

ANALISIS TEGASAN HABA KEATAS BREK DISC (SIMULASI)

MOHD RUSHDAN BIN HAMAT@HAMAD

KOLEJ UNIVERSITI TEKNIKAL KEBANGSAAN MALAYSIA

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)

Tandatangan : 
Nama Penyelia : EN. RUZTAMREEN BIN JENAL
Tarikh : 9 DESEMBER 2005

**ANALISIS TEGASAN HABA KEATAS BREK DISC
(SIMULASI)**

MOHD RUSHDAN BIN HAMAT@HAMAD

Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia


December 2005

BUAT AYAH DAN BONDA SERTA KELUARGA TERSAYANG...
DIKAULAH YANG TERBAIK DALAM HIDUPKU..

UNTUK RAKAN-RAKAN SEPERJUANGAN YANG TELAH BANYAK
MEMBERIKAN SOKONGAN...

AKHIR SEKALI, BUAT KEKASIHKU YANG DICINTAI..

“ Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya ”

Tandatangan : 

Nama Penulis : MOHD RUSHDAN BIN HAMAT@HAMAD

Tarikh : 9 / 12 / 2005

BUAT AYAH DAN BONDA SERTA KELUARGA TERSAYANG...
DIKAULAH YANG TERBAIK DALAM HIDUPKU..

UNTUK RAKAN-RAKAN SEPERJUANGAN YANG TELAH BANYAK
MEMBERIKAN SOKONGAN...

AKHIR SEKALI, BUAT KEKASIHKU YANG DICINTAI..

PENGHARGAAN

Puji-pujian bagi Allah S.W.T., Tuhan semesta alam. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad s.a.w. Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya, maka projek ini dapat disiapkan dalam tempoh yang telah ditetapkan.

Di sini, penulis ingin merakamkan jutaan terima kasih terutamanya kepada penyelia projek, En Ruztamreen Bin Jenal yang telah banyak memberi bimbingan, kerjasama serta teguran membina sepanjang tempoh projek ini dijalankan.

Tidak lupa juga, setinggi-tinggi penghargaan ditujukan kepada juruteknik-juruteknik Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, atas kerjasama memberi maklumat-maklumat yang berkaitan dalam usaha menyiapkan projek ini. Jutaan terima kasih juga diucapkan kepada sesiapa yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam membatu menyiapkan projek ini. Semoga Allah S.W.T. membalas segala jasa baik kalian semua.

ABSTRAK

Tegasan Haba adalah kajian tegasan disebabkan perubahan suhu yang berlaku iaitu kaitan antara tegasan dan suhu. Dalam kajian ini, analisis Tegasan Haba dijalankan ke atas brek *disc*. Selalunya masalah gegaran brek (*brake judder*) disebabkan perubahan ketebalan *disc* DTV (*Disc Thickness Variation*). Perubahan ketebalan *disc* ini berpunca daripada tegasan haba yang berlaku ke atas *disc*. Di mana apabila brek pad bersentuh dengan *disc* akan berlakunya geseran seterusnya meningkatkan suhu. Oleh kerana *disc* berputar, maka suhu akan berbeza pada permukaan *disc*. Perbezaan suhu ini yang menyebabkan berlakunya tegasan dan mengakibatkan berlakunya perubahan ketebalan *disc*. Terdapat beberapa pendekatan digunakan seperti eksperimen, analisis dan simulasi komputer. Dalam Projek ini, Analisis Unsur Terhingga (*Finite Element Analysis*) FEA digunakan bagi menganalisis tegasan haba terhadap brek *disc* dengan menggunakan perisian NASTRAN.

ABSTRACT

Thermal stress is a research of stress due to temperature change. This research only concentrates on disc brake study. Usually a problem that causes vibration (known as brake judder) in disc brake is the thickness of a DTV (Disc Thickness Variation). Thickness change of a disc is caused by a thermal stress phenomenon, where friction between brake pad and disc brake produces heat. Unbalance heat condition at the brake pad surface will be transferred to rotating disc. This phenomenon will result stress and thickness change to the disc. There are some method in order to obtain and study this case such as experiment, analysis and simulation. In this project, FEA (Finite Element Analysis) is used for analysis the thermal stress on disc brake by using simulation software called NASTRAN.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PERAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SIMBOL	xiii
	SENARAI LAMPIRAN	xiv
BAB 1	Pengenalan	1
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Analisa Masalah	2
	1.3 Objektif Projek	3
	1.4 Skop Kajian	3
BAB II	SISTEM BREK	4
	2.1 Pengenalan	4
	2.2 Definasi brek	5
	2.3 Prinsip Sistem Brek	5
	2.4 Faktor-faktor pembrekkkan berlaku	6
	2.4.1 Tekanan	6
	2.4.2 Pekali Geseran	7

	2.4.3	Permukaan Geseran	7
	2.4.4	Haba Yang Dikeluarkan	7
	2.5	Brek <i>Disc</i>	9
	2.5.1	Brek <i>Disc</i> Angkup Tetap	10
	2.5.2	Brek <i>Disc</i> Angkup Apung	11
	2.5.3	Bahan Geseran	12
	2.5.4	Permukaan Geseran	13
BAB III	TEORI PEMINDAHAN HABA		14
	3.1	Teori Pemindahan Haba (<i>Heat Transfer</i>)	14
	3.1.1	Pengkonduksian (<i>Conduction</i>)	14
	3.1.2	Pengolakan (<i>Convection</i>)	16
	3.1.3	Sinaran (<i>Radiation</i>)	17
	3.2	Linear Statik dan Mekanik Pepejal	17
	3.3	Teori Tegasan Haba (<i>Thermal Stress</i>)	18
	3.3.1	Tegasan Haba pada Brek Disc	18
BAB IV	ANALISIS UNSUR TERHINGGA		22
	4.1	Kaedah Analisis Unsur Terhingga (FEA)	22
	4.1.1	Aplikasi Kaedah Unsur Terhingga	24
	4.1.2	Kelebihan Kaedah Unsur Terhingga	25
	4.2	Perisian MSC/NASTRAN	26
BAB V	METODOLOGI		27
	5.1	Perlaksanaan Dalam Kajian	27
	5.2	Analisis Dinamik	28
	5.3	Pembangunan Projek	29
	5.3.1	Keterangan Carta Alir	30
BAB VI	ANALISIS		32
	6.1	Pengenalan	32
	6.2	Anggapan-Anggapan Untuk Analisis Brek <i>Disc</i>	32
	6.3	Prosedur Analisis Unsur Terhingga (FEA)	33
	6.3.1	Pra-Pemproses (<i>Pre-Processor</i>)	33

6.3.2	Penyelesaian Pemproses (<i>Solution Processor</i>)	34
6.3.3	Post Processor	34
6.4	Langkah-langkah Yang Perlu Dilakukan Untuk Analisis Tegasan Haba	35
6.4.1	Pemodelan Geometri	36
6.4.2	Pembentukan Jejaring Unsur Terhingga (<i>Meshing</i>)	37
6.4.3	Jenis Bahan Dan Ciri-ciri Bahan (<i>Material Property</i>)	37
6.4.4	Penentuan Keadaan Sempadan (<i>Load BC</i>)	39
6.4.5	Beban Kenaan	40
6.4.6	Analisis	42
6.4.7	Keputusan	43
BAB VII	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	44
7.1	Pengenalan	44
7.2	Teori Analisis	44
7.3	Analisis Haba	45
7.3.1	Perubahan Suhu beban Flux Haba Berbanding Masa	45
7.3.2	Perbincangan Analisis Haba	48
7.4	Analisis Tegasan Haba	50
BAB VIII	KESIMPULAN DAN CADANGAN	52
8.1	Kesimpulan	52
8.2	Cadangan Untuk Analisis Lanjutan	53
RUJUKAN		54
LAMPIRAN		56
Lampiran A		56
Lampiran B		59

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Kelebihan dan kekurangan jenis bahan geseran	12
6.1	Ciri-ciri bahan bagi besi tuang kelabu gred 220	38
7.1	Keputusan suhu maksimum dan minimum pada <i>disc</i>	49

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Contoh bagaimana haba dibebaskan melalui brek <i>disc</i>	8
2.2	Contoh nisbah kadar pemindahan haba antara <i>pad</i> dan <i>disc</i>	8
2.3	<i>Disc</i> Tetap	9
2.4	<i>Disc</i> Pengalihudaraan	9
2.5	Contoh perbezaan bentuk pengudaraan <i>disc</i>	10
2.6	Keratan rentas brek <i>disc</i> angkup tetap	10
2.7	Keratan rentas brek <i>disc</i> angkup apung	11
3.1	Pengkonduksian Haba	15
3.2	Gambaran plat rata pada brek <i>disc</i>	19
4.1	Contoh permodelan masalah kaedah unsur terhingga (FEA)	23
4.2	Model brek <i>disc</i> dalam kaedah unsur terhingga (FEA)	24
5.1	Contoh carta alir analisis masalah struktur	27
5.2	Contoh model brek <i>disc</i> dalam analisis NASTRAN dinamik	28
5.3	Carta alir pembangunan projek.	29
6.1	Lukisan <i>disc</i> brek dalam <i>solidworks</i>	36
6.2	Lukisan <i>disc</i> brek dalam PATRAN	36
6.3	Model <i>mesh</i> 3D untuk <i>disc</i> brek	37
6.4	Model geometri brek <i>disc</i>	38
6.5	Proses memasukkan nilai elemen sifat baha	39
6.6	Aplikasi <i>boundary condition</i> keatas dua lokasi <i>bolt</i> pada <i>disc</i> brek	40
6.7	Proses memasukkan nilai beban <i>heat flux</i>	42
7.1	a) Agihan suhu bagi bebanan <i>flux</i> haba dalam masa step 1	45
	b) Agihan suhu bagi bebanan <i>flux</i> haba dalam masa step 2	46
	c) Agihan suhu bagi bebanan <i>flux</i> haba dalam masa step 3	47
	d) Agihan suhu bagi bebanan <i>flux</i> haba dalam masa step 3 untuk 2D	47

7.2	Graf suhu melawan masa	48
7.3	Contoh rupabentuk tegasan pada <i>disc</i>	51

SENARAI SIMBOL

Δx	-	Ketebalan dinding
A	-	Luas
ΔT	-	Perbezaan suhu
T	-	Suhu
Q	-	Pemindahan haba
k	-	Pengkonduksian haba
h	-	Pekali pemindahan haba pengolakan
C_p	-	Haba tentu
m	-	Jisim
σ	-	Tegasan
F	-	Daya
V	-	Halaju
ε	-	Terikan
δ	-	Perubahan Panjang
L	-	Panjang
E	-	Modulus young
ν	-	Nisbah poisson
α_T	-	Pekali pengembangan suhu
σ_x	-	Tegasan pada arah x
σ_y	-	Tegasan pada arah y
$T(z)$	-	Agihan Suhu keseluruhan ke atas z
t_s	-	Masa berhenti
KE	-	Tenaga kinetik
HE	-	Tenaga haba
W	-	Kadar haba

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
LAMPIRAN A		56
Jadual A-1	Sifat bahan untuk Grey Cast Iron BS 220	57
Jadual A-2	Sifat bahan untuk Grey Cast Iron BS 100	57
Jadual A-3	Spesifikasi bahagian kereta kancil	58
LAMPIRAN B		59
B-1	Lukisan geometri ukuran brek <i>disc</i>	60
B-2	Lukisan <i>disc</i> dalam bentuk isometri	61
B-3	Lukisan pandangan hadapan brek <i>disc</i>	62
B-4	Lukisan pandangan belakang brek <i>disc</i>	63
B-5	Lukisan pandangan sisi brek <i>disc</i>	64
B-6	Lukisan potongan separuh daripada <i>disc</i>	65
B-7	Lukisan <i>disc</i> dalam <i>solidworks</i>	66
B-8	Gambarajah hasil daripada analisis haba oleh Dr. Michael Khonsari menggunakan perisian (ANSYS5.0).	67

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Industri kereta berkembang dengan begitu pesat kerana kereta telah menjadi satu keperluan pengangkutan penting masa kini. Bersesuaian dengan itu, setiap komponen pada kereta perlulah diubahsuai dari masa ke semasa untuk menjamin keselamatan dan keselesaan. Pelbagai analisis dan kajian dibuat terhadap semua sistem yang beroperasi pada kereta termasuklah brek. Brek merupakan komponen yang amat penting bagi memperlambatkan dan memberhentikan sesebuah kenderaan. Untuk itu, prestasi dan keupayaan sesuatu brek memberhentikan kenderaan pada masa yang sesuai amat penting dan perlu dibuat analisis pengubahsuaian.

Jika dilihat pada hari ini, pelbagai jenis brek telah dicipta dan diperbaharui. Tujuan utamanya adalah untuk mendapatkan kecekapan dan keupayaan yang maksimum. Walau bagaimanapun setiap brek yang direka bentuk mempunyai fungsi dan kepentingan masing-masing. Tetapi tidak kiralah apa jenis mekanisme operasi yang digunakan, ianya mempunyai fungsi yang sama iaitu memberikan daya pada pad untuk tindakan pembrekan. [1].

Terdapat beberapa jenis sistem dalam operasi pembrekan antaranya adalah sistem mekanikal, pneumatik, hidraulik, elektrik dan automatik. Sistem yang digunakan pada brek memainkan peranan penting dalam menilai keupayaan pembrekan. Walau apa pun, jenis material pada *disc* dan *pad* juga perlu diambil

kira. Untuk itu, analisis tegasan haba (*Thermal Stress*) yang dilakukan terhadap brek *disc* ini dapat memberikan sedikit sebanyak jawapan kepada kecekapan sesuatu brek.

Dalam Projek ini, Analisis Unsur Terhingga (*Finite Element Analysis*) FEA digunakan bagi menganalisis tegasan haba terhadap brek *disc* dengan menggunakan perisian NASTRAN. Disebabkan analisis ini melibatkan beberapa pengiraan, penggunaan Analisis Unsur Terhingga (*Finite Element Analysis*) FEA dengan perisian komputer NASTARN mempunyai keistimewaan dan dapat membantu menyelesaikan masalah analisis yang rumit.

1.2 Analisa Masalah

Brek merupakan komponen yang amat penting dalam sesebuah kenderaan. Kerosakan yang berlaku pada sistem brek perlulah diambil berat. Boleh dikatakan kesemua jenis brek yang ada beroperasi dengan cara geseran di mana *pad* pada brek mengenakan daya pada *disc* menghasilkan geseran. Geseran ini yang dapat memperlahankan dan memberhentikan kenderaan. Tetapi jika geseran yang berlaku pada brek tidak berfungsi dengan baik, maka brek itu mungkin mengalami masalah.

Apabila *pad* brek bersentuh dengan *disc*, maka berlakunya geseran yang menyebabkan peningkatan suhu. Oleh kerana *disc* berputar, maka suhu akan berbeza pada permukaan *disc*. Perbezaan suhu ini yang menyebabkan berlakunya tegasan. Sebab itulah masalah gegaran brek (*brake judder*) disebabkan perubahan ketebalan *disc*DTV (*Disc Thickness Variation*) [13]. Sekiranya suhu adalah sekata pada sesuatu permukaan maka tegasan tidak akan berlaku. Analisis tegasan haba adalah kajian tegasan disebabkan perubahan suhu yang berlaku, iaitu kaitan antara tegasan dan suhu. Tegasan yang berlaku pada permukaan *disc* adalah salah satu punca kerosakan pada sistem brek.

1.3 Objektif Projek

Terdapat dua kriteria utama yang diselidik dan di analisis ke atas brek *disc* apabila berlaku pembrekan teruk :

1. Analisis Haba - Mengetahui perubahan suhu yang berlaku ke atas brek *disc* akibat daripada beban haba.
2. Analisis Tegasan - Mengetahui tegasan yang berlaku ke atas brek *disc* disebabkan perbezaan suhu.

1.4 Skop Kajian

Skop utama analisis ini adalah untuk mengetahui tegasan haba (*Thermal Stress*) ke atas brek *disc* menggunakan kaedah Analisis Unsur Terhingga (*Finite Element Analysis*) FEA dengan memilih NASTRAN sebagai perisiannya. Ianya meliputi:

1. Menganalisis beban (*loads*) yang menyebabkan berlakunya Tegasan haba pada brek *disc*.
2. Membuat lakaran geometri brek *disc*.
3. Membuat simulasi menggunakan kaedah Analisis Unsur Terhingga (*Finite Element Analysis*) FEA berbantuan perisian NASTRAN.
4. Menganalisis Tegasan haba yang berlaku.

BAB II

SISTEM BREK

2.4 Pengenalan

Idea untuk mereka bentuk brek wujud semenjak dari kenderaan beroda satu. Brek pertama yang dicipta ialah brek *wagon*. Apabila tayar jenis angin digunakan dengan keadaan jalan yang bertambah baik, penggunaan kenderaan yang menggunakan kuasa kuda dengan kelajuan tinggi juga turut meningkat. Ini menyebabkan permintaan dan penggunaan terhadap keberkesanan brek lebih diperlukan. Oleh itu brek *band* cengkaman luar telah dicipta. Penggunaan brek *band* juga adalah terhad sehinggalah terhasilnya brek gelendong pada akhir 1960-an [2].

Setelah itu, muncul pula beberapa penyelidik yang turut mengkaji mengenai teori geometri brek seperti Steeds, W. Newcomb, T.P and Spurr, R.T. sekitar tahun 60-an [3]. Kajian demi kajian terus dilakukan sehingga ke hari ini sama ada kajian dari sudut bahan geseran yang digunakan mahupun dari sudut bahan pergeseran untuk memperoleh prestasi brek yang lebih baik. Ini membuktikan bahawa kajian terhadap prestasi brek masih dilakukan pembaikannya. Dengan berbantuan peralatan teknologi-teknologi moden yang serba canggih pada masa kini, kajian dapat dilakukan dengan tepat.

2.2 Definisi brek

Secara definisinya, brek ialah satu peranti yang direka bentuk untuk menyerap tenaga kinetik dan menukarkannya kepada tenaga haba dengan menggunakan geseran [2] (Robert, S. 1989). Menurut [1] (Shigley, J.E. 1986) sekiranya satu badan adalah tetap dan daya kilas digunakan untuk memperlahankan atau memberhentikan putaran badan lain, peranti ini dinamakan brek.

2.3 Prinsip Sistem Brek

Tujuan sistem brek ialah untuk memperlahankan dan memberhentikan kenderaan pada bila-bila masa yang dikehendaki semasa operasi. Ianya mesti memberhentikan kenderaan secepat mungkin dan boleh digunakan dalam pelbagai keadaan untuk mengelakkan pelanggaran berlaku dan membolehkan operator mengawal kenderaan tersebut.

Berdasarkan hukum pertama termodinamik, tenaga tidak boleh dicapai atau dimusnahkan. Ianya hanya mampu ditukarkan dari satu bentuk kepada satu bentuk yang lain. Semua jisim yang bergerak akan menghasilkan tenaga kinetik. Tenaga kinetik yang terhasil bergantung kepada berat dan kelajuan. Tenaga kinetik bagi sesuatu badan yang besar adalah lebih besar jika dibandingkan dengan satu badan yang ringan untuk mencapai kelajuan yang sama. Apabila kelajuan bertambah, tenaga kinetik juga akan bertambah dan menyebabkan pertambahan sebanyak dua kali ganda kelajuan tersebut [4]. Di dalam sistem brek, tenaga kinetik ditukarkan kepada haba semasa geseran berlaku ketika pembrekan dilakukan.

Brek adalah peranti mekanikal yang menggunakan geseran untuk mengatasi pergerakan. Terdapat dua jenis geseran iaitu geseran statik dan geseran kinetik. Geseran statik ialah geseran di antara dua objek yang tetap manakala geseran kinetik ialah apabila satu objek bergelingsir melalui satu objek yang tetap. Kedua-dua geseran ini amat penting dalam operasi pembrekan.

Apabila dua permukaan bergeser, ia akan menghasilkan haba. Jumlah penghasilan haba dan geseran bergantung kepada tiga keadaan iaitu:

1. Jumlah tekanan yang dikenakan di antara permukaan gelangsar.
2. Kekasaran permukaan.
3. Jenis bahan.

Ianya juga bergantung kepada jangka masa geseran itu berlaku. Jika geseran itu berlaku terlalu lama maka haba yang akan terhasil adalah tinggi. Jumlah geseran diwakili oleh pekali geseran. Apabila pekali geseran adalah kecil, maka geseran yang terhasil adalah kecil begitulah sebaliknya. Haba yang terhasil dibebaskan ke persekitaran.

2.4 Faktor-faktor Pembrekkan Berlaku

Terdapat empat sifat yang mempengaruhi jumlah geseran yang dihasilkan iaitu tekanan, pekali geseran, permukaan geseran dan haba yang dikeluarkan [2](Robert, S. 1989).

2.5.1 Tekanan

Di dalam brek *disc*, kedua-dua permukaan bergeser dengan cara *pad* ditolak ke arah dalam pada kedua-dua belah *disc*. Tekanan yang lebih tinggi diperlukan kerana brek *disc* ialah tidak mempunyai tenaga. Atas alasan ini, semua daya pembrekan diperolehi dari sistem hidraulik. Oleh itu kuasa digunakan bagi membantu di dalam penggunaan brek *disc* terutama bagi kenderaan yang besar.

2.5.2 Pekali Geseran

Pekali geseran merupakan salah satu aspek yang penting bagi memastikan prestasi yang optimum. Oleh itu, apabila menukar sesuatu komponen, perkara yang perlu diberi perhatian ialah memilih pekali geseran yang hampir sama dengan yang sebelumnya. Sekiranya pekali geseran terlalu besar, brek akan melekat semasa memberhentikan kenderaan dan menyebabkan cengkaman yang sentap serta roda akan terangkat. Sekiranya pekali geseran rendah, bahan geseran lebih cenderung untuk lebih bergelingsir pada permukaan gelendong atau piring daripada memperlahankan kenderaan. Pekali geseran yang sesuai adalah antara 0.25 sehingga 0.55 bergantung kepada jenis penggunaan.

2.5.3 Permukaan Geseran

Permukaan geseran yang besar akan memberhentikan kenderaan dengan lebih cepat berbanding dengan permukaan geseran yang kecil pada kenderaan yang sama. Secara amnya, brek yang digunakan pada keempat-empat roda dapat memperlahankan dan memberhentikan kenderaan dengan lebih cepat berbanding dengan menggunakan dua brek. Andaian ini dibuat berdasarkan kenderaan yang sama [2](Robert, S. 1989).

2.5.4 Haba Yang Dikeluarkan

Faktor ini penting dalam mereka bentuk brek. Haba yang terhasil disebabkan oleh permukaan brek yang bergeser akan dibebaskan ke persekitaran, rujuk **Rajah 2.1**. Haba dikeluarkan dengan lebih cepat pada komponen brek yang mempunyai kawasan permukaan yang lebih kasar. Oleh itu, berat dan kelajuan yang dihasilkan dapat menentukan saiz mekanisme pembrekan dan kawasan permukaan geseran bagi *pad* atau kasut. Kelenturan brek boleh berlaku sekiranya brek tidak mengeluarkan haba secara berkesan semasa brek yang kuat dan berterusan. *Pad* akan menjadi berkilat manakala *disc* atau gelendong menjadi lebih keras. Oleh itu, pekali