lelasan pada permukaan rusuk mata alat karbida bersalut PVD TiAlN selepas 23.35 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm dan 10% AlN)	176
Rajah 4.61	Retak pada permukaan rusuk mata alat karbida bersalut PVD TiAlN selepas 23.35 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm dan 10% AlN)	177
Rajah 4.62	Keputusan analisis EDAX pada kawasan Spot 1 ketika retak pada permukaan rusuk mata alat karbida bersalut PVD TiAlN selepas 23.35 minit pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm dan 10% AlN)	178
Rajah 4.63	BUE yang terdeposit pada permukaan sadak mata alat karbida tidak bersalut selepas pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	180
Rajah 4.64	BUE yang terdeposit pada permukaan sadak mata alat karbida bersalut PVD TiAlN yang terdeposit pada permukaan sadak selepas pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.4$ mm dan 10% AlN)	180
Rajah 4.65	BUE dan BUL pada permukaan rusuk mata alat karbida tidak bersalut selepas pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	181

Rajah 4.66	Keratan rentas mata alat karbida menunjukkan pembentukan BUE pada hujung mata alat karbida tidak bersalut selepas pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	182
Rajah 4.67	Keputusan analisis EDAX pada kawasan Spektrum 1 mata alat karbida tidak bersalut selepas pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.3$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	183
Rajah 4.68	Serpihan benda kerja selepas pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.5$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 20% AlN)	184
Rajah 4.69	Serpihan benda kerja selepas pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.5$ mm dan 15% AlN)	184
Rajah 4.70	Serpihan benda kerja selepas pemotongan ($V_c = 240$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 10% AlN)	185
Rajah 4.71	Serpihan benda kerja selepas pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 20% AlN)	186
Rajah 4.72	Lompang yang kelihatan pada serpihan benda kerja selepas pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 20% AlN)	187
Rajah 4.73	Unsur pada serpihan benda kerja selepas pemotongan ($V_c = 400$ m/min, $f_z = 0.4$ mm/gigi, $doc = 0.3$ mm dan 20% AlN)	188

SENARAI SIMBOL/SINGKATAN

α	Sudut sadak
\emptyset	Satah ricih
F_r	Daya paduan pemotongan (N)
V_c	Laju pemotongan (m/min)
f_z	Suapan pada setiap gigi (mm/gigi)
z	Bilangan gigi pada mata alat
V_f	Laju kadar suapan (mm/min)
d_{oc}	Kedalaman pemotongan (mm)
a_e	Kedalaman pemotongan jejarian (mm)
D	Diameter mata alat (m) dan
N	Laju putaran pengumpar (RPM)
Q	Kuantiti bahan yang terbuang (cm ³)
R_a	Purata kekasaran aritmetik (μm)
S/N	Nisbah isyarat terhadap hingar (dB)
MMC	Komposit Matriks Logam

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Persaingan dalam menghasilkan bahan yang sesuai untuk industri automotif bukanlah sesuatu yang baru. Secara amnya, keluli telah mendominasi industri automotif sejak tahun 1920 an dengan penggunaannya yang intensif dalam pembuatan kenderaan. Keperluan yang semakin meningkat dari tahun ke tahun telah menyebabkan kajian ke atas penggunaan bahan baharu telah dilakukan. Kesedaran tentang pemanasan global dan penggunaan tenaga bahan bakar yang meningkat mempengaruhi pemilihan bahan. Di Amerika Syarikat, kerajaannya telah menetapkan bahawa pengeluar automotif mesti mengeluarkan kenderaan yang mengurangkan pelepasan asap dari ekzos kenderaan, meningkatkan keselamatan penumpang, dan penggunaan bahan api secara ekonomi dan cekap (Cole dan Sherman 1995). Bagi memenuhi keperluan ini, pengeluar automotif melakukan pelbagai usaha, antaranya; mengkaji bagaimana untuk meningkatkan kecekapan enjin, membangunkan pacuan kuasa seperti sistem hibrid dan mengurangkan berat kenderaan (Müller dan Monaghan 2000). Dengan ini, pemilihan bahan yang lebih ringan dapat membantu mengurangkan berat kenderaan dan meningkatkan ekonomi bahan api. Ini mendorong kepada penurunan secara beransur-ansur penggunaan keluli dan besi tuang di dalam kenderaan dan pada masa yang sama, penukaran kepada bahan alternatif, seperti aluminium dan plastik.

Aluminium mempunyai sifat fizik dan mekanik yang lebih baik daripada keluli. Ia mempunyai nisbah kekuatan terhadap berat yang lebih tinggi, kekonduksian terma dan elektrik yang lebih baik, mudah untuk dibentuk, dan tahan kakisan. Untuk menghasilkan sifat fizik dan mekanik yang lebih baik, aluminium digabungkan dengan unsur-unsur lain bagi membentuk aloi aluminium. Kekuatan dan kekerasan

yang lebih baik, rintangan pada rayapan, sifat lesu, dan haus (Asthari 2004) merupakan antara sifat aloi aluminium yang menyebabkan pemilihan bahan tersebut menggantikan keluli. Berbanding dengan bahan keluli, aloi aluminium dilihat lebih ringan dan dapat menjimatkan tenaga (Li et al. 2004; Shabestari dan Moemeni 2004) dalam pembuatan komponen kenderaan. Antaranya; blok enjin, omboh, dan rod penyambung telah menggunakan aloi aluminium dalam pembuatannya bagi tujuan penjimatan bahan api.

Selain daripada industri automotif, aeroangkasa juga memerlukan bahan yang lebih ringan, kuat, dan berprestasi tinggi. Justeru, aloi aluminium dilihat dapat memenuhi keperluan ini. Penggunaannya yang meluas dalam pelbagai sektor dilihat sebagai satu perkembangan yang baik kerana aloi aluminium berkebolehan untuk dikitar semula tanpa menggunakan tenaga yang tinggi kerana takat lebur bahan ini hanya sekitar 660°C sahaja (Moustafa 2003). Ia juga tidak menghasilkan bahan toksik, dan ini menjadikan aloi aluminium sebagai pilihan bahan yang tepat tanpa kebimbangan terhadap kekurangan atau kehabisan bahan pada masa akan datang (Vargel et al. 2004).

Ternyata aloi aluminium mempunyai banyak keistimewaan yang menyebabkan bahan ini sentiasa menjadi pilihan dalam industri automotif dan juga industri-industri lain. Walau bagaimanapun, aloi aluminium mempunyai kelemahan seperti takat lebur yang rendah iaitu 660°C (lebih rendah daripada keluli) menyebabkan kegagalan struktur apabila digunakan pada suhu yang lebih tinggi. Apabila aloi aluminium digunakan dalam pembuatan komponen kenderaan, pergerakan komponen yang bergeser (di dalam blok enjin kenderaan) akan menyebabkan suhu semakin meningkat, seterusnya menyebabkan kegagalan komponen tersebut untuk terus beroperasi. Oleh itu, keperluan kepada bahan yang lebih murah, menjimatkan tenaga, ringan dan berprestasi tinggi disamping tahan kepada suhu yang lebih tinggi menyebabkan para penyelidik beralih kajian kepada bahan baharu yang lebih berpotensi. Kajian sebelum ini menunjukkan bahawa aloi aluminium boleh digabungkan dengan bahan lain yang mempunyai sifat fizik dan mekanik yang berbeza bagi memperolehi bahan yang lebih baik sifatnya. Apabila aloi aluminium digabungkan dengan bahan lain seperti seramik, ia akan membentuk bahan komposit

matriks logam (MMC) yang mempunyai sifat fizik dan mekanik yang lebih baik daripada aloi aluminium (Muthukrishnan et al. 2008; Wahab 2011).

Bahan seramik yang bertindak sebagai bahan tetulang kepada bahan MMC mempunyai pelbagai saiz. Sebagai contoh, komposit Al/boron karbida yang mempunyai bahan tetulang boron karbida bersaiz antara 20-50 μm menghasilkan komposit yang berkekerasan sebanyak 111HV (Taşkesen & Kütükde 2014). Komposit Al/alumina pula yang mempunyai bahan tetulang alumina bersaiz 16-30 μm menghasilkan komposit yang berkekerasan 115 HV (Bansal & Upadhyay 2013). Manakala komposit Al/SiC yang mempunyai bahan tetulang SiC bersaiz 10-13 μm menghasilkan komposit yang berkekerasan 110 HV (Srinivas & Babu 2012). Menurut Wahab (2011), aloi aluminium (Al-Si) yang digabungkan dengan bahan tetulang aluminium nitrida (AlN) bersaiz 1-2 μm menghasilkan bahan berkekerasan yang lebih baik dengan kaedah tuangan aduk melalui ujian-ujian yang telah dijalankan.

Kajian ini bertujuan untuk mengkaji kebolehmesinan bahan Al-Si yang diperkuat dengan bahan penguat AlN membentuk komposit Al-Si/AlN dan mengkaji prestasi mata alat pemotong karbida yang digunakan dalam pemesinan kasar bahan tersebut. Hasil daripada kajian dapat digunakan sebagai rujukan penyelidik untuk menghasilkan bahan berkualiti tinggi pada masa akan datang dengan kos yang lebih rendah disamping boleh dimesin dengan menggunakan mata alat pemotong karbida dengan parameter pemesinan tertentu.

1.2 PERNYATAAN MASALAH

Kesukaran ketika pemotongan MMC dilihat sebagai salah satu masalah utama yang menghalang penggunaannya yang meluas dalam aplikasi kejuruteraan (Cronjäger dan Meister 1992; Ding et al. 2005). Pemesinan MMC dilihat sukar kerana sifatnya yang melelas dan penyerakan zarah bahan tetulang yang tidak sekata. Penyelidik sebelum ini menggunakan seramik yang bersaiz besar sebagai bahan penguat iaitu $>10\mu\text{m}$ (Avinash et al. 2007; Basheer et al. 2008; Bhushan 2013). Ini bertujuan untuk mendapatkan bahan yang mempunyai kekuatan tegangan yang tinggi di samping penyerakan bahan yang lebih sekata. Walau bagaimanapun, ini akan menyebabkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Persaingan dalam menghasilkan bahan yang sesuai untuk industri automotif bukanlah sesuatu yang baru. Secara amnya, keluli telah mendominasi industri automotif sejak tahun 1920 an dengan penggunaannya yang intensif dalam pembuatan kenderaan. Keperluan yang semakin meningkat dari tahun ke tahun telah menyebabkan kajian ke atas penggunaan bahan baharu telah dilakukan. Kesedaran tentang pemanasan global dan penggunaan tenaga bahan bakar yang meningkat mempengaruhi pemilihan bahan. Di Amerika Syarikat, kerajaannya telah menetapkan bahawa pengeluar automotif mesti mengeluarkan kenderaan yang mengurangkan pelepasan asap dari ekzos kenderaan, meningkatkan keselamatan penumpang, dan penggunaan bahan api secara ekonomi dan cekap (Cole dan Sherman 1995). Bagi memenuhi keperluan ini, pengeluar automotif melakukan pelbagai usaha, antaranya; mengkaji bagaimana untuk meningkatkan kecekapan enjin, membangunkan pacuan kuasa seperti sistem hibrid dan mengurangkan berat kenderaan (Müller dan Monaghan 2000). Dengan ini, pemilihan bahan yang lebih ringan dapat membantu mengurangkan berat kenderaan dan meningkatkan ekonomi bahan api. Ini mendorong kepada penurunan secara beransur-ansur penggunaan keluli dan besi tuang di dalam kenderaan dan pada masa yang sama, penukaran kepada bahan alternatif, seperti aluminium dan plastik.

Aluminium mempunyai sifat fizik dan mekanik yang lebih baik daripada keluli. Ia mempunyai nisbah kekuatan terhadap berat yang lebih tinggi, kekonduksian terma dan elektrik yang lebih baik, mudah untuk dibentuk, dan tahan kakisan. Untuk menghasilkan sifat fizik dan mekanik yang lebih baik, aluminium digabungkan dengan unsur-unsur lain bagi membentuk aloi aluminium. Kekuatan dan kekerasan

yang lebih baik, rintangan pada rayapan, sifat lesu, dan haus (Asthari 2004) merupakan antara sifat aloi aluminium yang menyebabkan pemilihan bahan tersebut menggantikan keluli. Berbanding dengan bahan keluli, aloi aluminium dilihat lebih ringan dan dapat menjimatkan tenaga (Li et al. 2004; Shabestari dan Moemeni 2004) dalam pembuatan komponen kenderaan. Antaranya; blok enjin, omboh, dan rod penyambung telah menggunakan aloi aluminium dalam pembuatannya bagi tujuan penjimatan bahan api.

Selain daripada industri automotif, aeroangkasa juga memerlukan bahan yang lebih ringan, kuat, dan berprestasi tinggi. Justeru, aloi aluminium dilihat dapat memenuhi keperluan ini. Penggunaannya yang meluas dalam pelbagai sektor dilihat sebagai satu perkembangan yang baik kerana aloi aluminium berkebolehan untuk dikitar semula tanpa menggunakan tenaga yang tinggi kerana takat lebur bahan ini hanya sekitar 660°C sahaja (Moustafa 2003). Ia juga tidak menghasilkan bahan toksik, dan ini menjadikan aloi aluminium sebagai pilihan bahan yang tepat tanpa kebimbangan terhadap kekurangan atau kehabisan bahan pada masa akan datang (Vargel et al. 2004).

Ternyata aloi aluminium mempunyai banyak keistimewaan yang menyebabkan bahan ini sentiasa menjadi pilihan dalam industri automotif dan juga industri-industri lain. Walau bagaimanapun, aloi aluminium mempunyai kelemahan seperti takat lebur yang rendah iaitu 660°C (lebih rendah daripada keluli) menyebabkan kegagalan struktur apabila digunakan pada suhu yang lebih tinggi. Apabila aloi aluminium digunakan dalam pembuatan komponen kenderaan, pergerakan komponen yang bergeser (di dalam blok enjin kenderaan) akan menyebabkan suhu semakin meningkat, seterusnya menyebabkan kegagalan komponen tersebut untuk terus beroperasi. Oleh itu, keperluan kepada bahan yang lebih murah, menjimatkan tenaga, ringan dan berprestasi tinggi disamping tahan kepada suhu yang lebih tinggi menyebabkan para penyelidik beralih kajian kepada bahan baharu yang lebih berpotensi. Kajian sebelum ini menunjukkan bahawa aloi aluminium boleh digabungkan dengan bahan lain yang mempunyai sifat fizik dan mekanik yang berbeza bagi memperolehi bahan yang lebih baik sifatnya. Apabila aloi aluminium digabungkan dengan bahan lain seperti seramik, ia akan membentuk bahan komposit

matriks logam (MMC) yang mempunyai sifat fizik dan mekanik yang lebih baik daripada aloi aluminium (Muthukrishnan et al. 2008; Wahab 2011).

Bahan seramik yang bertindak sebagai bahan tetulang kepada bahan MMC mempunyai pelbagai saiz. Sebagai contoh, komposit Al/boron karbida yang mempunyai bahan tetulang boron karbida bersaiz antara 20-50 μm menghasilkan komposit yang berkekerasan sebanyak 111HV (Taşkesen & Kütükde 2014). Komposit Al/alumina pula yang mempunyai bahan tetulang alumina bersaiz 16-30 μm menghasilkan komposit yang berkekerasan 115 HV (Bansal & Upadhyay 2013). Manakala komposit Al/SiC yang mempunyai bahan tetulang SiC bersaiz 10-13 μm menghasilkan komposit yang berkekerasan 110 HV (Srinivas & Babu 2012). Menurut Wahab (2011), aloi aluminium (Al-Si) yang digabungkan dengan bahan tetulang aluminium nitrida (AlN) bersaiz 1-2 μm menghasilkan bahan berkekerasan yang lebih baik dengan kaedah tuangan aduk melalui ujian-ujian yang telah dijalankan.

Kajian ini bertujuan untuk mengkaji kebolehmesinan bahan Al-Si yang diperkuat dengan bahan penguat AlN membentuk komposit Al-Si/AlN dan mengkaji prestasi mata alat pemotong karbida yang digunakan dalam pemesinan kasar bahan tersebut. Hasil daripada kajian dapat digunakan sebagai rujukan penyelidik untuk menghasilkan bahan berkualiti tinggi pada masa akan datang dengan kos yang lebih rendah disamping boleh dimesin dengan menggunakan mata alat pemotong karbida dengan parameter pemesinan tertentu.

1.2 PERNYATAAN MASALAH

Kesukaran ketika pemotongan MMC dilihat sebagai salah satu masalah utama yang menghalang penggunaannya yang meluas dalam aplikasi kejuruteraan (Cronjäger dan Meister 1992; Ding et al. 2005). Pemesinan MMC dilihat sukar kerana sifatnya yang melelas dan penyerakan zarah bahan tetulang yang tidak sekata. Penyelidik sebelum ini menggunakan seramik yang bersaiz besar sebagai bahan penguat iaitu $>10\mu\text{m}$ (Avinash et al. 2007; Basheer et al. 2008; Bhushan 2013). Ini bertujuan untuk mendapatkan bahan yang mempunyai kekuatan tegangan yang tinggi di samping penyerakan bahan yang lebih sekata. Walau bagaimanapun, ini akan menyebabkan

BAB III

METODOLOGI KAJIAN

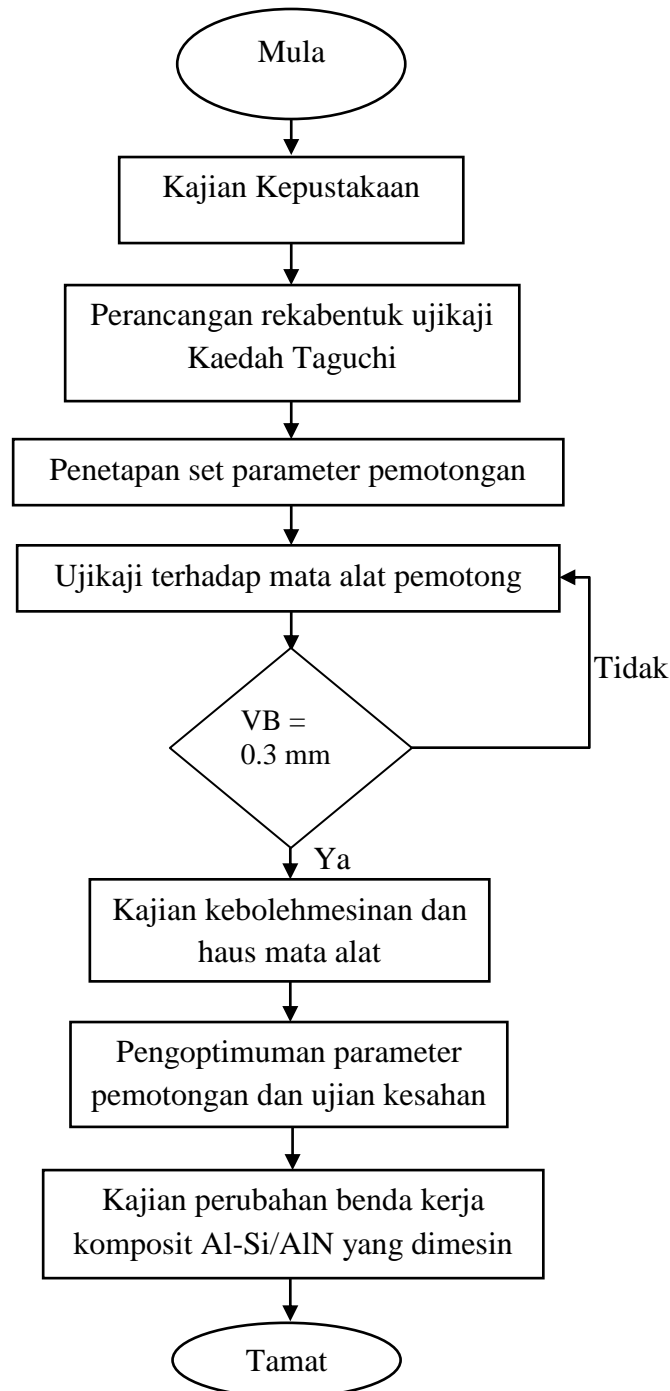
3.1 PENGENALAN

Bab ini adalah mengenai metodologi yang dilakukan dalam kajian ini. Mata alat pemotong yang digunakan adalah tungsten karbida tidak bersalut dan karbida bersalut PVD TiAlN untuk mengisar komposit Al-Si/AlN di dalam keadaan pemotongan kering. Rekabentuk ujikaji menggunakan kaedah Taguchi dipilih berdasarkan 18 bilangan ujikaji (L18). L18 dipilih kerana adanya kombinasi aras pada faktor parameter pemotongan yang ingin dipilih. Terdapat satu faktor iaitu jenis mata alat yang mempunyai dua aras manakala parameter pemotongan yang lain iaitu laju pemotongan (V_c), kadar suapan (f_z), kedalaman pemotongan aksial (paksi Z) (doc) dan % AlN mempunyai tiga aras. Ujikaji dilakukan dengan mengambil kira analisis nisbah isyarat terhadap hingar (S/N) untuk ciri-ciri yang mempengaruhi kebolehmesanan iaitu;

- Hayat mata alat karbida tidak bersalut dan karbida bersalut PVD TiAlN
- Kekasaran permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN
- Daya pemotongan mata alat ke atas benda kerja.

Perubahan kepada permukaan benda kerja komposit Al-Si/AlN selepas proses pemotongan juga diselidiki dengan mengkaji kekerasan mikro dan kekasaran permukaan. Mekanisma haus mata alat selepas proses pemesinan dikaji bagi mengetahui haus yang terjadi apabila pemotongan komposit Al-Si/AlN dilakukan. Analisis untuk menetapkan parameter pemotongan yang optimum juga dilakukan dengan kaedah nisbah S/N dengan bantuan perisian Minitab versi 16. Analisis ANOVA juga dilakukan berserta dengan ujian kesahan. Parameter pemotongan yang

diambil kira di dalam kajian ini termasuk; jenis mata alat, laju pemotongan, suapan, kedalaman pemotongan, dan peratus bahan penguat atau tetulang (AlN) yang membentuk komposit Al-Si/AlN. Secara ringkas, aktiviti penyelidikan ditunjukkan melalui carta alir pada Rajah 3.1.



Rajah 3.1 Carta alir ujikaji kasar

3.2 KAEDAH TAGUCHI DAN REKABENTUK UJIKAJI

3.2.1 Kaedah Taguchi

Kaedah Taguchi dengan susunan ortogan digunakan dalam kajian ini. Objektif kajian yang ingin dicapai ialah; mengkaji kebolehmesinan komposit Al-Si/AlN, menyelidiki mekanisma haus mata alat, dan mencadangkan parameter pemotongan yang optimum. Untuk menetapkan parameter pemotongan yang optimum, kaedah Taguchi menggunakan nisbah S/N dipilih. Secara umumnya, terdapat tiga kategori ciri-ciri prestasi yang lazim digunakan dalam analisis nisbah S/N; lebih kecil-lebih baik, nominal-lebih baik dan lebih besar-lebih baik. Pemilihan ciri-ciri prestasi dalam analisis nisbah S/N bergantung kepada hasil ujikaji yang dikehendaki. Bagi mendapatkan kekasaran permukaan dan daya pemotongan yang rendah, ciri prestasi lebih kecil-lebih baik digunakan, manakala untuk mendapatkan hayat mata alat yang lebih panjang dan isipadu bahan terbuang yang lebih banyak, ciri prestasi lebih besar-lebih baik digunakan. Ujian kesahan dilakukan untuk membandingkan keputusan yang diperolehi daripada kaedah Taguchi dengan pemesinan sebenar. Ini seterusnya dapat membuktikan bahawa kaedah Taguchi dapat digunakan di dalam menentukan dan mencadangkan parameter pemotongan yang optimum.

3.2.2 Rekabentuk Ujikaji

Dalam ujikaji ini, eksperimen dijalankan menggunakan satu faktor dua aras dan empat faktor tiga aras susunan ortogan L18 (2^13^4). Pemilihan susunan ortogan L18 ini dipilih kerana terdapat satu faktor pemotongan iaitu jenis mata alat mempunyai dua aras manakala faktor pemotongan yang lain mempunyai tiga aras. Setiap baris dalam matriks L18 tersebut mewakili satu ujikaji. Susunan setiap aras bagi setiap faktor pemotongan disusun secara rawak. Setiap aras diwakili oleh '1' atau '2' atau '3' di dalam matriks. Jadual 3.1 menunjukkan susunan matriks L18 yang digunakan.