

**PERANCANGAN SISTEM PERAWATAN BERDASARKAN
KONDISI PADA MESIN PERKAKAS BUBUT BEMATO
DI LABORATORIUM MEKANIK POLMAN BABEL**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Noermala Atika Sari

NIMR

1041819

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2022

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM PERAWATAN BERDASARKAN KONDISI PADA MESIN PERKAKAS BUBUT BEMATO DI LABORATORIUM MEKANIK POLMAN BABEL

Oleh

NOERMALA ATIKA SARI

NIMR 1041819

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



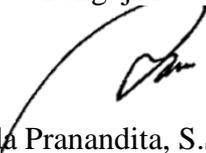
Indra Feriadi, S.S.T., M.T

Pembimbing 2



Angga Sateria S.S.T., M.T

Penguji 1



Nanda Pranandita, S.S.T., M.T

Penguji 2



Yudi Oktriadi, S.Tr., M.Eng

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Noermala Atika Sari

NIMR : 1041819

Dengan Judul : Perancangan Sistem Perawatan Berdasarkan Kondisi Pada Mesin Bubut Bemato di Laboratorium Mekanik Polman Babel.

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 27 Januari 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Noermala Atika Sari



ABSTRAK

Condition based maintenance adalah strategi yang paling efisien untuk melakukan serangkaian tindakan pemeliharaan (maintenance) berdasarkan penilaian peralatan yang dilakukan secara real time atau mendekati kondisi yang diperoleh dari hasil pengujian atau pengambilan data yang telah dilakukan dengan strategi yang efisien. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk merancang sistem perawatan berdasarkan kondisi pada mesin perkakas bubut Bemato yang berada di laboratorium Teknik polman babel. Dari penelitian ini, dilakukan proses pengambilan data untuk melihat besaran penyimpangan yang terjadi pada setiap mesin perkakas bubut tersebut. Mesin perkakas bubut yang dilakukan pada penelitian sebanyak 6 unit. Pemantauan kondisi pada mesin-mesin perkakas bubut tersebut meliputi, pengambilan data ketelitian geometri, pengecekan viskositas pelumas, pengecekan getaran/vibrasi, pengecekan kecepatan spindle, pengecekan suhu dan pengecekan feeding rate. Hasil monitoring menunjukkan bahwa terjadi penyimpangan ketelitian geometri sebesar 47%, viskositas sebesar 44%, pengecekan vibrasi sebesar 33%, kecepatan spindle masih sesuai standar, pengecekan suhu yang dilakukan pada menit ke 15, menit 30, menit 45 dan menit ke 60 masih sesuai standar dan pengecekan feeding rate menemukan 2 mesin yang masih berfungsi.

Kata kunci : ConditionBasedMaintenance, Monitoring Mesin, MesinBubut.

ABSTRACT

Condition based maintenance is the most efficient strategy for performing a series of maintenance actions based on assessment of equipment carried out in real time or close to the conditions obtained from the results of testing or data retrieval that has been done with an efficient strategy. The purpose of this research was to design a maintenance system based on the conditions on the Bemato lathe machine located in the babel polman engineering laboratory. From this research, the process of retrieving data to see the magnitude of deviations that occur in each lathe machine. Lathe tooling machine conducted in research as many as 6 units. Monitoring of conditions on the lathes these lathes include, taking data on geometry accuracy, checking the viscosity of lubricants, vibration checking/ vibration, spindle speed checking, temperature checking and feeding rate checking. The monitoring results showed that there was a geometric accuracy deviation of 47%, viscosity by 44%, vibration checking by 33%, spindle speed was still in accordance with standards, temperature checks conducted at 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes and 60 minutes were still up to standard and feeding rate checks found 2 machines that were still working.

Keywords : ConditionBasedMaintenance, Machine Monitoring, Lathe.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nyalah penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu dengan judul “Perancangan Sistem Perawatan Berdasarkan Kondisi Pada Mesin Perkakas Bubut Bemato di Laboratorium Mekanik Polman Babel”.

Tujuan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan pendidikan Diploma IV Jurusan Teknik Mesin pada Prodi D-IV Teknik Mesin dan Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang penulis tempuh.

Penulis juga ini menyampaikan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, baik berupa dorongan moral maupun materi. Karena tanpa bantuan dan dukungan tersebut, sulit rasa-nya bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Disamping itu, izinkan penulis untuk menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Ucapan terimakasih dan penghargaan yang sangat spesial penulis hanturkan dengan rendah hati dan rasa hormat kepada papa dan mama penulis tercinta, beserta keluarga yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik doa restu, petunjuk maupun materi.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng.,Ph.D. selaku Rektor Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Indra Feriadi, S.S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memotivasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Angga Sateria, S.S.T., M.T selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

5. Bapak Boy Rolastin, S.Tr., M.T yang selalu meluangkan waktu kepada penulis untuk membimbing dan selalu memberikan nasehat terbaik kepada penulis.
6. Ketua jurusan Teknik Mesin bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng.
7. Bapak dan ibu dosen Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah memberikan ilmu kepada penulis. Semoga bapak dan ibu dosen selalu dalam lindungan Allah SWT sehingga ilmu yang telah diajarkan dapat bermanfaat dikemudian hari.
8. Teman-teman seperjuangan terutama kelas TMM A yang telah memberikan motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Rusdiansah selaku orang spesial yang selalu memberikan motivasi serta mendukung kegiatan penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam perbaikan skripsi ini dan penulis berbesar hati untuk meminta maaf kepada semua pihak yang merasa kurang berkenan dengan skripsi ini. Kiranya tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Sungailiat, 27 Januari 2022

Noermala Atika Sari

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Pengertian Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>).....	4
2.1.1 Jenis-Jenis Perawatan.....	5
2.1.2 <i>Preventive Maintenance</i>	6
2.2 <i>Condition Based Maintenance</i>	7
2.3 Teknik Pemantauan Kondisi Mesin.....	7
2.4 Mesin Bubut	13
2.5 Pengujian	14
2.5.1 Fungsi Pengujian.....	15

2.6	Pengertian Perencanaan Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	15
BAB III METODE PELAKSANAAN		16
3.1	Identifikasi Masalah	17
3.2	Pengumpulan Data.....	17
3.3	Analisa Kesenjangan	17
3.4	Perancangan sistem <i>Condition Based Maintenance (CBM)</i>	17
3.5	Uji Coba.....	17
3.6	Kesimpulan.....	18
BAB IV PEMBAHASAN.....		19
4.1	Analisa Kondisi saat ini.....	19
4.2	Perancangan Metode <i>Condition Based Maintenance</i>	19
4.2.1	Rancang Monitoring Geometri	20
4.2.2	Rancang <i>Monitoring</i> Kecepatan Spindel & Feeding Rate	22
4.2.3	Rancangan <i>Monitoring</i> Getaran, Suhu dan Viskositas Pelumas	23
4.2.4	Jadwal <i>Monitoring</i>	24
4.3	Uji Coba.....	25
4.3.1	Uji Coba <i>Monitoring</i> Geometri.....	26
4.3.2	Peralatan Pengambilan Data Ketelitian Geometri.....	30
4.3.3	Pengujian Viskositas pada Mesin Bubut Bemato	31
4.3.4	Pengujian Vibrasi/Getaran	32
4.3.5	Pengecekan Suhu Pada <i>Chuck</i>	33
4.3.6	Pengujian <i>Feeding</i>	34
4.3.7	Data Kecepatan Spindel	35
4.4	Analisa Data Kerusakan	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		37

5.1	KESIMPULAN	37
5.2	SARAN.....	37



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman:
2. 1 Batas Standarisasi Kelayakan Oli	8
2. 2 Standarisasi Vibrasi ISO 10816-3	11
4. 1 <i>Check Sheet Monitoring</i> Geometri	20
4. 2 <i>Monitoring Spindel dan Feeding Rate</i>	23
4. 3 <i>Check Monitoring</i> Getaran, Suhu dan Viskositas Pelumas	24
4. 4 Jadwal <i>Monitoring</i> Mesin Bubut Bemato.....	25
4. 5 Hasil Pengambilan Data Ketelitian Geometri.....	27
4. 6 Data Hasil Pengujian Viskositas Pada Mesin Bubut	31
4. 7 Data Pengambilan Getaran	33
4. 8 Data Pengambilan Suhu.....	34
4. 9 <i>Feeding</i> Otomatis	34
4. 10 Hasil Pengujian Putaran Spindel.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman:
2. 1 Struktur Jenis Perawatan	5
2. 2 Bagian-Bagian Utama Mesin Bubut	14
3. 1 <i>Flow Chart</i>	16
4. 1 Proses Pengambilan Data	29
4. 2 Data Histogram Penyimpangan Geometri.....	29
4. 3 Mesin Bubut	30
4. 4 Spirit Level.....	30
4. 5 <i>Dial Indicator</i>	30
4. 6 <i>Visgage</i>	31
4. 7 <i>Vibroport</i>	32

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Manual Book Bemato
- Lampiran 2 : Pengambilan Data Ketelitian Geometri
- Lampiran 3 : Pengambilan Data Vibrasi
- Lampiran 4 : Tabel Standarisasi Vibrasi Iso 10816-3
- Lampiran 5 : Pengecekan Putaran Spindel
- Lampiran 6 : Pengecekan Viskositas Pelumas
- Lampiran 7 : Check Sheet Monitoring Geometri
- Lampiran 8 : Check Sheet Kecepatan Spindel
- Lampiran 9 : Check Sheet Viskositas, Suhu Dan Getaran

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung adalah perguruan tinggi yang berdiri tahun 2010, awalnya Politeknik Manufaktur ini bernama Politeknik Manufaktur Timah yang berdiri pada tahun 1994. Di Polman Babel terdapat banyak mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin frais, mesin bor, mesin sekrup, mesin gerinda datar dan mesin CNC. Penggunaan mesin perkakas di Laboratorium Polman Babel mengalami jumlah peningkatan pemakaian, hal ini disebabkan oleh penambahan jumlah mahasiswa dan juga penambahan jumlah produksi yang dilakukan di Laboratorium Polman Babel. Kegiatan produksi yang dilakukan di Laboratorium Polman Babel dapat mempengaruhi jalannya proses pembelajaran dan produksi serta dapat mengakibatkan mesin menjadi *downtime* dan proses belajar mengajar menjadi tertunda. Karena itu, perlu adanya tindakan yang dapat menjaga agar kondisi fasilitas produksi dan mesin yang digunakan bisa beroperasi dengan baik. Proses pemeliharaan pada mesin juga dapat melancarkan proses produksi karena ketepatan waktu pada pengiriman produk serta menjaga peralatan dan fasilitas yang terdapat pada mesin agar tetap efisien dan terhindar dari kerusakan (*zero breakdown*) (Pranowo, 2019).

Karena hal itu perlu adanya tindakan perawatan untuk mesin-mesin perkakas yang ada di Polman Babel agar mesin tetap terjaga keoptimalisasi mesinnya serta menjaga konsistensi agar tidak mengalami masalah seperti penyimpangan geometri, pelumas pada mesin yang jarang diganti serta getaran yang terjadi karena tidak adanya penjadwalan pasti pada mesin perkakas. Salah satu mesin perkakas yang dapat dilakukan proses pemeliharaan adalah mesin perkakas bubut. Keandalan pada mesin dapat dipertahankan dengan sistem manajemen pemeliharaan terkomputerisasi, yaitu penerapan sistem manajemen penjadwalan *Preventif Maintenance* yang dapat diterapkan pada mesin perkakas bubut di laboratorium Polman Babel. Sistem pemeliharaan yang terencana pada mesin

perkakas menjadi penting karena biaya pemeliharaan (*maintenance*) yang memiliki peranan penting terhadap total biaya dalam industri dan bertujuan untuk meningkatkan rata-rata *uptime* mesin perkakas di antara *failure* (kegagalan atau kerusakan) dan dapat mengurangi waktu rata-rata yang digunakan untuk proses perbaikan mesin perkakas (Poni, 2017). Sistem perawatan yang terencana pada mesin ialah sistem yang memungkinkan untuk mengetahui kapan waktu yang baik untuk melakukan perbaikan pada mesin agar mesin tidak cepat mengalami kerusakan atau *breakdown*.

Sistem perawatan pada mesin-mesin perkakas di Polman Babel sendiri sampai saat ini masih menggunakan jenis perawatan *breakdown maintenance*, salah satunya yaitu mesin perkakas bubut Bemato. Mesin yang sering digunakan dapat menyebabkan beberapa komponen mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan produktivitas mesin menurun dan mengeluarkan biaya *maintenance* untuk perbaikannya. Untuk meminimalkan kerusakan yang sering terjadi maka perlu adanya perawatan pencegahan pada mesin perkakas, sistem menghitung frekuensi inspeksi yang diterapkan untuk melakukan pergantian adalah menerapkan sistem *preventive maintenance* (Setiaji & K.Runtuk, 2017).

Condition Based Maintenance adalah strategi yang paling efisien untuk melakukan serangkaian tindakan pemeliharaan (*maintenance*) berdasarkan penilaian peralatan secara *real-time* atau mendekati kondisi yang diperoleh dari sensor tertanam atau pengujian dan pengukuran eksternal yang diambil dengan strategi yang paling efisien (Gillespie, 2015). Tujuan dari *Condition Based Maintenance* sendiri ialah untuk pemeliharaan perawatan mesin berbasis kondisi yang dapat di pantau dengan keadaan mesin yang masih dapat beroperasi sehingga tidak mengganggu proses belajar mengajar dan proses produksi pada mesin perkakas bubut di Laboratorium Polman Babel.

Maka berdasarkan pernyataan diatas, kondisi mesin perkakas bubut yang terdapat pada Laboratorium Polman Babel saat ini belum ada struktur penjadwalan perawatan dan instruksi lembar kerja berdasarkan perawatan *preventive*, serta tidak ada peralatan yang memadai untuk pemantauan kondisi mesin.. Sehingga sistem

perawatan yang di terapkan pada mesin tersebut menggunakan metode perawatan *breakdwon maintenance*.

Oleh sebab itu, diperlukan suatu penelitian untuk merancang sebuah sistem perawatan terencana berdasarkan kondisi pada mesin perkakas Bubut Bemato di Laboratorium Polman Babel yang berbasis kombinasi SM (*Schedulue Maintenance*) dengan menerapkan sistem manajemen penjadwalan *Preventif Maintenance* dan metode *Condition Based Maintenance* (CBM).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada proyek akhir ini ialah :

1. Bagaimana rancangan metode *Condition Based Maintenance* mesin perkakas bubut?
2. Bagaimana efektifitas metode *Condition Based Maintenance* memantau kondisi mesin perkakas bubut?

1.3 Tujuan Penelitian

Proyek akhir ini bertujuan untuk :

1. Merancang sistem perawatan mesin perkakas bubut dengan metode *Condition Based Maintenanc*.
2. Mengetahui efektifitas metode *Condition Based Maintenance* pemantauan kondisi mesin perkakas bubut.

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan masalah pada Proyek Akhir ini dibatasi pada hal sebagai berikut ini :

1. Teknik monitoring kondisi yang digunakan adalah monitoring ketelitian geometri dan monitoring bagian yang berputar (*Rotary Parts*) menggunakan alat yang tersedia di Laboratorium Polman Babel.
2. Efektifitas monitoring diukur dari kemampuan metode yang digunakan untuk mendeteksi penyimpangan atau tanda-tanda kerusakan pada objek yang di pantau.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan adalah kombinasi dari berbagai kegiatan yang dilakukan untuk memelihara suatu aset dan meningkatkannya agar selalu siap untuk bekerja secara efisien dan efektif sesuai dengan standar (fungsional dan kualitas) (Erlia Supriyanto., 2020). Dalam prakteknya, pemeliharaan dapat diartikan sebagai tindakan merawat suatu barang atau peralatan dengan memperbarui usia peralatan tersebut. Peranan *maintenance* ini menentukan dalam kegiatan produksi yang menyangkut kelancaran atau kemacetan produksi, kelambatan atau *volume* produksi, serta efisiensi berproduksi (Anggoro, 2019).

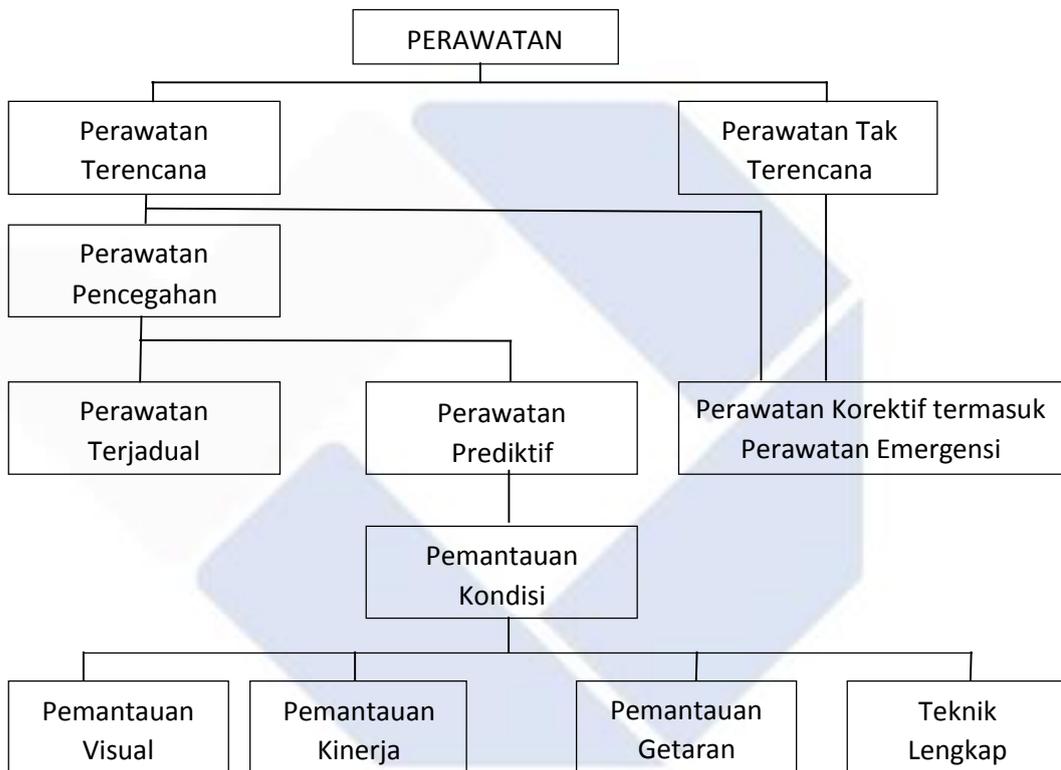
Tujuan perawatan menurut Corder (1992) dalam Apri H. Iswanto (2008), tujuan pemeliharaan atau *maintenance* yang dapat didefinisikan dengan jelas adalah (Sudrajat, 2016) :

1. Memperpanjang usia kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat, bangunan dan isinya)
2. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi atau jasa dan mendapatkan laba investasi (*return of investment*) maksimum mungkin .
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam kegiatan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamat, dan lain sebagainya.
4. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan saran tersebut.

Fungsi dari pemeliharaan (*maintenance*) ialah untuk memperpanjang umur dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan mesin agar peralatan dan kondisi mesin selalu dalam keadaan optimal dan siap untuk pelaksanaan produksi (Sudrajat, 2016).

2.1.1 Jenis-Jenis Perawatan

Secara umum ada dua jenis sistem perawatan, yaitu perawatan terencana dan tak terencana. Perawatan dibagi menjadi tiga, perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) perawatan korektif (*corrective maintenance*) dan perawatan *breakdown maintenance*. Bentuk atau struktur jenis-jenis perawatan secara lengkap ditunjukkan pada gambar 2.1, Berikut (Alpian, 2017):



Gambar 2. 1 Struktur Jenis Perawatan

Menurut jenis nya perawatan di bagi menjadi 3 jenis,yaitu:

1. Perawatan *preventive*, perawatan dengan cara terbaik dalam melakukan perawatan mesin produksi karena dapat memprediksi kapan waktu memperbaiki mesin dan kinerja mesin dengan keadaan mesin yang tetap berjalan lancar sehingga proses produksi tidak terhambat. Dalam perawatan *preventif* atau *Condition Based Maintenance (CBM)*, masa pakai (usia) peralatan dipantau melalui kondisi operasinya yang di ukur berdasarkan berbagai parameter pemantauan seperti getaran, minyak pelumas, suhu dan

kebisingan pada mesin. Inti dari *Condition Based Maintenance* adalah proses pemantauan kondisi, dimana sinyal terus dipantau menggunakan sensor jenis tertentu atau indikator yang sesuai. Dengan demikian kegiatan perbaikan atau pergantian dilakukan hanya saat dibutuhkan atau tepat sebelum kegagalan terjadi.

2. Perawatan *predictive*, berfungsi menangani langsung hal-hal yang bersifat mencegah terjadinya kerusakan pada alat produksi secara beratur dan berkala dengan pemeliharaan periodik yang keputusan pemeliharaan ditentukan berdasarkan analisis waktu kegagalan. Perawatan *prediktive* atau teknik *Time Based Maintenance* (TBM) menyimpulkan bahwa peralatan mengalami penurunan tingkat kegagalan lebih awal dalam siklus hidup mereka (*burn in*), diikuti oleh tingkat kegagalan yang hampir konstan. Tujuan dari *Time Based Maintenance* untuk menyelidiki secara statistik karakteristik kegagalan peralatan berdasarkan set kegagalan dan data waktu yang dikumpulkan.
3. *Breakdown maintenance* atau *Run To Failure* adalah perawatan yang dilakukan ketika sudah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan kerja sehingga mesin tersebut tidak dapat beroperasi secara normal atau terhentinya operasional secara total dalam kondisi mendadak.

2.1.2 Preventive Maintenance

Mesin perkakas yang digunakan secara terus-menerus dari waktu ke waktu sangat lah memerlukan perawatan. Untuk melakukan pergantian dan perawatan pada mesin perkakas tersebut agar lebih efektif dapat menggunakan metode perawatan *prevetive* , metode *preventive* jauh lebih efisien dalam mendeteksi kerusakan pada mesin serta dalam hal biaya pun lebih efektif.

Perawatan metode *Preventive maintenance* menjadi perawatan yang direkomendasikan karena pemantauan yang dilakukan secara rutin pada mesin yang memastikan keandalan aset mesin dan pelaratan baik dan untuk menghilangkan potensi kegagalan atau *downtime*. *Preventive maintenance* juga di pandang sebagai pendekatan proaktif yang menetapkan inspeksi secara terjadwal untuk memverifikasi ketergantungan ,serta memperpanjang umur aset.

Aktivitas *preventive maintenance* terdiri dari pengecekan secara berkala dan pergantian komponen peralatan secara berkala yang bertujuan untuk mempertahankan kondisi operasional yang memuaskan dari inspeksi sistematis untuk mendeteksi dan memperbaiki mesin secara optimal sebelum kerusakan total terjadi. (Productivity & Quality Management, 2021)

Ada keuntungan jika perawatan pada mesin perkakas dilakukan secara terjadwal. Diantaranya sebagai berikut :

1. Dapat mengurangi perbaikan mesin secara darurat
2. Kesiapan dan juga kehandalan mesin lebih terjaga
3. Anggaran pada perawatan mesin lebih terkendali

2.2 Condition Based Maintenance

Condition Based Maintenance atau juga disebut monitoring kondisi mesin (*machinery condition monitoring*), yang artinya sebagai penentuan kondisi mesin dengan cara memeriksa mesin secara rutin, sehingga dapat diketahui keandalan mesin serta untuk menghindari terjadinya kondisi yang tidak diinginkan yang berakibat pada kinerja mesin dan keselamatan kerja pada mesin agar tetap terjamin. Perawatan *preventive* ialah pengamatan secara sistematis yang disertai analisa teknis untuk menjamin berfungsinya atau tidak suatu peralatan agar usia pakai pada suatu mesin menjadi lebih panjang. Hal ini bertujuan untuk memperoleh suatu kualitas produk agar lebih optimal.

2.3 Teknik Pemantauan Kondisi Mesin

Teknik pemantauan atau memonitoring kondisi mesin ada beberapa metode, diantaranya :

1. Monitoring minyak pelumas

Fungsi dari minyak pelumas ialah sebagai pendingin, pencegah korosi dan mengurangi getaran serta sebagai pembawa kontaminan atau kotoran yang terjadi dalam mesin yang diakibatkan dari luar atau dari dalam mesin. Kontaminan atau kotoran dapat dideteksi dengan cara melakukan :

- a. Uji kekentalan (*Viscosity test*).

Pada pengambilan viskositas pelumas, terdapat standarisasi atau batas kelayakan viskositas pelumasan. Standarisasi kelayakan viskositas pelumas dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Batas Standarisasi Kelayakan Oli

<i>Iso Viscosity Grade</i>	<i>Midpoint Kinematic Viscosity mm²/s at 40°C (104°F)</i>	<i>Kinematic Viscosity Limit mm²/s 40°C (104°F) minimum</i>	<i>Kinematic Viscosity Limit mm²/s 40°C (104°F) minimum</i>
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.46
ISO VG 10	10	9.00	11.0
ISO VG 15	15	13.5	16.5
ISO VG 22	22	19.8	24.2
ISO VG 32	32	29.8	35.2
ISO VG 46	46	41.4	50.6
ISO VG 68	68	61.2	74.8
ISO VG 100	100	90.0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650
ISO VG 2200	2200	1980	2420
ISO VG 3200	3200	2880	3520

Sumber : (slidetodoc.com)

- b. Uji perhitungan partikel (*Particle Counting Test*).
- c. Uji geram keausan (*Wear Debris Test*).

- d. Uji gelembung (*Bubble Test*).
- e. Uji bilangan keasaman.
- f. Uji ferografi (*Ferography Test*).
- g. Uji kuantitatif partikel (*Particle Quantifier Test*).

2. *Monitoring* visual

Metode ini menggunakan panca indera yang meliputi bau, lihat dan sentuh guna mengetahui kondisi mesin. Agar lebih akurat lagi dapat menggunakan alat bantu ,diantaranya :

a. Jangka sorong

Jangka sorong adalah alat untuk mengukur jarak yang sangat kecil dengan hasil yang akurat.

b. *Dial* Indikator

Merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur kerataan permukaan bidang datar, kebulatan dan kerataan pada benda kerja dinding silinder.

c. Multitester

Alat ukur yang digunakan untuk mengetahui ukuran tegangan listrik, resistansi dan arus listrik serta dapat digunakan untuk mengukur temperatur, frekuensi dan lainnya. Selain itu multitester juga bisa digunakan untuk mengecek rusak tidaknya komponen eletronika.

3. *Monitoring* Geometris

Bertujuan untuk mengetahui penyimpangan geometris yang terjadi pada mesin. Secara operasional meliputi pengukuran *leveling* dan pengukuran posisi (*alignment*). Komponen mesin perkakas yang perlu di uji adalah komponen-komponen yang apabila komponen tersebut mengalami perubahan dimensi, bentuk, kekasaran permukaan, dan posisi maka berdampak negatif terhadap hasil produknya.

Spek geometris yang menjadi penentu adalah sebagai berikut :

- Kelurusan (*straightness*)
- Kerataan (*flatness*)

- Kesejajaran (*parallelism*)
- Keselindrisan (*cylindrisitas*)
- Ketgaklurusan (*squarness*)

4. *Monitoring* Vibrasi Mesin

Getaran mesin (*Mechanical Vibration*) ialah gerakan bolak-balik dari komponen mekanik suatu mesin sebagai reaksi dari adanya gaya dala (gaya yang dihasilkan oleh mesin tersebut) maupun gaya luar (gaya yang verasal dari luar atau sekitar mesin). Proses pengukuran vibrasi terhadap mesin atau motor listrik perlu ada beberapa langkah yang dilakukan, diantaranya :

- Menggunakan alat *vibration* meter dalam melakukan pengukuran vibrasi mesin
- Meletakkan *vibration* meter pada *Bearing* untuk menghindari distorsi sinyal dan kesalahan dalam pembacaan
- Alat *vibration* meter harus terpasang dengan baik sehingga mengurangi kesalahan dalam pembacaan sinyal oleh alat ukur.
- Pastikan orientasi pengukuran sesuai dengan sinyal yang diproduksi, alat ukur sangat bergantung berdasarkan posis letak dan arah, karena getaran akan bervariasi di setiap letak dan arahnya.
- Lakukan pengukuran di tempat yang sama agar hasil pengukuran tifik berbeda jauh dari sebelumnya.
- Selalu menjaga keselamatan untuk menghindari terjadinya kecelakaan yang tidak terduga.

Pada pengecekan vibrasi atau getaran pada mesin terdapat standarisasi ISO, standarisasi ISO yang digunakan merupakan ISO 10816-3, tabel standarisasi ISO 10816-3 dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2. 2 Standarisasi Vibrasi ISO 10816-3

								velocity 2-1000 Hz r > 120 rpm																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>rigid</td><td>flexible</td><td>rigid</td><td>flexibel</td><td>Rigid</td><td>flexibel</td><td>rigid</td><td>flexibel</td><td>foundation</td> </tr> <tr> <td colspan="4">pumps > 15 kW radial,axial,mixed flow</td><td colspan="2">medium sized machines 15 kw € P ≤ 300 kW</td><td colspan="2">large machines 300 kw < P < 50 MW</td><td rowspan="2">Machine type</td> </tr> <tr> <td colspan="2">integrated driver</td><td colspan="2">external driver</td><td colspan="2">motors 160 mm ≤ h < 315 mm</td><td colspan="2">large machines 300 kw < p < 50 mw</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Group 4</td><td colspan="2">Group 3</td><td colspan="2">Group 2</td><td colspan="2">Group 1</td><td>Group</td> </tr> <tr> <td colspan="8" rowspan="4"></td> <td>A</td><td>newly commissioned</td> </tr> <tr> <td>B</td><td>unrestricted long- term operation</td> </tr> <tr> <td>C</td><td>restricted long-term operation</td> </tr> <tr> <td>D</td><td>vibration causes damage</td> </tr> </table>									rigid	flexible	rigid	flexibel	Rigid	flexibel	rigid	flexibel	foundation	pumps > 15 kW radial,axial,mixed flow				medium sized machines 15 kw € P ≤ 300 kW		large machines 300 kw < P < 50 MW		Machine type	integrated driver		external driver		motors 160 mm ≤ h < 315 mm		large machines 300 kw < p < 50 mw		Group 4		Group 3		Group 2		Group 1		Group									A	newly commissioned	B	unrestricted long- term operation	C	restricted long-term operation	D	vibration causes damage	11	0.44
									rigid	flexible	rigid	flexibel	Rigid	flexibel	rigid	flexibel	foundation																																												
									pumps > 15 kW radial,axial,mixed flow				medium sized machines 15 kw € P ≤ 300 kW		large machines 300 kw < P < 50 MW		Machine type																																												
									integrated driver		external driver		motors 160 mm ≤ h < 315 mm		large machines 300 kw < p < 50 mw																																														
									Group 4		Group 3		Group 2		Group 1		Group																																												
																	A	newly commissioned																																											
																	B	unrestricted long- term operation																																											
																	C	restricted long-term operation																																											
																	D	vibration causes damage																																											
																	7.1	0.28																																											
																	4.5	0.18																																											
																	3.5	0.11																																											
																2.8	0.07																																												
								2.3	0.04																																																				
								1.4	0.03																																																				
								0.71	0.02																																																				
								mm/s rms	inch/s rms																																																				

Sumber : (Harry Prayoga Setyawan, Dedi Suryadi)

5. *Monitoring* Kinerja

Merupakan teknik *monitoring* kondisi mesin yang ditentukan dengan cara memeriksa dan mengukur parameter kinerja dan membandingkan dengan standar.

6. *Monitoring* kebisingan/suara

Monitoring ini mengukur intensitas kebisingan pada mesin. Kebisingan yang terjadi pada mesin mengindikasikan bahwa ada kemungkinan kerusakan. selain itu juga dapat menyebabkan gangguan pendengaran pada operator mesin.

7. *Monitoring* korosi

Monitoring ini mengukur kecepatan dari dalam dan luar mesin yang diakibatkan oleh korosi atmosferik atau akibat kandungan fluida/gas yang bersifat korosif. Dalam proses *monitoring* terdapat dua jenis metode yang digunakan, diantaranya :

a. *One stream monitoring corrosion*

Proses *monitoring* yang dilakukan pada saat proses sedang berlangsung.

- Metode kehilangan berat dengan *coupon*.
- Metode pengukuran tahanan listrik dengan alat *corrosometer*.
- Metode pengukuran dengan polarisasi linier dengan alat *corrater*.
- *Ultrasonic*.
- *Radiography*.

b. *Off stream monitoring corrosion*.

Proses *monitoring* yang dilakukan pada saat berhenti

- Menggunakan alat *eddy current*.
- Menggunakan *liquid current*.

8. Deteksi kebocoran

Metode *monitoring* ini menggunakan sebuah perangkat yang dapat mendeteksi kehadiran gas dan fluida. Jenis peralatan yang digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas dan fluida dengan sistem kontrol yang otomatis sehingga memudahkan dalam menangani kebocoran.

9. *Thermal method*

Metode *monitoring* ini menggunakan alat *Infrared Thermograph* (infra merah termografi). Alat ini mengandalkan sensor infrared dengan mendeteksi tingkatan suhu panas atau objek suatu benda (mesin, komponen mesin, panel, dll).

Pemantauan kondisi (*condition inspection*) adalah sistem perawatan yang diterapkan ketika kondisi mesin perkakas diperkirakan (probabilitas) memiliki tingkat kerusakan yang meningkat dengan cepat, maka penentuan perawatan dibuat sendiri. Tujuan dari pemantauan kondisi adalah untuk menemukan kembali

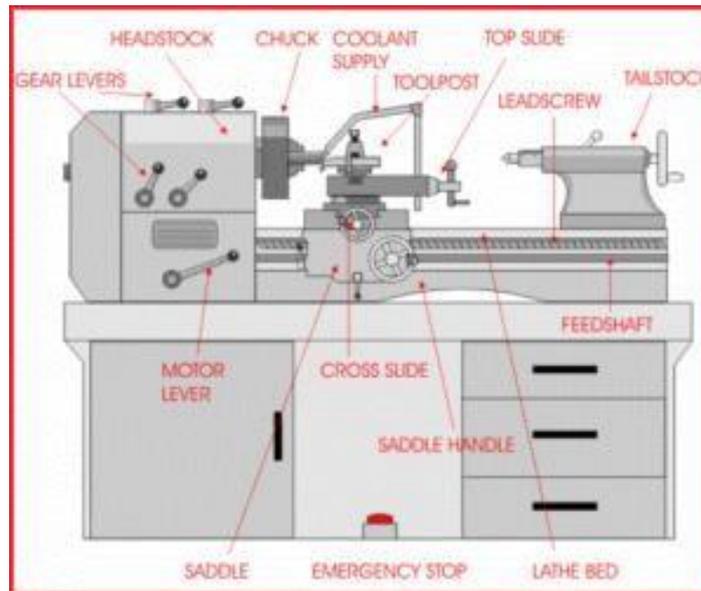
informasi tentang kondisi dan perkembangan mesin dan peralatannya, sehingga tindak korektif dapat diambil sebelum terjadi kerusakan. Parameter (batasan) yang dipergunakan untuk pengamatan dan pengukuran sifat-sifat fisik suatu sistem ,diantaranya:

- Untuk mengawasi penurunan kemampuan dari penggunaam komponen atau sistem
- Untuk mengawasi parameter kritis dari komponen atau sistem yang ditujukan terhadap perubahan yang tiba-tiba yang menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi.
- Untuk memantau kemampuan suatu komponen atau sistem dengan kondisi yang dapat mengatur parameter operasional dalam meningkatkan keadaan ekonomis.

Pada metode-metode yang dijelaskan diatas dapat disingkat dengan metode DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*).

2.4 Mesin Bubut

Mesin Bubut adalah salah satu jenis mesin perkakas yang digunakan untuk proses pemotongan benda kerja yang dilakukan dengan membuat sayatan pada benda kerja dimana pahat digerakkan secara translasi dan sejajar dengan sumbu dari benda kerja yang berputar, baik secara manual ataupun otomatis. Pada mesin bubut terdapat bagian utamanya ,Bagian utama pada mesin bubut ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut:



Gambar 2. 2 Bagian-Bagian Utama Mesin Bubut
(sumber: majalah kampus)

1. Kepala tetap (*head stock*), kepala tetap terletak pada bagian sebelah kiri mesin bubut. Pada bagian ini terdapat spindel yang berfungsi untuk memutar benda kerja. Pada bagian *headstock* juga terdapat tuas – tuas yang berguna untuk mengatur kecepatan putar spindel.
2. Kepala lepas (*Tailstock*).
3. Meja Mesin (*lathe bed*) berfungsi sebagai lintasan apron dan *tailstock*.
4. *Chuck* (tempat pencekam benda kerja) fungsi sebagai penjepit atau mengikat benda kerja pada saat proses pembubutan dilakukan.
5. Eretan (*carrige*) berfungsi sebagai pembawa pahat bubut dan untuk mengatur *center* yang di atur untuk proses *parallel*.

2.5 Pengujian

Pengujian adalah suatu proses untuk menentukan standar mesin untuk mengetahui apakah fungsi mesin masih layak dan baik untuk mencari kesalahan yang mungkin terjadi pada sistem sehingga baik untuk digunakan pada proses produksi.

2.5.1 Fungsi Pengujian

Fungsi dari pengujian adalah suatu kegiatan yang dilakukan sesuai dengan penilaian dan ketelitian suatu proses produksi mesin dalam melaksanakan fungsinya agar menghasilkan produk yang baik dan berkualitas.

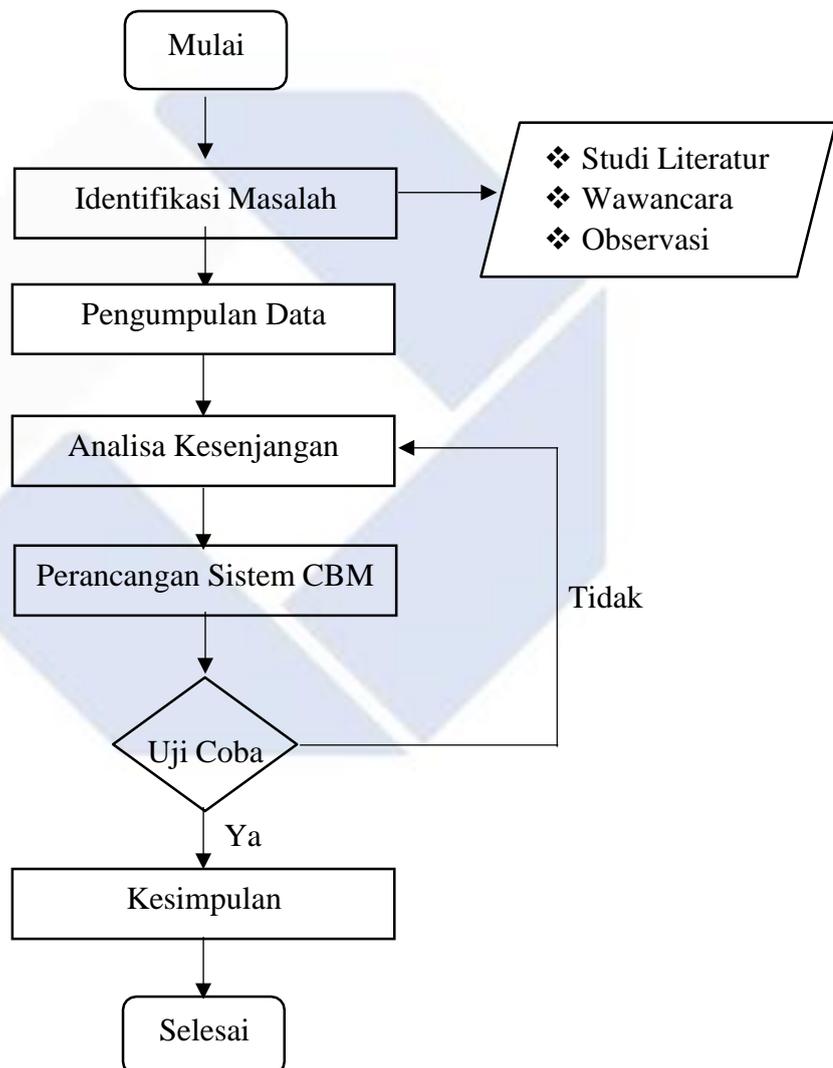
2.6 Pengertian Perencanaan Perawatan (*Maintenance*)

Definisi perencanaan perawatan ialah sebagai proses pemilihan informasi dan pembuatan asumsi mengenai kondisi masa datang dan suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga sistem/*equipment* dalam proses perawatannya sampai kondisi yang dapat diterima.

Definisi perencanaan perawatan menurut Jay Heizer dan Barry Render (2001), adalah segala kegiatan yang di dalamnya adalah untuk menjaga sistem peralatan agar bekerja dengan baik. SS-EN 13306 (2010) mendefinisikan *condition based maintenance* sebagai pemeliharaan *preventive* yang mencakup kombinasi pemantauan kondisi dan atau inspeksi pengujian dan analisis. Menurut Kobacy dan Murthy (2008), *design-out-maintenance* (DOM) dapat dipertimbangkan sebagai jenis perawatan lain dimana fokusnya adalah untuk meningkatkan desain produksi peralatan untuk membuat perawatan menjadi lebih mudah.

BAB III METODE PELAKSANAAN

Untuk menyelesaikan tugas akhir dan menyusun makalah ini dilakukan metode seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1 . Metode ini diharapkan menjadi langkah kerja penulis dalam melakukan perencanaan perawatan pada mesin bubut bemato.



Gambar 3. 1 *Flow Chart*

3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan studi literatur dan studi lapangan dari berbagai sumber, jurnal perawatan, jurnal metode perawatan serta observasi langsung di lapangan. Sumber berupa buku perawatan dan buku metode perawatan seperti buku metode perencanaan perawatan metode *preventive*, sedangkan observasi lapangan dilakukannya dengan cara melihat langsung kondisi mesin di laboratorium Polman serta melakukan wawancara langsung dengan teknisi atau PLP.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ialah pencarian data yang akan digunakan untuk input seperti data pemeriksaan ketelitian mesin, komponen-komponen mesin, waktu kerusakan mesin, biaya operator serta biaya perbaikan pada mesin perkakas bubut. Pada pengumpulan data penulis bisa dapat menerapkan jenis perencanaan yang tepat untuk ke tahap selanjutnya.

3.3 Analisa Kesenjangan

Analisa kesenjangan ialah membandingkan kondisi mesin perkakas saat ini dengan kondisi yang standar *condition based maintenance* (CBM) agar dapat menemukan kesenjangan yang berada pada mesin perkakas untuk diteliti penulis.

3.4 Perancangan sistem *Condition Based Maintenance* (CBM)

Pada perancangan sistem ,ditentukannya teknik perancangan untuk mesin perkakas bubut dan perencanaan jadwal inspeksi pada mesin perkakas,yang meliputi prosedur-prosedur pada mesin perkakas bubut dan kartu kelayakan mesin bubut agar penjadwalan pada mesin terjadwal sesuai dengan jam kerja.

3.5 Uji Coba

Uji coba pada mesin perkakas bubut yang meliputi parameter yang di uji yaitu melalui teknik atau kartu kelayakan mesin dan peralatan pada mesin bubut. Prosedur yang digunakan pada uji coba atau langkah-langkah perawatan mesin di uji dan di ambil data nya untuk pengolahan data dan analisa. Uji coba yang

dilakukan pada penelitian ini meliputi , *monitoring* geometri, analisa kimia pelumas dan analisa getaran serta pengujian dan instrumen.

3.6 Kesimpulan

Ringkasan hasil peneltian yang dilakukan oleh penulis setelah kegiatan dilakukan dimulai, indentifikasi masalah, perumusan masalah, evaluasi kondisi, perancangan sistem, uji coba dan validasi serta perbandingan hasil pengujian pada mesin dengan standar yang sesuai agar mencapai tujuan sesuai standar yang di inginkan pada proyek akhir penelitian ini.



BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kondisi saat ini

Untuk mendapatkan data yang valid tentang kondisi mesin perkakas bubut bemato yang berada pada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, maka dilakukanlah wawancara langsung terhadap teknisi/PLP yang bertanggung jawab terhadap mesin perkakas bubut tersebut. Dari hasil wawancara terhadap teknisi/PLP, didapatkanlah hasil bahwa perawatan yang dilakukan pada mesin bubut bemato menggunakan metode *breakdown maintenance*. Pada ke 6 unit mesin tersebut hanya terdapat 2 mesin yang masih berfungsi feeding otomatisnya, lalu hanya 4 mesin bubut saja yang masih berfungsi lampu pencahayaannya, dan pada ke 6 unit mesin bubut bemato dromus otomatisnya sudah tidak berfungsi lagi. Mesin perkakas bubut bemato juga sudah pernah dilakukan perbaikan secara *breakdown maintenance* pada bulan Februari 2021 karena pena as portir pada mesin yang patah, lalu pada bulan November 2021 juga dilakukan perbaikan secara *breakdown maintenance* pada BU 25 dikarenakan eretan pada mesin yang tidak dapat berfungsi. Maka dari itu diperlukan perencanaan perawatan secara terjadwal pada mesin perkakas bubut agar kerusakan yang terjadi dapat lebih terdeteksi.

4.2 Perancangan Metode *Condition Based Maintenance*

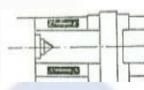
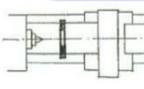
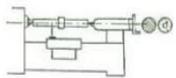
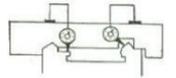
Metode *condition based maintenance* mesin perkakas bubut dirancang untuk memantau kondisi mesin dengan 2 pendekatan, yaitu dengan cara menghentikan mesin dari kegiatan produksi atau praktik dan dilakukan saat mesin beroperasi. Metode pemantauan yang digunakan dengan pendekatan ini terdiri dari :

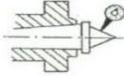
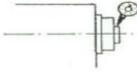
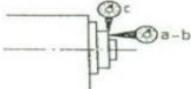
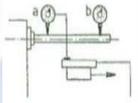
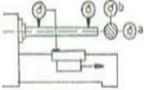
- a. Mesin berhenti beroperasi : *monitoring* ketelitian geometri, kecepatan spindle dan *feeding rate*.
- b. Mesin beroperasi : *monitoring* getaran, suhu dan viskositas pelumas.

4.2.1 Rancang Monitoring Geometri

Monitoring geometri bertujuan untuk mengetahui kondisi ketelitian geometri mesin pada bagian yang bergerak/berpasangan, permukaan, ketelitian spindle utama dan posisi relatifnya terhadap bagian penting lainnya dari mesin. Penyimpangan yang terjadi pada parameter ini akan mempengaruhi ketelitian hasil pemesinan. Rancang lembar (*check sheet*) *monitoring* geometri dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 1 *Check Sheet* Monitoring Geometri

 KARTU PENGUJIAN KETELITIAN KARTU MESIN PERKAKAS				
Mesin : Bubut		Tipe : Bemato		No Mesin :
Jenis Pemeriksaan	Skema Pengukuran	Batas Yang Diizinkan	Hasil Pengukuran	Kesimpulan
1. Kedataran dan kesejajaran bidang luncur pembawa bagian depan dan belakang ndalam arah horisontal		0.02 mm dalam 1000mm		
2. Kedataran bidang luncur pembawa dalam arah vertikal. Gunakan <i>spirit level</i> dan pisau kerataan		0.02 mm dalam 1000mm		
3. Kesejajaran gerakan pemabawa dengan pusat senter. Gunakan mandrel dan <i>dial indicator</i>		0.01 mm		
4. Kesejajaran bidang luncur kepala lepas dengan pembawa.		0.01 mm dalam 1000 mm		

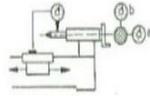
5. Kesumbuan dudukan senter		0.005 mm
6. Kesumbuan spindel kerja		0.001 mm
Gunakan <i>dial indicator</i> .		
7. Ketegak lurusan permukaan spindel		0.001 mm
a. Diukur pada 180		0.001 mm
b. Tanpa gerakan aksial		0.001 mm
c. Tanpa gerakan radial		0.001 mm
Gunakan <i>dial indicator</i> .		
8. Kesumbuan pusat spindel kerja.		0.0025 mm
a. Diukur dekat spindel		0.01 mm
b. Diukur sejauh 300 mm		
Gunakan <i>dial indicator</i> dan <i>spindel test bar</i>		
9. Kesejajaan sumbu spindel dengan bidang luncur pembawa.		0.005 mm
A. Posisi horisontal		0.01 mm
B. Posisi vertikal		Sepanjang
Gunakan <i>spindel test bar</i> dan <i>dial indicator</i> .		
		300mm

10. Kesejajaran peluncur kepala lepas dengan meja

A. Posisi horisontal

B. Posisi vertikal

Gunakan *dial indicator*.



0.005 mm

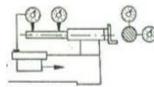
0.005 mm

Sejauh 100mm

11. Kesejajaran sumbu kepala lepas dengan meja.

a. Posisi Horizontal

b. Posisi Vertikal

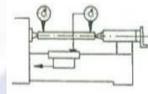


0.01 mm

0.01 mm

Sepanjang 200mm

12. Kesejajaran gerakan pembawa dengan pusat senter

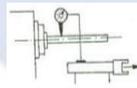


0.03 mm

sampai 0.05 mm

Gunakan *dial indicator*

13. Kesejajaran sumbu spindel dengan gerakan eretan tas



0.01 mm

Sepanjang 100mm

Gunakan *dial indicator* dan *test bar*

4.2.2 Rancang *Monitoring* Kecepatan Spindel & Feeding Rate

Monitoring ini bertujuan untuk mengetahui kondisi mesin yang diukur dari perubahan pada parameter kecepatan spindel & *feeding rate*. Perubahan yang terjadi pada parameter ini akan berpengaruh terhadap kualitas permukaan hasil pemesinan. Rancangan lembar (*Check Sheet*) monitoring kecepatan spindel dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 *Check Sheet* Kecepatan Spindel & *Feeding Rate*

No	Jenis Pemeriksaan	Standar	Alat	Hasil	Kesimpulan
1	Kecepatan Spindel				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kecepatan 260 Rpm ▪ Kecepatan 1180 Rpm 	247-273 Rpm 1121-1239 Rpm	Tachometer/ Stroboscope		
2	Feeding Rate	Pemakan sepanjang 20 cm dengan Rpm 100			

4.2.3 Rancangan *Monitoring* Getaran, Suhu dan Viskositas Pelumas

Monitoring ini bertujuan untuk mengetahui kondisi mesin dari parameter getaran, temperatur dan viskositas pelumas. Penyimpangan yang terjadi pada parameter ini mengindikasikan adanya kerusakan komponen atau penyimpangan hubungan antar komponen pada bagian tersebut. *Monitoring* getaran dan suhu dilakukan pada kotak roda gigi spindle (*Headstock*). *Monitoring* dilakukan dengan cara diukur sedekat mungkin dengan posisi bantalan poros spindle pada arah vertikal dan horisontal. Sementara pengukuran viskositas pelumas dilakukan pada pelumas *Headstock*, *Feed Gearbox* dan *Apron*. Rancangan lembar (*Check Sheet*) monitoring dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4. 3 *Check Sheet Monitoring* Viskositas Pelumas, Getaran dan Suhu

No	Jenis Pemeriksaan	Standar	Alat	Hasil	Kesimpulan
1	Viskositas pelumas	(cSt)	Visgage		
	▪ Headstock (Shell Tellus 27)	29.8 - 35,2			
	▪ Thread & Feed Gearbox (Shell Tellus 27)	29.8 - 35,2			
	▪ Apron (Shell Tonna 33)	61,2 - 74,8			
2	Suhu	30 °C – 45 °C	Thermogun		
	▪ 15 Menit				
	▪ 30 menit				
	▪ 45 menit				
	▪ 60 menit				
3	Getaran	(mm/s)	Vibroport		
	a. Pada 260 Rpm:				
	▪ Posisi A Vertikal	1,4 mm/s			
	▪ Posisi A Horisontal	1,4 mm/s			
	▪ Posisi B Vertikal	1,4 mm/s			
	▪ Posisi B Horisontal	1,4 mm/s			
	b. Pada 1180 Rpm:				
	▪ Posisi A Vertikal	1,4 mm/s			
	▪ Posisi A Horisontal	1,4 mm/s			
	▪ Posisi B Vertikal	1,4 mm/s			
▪ Posisi B Horisontal	1,4 mm/s				

4.2.4 Jadwal *Monitoring*

Monitoring kondisi mesin dilakukan secara berkala dengan pengaturan sesuai dengan jadwal berdasarkan kalender. Dengan tidak adanya data frekuensi kerusakan mesin dan belum adanya mekanisme perekaman jam operasi mesin, maka jadwal *monitoring* ditetapkan dengan pendekatan berdasarkan kalender.

Jadwal *monitoring* dibagi dalam 2 kelompok interval waktu berdasarkan pendekatan pemantauan saat mesin beroperasi dan saat mesin berhenti beroperasi, yaitu:

a. *Monitoring* bulanan (B)

Monitoring yang dilakukan pada saat mesin beroperasi yang terdiri dari *monitoring* getaran, suhu dan viskositas pelumas.

b. *Monitoring* 3 bulanan (3B)

Monitoring yang dilakukan saat mesin berhenti beroperasi, terdiri dari *monitoring* geometri, kecepatan spindle dan *feeding rate*. Pada saat melakukan *monitoring* 3 bulanan ini, juga melakukan *monitoring* bulanan atau B+3B.

Jadwal *monitoring* kondisi terhadap ke 6 unit mesin bubut bemato dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4. 4 Jadwal *Monitoring* Mesin Bubut Bemato

No	Mesin	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	BU 25	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B
2	BU 26	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B
3	BU 27	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B
4	BU 28	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B
5	BU 29	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B
6	BU 30	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B	B	B	3B

Keterangan: Pelaksanaan *monitoring* 3B = B+3B

Pada tabel 4.4 jadwal *monitoring* mesin bubut bemato, dapat dilihat bahwa perawatan yang efektif dilakukan secara sebulan sekali. Perbaikan yang dilakukan sebulan sekali meliputi perawatan viskositas pelumas, pengecekan vibrasi/getaran pada mesin, dan pengecekan suhu. Pada perawatan yang dilakukan setiap per 3 bulanan ialah perawatan yang meliputi perawatan ketelitian geometri, perawatan kecepatan spindle dan perawatan *feeding rate* pada mesin bubut. Pada pelaksanaan *monitoring* 3B, perawatan dilakukan secara B+3B.

4.3 Uji Coba

Uji coba *monitoring* kondisi mesin dilakukan terhadap 6 unit mesin perkakas bubut bemato. Uji coba bertujuan untuk mengetahui efektifitas pemantauan kondisi mesin menggunakan metode dan instrumen yang dijelaskan pada bagian 4.2. Efektifitas pemantauan diukur dari kemampuan penggunaan instrumen *monitoring* dan kemampuan mengetahui kondisi mesin.

4.3.1 Uji Coba *Monitoring Geometri*

Untuk mendapatkan data ketelitian pada mesin, maka dilakukanlah pengujian kalibrasi pada ke 6 unit mesin perkakas bubut yang berada di Polman Babel. Proses tersebut digunakan untuk melihat besaran penyimpangan yang terjadi pada mesin perkakas, ada terdapat 21 jenis pemeriksaan yang akan dilakukan pada mesin perkakas bubut.

Dari ke 21 jenis pemeriksaan dilakukanlah pengambilan data pemeriksaan ketelitian pada mesin perkakas bubut dan didapatkanlah data yang ditunjukkan pada tabel 4.5 berikut:

Untuk hasil pemeriksaan geometri mesin perkakas bubut sebanyak 6 unit, Warna merah menunjukkan bahwa hasil pengujian tersebut menyimpang dari batas yang diizinkan dan untuk warna putih menunjukkan bahwa hasil pengujian tersebut tidak terjadi penyimpangan dari batas yang diizinkan, dapat dilihat pada keterangan berikut ini :



: Terdapat penyimpangan ketelitian.



: Tidak terjadi penyimpangan ketelitian.

Tabel 4. 5 Hasil Pengambilan Data Ketelitian Geometri

Jenis Pemeriksaan	Batas yang Diizinkan (mm)	Hasil Pengukuran(mm)						Jumlah Persentase Kerusakan
		BU 25	BU 26	BU 27	BU 28	BU 29	BU 30	
1	0.02	0.16	0.08	0.08	0.10	0.16	0.08	6 = 100%
2	0.02	0.16	0.16	0.10	0.18	0.06	0.09	6 = 100%
3	0.02	0.12	0.16	0.12	0.14	0.08	0.02	5 = 83%
4	0.01	0.15	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	5 = 83%
5	0.01	0.02	0.01	0.03	0	0.01	0	2 = 33%
6	0.01	0.04	0	0.01	0	0.01	0.01	1 = 16%
7	0.005	0	0.003	0.003	0.007	0.001	0.004	1 = 16%
8	0.001	0	0.001	0.001	0.003	0.001	0.002	2 = 33%
9	0.001	0.002	0	0	0	0	0.001	1 = 16%
10	0.001	0.005	0.003	0.002	0.002	0	0	4 = 66%
11	0.001	0.003	0	0.002	0.005	0.001	0.001	3 = 50%
12	0.0025	0.008	0.003	0.0025	0.002	0.006	0.005	0
13	0.01	0.02	0.02	0.05	0.03	0.4	0.2	6 = 100%
14	0.005	0.007	0.001	0.003	0.004	0.004	0.003	1 = 16%
15	0.01	0.05	0.01	0.02	0.02	0.04	0.02	5 = 83%
16	0.005	0.002	0.001	0.003	0.002	0.004	0.002	0
17	0.005	0.002	0	0.002	0.002	0.005	0.001	0
18	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	3 = 50%
19	0.01	0.08	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	4 = 66%
20	0.03	0.07	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	1 = 16%
21	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01	0.2	0.01	3 = 50%
Jumlah		15	7	12	11	8	6	Rata-Rata
Nilai Persentase Kerusakan Ketelitian		71%	33%	57%	52%	38%	28%	47%

Keterangan 21 jenis pemeriksaan yang dilakukan pada tabel 4.5 diatas, diantaranya terdiri dari:

1. Kedataran dan kesejajaran bidang luncur pembawa bagian depan dan belakang dalam arah horisontal dengan posisi spirit level di kanan.
2. Kedataran dan kesejajaran bidang luncur pembawa bagian depan dan belakang dalam arah horisontal dengan posisi spirit level di kiri.

3. Kesejajaran bidang luncur pembawa dalam arah vertikal.
4. Kesejajaran gerakan pembawa dengan pusat senter.
5. Kesejajaran bidang luncur kepala lepas dengan pembawa pada dial *indicator* diposisi kanan.
6. Kesejajaran bidang luncur kepala lepas dengan pembawa pada dial *indicator* diposisi kiri.
7. Kesumbuan dudukan senter.
8. Kesumbuan spindel kerja.
9. Ketegak lurus permukaan spindel yang diukur pada 180°.
10. Ketegak lurus permukaan spindel yang diukur tanpa gerakan aksial.
11. Ketegak lurus permukaan spindel yang diukur tanpa gerakan radial.
12. Kesumbuan pusat spindel kerja dan dilakukan pengukuran dekat spindel.
13. Kesumbuan pusat spindel kerja yang diukur sejauh 300mm.
14. Kesejajaran sumbu spindel dengan bidang luncur pembawa posisi vertikal.
15. Kesejajaran sumbu spindel dengan bidang luncur pembawa posisi *horizontal*.
16. Kesejajaran peluncur kepala lepas dengan meja dan diukur dalam posisi *vertikal*.
17. Kesejajaran peluncur kepala lepas dengan meja dan diukur dalam posisi *horizontal*.
18. Kesejajaran sumbu kepala lepas dengan meja dan diukur dalam posisi *vertikal*.
19. Kesejajaran sumbu kepala lepas dengan meja dan diukur dalam posisi *horizontal*.
20. Kesejajaran gerakan pembawa dengan pusat senter.
21. Kesejajaran sumbu spindel dengan gerakan eretan atas.

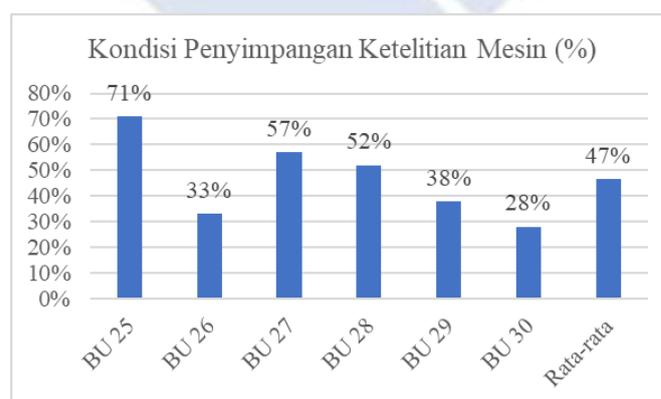
Berikut adalah proses pengambilan data ketelitian pada mesin perkakas bubut, dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut:



Gambar 4. 1 Proses Pengambilan Data

Untuk melihat proses pengambilan data pada ke 6 unit mesin perkakas bubut Bemato, dapat dilihat pada lampiran 2.

Warna merah menunjukkan bahwa hasil pengujian tersebut menyimpang dari batas yang diizinkan. Penyimpangan ketelitian setiap unit (%) dihitung dengan cara membandingkan jumlah item yang menyimpang dengan seluruh item yang diuji. Data hasil pengujian di atas ditampilkan dalam histogram pada gambar 4.2 . Data histogram pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa penyimpangan tertinggi pada mesin BU 25 sebesar 71% dan terendah BU 30 sebesar 28%, dengan rata-rata penyimpangan seluruh mesin sebesar 47%.



Gambar 4. 2 Data Histogram Penyimpangan Geometri

4.3.2 Peralatan Pengambilan Data Ketelitian Geometri

1. Mesin Bubut



Gambar 4. 3 Mesin Bubut

2. Spirit Level



Gambar 4. 4 Spirit Level

3. Dial Indicator



Gambar 4. 5 Dial Indicator

4.3.3 Pengujian Viskositas pada Mesin Bubut Bemato

Proses pengambilan data viskositas pada mesin perkakas bubut bertujuan untuk menganalisa kelayakan pelumas atau oli yang terdapat pada mesin bubut. Pada mesin perkakas bubut bemato terdapat 3 tempat yang akan di lakukan analisa viskositasnya yaitu, *headstock*, *gearbox* dan *apron*.

Alat ukur yang digunakan untuk mengecek kekentalan oli adalah *visgage*. Alat pengukur dapat di lihat pada gambar 4.6 berikut :



Gambar 4. 6 *Visgage*

Untuk hasil pengambilan data viskositas pelumas dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4. 6 Data Hasil Pengujian Viskositas Pada Mesin Bubut

Bagian	Jenis oli	ISO VG Limit (cSt)	Hasil Pemeriksaan (cSt)						Jumlah Presentase
			BU25	BU26	BU27	BU28	BU29	BU30	
Head Stock	Shell Tellus 27	29,8-35,2	29	42	40	33	30	34	50%
Thread & Gearbox	Shell Telus 27	29,8-35,2	30	38	30	38	35	32	50%
Apron	Shell Tonna 33	61,2-74,8	58	65	78	62	64	71	33%
Penyimpangan setiap unit (%)			2 66%	2 66%	2 66%	1 33%	1 33%	0 0	Rata-rata 44%

Pada tabel 4.6 merupakan data pengambilan hasil viskositas pelumas yang berada pada mesin perkakas bubut. Dari ke 6 buah mesin perkakas bubut yang dilakukan pengecekan viskositas, terdapat 3 mesin perkakas bubut yang sudah melewati batas yang diizinkan. Berdasarkan pada tabel 4.2, total presentase

viskositas pada mesin bubut sebesar 44%. Pada ketiga sampel pengambilan data viskositas ada 2 jenis bagian yang menggunakan oli yang sama yaitu oli berjenis Shell Tellus 27 pada bagian *Headstock* dan bagian *Thread & feed Gearbox*, dan pada bagian Apron menggunakan oli berjenis Shell Tonna 33.

Pada tanda merah yang diberikan pada hasil pengambilan data di tabel 4.2, merupakan limit ISO VG yang sudah melewati batas standarisasi pada pelumas dan sudah layak diganti dengan oli yang baru. Sedangkan yang diberikan warna kuning juga sudah termasuk layak diganti karena sudah memasuki fase pertengahanbatas limit ISO VG yang diizinkan.

4.3.4 Pengujian Vibrasi/Getaran

Proses pengambilan data vibrasi/getaran pada mesin perkakas bubut bertujuan untuk mengetahui getaran pada setiap mesin, apakah performa mesin sesuai dengan standar yang ditentukan. Pengambilan data yang dilakukan pada mesin bubut bemato menggunakan 2 jenis posisi yang akan dilakukan pemeriksaan, yaitu posisi secara *vertikal* dan *horizontal*, pengambilan data getaran dilakukan sebanyak dua kali dengan 260 rpm dan 1180 rpm.

Alat ukur vibrasi yang digunakan adalah *vibroport*, gambar alat ukur *vibroport* dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut:



Gambar 4. 7 *Vibroport*

Mesin perkakas bubut yang di lakukan pengambilan data getaran memiliki tegangan sebesar 15Kw dan jenis kaki yang digunakan pada mesin perkakas bubut berjenis *rigid* (kaku). Hasil pengambilan data getaran pada mesin dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut:

Tabel 4. 7 Data Pengambilan Getaran

No mesin	Velocity (mm/s)			
	RPM 260		Rpm 1180	
	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal
BU 25	0.219	0.326	0.772	0.267
BU 26	0.340	0.225	1.00	1.00
BU 27	0.699	0.533	0.702	0.632
BU 28	0.307	0.217	0.630	0.585
BU 29	0.593	0.851	0.613	1.22
BU 30	0.363	0.323	0.474	0.596
Keterangan				
	Nilai vibrasi pada mesin yang masih baik			
	Nilai vibrasi kategori <i>alarm</i> , namun masih diizinkan untuk waktu yang tak terbatas			
	Nilai vibrasi kategori <i>alarm</i> , namun masih diizinkan dalam waktu yang terbatas			
	Nilai vibrasi yang menyebabkan kerusakan (<i>warning or danger level</i>)			

Pada ke 6 unit mesin bubut tersebut dapat dilihat bahwa rata-rata vibrasi yang terjadi pada mesin masih di batas yang diizinkan, tetapi terdapat juga beberapa mesin yang mengalami batas nilai vibrasi yang masih diizinkan untuk batas yang tak terduga. Mesin bubut yang tersebut adalah mesin BU 26 pada Rpm 1180 pada pengukuran *horizontal* dan *vertikal*, dan pada mesin BU 29 pada Rpm 1180 pada pengukuran *vertikal*.

Untuk melihat proses pengambilan data pengecekan vibrasi pada ke 6 unit mesin perkakas bubut Bemato dapat dilihat pada lampiran 3.

4.3.5 Pengecekan Suhu Pada Chuck

Pada pemeriksaan ini, pengecekan suhu di lakukan pengambilan data pada *chuck* yang bagiannya paling dekat dengan *bearing*. Pengecekan ini dilakukan dalam keadaan mesin yang beroperasi 1 jam, pengecekan dilakukan setiap 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Dari pengambilan data ini maka didapatkan hasil pada tabel 4.8 berikut:

Tabel 4. 8 Data Pengambilan Suhu

No mesin	Hasil pemeriksaan (°C)			
	15 Menit	30 Menit	45 menit	60 menit
BU 25	30.4°C	31.1°C	32.0 °C	32.8 °C
BU 26	30.4 °C	31.2 °C	32.2 °C	32.8 °C
BU 27	30.5 °C	31.2 °C	32.4 °C	33.1 °C
BU 28	30.6 °C	31.3 °C	31.9 °C	32.3 °C
BU 29	30.4 °C	31.0 °C	31.8 °C	32.6 °C
BU 30	30.5 °C	31.1°C	32.0 °C	32.7 °C

Pada hasil pengambilan data pengecekan suhu yang ditunjukkan pada tabel 4.8 tersebut dapat dilihat bahwa setiap menit ke 15, menit ke 30, menit ke 45 dan menit ke 60 mengalami kenaikan suhu pada *bearing* yang berada di *chuck*.

4.3.6 Pengujian *Feeding*

Pengujian *feeding* otomatis dilakukan dengan pemakanan sebanyak 20cm dengan kecepatan 100 rpm. Pada pengujian *feeding* otomatis, ada beberapa *feeding* otomatis yang tidak berfungsi lagi . Hasil pemeriksaan *feeding* dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut:

Tabel 4. 9 *Feeding* Otomatis

No Mesin	Pengujian	Rpm	Waktu	Feeding Otomatis	
				Berfungsi	Tidak Berfungsi
BU 25			-		X
BU 26			42 Detik	✓	
BU 27					X
BU 28	20cm	100	45 Detik	✓	
BU 29					X
BU 30					X

Dapat dilihat dari tabel 4.9 tersebut bahwa hanya terdapat 2 mesin bubut saja yang masih berfungsi *feeding* otomatisnya, mesin yang masih berfungsi adalah BU 26 dan BU 28.

4.3.7 Data Kecepatan Spindel

Pada pengujian putaran spindel, pengambilan data dilakukan dengan dua jenis putaran Rpm yang berbeda. Pengujian putaran Rpm pertama, dengan putaran Rpm rendah yaitu 260 dan kedua dengan putaran Rpm tinggi yaitu 1180. Hasil dari pengujian putaran spindel tersebut ditunjukkan pada tabel 4.10 berikut:

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Putaran Spindel

Rpm 260			
No Mesin	Batas yang diizinkan	Hasil Pengujian	Toleransi
BU 25	234	261	√
BU 26	234	260	√
BU 27	234	261	√
BU 28	234	260	√
BU 29	234	260	√
BU 30	234	261	√
Rpm 1180			
No Mesin	Batas yang diizinkan	Hasil Pengujian	Toleransi
BU 25	1.062	1182	√
BU 26	1.062	1179	√
BU 27	1.062	1182	√
BU 28	1.062	1180	√
BU 29	1.062	1179	√
BU 30	1.062	1180	√

Hasil pengujian putaran spindel yang ditunjukkan pada tabel 4.10 menunjukkan bahwa ke 6 unit mesin perkakas bubut bemato masih memasuki batas toleransi.

4.4 Analisa Data Kerusakan

1. Data Kerusakan Ketelitian/Geometri Mesin

Dari data kerusakan ketelitian mesin di tabel 4.1 diatas ,didapatkanlah hasil rata-rata setiap penyimpangan geometri sebesar 47%.

2. Pengecekan Viskositas

Pengecekan viskositas yang melewati batas yang diizinkan atau yang sudah layak ganti sebanyak 3 unit mesin.

3. Penyimpangan Vibrasi Pada Spindel

Pengujian vibrasi pada spindel terdapat 2 unit mesin yang melewati batas yang diizinkan ,yaitu mesin BU 26 dan BU 29.

4. Pengecekan Suhu

Pengecekan suhu di lakukan pada bagian dalam chuck ditembakkan dekat bagian yang paling terdekat dengan bearing. Pengujian dilakukan selam 1 jam dan dilakukan pengecekan setiap menit ke 15, menit ke 30, menit ke 45 dan menit ke 60.

5. Pengecekan Kecepatan Putaran Spindel

Pada pengecekan kecepatan spindel yang dilakukan pada ke 6 unit mesin perkakas bubut bemato masih memasuki toleransi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian tentang perencanaan sistem perawatan pada mesin perkakas bubut bemato dilaboratorium Polman Babel dengan berbasis standarisasi *Condition Based Maintenance* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil rancangan yang didapatkan pada penelitian ini adalah rancangan perawatan terhadap mesin perkakas bubut yang dilakukan pada setiap bulan yang meliputi pengecekan viskositas pelumas, pengecekan suhu getaran dan kecepatan spindel dan per 3 bulanan yang meliputi pemeriksaan geometri pada mesin perkakas. Dari perawatan yang dilakukan dibuatlah *check sheet* untuk melakukan pengecekan pada mesin.
2. Metode *Condition Based Maintenance* yang dirancang cukup efektif memantau penyimpangan kondisi mesin. Pengecekan geometri menemukan penyimpangan sebesar 47%, pengecekan viskositas pelumas sebesar 44%, pengecekan vibrasi sebesar 33%.

5.2 SARAN

1. Penelitian ini selanjutnya dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan metode yang berbeda dengan penelitian penulis.
2. Penelitian ini selanjutnya dapat menggunakan metode *Prediktif Condition Based Maintenance* sebagai perbandingan seperti metode *Preventif Condition Based Maintenance*.

DAFTAR PUSTAKA

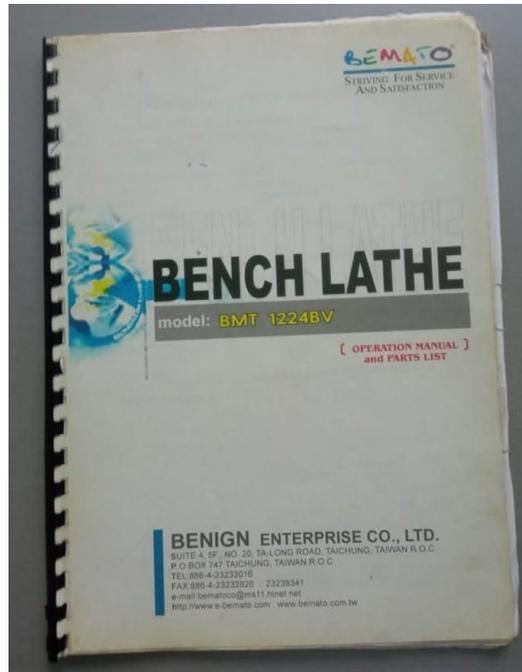
- Academia, “ *Condition Based Maintenance: Theory, Methodology & Application*”, Diakses pada 27 Agustus 2021, <https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/43541164/rams2015_cbm_tutorial_paper_gillespie_vfinalwithcoverpagev2.pdf?expires=1644473493&signature>
- Alpian Poni, (2017), "Rancangan Sistem Perawatan Di Kapal Isap Produksi 10 Berbasis Pada Standarisasi International Maritime Organization". *Laporan Proyek Akhir*, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat.
- Dede Sudrajat, (2016), "Pengaruh Preventive Maintenance Terhadap Hasil Produksi Pada Proses Produksi Mesin Area Line D di PT.Triangle Motorindo", *Unnes Repository*, Vol. 1, no. 3, pp. 6-18.
- Erlan Supriyanto, (2011), "Penentuan Interval Waktu Perawatan Forklift Scaglia Berdasarkan Data Laju Kerusakan Mesin Di Pt. "X". *Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan*, Vol. 1, no. 3, pp. 1-8.
- Muhammad Faris Anggoro, (2019), "Perencanaan Penjadwalan Perawatan Mesin Press Dengan Metode RCM(Reliability Centered Maintenance)", *Institutional Repository*, Vol. 3, no. 2, pp. 87-118.
- Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, *Sejarah Singkat Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*, Diakses pada 20 Juli 2021, <<https://www.polmanbabel.ac.id/?page=statis&id=2>>.
- Pranowo Ignatius Deradjad, (2019). *Sistem Dan Manajemen Pemeliharaan*, Grup Penerbit Cv Budi Utama, Jogjakarta.
- Productivity & Quality Management, *Alasan mengapa preventive maintenance sangat penting dilakukan*, Diakses pada 10 September 2021,

<<https://pqm.co.id/9-alasan-mengapa-preventive-maintenance-sangat-penting-dilakukan/>>.

Setiaji Ganjar dan Johan Krisnanto Runtuk, (2017), "Perencanaan Penjadwalan Perawatan Preventif Pada Mesin Duplex Di Pabrik Kertas". *Journal Of Industrial Engineering* , Vol. 2, no.2, pp. 117-128.



LAMPIRAN 1 *MANUAL BOOK* BEMATO



LAMPIRAN 2 PENGAMBILAN DATA KETELITIAN GEOMETRI



BU 25



BU 26



BU 27



BU 28

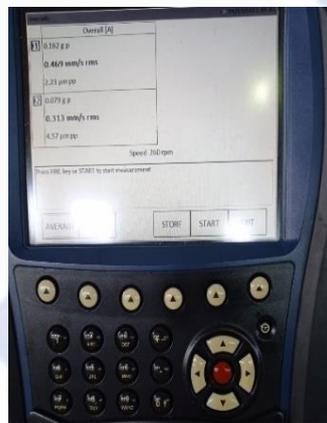


BU 29

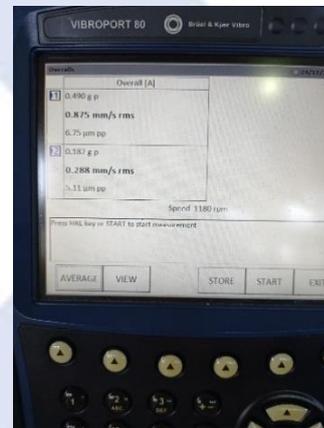


BU 30

LAMPIRAN 3 PENGAMBILAN DATA VIBRASI



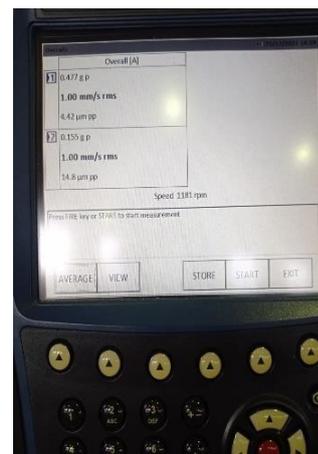
BU 25 260 Rpm



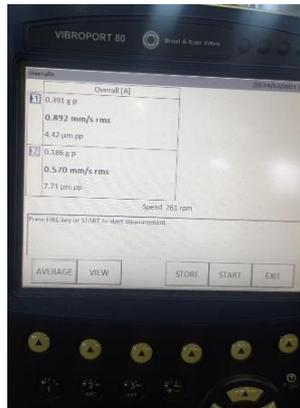
BU 25 1180 Rpm



BU 26 260 Rpm



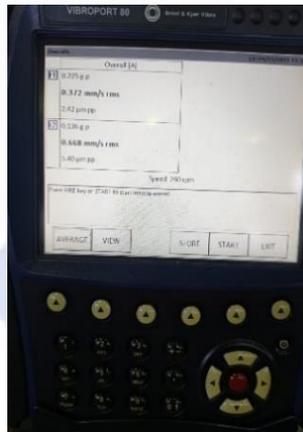
BU 26 1180 Rpm



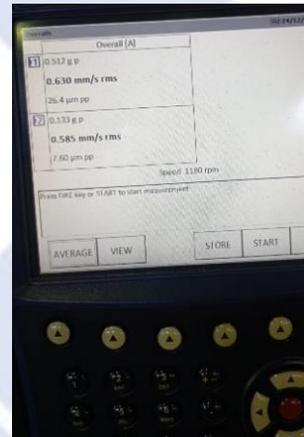
BU 27 260 Rpm



BU 27 1180 Rpm



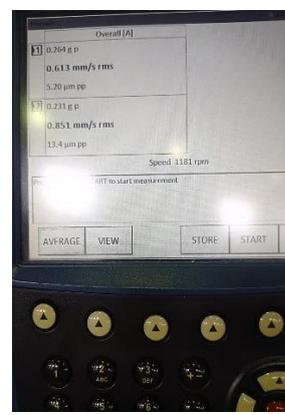
BU 28 20 Rpm



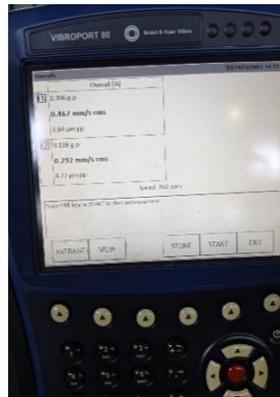
BU 28 1180 Rpm



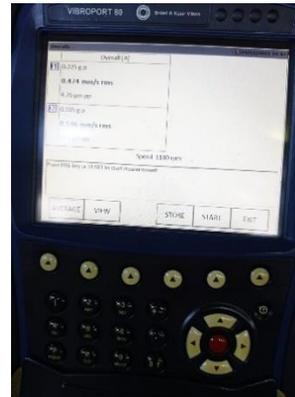
BU 29 260 Rpm



BU 29 1180 Rpm



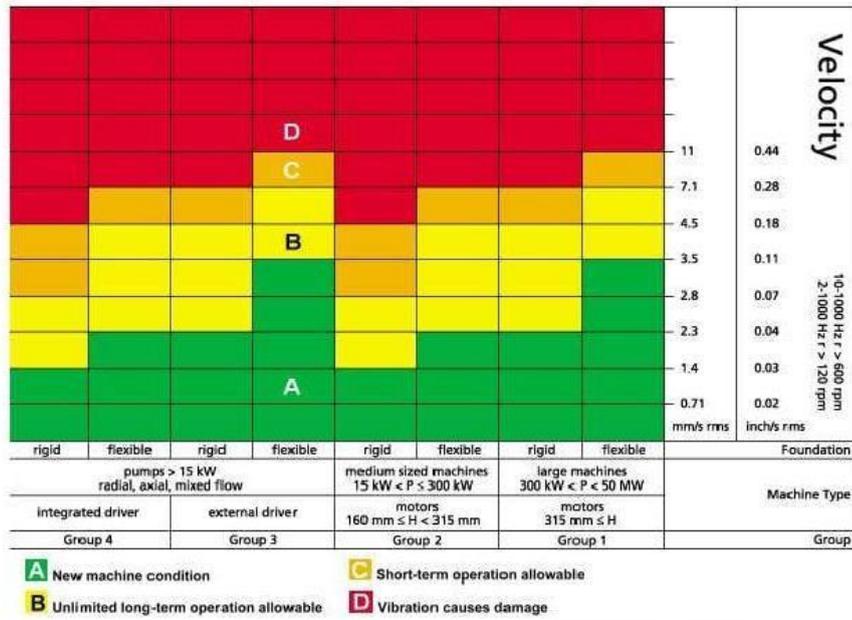
BU 30 260 Rpm



BU 30 1180 Rpm



LAMPIRAN 4 TABEL STANDARISASI VIBRASI ISO 10816-3



LAMPIRAN 5 PENGECEKAN PUTARAN SPINDEL



Pengecekan putaran spindel menggunakan alat yang bernama Pacumeter.

LAMPIRAN 6 PENGECEKAN VISKOSITAS PELUMAS



Pengecekan viskositas pelumas menggunakan visgaga

LAMPIRAN 7 CHECK SHEET MONITORING GEOMETRI

	CHECK SHEET MONITORING GEOMETRI							NO MESIN ()
Jenis Pemeriksaan	Batas yang Diizinkan (mm)	Hasil Pengukuran(mm)						Jumlah Persentase Kerusakan
		BU 25	BU 26	BU 27	BU 28	BU 29	BU 30	
1	0.02							
2	0.02							
3	0.02							
4	0.01							
5	0.01							
6	0.01							
7	0.005							
8	0.001							
9	0.001							
10	0.001							
11	0.001							
12	0.0025							
13	0.01							
14	0.005							
15	0.01							
16	0.005							
17	0.005							
18	0.01							
19	0.01							
20	0.03							
21	0.01							
Jumlah Kerusakan								

LAMPIRAN 8 *CHECK SHEET* KECEPATAN SPINDEL

No mesin	Kecepatan Spindel		Hasil	Kesimpulan
	260 Rpm	1180 Rpm		
BU 25				
BU 26				
BU 27				
BU 28				
BU 29				
BU 30				

Keterangan: Kesimpulan \surd = jika hasil sesuai standar; X = jika tidak sesuai standar.

LAMPIRAN 9 *CHECK SHEET* VISKOSITAS, SUHU DAN GETARAN

No	Jenis Pemeriksaan	Standar	Alat	NO MESIN ()	
				Hasil	Kesimpulan
1	Viskositas pelumas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Headstock (Shell Tellus 27) ▪ Thread & Feed Gearbox (Shell Tellus 27) ▪ Apron (Shell Tonna 33) 	(cSt) 29,8 - 35,2 29,8 - 35,2 61,2 - 74,8	Visgage		
2	Suhu <ul style="list-style-type: none"> ▪ 15 Menit ▪ 30 menit ▪ 45 menit ▪ 60 menit 	30 °C – 45 °C	Thermogun		
3	Getaran <ul style="list-style-type: none"> c. Pada 260 Rpm: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Posisi A Vertikal ▪ Posisi A Horisontal ▪ Posisi B Vertikal ▪ Posisi B Horisontal d. Pada 1180 Rpm: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Posisi A Vertikal ▪ Posisi A Horisontal ▪ Posisi B Vertikal ▪ Posisi B Horisontal 	(mm/s) 1,4 mm/s 1,4 mm/s 1,4 mm/s 1,4 mm/s 1,4 mm/s 1,4 mm/s 1,4 mm/s 1,4 mm/s 1,4 mm/s	Vibroport		