

**ANALISIS PERHITUNGAN USIA PAKAI *ANGULAR CONTACT BALL*  
*BEARING* TERHADAP BEBAN DENGAN SUSUNAN *DOUBLE*  
*BACK TO BACK (DBB)* PADA UNIT *SPINDLE MACHINING*  
*CENTER EX-40* MESIN MITSUBISHI HEAVY  
INDUSTRIES SN040C**



ILHAM NURIKHSAN  
NIM: 41318120070

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2021

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PERHITUNGAN USIA PAKAI *ANGULAR CONTACT BALL*  
BEARING TERHADAP BEBAN DENGAN SUSUNAN *DOUBLE*  
*BACK TO BACK* (DBB) PADA UNIT *SPINDLE MACHINING*  
*CENTER EX-40* MESIN MITSUBISHI HEAVY  
INDUSTRIES SN040C



U N I V E R S I T A S  
MERCUBUANA

Disusun Oleh

Nama : Ilham Nurikhsan  
NIM : 41318120070  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
JANUARI 2021

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PERHITUNGAN USIA PAKAI *ANGULAR CONTACT BALL BEARING* TERHADAP BEBAN DENGAN SUSUNAN *DOUBLE BACK TO BACK (DBB)* PADA UNIT SPINDLE *MACHINING CENTER EX-40* MESIN MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES SN040C**



Disusun Oleh

Nama : Ilham Nurikhsan

NIM : 41318120070

Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Pada tanggal : 14 Januari 2021

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Koordinator Tugas Akhir



Ade Firdianto, ST., M.Eng.

NIP. 186490142



Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng

NIP. 216910097

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Ilham Nurikhsan  
NIM 41318120070  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Judul Tugas Akhir Analisis Perhitungan Usia Pakai *Angular Contact Ball Bearing* Terhadap Beban Dengan Susunan *Double Back to Back* (DBB) Pada *Unit Spindle Machining Center EX-40* Mesin Mitsubishi Heavy Industries SN040C

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 14 Januari 2021



Ilham Nurikhsan

## PENGHARGAAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Perhitungan Usia Pakai *Angular Contact Ball Bearing* Terhadap Beban Dengan Susunan *Double Back to Back (DBB)* Pada *Unit Spindle Machining Center EX-40* Mesin Mitsubishi Heavy Industries SN040C”. Laporan ini disusun guna melengkapi dan menyelesaikan Tugas Akhir bagi kami selaku mahasiswa Universitas Mercu Buana Program Studi Teknik Jurusan Teknik Mesin dan guna meningkatkan peran kami mahasiswa untuk menerapkan materi yang telah dipelajari untuk diterapkan di lapangan. Dalam kesempatan ini penulis akan menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Ngadino Surip, MS selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Bapak Danto Sukmajati, ST, M.Sc, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M. Eng selaku Sekertaris Program Studi Teknik Mesin dan juga koordinator tugas akhir.
5. Bapak Ade Firdianto, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak mengarahkan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Dedik Romahadi, ST., M.Sc selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Bapak Sunarto selaku *Section Head* Departemen *Maintenance* PT. X yang mendukung dalam pembuatan Tugas Akhir ini
9. Kedua orang tua saya tercinta yang telah membesarkan dan mendidik saya dengan penuh kasih sayang.
10. Serta pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak merupakan masukan yang berharga agar penulis dapat menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini.

Jakarta, 14 Januari 2021

Ilham Nurikhsan



## ABSTRAK

Mesin Mitsubishi Heavy Industries SN040C *Machining Center EX-40* merupakan mesin *horizontal machining center* untuk memproses salah satu komponen unit transmisi yaitu *extention housing*. Pada mesin ini komponen yang berperan penting supaya proses permesinan dapat menghasilkan nilai ketelitian yang sangat tinggi adalah *unit spindle* di mana dapat memproses *extension housing* dengan nilai kekasaran atau *roughness* kurang dari 6,3 [ $\mu\text{m}$ ]. Dari data riwayat mesin MHI SN040C *Machining Center EX-40* diketahui terdapat dua kasus permasalahan pada *bearing unit spindle* yang menyebabkan kinerja *unit spindle* terganggu dan hasil produksi dari mesin ini *not good* (NG) sehingga *line* produksi berhenti yaitu pada tanggal 10 Agustus 2010 dan tanggal 28 Januari 2017. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung beban-beban yang terjadi pada *angular contact ball bearing* dan menghitung usia pakai *angular contact ball bearing* secara pendekatan matematis berdasarkan ISO 281:270 sehingga dapat dilakukan perbandingan dengan usia pakai aktual di lapangan dan diketahui performa dari *bearing* tersebut. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa usia pakai *bearing* secara pendekatan matematis adalah 36110 jam. Sedangkan usia pakai di lapangan terendah adalah 32255 jam. Nilai ini lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil perhitungan secara pendekatan matematis dan nilai standar yang dikeluarkan american roller bearing yaitu 40000 jam. Hal menunjukkan adanya kemunduran performa pada *bearing unit spindle* yang disebabkan oleh faktor *methods pada saat* penanganan *bearing*, pelumasan, dan penanganan *troubleshooting* yang kurang tepat. Terlebih belum adanya jadwal untuk penggantian *bearing* menyebabkan mesin ini menghasilkan kualitas produk yang tidak sesuai standar dan berhenti beroperasi ketika ada masalah yang berkaitan dengan *bearing* pada *unit spindle*.

Kata kunci : Mitsubishi Heavy Industries SN040C, *Bearing Unit Spindle*, Usia Masa Pakai, *Angular Contact Ball Bearing*

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**ANALYSIS OF CALCULATION LIFETIME ANGULAR CONTACT BALL  
BEARING BASED ON LOAD WITH DOUBLE BACK TO BACK (DBB)  
CONFIGURATION ON SPINDLE UNIT MACHINING CENTER  
EX-40 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES SN040C**

**ABSTRACT**

*Mitsubishi Heavy Industries SN040C Machining Center EX-40 is a horizontal machining center machine for processing one of the transmission unit components, namely the extension housing. In this machine, the component that plays an important role so that the machining process can produce very high accuracy values is the spindle unit which can process extension housings with a roughness value of less than 6.3 [ $\mu\text{m}$ ]. From the historical data of the MHI SN040C Machining Center EX-40, it is known that there are two cases of problems with the spindle unit bearings which cause the performance of the spindle unit to be disturbed and the production quality of this machine are not good (NG) then stops the production line, the problems on August 10, 2010 and on the 28th. January 2017. The purpose of this research is to calculate the loads that occur on angular contact ball bearings and calculate the lifetime of angular contact ball bearings using a mathematical approach based on ISO 281:270 so the comparisons can be made with the actual lifetime at field and the performance of these bearings can be known. From the calculation known that the bearing lifetime based on a mathematical approach is 36110 hours. Meanwhile, the lowest lifetime in the field is 32255 hours. This value is lower than the calculation result based on a mathematical approach and the standard value issued by the American roller bearing is 40000 hours. This indicates a deterioration in the performance of the spindle unit bearing caused by the method of handling the bearing, lubrication, and improper troubleshooting. Moreover, the absence of a schedule for bearing replacement causes this machine to produce non-standard product quality and stop operating when there are problems related to the bearings in the spindle unit.*

*Keywords : Mitsubishi Heavy Industries SN040C, Bearing Spindle Unit, Lifetime, Angular Contact Ball Bearing*



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
PENGHARGAAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. LATAR BELAKANG .....	1
1.2. RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.4. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH .....	3
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES SN040C <i>MACHINING CENTER EX-40</i> .....	4
2.2. PROSES PERMESINAN .....	10
2.3. <i>EXTENSION HOUSING</i> .....	11
2.4. <i>BEARING</i> .....	11
2.5. <i>PULLEY DAN TIMING BELT (T-BELT)</i> .....	16
2.6. DISTRIBUSI BEBAN-BEBAN PADA <i>BEARING UNIT SPINDLE</i> .....	17
2.7. USIA PAKAI <i>BEARING</i> BERDASARKAN ISO 281:2007.....	19
2.8. PENELITIAN SEBELUMNYA MENGENAI USIA PAKAI <i>BEARING</i> .....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1. DIAGRAM ALIR.....	25
3.1.1 Diagram Alir Pengambilan Data .....	25
3.1.2 Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2. ALAT DAN BAHAN.....	30
3.2.1 Objek Penelitian .....	30
3.2.2 Data Riwayat Mesin Mitsubishi Heavy Industries SN040C <i>Machining Center EX-40</i> .....	32
3.2.3 Usia Pakai <i>Bearing</i> Aktual di Lapangan .....	34
3.2.4 Bahan Data Pendukung Penelitian .....	35
3.2.5 Persamaan Untuk Beban yang Terjadi pada <i>Unit Spindle</i> .....	37

3.2.6	Persamaan Perhitungan Usia Pakai <i>Bearing</i> Secara Pendekatan Matematis .....	42
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	43
4.1	HASIL DAN ANALISIS PERHITUNGAN BEBAN YANG TERJADI PADA <i>ANGULAR CONTACT BALL BEARING</i> .....	43
4.2	USIA PAKAI ( <i>LIFETIME</i> ) <i>ANGULAR CONTACT BALL BEARING</i> ....	44
BAB V	PENUTUP.....	50
5.1	KESIMPULAN.....	50
5.2	SARAN.....	51
	DAFTAR PUSTAKA .....	53
	LAMPIRAN.....	55
	Lampiran 1 Hasil Perhitungan Beban dan Usia Pakai <i>Bearing</i> .....	55
	Lampiran 2 Tabel Torsi <i>Locknut</i> .....	62
	Lampiran 3 Tabel Nilai Besarnya Celah Pengencangan Tutup Penahan.....	63
	Lampiran 4 Tabel Konversi <i>Preload</i> .....	64
	Lampiran 5 Tabel Nama-nama Produk Spesial Grease untuk Unit Spindle.....	65
	Lampiran 6 Tabel Jumlah Kuantitas <i>Grease</i> untuk <i>Bearing</i> .....	66
	Lampiran 7 Tabel Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi Pada <i>Bearing</i> , Serta Penyebab dan Tindakan Perbaikannya .....	67
	Lampiran 8 Tabel Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi Pada <i>Bearing</i> , Serta Penyebab dan Tindakan Perbaikannya .....	68
	Lampiran 9 Tabel Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi Pada <i>Bearing</i> , Serta Penyebab dan Tindakan Perbaikannya .....	69
	Lampiran 10 Tabel Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi Pada <i>Bearing</i> , Serta Penyebab dan Tindakan Perbaikannya.....	70
	Lampiran 11 Tabel <i>Troubleshooting Bearing Unit Spindle</i> .....	71
	LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR.....	72
	LEMBAR REVISI SIDANG TUGAS AKHIR.....	74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kordinat <i>Axis</i> .....	5
Gambar 2.2 Susunan Konstruksi <i>Unit Spindle</i> .....	8
Gambar 2.3 <i>Unit Spindle</i> .....	9
Gambar 2.4 <i>Extension Housing</i> .....	11
Gambar 2.5 Komponen-komponen Utama <i>Bearing</i> .....	12
Gambar 2.6 <i>Super Precision Bearing</i> .....	13
Gambar 2.7 Garis Sudut Kontak <i>Angular Contact Ball Bearing</i> .....	14
Gambar 2.8 Susunan <i>Bearing</i> Jenis DBB .....	15
Gambar 2.9 <i>Double Row Cylindrical Roller Bearing</i> .....	15
Gambar 2.10 Faktor Penyebab Kegagalan pada <i>Bearing</i> .....	16
Gambar 2.11 <i>Super Torque T-Belt</i> .....	17
Gambar 2.12 Penomoran dan Arah Beban pada Susunan <i>Bearing</i> Jenis DBB .....	18
Gambar 2.13 <i>Free Body Diagram</i> .....	19
Gambar 2.14 <i>Chart</i> Jumlah Hari Operasional <i>Bearing</i> .....	22
Gambar 2.15 <i>Percentage of Increase in Basic Dynamic Load Rating Versus Bearing Lifetime</i> .....	24
Gambar 3.1 Diagram Pengambilan Data .....	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	29
Gambar 3.3 Dimensi <i>Pulley</i> .....	35
Gambar 4.1 <i>Chart</i> Usia Pakai ( <i>Lifetime</i> ) <i>Angular Contact Ball Bearing</i> .....	46
Gambar 4.2 <i>Fishbone Diagram</i> Penyebab Kemunduran Usia Pakai <i>Bearing</i> .....	47

MERCU BUANA

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Cara Membaca Nomor Seri <i>Super Precision Bearing</i> .....	13
Tabel 2.2 Usia Pakai Minimum <i>Bearing</i> untuk Berbagai Kondisi Pengoperasian dan Keandalan .....	20
Tabel 2.3 Spesifikasi <i>Ball Bearing Tipe Deep Groove 6314 Z</i> .....	21
Tabel 2.4 Data <i>Service Bearing Record</i> .....	22
Tabel 2.5 Hasil Perhitungan.....	23
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Unit Spindle</i> .....	30
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>High Precision Angular Contact Ball Bearing</i> .....	31
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Double Row Cylindrical Roller Bearing</i> .....	31
Tabel 3.4 Data Perawatan dan Perbaikan Pada <i>Unit Spindle</i> .....	32
Tabel 3.5 Data Rata-rata Waktu Kerja Mesin per Bulan Selama Setahun.....	34
Tabel 3.6 Usia Pakai ( <i>lifetime</i> ) <i>Bearing Unit Spindle</i> di Lapangan.....	35
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Pulley</i> .....	36
Tabel 3.8 Spesifikasi <i>Timing belt</i> .....	36
Tabel 3.9 Kondisi Pemotongan ( <i>Cutting Condition</i> ) dan Data Dimensi Alat Potong.....	37
Tabel 3.10 Data Permesinan untuk Proses Gurdi .....	38
Tabel 3.11 Faktor <i>Chain</i> atau <i>Belt</i> .....	39
Tabel 3.12 Nilai Faktor X dan Y.....	41
Tabel 4.1 Nilai Beban pada <i>Bearing Unit Spindle</i> untuk Setiap Proses .....	43
Tabel 4.2 Usia Pakai ( <i>lifetime</i> ) <i>Angular Contact Ball Bearing</i> .....	44
Tabel 4.3 Spesifikasi <i>Angular Contact Ball Bearing 7210</i> .....	45
Tabel 4.4 Usia Pakai ( <i>lifetime</i> ) <i>Angular Contact Ball Bearing 7210</i> .....	45
Tabel 5.1 Faktor-Faktor Yang Dapat Menjaga Performa <i>Bearing Unit Spindle</i> .....	51

## DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

Notasi	Keterangan
$F_{\text{tangensial}}$	Gaya tangensial [N]
P	Daya motor [kW]
$D_{\text{pulley}}$	Diameter <i>pulley</i> [mm]
N	kecepatan putar pada <i>spindle</i> [RPM]
$F_{\text{re}}$	Beban radial [N]
$f_{\text{belt}}$	Faktor <i>belt</i>
$P_r$	Beban ekuivalent [N]
X	faktor radial
V	faktor rotasi
Y	faktor aksial
$F_{\text{ae}}$	beban aksial [N]
$K_S$	faktor kerja
$L_{10}$	<i>Basic rating life</i> [hour]
$C_r$	Beban dinamik <i>bearing</i> [N]
K	Nilai Konstanta
$F_{\text{ap}}$	Total <i>preload</i> [N]
A	Kontak sudut <i>bearing</i> [°]
$F_{\text{ao}}$	Beban aksial [N]

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Perhitungan Beban dan Usia Pakai <i>Bearing</i> .....	55
Lampiran 2 Tabel Torsi <i>Locknut</i> .....	62
Lampiran 3 Tabel Nilai Besarnya Celah Pengencangan Tutup Penahan .....	63
Lampiran 4 Tabel Konversi <i>Preload</i> .....	64
Lampiran 5 Tabel Nama-nama Produk Spesial Grease untuk Unit Spindle .....	65
Lampiran 6 Tabel Jumlah Kuantitas <i>Grease</i> untuk <i>Bearing</i> .....	66
Lampiran 7 Tabel Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi pada <i>Bearing</i> , Serta Penyebab dan Tindakan Perbaikannya .....	67
Lampiran 7 Tabel Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi pada <i>Bearing</i> , Serta Penyebab dan Tindakan Perbaikannya .....	68
Lampiran 8 Tabel Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi pada <i>Bearing</i> , Serta Penyebab dan Tindakan Perbaikannya .....	69
Lampiran 9 Tabel Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi pada <i>Bearing</i> , Serta Penyebab dan Tindakan Perbaikannya .....	70
Lampiran 10 Tabel <i>Troubleshooting Bearing Unit Spindle</i> .....	71