

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini memadai dari segi konsep dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)”

Tandatangan

: 

Nama Penyelia

: EN. OMAR BAPOKUTTY

Tarikh

: MEI 2007

**KAJIAN KELESUAN TERHADAP LOGAM MENGGUNAKAN BEBANAN
MAMPATAN**

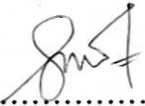
MOHAMAD BUHORI FAUZI

**Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal sebagai memenuhi
sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan
Mekanikal (Struktur & Bahan)**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

Mei 2007

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

Tandatangan : 

Nama Penulis : MOHAMAD BUHORI FAUZI

Tarikh : MEI 2007

Untuk kedua ibu bapa tersayang

Encik Fauzi bin Daud dan Puan Mek Embong Abdullah

Adik-adik Saya

Mohd Hafiz

Hanisah

Sanak saudara yang lain, kawan lelaki dan kawan perempuan...

PENGHARGAAN

Bersyukur kehadiran Ilahi kerana dengan limpah dan kurnia-Nya dapatlah saya menyiapkan kajian saya ini dengan sempurna. Saya juga bersyukur kerana sepanjang saya menuntut ilmu di Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) dipermudahkan oleh-Nya untuk menerima ilmu yang diajari.

Dikesempatan ini saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi ucapan terima kasih kepada penyelia En.Omar Bapokutty kerana bantuan, sokongan dan juga kesabaran beliau dalam menyelia kajian saya ini selama lebih kurang setahun. Dari itu, saya berasa berbangga kerana menjadi salah seorang pelajar dibawah seliaan beliau. Ini kerana, tanpa ilmu yang beliau miliki itu tidak mungkin saya dapat menyiapkan kajian ini dengan sempurna.

Saya juga ingin mengucapkan berjuta-juta terima kasih kepada juruteknik yang berpengalaman iaitu Encik Rashdan bin Seman dan Encik Ridzuan bin Ahmad diatas pertolongan yang telah diberikan semasa kajian dilakukan. Tanpa pertolongan tersebut tidak mungkin saya dapat menyiapkan kajian ini.

Tidak lupa juga kepada kawan-kawan yang mana telah banyak memberi pertolongan dan dorongan dalam menyiapkan tesis ini. Akhir sekali, ucapan terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada kedua ibu bapa tercinta kerana berkat doa mereka dapatlah tesis ini disiapkan. Terima kasih semua.

ABSTRACT

Fatigue is one of the defect that occur on metal. This study is important because from this study the fatigue limit of metal can be discover. Fatigue on metal can occur by various force such as tension, compression and tension compression. To do fatigue on metal, specimen was prepared from cutting to shape it with CNC machine. From the specimen, first testing is compression testing. The purpose of the test is to get the mean stress for the fatigue testing. After the mean stress was obtained, then fatigue was done by using INSTRON 8802 machine. From fatigue testing, S-N curve is obtained. Fatigue limit is depend on amplitud that used during testing.

ABSTRAK

Kelesuan logam merupakan salah satu kelemahan yang berlaku pada logam. Kajian kelesuan adalah penting kerana melalui kajian ini dapatlah diketahui tahap limitasi kelesuan yang dicapai oleh logam yang digunakan. Kelesuan logam pula boleh berlaku diakibatkan oleh daya-daya seperti mampatan, tegangan dan juga daya tegangan-mampatan. Untuk menghasilkan kelesuan pada logam, spesimen disediakan bermula dari pemotongan bahan dan pembentukan spesimen menggunakan mesin CNC. Dari spesimen yang dihasilkan, ujian yang pertama dilakukan adalah ujian mampatan. Tujuan mampatan ini dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai rujukan bagi ujian kelesuan menggunakan daya mampatan. Setelah nilai rujukan diperolehi, maka ujian kelesuan dilakukan menggunakan mesin INSTRON 8802. Dari ujian ini, data yang diperolehi akan menghasilkan graf lengkung S-N. Kekuatan kelesuan logam pula bergantung kepada amplitud yang digunakan semasa ujian dilakukan.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
1	PENGENALAN	
	1.1 Pengenalan kepada kelesuan	1
	1.2 Kelesuan kitar rendah	5
	1.3 Kelesuan kitar tinggi	6
	1.4 Faktor yang mempengaruhi kelesuan	7
	1.5 Objektif kajian	11
	1.6 Skop kajian	11
	1.7 Masalah yang dihadapi	12
2	KAJIAN ILMIAH	
	2.1 Kajian ilmiah	15
3	BAHAN, PERALATAN, KAEDAH	
	3.1 Bahan yang digunakan	24
	3.2 Peralatan yang digunakan	26
	3.3 Kaedah penyediaan spesimen	31
	3.4 Kaedah kajian dilakukan	34
	3.4.1 Ujian mampatan	34
	3.4.2 Ujian kelesuan	36

4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Keputusan	40
4.2	Keputusan ujian mampatan	40
4.3	Keputusan ujian kelesuan	43
4.4	Perbincangan bagi ujian mampatan	46
4.5	Nilai rujukan	47
4.6	Perbincangan bagi ujian kelesuan	49
4.7	Lengkung S-N	52
4.8	Faktor yang mempengaruhi kelesuan	54
5	KESIMPULAN DAN CADANGAN UNTUK KERJA PADA MASA HADAPAN	
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Cadangan untuk kerja masa hadapan	57
	RUJUKAN	58
	LAMPIRAN A	60
	LAMPIRAN B	63
	LAMPIRAN C	65

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Faktor keboleharapan	9
2.1	Komposisi kimia bahan ujikaji	21
3.1	Spesifikasi bahan yang digunakan	24
3.2	Jadual sifat mekanikal	25
3.3	Spesifikasi Mesin gergaji lengkung	27
3.4	Spesifikasi Mesin Larik CNC	28
3.5	Spesifikasi Mesin Instron 8802	30
4.1	Nilai Bagi Ujian Mampatan	41
4.2	Nilai bagi ujian kelesuan	43

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Pembengkokan dawai keluli	2
1.2	Hentakan pada gandar kenderaan	2
1.3	Getaran jambatan	3
1.4	Pegas kenderaan	4
1.5	Graf S-N	6
2.1	Gambarajah bebanan pada aci roda	17
2.2	Keretakan kelesuan yang ditemui oleh Ewing	18
2.3	Kadar pertumbuhan Retak-lesu dalam Ti6242 aloi Di 520°C dengan pelbagai mikrostruktur lamena	20
2.4	Dimensi bahan ujikaji A	22
2.5	Dimensi bahan ujikaji B	22
2.6	Lengkung S-N bagi spesimen permukaan rata	23
3.1	Mesin gergaji lengkung	26
3.2	Mesin larik CNC	27
3.3	Mesin Instron 8802	29
3.4	Bentuk spesimen bagi kajian kelesuan	31
3.5	Proses pemotongan logam berkarbon rendah	32
3.6	Proses pembentukan spesimen	33
4.1	Graf ujian mampatan	42
4.2	Graf bebanan amplitud 20 kN	43

4.3	Graf bebanan amplitud 18 kN	44
4.4	Graf bebanan amplitud 16 kN	44
4.5	Graf bebanan amplitud 10 kN	45
4.6	Jenis kitaran bagi kelesuan	47
4.7	Lengkung S-N	51
4.8	Perbandingan had ketahanan antara keluli dan aluminium	52

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	DEFINISI
T	Suhu (Temperature)
F	Daya (Force)
A	Luas (Area)
L	Panjang (Length)
N	Kitaran (cycle)
HURUF GREEK	DEFINISI
σ	Tegasan
ϵ	Terikan
δ	Perubahan jarak
SINGKATAN	DEFINISI
AISI	American International Supply Inc.
SAE	Stanford Applied Engineering
ASTM	American Standard Test Material
CNC	Computer Numerical Control

BAB 1

PENDAHULUAN

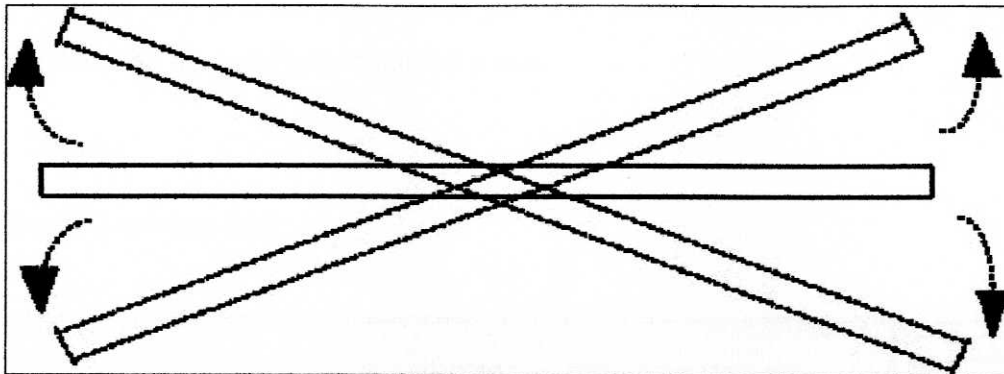
1.1 Pengenalan kepada kelesuan

Secara umumnya kelesuan (fatigue) merupakan kegagalan yang dialami oleh sesuatu bahan logam. Kegagalan ini disebabkan tindakan beban pegun atau beban yang bertindak sekali sehingga sesuatu komponen gagal seperti ujian tegangan. Tetapi fenomena ini boleh dikatakan jarang ditemui.

Di dalam sains bahan, definisi kepada kelesuan adalah suatu proses kerosakan struktur tetap yang berlaku ke atas suatu bahan logam apabila dikenakan daya siklik ataupun daya-daya lain seperti daya tegangan (tensile), daya mampatan, daya tegangan mampatan dan juga daya turun naik. Hasil daripada itu akan menghasilkan daya tekanan, daya tegangan maksimum (ultimate tensile stress) dan juga tegasan alah (yield stress) yang mana akan membawa kepada kegagalan kepada logam.

Kebanyakan kegagalan adalah melibatkan tindakan beban berulang kali. Kegagalan jenis ini dinamakan kegagalan lesu. Contoh-contoh bebanan berulang kali yang boleh mengakibatkan kegagalan lesu diberikan di bawah.

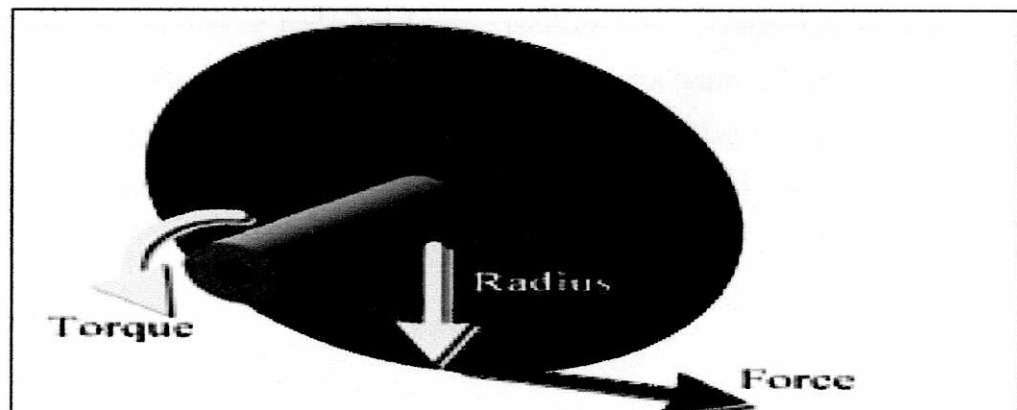
Kes 1 - Pembengkokan dawai keluli berulang kali



Rajah 1.1 Pembengkokan dawai keluli

Di sini titik kepada pembengkokan adalah berada pada tengah-tengah dawai, jadi di sini apabila berlaku pembengkokan yang melampaui had berulang kali pada tengah dawai tersebut akan menyebabkan dawai patah.

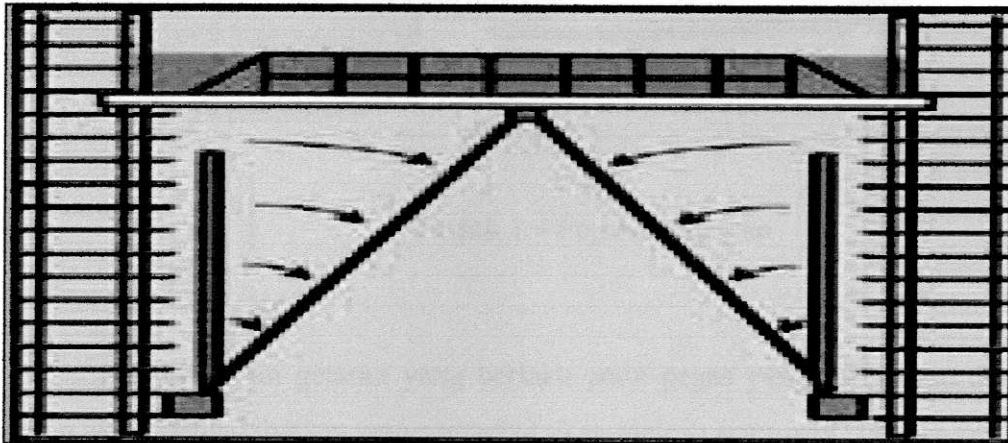
Kes 2 - Hentakan dan getaran pada gandar kenderaan



Rajah 1.2 Hentakan pada gandar kenderaan

Apabila sesuatu kenderaan bergerak maka apa yang turut bergerak ialah roda dan gerakan roda itu akan mengakibatkan hentakan dan getaran pada gandar tersebut. Hentakan dan getaran yang melampau dan berulang kali yang berlaku pada pangkal gandar akan mengakibatkan gandar patah.

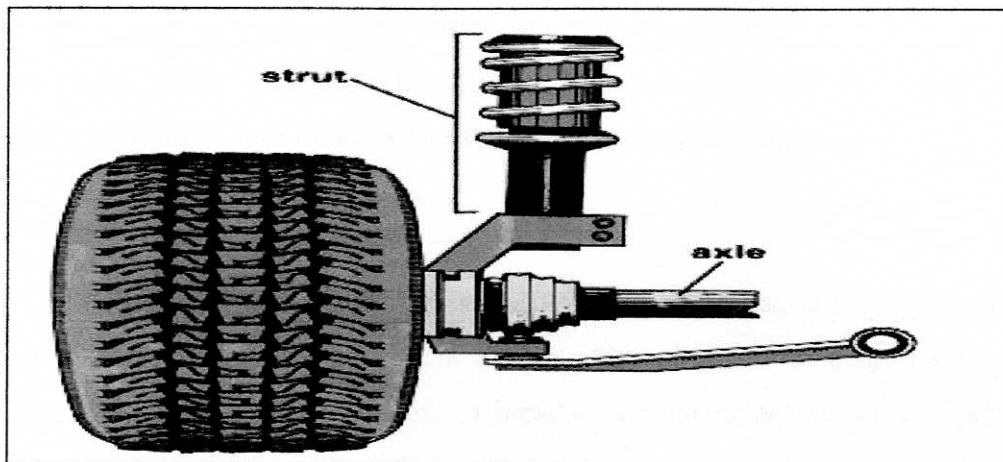
Kes 3 -Jambatan besi



Rajah 1.3 Getaran jambatan

Seperti juga gandar pada kenderaan, jambatan juga mengalami getaran. Getaran ini selalunya berlaku akibat tiupan angin dan juga gegaran bumi. Di sini apabila hentakan dan getaran yang tinggi berlaku akan mengakibatkan kegagalan lesu pada bahagian yang lemah seperti bahagian sambungan kimpalan dan juga bahagian berkarat.

Kes 4 –Pegas pada sistem gantungan kereta



Rajah 1.4 Pegas kenderaan

Hentakan dan getaran yang berlaku pada pegas yang melampau dan berulang-ulang akan mengakibatkan pegas tersebut akan melesu seterusnya ia akan patah.

Keempat-empat kes di atas sekiranya diamati dengan teliti, maka apa yang akan dapat dilihat ialah bentuk dan kelakuan tegasan yang bertindak. Umpamanya, kita ambil kes 1 iaitu kes pembengkokan dawai secara berterusan. Tegasan yang terhasil ataupun terlibat adalah tegasan lenturan.

Sekiranya kita analisis satu titik pada bahagian atas dawai (bukan pada kedudukan paksi neutral) maka kita akan dapati apabila dawai dibengkokkan ke atas, titik ini akan mengalami mampatan dan apabila dawai ini dibengkokkan ke bawah, titik ini akan mengalami tegangan.

Manakala kes 2, iaitu gandar kenderaan pula menghasilkan tegasan lenturan (akibat berat kereta dan hentakan) dan ricih kilasan. Tegasan ricih kilasan adalah akibat tindakan pacuan sistem penghantaran kuasa dan tindakbalas geseran tayar dan tegasan ini adalah malar. Jika kita tandakan satu titik pada aci gandar dan apabila aci berputar maka kedudukan titik ini akan bertukar mengikut putaran aci gandar.

Apabila titik ini berada di bahagian atas aci gandar, ia akan mengalami tegasan lenturan mampatan dan apabila ia berada pada paksi neutral maka tiada tegasan akan bertindak dan seterusnya apabila ia berada pada bahagian bawah aci (perut) maka ia akan mengalami tegasan lenturan tegangan.

Apa yang paling penting kelesuan selalunya bermula dengan keretakan kecil yang tidak kelihatan dengan mata kasar dan agak sukar juga untuk dilihat menggunakan pancaran-x. Keretakan selalunya bermula pada bahagian yang lemah seperti pada lubang, alur kunci dan juga pada bahagian yang terdapat pertukaran saiz seperti alur, takuk dan kambi (pada bahagian seperti ini terdapat tumpuan tegasan yang tinggi).

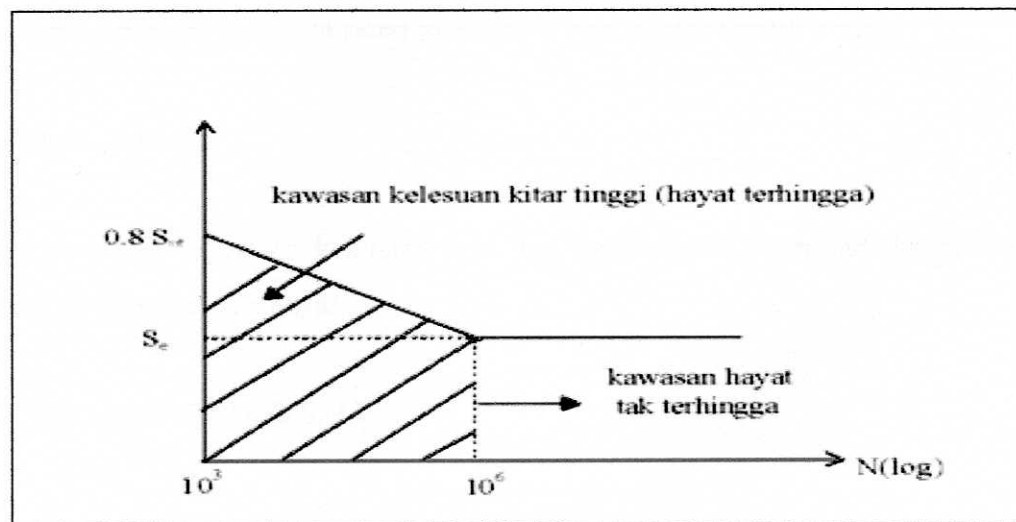
1.2 Kelesuan kitar rendah

Pengetahuan mengenai kekuatan lesu bagi kitar rendah perlu di dalam merekabentuk alat seperti peluru berpandu dan mesin yang mengalami kesan bebanan lebih yang besar. Di mana apabila tekanan tekanan yang tinggi berlaku ini cukup untuk berlakunya pembentukan plastik, di sini istilah tekanan kurang berguna dan tegangan dalam bahan logam menunjukkan perilaku yang senang.

Hayat kelesuan kitar rendah adalah di antara $1 < N < 10^3$ kitar. Kaedah terbaik untuk menentukan hayat dan kekuatan kelesuan kitar rendah adalah menggunakan kaedah unsur terhingga.

1.3 Kelesuan kitar tinggi

Hayat kelesuan kitar tinggi adalah di antara 10^3 hingga 10^6 kitar. Kaedah mengira nilai kekuatan lesu dan hayat kelesuan kitar tinggi adalah berdasarkan kepada gambarajah S-N seperti ditunjukkan dalam Rajah 1.5. Dengan menggunakan konsep persamaan garis lurus, perkaitan di antara kekuatan lesu S_f dan hayat N dapat dicari melalui:



Rajah 1.5 Graf S-N

Daripada graf tersebut terhasilnya persamaan garis lurus dan persamaan logaritma iaitu ;

$$y = mx + c$$

$$\log S_f = b \log N + C$$

Kecerunan b adalah kecerunan di antara titik kekuatan lesu pada hayat 10^3 kitar iaitu $0.8 S_{ut}$ dan titik kekuatan lesu pada hayat 10^6 iaitu S_e . Oleh itu kecerunan b adalah seperti berikut ;

$$b = 1/3 \log 0.8S_{ut}/S_e$$

Manakala nilai persilangan pada paksi menegak c pula adalah seperti berikut ;

$$C = \log (0.8S_{ut})^2/S_e$$

Oleh itu perkaitan di antara kekuatan lesu dan hayat boleh diberikan dalam bentuk perhubungan kelesuan dan hayat ;

$$S_f = 10C N^b \text{ atau } N = 10^{C/b} S_f^{1/b}$$

1.4 Faktor yang mempengaruhi kelesuan

Jika dilihat pelbagai faktor boleh dikaitkan dengan kelesuan logam yang berlaku terhadap komponen struktur. Antaranya termasuklah yang berkaitan dengan faktor daya (load), geometri dan sifat khas yang ada pada komponen tersebut, dan juga faktor persekitaran luaran.

Parameter yang ada pada daya ialah seperti daya tekanan, julat daya, nisbah daya, beban statik atau berulang, frekuensi, dan juga tekanan maksimum. Manakala parameter yang ada pada geometri dan sifat khas komponen ialah seperti kadar tegangan, saiz, kecerunan tekanan, dan juga sifat mekanikal pada logam tersebut. Sementara itu, persekitaran luaran pula ialah seperti suhu serta keadaan sekeliling.

Manakala untuk tujuan pembelajaran, sebahagian daripada faktor-faktor di atas diambilkira dalam menentukan nilai had ketahanan betul S_e . Tidak semua faktor akan kita selidiki dan ambilkira. Untuk amalan sebenar kejuruteraan, kesemua faktor di atas perlu diambilkira dalam bahagian ini. Nilai had ketahanan betul, S_e setelah mengambilkira faktor-faktor di atas diberikan oleh persamaan had ketahanan sebenar iaitu ;

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_{e'}$$

dimana :

$S_{e'}$ = had ketahanan belum betul

k_a = faktor kemasan permukaan

k_b = faktor saiz

k_c = faktor keboleharapan

k_d = faktor suhu

k_e = faktor penumpuan tegasan

k_f = faktor pelbagai seperti karatan, elektropenyaduan, penyemburan logam, frekuensi berkitar dan karatan penggeselsuaian

Faktor kemasan permukaan k_a

Nilai faktor kemasan permukaan dapat ditentukan melalui graf di bawah. Graf ini boleh digunakan untuk keluli, keluli tuang dan besi tuang.

Faktor saiz k_b

Faktor saiz bergantung kepada jenis bebanan iaitu lenturan dan kilasan, dan bebanan paksi.

Faktor keboleharapan k_c

Faktor keboleharapan k_c diberikan dalam bentuk jadual di bawah dan berdasarkan kepada 8 peratus sisihan piawai had ketahanan lesu.

Jadual 1.1 Faktor keboleharapan

Keboleharapan R	Pembolehubah piawai z_r	Faktor keboleharapan k_c
0.50	0	1.000
0.90	1.288	0.897
0.95	1.645	0.868
0.99	2.326	0.814
0.999	3.090	0.753
0.999 9	3.719	0.702
0.999 99	4.265	0.659
0.999 999	4.753	0.620
0.999 999 9	5.199	0.584
0.999 999 99	5.612	0.551
0.999 999 999	5.997	0.520

Faktor suhu k_d

Faktor suhu ditentukan seperti berikut:

$$T = 350^{\circ}\text{C}$$

$$K_d = 1.0$$

$$T = 500^{\circ}\text{C}$$

$$K_d = 0.5$$

Faktor penumpuan tegasan k_e

Faktor penumpuan tegasan digunakan untuk meramalkan keamatan tegasan lesu pada kedudukan genting seperti lubang, alur, takuk dan penambahan atau penurunan saiz keratan. Ini disebabkan berlaku penumpuan tegasan pada tempat-tempat seperti ini yang boleh menyebabkan kegagalan lesu. Sebelum faktor ini dapat ditentukan, kita perlu menentukan terlebih dahulu kedudukan yang mengalami tegasan tertinggi menggunakan faktor penumpuan tegasan teori K_t atau K_{ts} .

Faktor pelbagai k_f

Faktor pelbagai k_f mengambilkira kesan karat, elektropenyaduran, frekuensi berkisar dan sebagainya yang telah diterangkan sebelum ini. Jangan tersalah anggap bahawa $k_f = K_f$. Sekiranya faktor ini tidak penting, anggap $k_f = 1.0$. Walaubagaimanapun, nilai ini patut di ambilkira dalam amalan sebenar kejuruteraan.