



KALPIKA

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Volume 19, Nomor 2 September 2022

Dedy Krisbianto¹, Agung Nugroho²

ANALISIS PERANCANGAN SUPPORT PADA PIPELINE SUATU PROJECT X DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II

Nurkim

Analisa Dan Rancang Bangun Tempat Tidur Bayi (Baby Cot)

Kis Yoga Utomo¹, Ahmad Z², Masyhudi³, Deni A⁴

ANALISIS KUALITAS BATANG PISTON ORIGINAL DAN NON ORIGINAL PADA KENDARAAN RODA DUA 4 LANGKAH KAPASITAS 113 CC

Sudja Rizki Maulana

ANALISIS PENGARUH FEEDING PADA PROSES GRINDING JOURNAL TERHADAP NILAI KUALITAS CAMSHAFT TYPE 2TNV70 PASCA IQT

Kupainudin¹, Denny Prumanto², Rani Anggrainy³

ANALISIS KEGAGALAN GEOMETRI KOMPONEN BRACKET HINGE CAB PADA PROSES BORING DIMESIN CNC MILLING OKK VC51

J. KALPIKA	VOL.19	NO.2	HAL 1-47	Jakarta SEPTEMBER 2022	ISSN 2962 - 2980
------------	--------	------	----------	---------------------------	------------------

JURNAL



KALPIKA

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Volume 19, Nomor 2, SEPTEMBER 2022

STAF REDAKSI

Penasihat	: Dr. Harjono Padmono Putro, S.Kom., M.Kom
Ketua	: Ir. JP. Damanik, M.Si
Penyunting	: Prof . Dr. Ir. Bambang Teguh P, DEA Dr. Didit S. R, MM Dr. Suwanda, ST., MT Ir. Muchayar, MT Chotim Subandi, S Kom, MT
Penyunting Pelaksana	: Afri Sujarwanto, ST Andika, ST
Sekretariat	: Satrio Y, ST Sutarto

Alamat redaksi

Universitas Krisnadwipayana
Kampus Jatiwaringin, Jakarta PO. BOX 7774/Jat.CM
Telp. : 021-846 2229, Fax : 021-84998529
E-mail : Jurnal_kalpika@wowmail.com
Jurnal_kalpika@gmail.com

JAKARTA 13077

JURNAL

DAFTAR ISI

1. ANALISIS PERANCANGAN *SUPPORT* PADA PIPELINE SUATU PROJECT X DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II
Dedy Krisbianto.¹, Agung Nugroho.²..... 1-10
2. ANALISA DAN RANCANG BANGUN TEMPAT TIDUR BAYI (*BABY COT*)
Nurkim. 11-20
3. ANALISIS KUALITAS BATANG PISTON ORIGINAL DAN NON ORIGINAL PADA KENDARAAN RODA DUA 4 LANGKAH KAPASITAS 113 CC
Kis Yoga Utomo¹, Ahmad Zayadi², Masyhudi³, Deni A ⁴..... 21–31
4. ANALISIS PENGARUH FEEDING PADA PROSES GRINDING JOURNAL TERHADAP NILAI KUALITAS CAMSHAFT TYPE 2TNV70 PASCA IQT
Sudja Rizki Maulana² 32–46
5. ANALISIS KEGAGALAN GEOMETRI KOMPONEN BRACKET HINGE CAB PADA PROSES BORING DIMESIN CNC MILLING OKK VC51
Kupainudin¹, Denny Prumanto², Rani Anggrainy³..... 47–54

Dari Redaksi

Ulang tahun adalah sinar matahari. Begitulah sering dikatakan orang-orang bijak maksudnya, beranjak dari ulang tahun, masa depan diharapkan akan senantiasa bersinar-sinar seperti matahari.

Akan tetapi , sinar matahari “terpaksa” harus kami lihat secara berbeda , dalam kaitan dengan ulang tahun pertama kalpika. Sinar matahari bagi kami,adalah simbol sumber energi yang,oleh karena itu,harus kami mentaatkan seefektif dan seefesien mungkin,sinar matahari sebagai symbol,kami para pengurus kalpika,ingin terus menerus berenergi alias bersemangat untuk menghadirkan kalpika kepada anda tepat pada waktunya melalui simbol matahari,berangkat dari ulang tahun pertama,kalpika ingin bertekad senantiasa mengunjungi anda.bukan malah surut dan kemudian lenyap ditelan waktu.

Kalpika,sebagai jurnal yang bervisi sebagai wadah unggulan penelitian (dalam makna luas),mengenai teknik dunia permesinan,setidaknya sudah mengawali kiprahnya melalui sajian naskah yang bervariasi (namun tetap terikat oleh visinya), mulai dari penelitian murni empirik hingga penelitian yang bersifat terobosan filosofis.Hingga tahun pertama kelahirannya,kalpika pun sudah membuktikan kekonsistennannya pada jadwal terbit.Hal ini,tentu saja berkat hubungan baik dengan relasi-relasi kami,terutama para kontribusi naskah.Oleh karena itu,dalam rangkamenjelang hari ulang tahun pertama kalpika,kami ingin mengucapkan terimakasih para relasi kami itu,termasuk juga kepada Anda,para pembaca.

Ulang tahun adalah sinar matahari.Ungkapan orang orang bijak,dalam kaitan ini, akan kami jadikansimbol mengenai sinar matahari yang setia mengunjungi kita setiap pagi.Kami pun akan berupaya setia mengunjungi Anda sesuai jadwal,Kontaklah terus kami,berilah kami masukan konstruktif,sehingga kesetiaan kami senantiasa terjaga.

Selamat membaca (Red)

PANDUAN BAGI PENULIS JURNAL KALPIKA (Judul 12pt)

Nama penulis tanpa disertai gelar (10 pt)

Ringkasan (Abstrak) (11 pt)

Naskah asli yang dikirim penulis akan langsung dicetak sebagai Isi Jurnal Kalpika untuk menjamin keseragaman dan kelancaran proses pencetakan, serta format naskah. Panduan ini sebagai acuan yang diperlukan untuk penulisan dan pengiriman naskah jurnal kalpika. Panduan ini ditulis sebagai format baku jurnal kalpika dan dapat dijadikan contoh bagi penulis!

Kata kunci : panduan, naskah, format, judul

1. Pengiriman naskah

Naskah asli dikirim ke dewan redaksi jurnal kalpika harus dalam bentuk siap cetak dan dilampiri pernyataan bahwa naskah tersebut belum dipublikasikan di media manapun.

2. Penulisan makalah**2.1 jumlah suku kata**

Jumlah keseluruhan suku kata dari naskah jurnal minimal 3600 dan maksimal 4800 suku kata

2.2 isi dari Jurnal

- a. Judul
- b. Abstrak
- c. latar belakang
- d. landasan teori
- e. metodologi penelitian (bagan alir penelitian)
- f. pembahasan (lampirkan table & grafik)
- g. kesimpulan
- h. daftar pustaka

2.3 tata letak

naskah dibuat pada kertas ukuran

A4. Dengan format sebagai berikut :

- a. margin atas dan bawah 3 cm
- b. margin kiri dan kanan 3 cm
- c. badan naskah dibuat 2 kolom kecuali judul dan abstrak

2.4 Huruf Dan Spasi

- a. judul dicetak tebal (12pt), nama penulis dicetak tebal (10 pt), nama institusi penulis & alamat email (10pt), abstrak (11pt) dan

naskah(11 pt) dicetak dengan huruf “ times newroman “dengan jarak 1 spasi.

- b. Judul ke nama penulis jarak 2 spasi
- c. Nama penulis ke abstrak 2 spasi

2.5 Tata cara penulisan

- a. Judul sub bagian diberi penomoran dan dicetak tebal
- b. Abstrak dibuat boleh 2 bahasa (Indonesia & Inggris)
- c. Bahasa yang digunakan bahasa Indonesia
- d. Penulisan bahas asing dimiringkan
- e. Satuan yang digunakan hendaknya menggunakan satuan internasional (SI)
- f. Penulisan rumus atau perhitungan diberi ket (pers 1....dst)
- g. Keterangan table dibuat diatas tabel (11pt), posisi sejajar kiri dan diberi ket (table 1.....,dst)
- h. Keterangan gambar dibuat dibawah gambar (11pt) dan posisi ditengah (gambar 1....., dst)
- i. Daftar pustaka ditulis berdasarkan urutan Abjad dengan urutan sumber buku ber ISBN diikuti Jurnal dan terakhir sumber dari internet

ANALISIS PERANCANGAN *SUPPORT* PADA *PIPELINE* SUATU PROJECT X DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II

Dedy Krisbianto.¹, Agung Nugroho²
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana
Jl. Raya Jatiwaringin, Pondok Gede, Jakarta Timur. Jakarta 13077

ABSTRACT

The design of a good and safe piping system is needed to ensure the continuity of the production process and ensure safety. To overcome the magnitude of the stress that occurs due to loading, analysis is needed. In this final project, the stress of the High Pressure Vent Pipeline will be analyzed with the CAESAR II approach and with the Allowable Stress limit of ASME B31.3. In this final project, a discussion of the piping path from the Pig Launcher outlet to the Pig Receiver inlet is carried out with line number "-PG-KT-A02A-016, 8"-PG-KT-A02A-027, 2"-02-BV-024 dan 2"-02-GLB-004. The design starts from collecting data, analyzing the pipe thickness (pipe schedule) from the type of material used in the initial design which refers to the ASME B31.3 Process Piping standard. In the redesign, the support distance is below the maximum span limit, which is less than 8m so that it does not provide deflection and excessive stress on the piping system.

Keywords ; Piping, Stress Analysis, Support.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam tahap perancangan sistem perpipaan perlu dilakukan perhitungan yang kompleks untuk menjaga dan menjamin agar system perpipaan aman pada saat beroperasi. Salah satu perhitungan engineering yang vital dan menentukan keberhasilan suatu system perpipaan adalah perhitungan peletakan support dan analisa tegangan pipa (pipe stress analysis). Pipe stress analysis adalah suatu metode terpenting untuk meyakinkan dan menetapkan secara numerik bahwa system perpipaan dalam engineering adalah aman.

Dalam analisa bahwa beban terjadi karena adanya pengaruh perlakuan beban statik dan perlakuan beban dinamik. Pemasangan support (penyangga) adalah hal yang paling penting agar pengaruh pembebanan (statik dan dinamik) selama operasi sistim perpipaan tidak mengalami kegagalan atau kerusakan. (Chamsudi,2005)

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian CAESAR II

CAESAR II adalah standar industri untuk analisis tekanan pipa, memungkinkan Anda membangun, menilai, dan melaporkan system pipa, apa pun ukuran atau kompleksitasnya, sesuai dengan lebih dari 35 standar pedoman pipa internasional serta banyak pedoman lingkungan dan peralatan. Integrasi dengan paket desain CAD memungkinkan Anda untuk dengan cepat mengimpor model, mengurangi risiko kesalahan dan waktu iteratif yang mahal

antara divisi CAD dan Analisis Tekanan. 2.2 Pengertian ASME (American Standart of Mechanical Engineering) ASME (American Society of Mechanical Engineers) adalah suatu organisasi standar bagi para insinyur mesin di Amerika yang meliputi multidisiplin dengan mencakup secara global. ASME merupakan : masyarakat teknik, organisasi standar, organisasi penelitian dan pengembangan, organisasi advokasi penyedia pelatihan dan pendidikan, dan organisasi nonprofit

2.3 Kriteria Analisa Sistem Perpipaan

Suatu sistem perpipaan dapat dikatakan aman apabila beban tegangan yang terjadi mempunyai nilai rasio lebih kecil atau sama dengan 1 dari tegangan yang diijinkan (allowable stress), sebagaimana telah ditetapkan dalam code maupun standard. Code adalah dokumen yang mengatur persyaratanpersyaratan minimal dari suatu desain, material, fabrikasi, instalasi, pengetesan.

2.4 Analisa Fleksibilitas Sistem Perpipaan

Analisa fleksibilitas pipa merupakan analisis terhadap kemampuan pipa untuk mengalami perubahan panjang atau deformasi secara elastis terhadap kondisi operasi yang memiliki beban akibat temperature tinggi. Sistem perpipaan harus cukup fleksibel sehinggal ekspansi thermal kontraksi atau perpindahan tumpuan ataupun titik ujung pipa tidak akan menyebabkan terjadinya :

1. Kegagalan pipa dan tumpuan pipa akibat tegangan berlebih.
2. Kebocoran pada sambungan las pipa.
3. Tegangan yang merusak atau distorsi pada pipa atau peralatan yang terhubung dengan pipa seperti pompa atau katup yang disebabkan oleh gaya dorong atau momen berlebih dalam pipa.

Sehingga sebuah sistem perpipaan dikatakan mempunyai fleksibilitas yang cukup atau baik, apabila sistem perpipaan tersebut dapat mengalami perubahan panjang akibat ekspansi atau kontraksi termal dan mampu kembali ke panjang awal jika beban akibat ekspansi atau kontraksi tersebut dihilangkan.

Dalam analisa tegangan yang mencakup mengenai fleksibilitas tegangan pipa akibat terjadinya over stress dapat di rancang system perpipaan sebagai berikut:

1. Expansion Loop

Pada bagian jalur pipa yang kaku dibuatkan belokan seperti kantong dengan penambahan empat elbows yang memungkinkan pipa mampu melakukan pergerakan pada kantor tersebut.

2. Expansion Leg

Cara ini dilakukan dengan jalan memutar atau menggeser salah satu orientasi nozzle sehingga tidak berhadapan-hadapan secara langsung dan pipa bias dibuat berkelokkelok.

3. Pemasangan Expansion Joint

Pemasangan expansion joint dimaksudkan agar pergerakan pipa akibat menerima beban dapat diserap karena konstruksinya memungkinkan hal itu terjadi.

2.5 Fleksibilitas Pipa

ASME B31.3 memberikan sebuah rumus sederhana yang dapat digunakan sebagai dasar apakah sebuah kalkulasi formal dari tegangan akibat ekspansi termal pada sistem perpipaan diperlukan atau tidak. Bila ternyata dari hasil perhitungan didapat $> K1$, maka analisis formal diperlukan, namun bila hasil perhitungan menyatakan $\leq K1$, maka tidak diperlukan analisis formal, dan perhitungan tegangan tetap dilakukan namun tidak mendetail.

2.6 Penyangga dan Support

Support adalah alat yang digunakan untuk menahan atau menyangga suatu system perpipaan.

Support dirancang untuk dapat menahan berbagai macam bentuk pembebanan baik statis maupun dinamis. Hal penting yang perlu diperhatikan dalam mendesain piping support, antara lain (Smith dan Van Laan, 1987).

- a. Berat Pipa yang harus diperhitungkan mencakup berat pipa serta perlengkapannya misalnya katup, bahan isolasi, serta berat isi pipa tersebut.
- b. Jenis Pipa Jarak antara penggantung atau penumpu bergantung pada jenis bahan pipa disamping ukuran pipa, karena adanya perbedaan kelenturan.
- c. Mencegah Perambatan Getaran Pipa yang berhubungan dengan mesin dan peralatan yang bergerak atau berputar dapat meneruskan getaran mesin tersebut ke dalam ruangan lainnya; baik melalui pipa atau melalui konstruksi gedung sehingga dapat menimbulkan kebisingan dan resonansi.
- d. Ekspansi Pipa Penggantung atau penumpu pipa harus mampu menampung adanya perubahan panjang pipa akibat perubahan temperatur pipa.
- e. Jarak Antar Pipa Jarak antara pipa dengan pipa dan antara pipa dengan dinding atau permukaan lainnya harus cukup lebar, jarak tersebut memungkinkan untuk penggunaan alat-alat, pemasangan isolasi atau penutup pipa, pengecatan, dan pekerjaan perawatan dan perbaikan disekitar pipa.

Jenis-jenis support yang biasa terdapat pada sebuah plant yaitu sebagai berikut :

- a. Anchor, jenis tumpuan yang tidak mengijinkan adanya gerakan translasi maupun rotasi pada semua derajat kebebasan.
- b. Restraint, ini adalah sebutan bagi semua peralatan yang berfungsi untuk mencegah, menahan, atau membatasi pergerakan pipa akibat thermal.
- c. Support, sebuah peralatan yang tujuannya utamanya adalah menahan sebagian berat pipa termasuk didalamnya berat isi dan pengaruh sekeliling.
- d. Brace, Sebuah peralatan yang bertujuan untuk menahan displacement pipa akibat gaya yang bekerja bukan karena grafitasi tapi juga bukan karena thermal expansion.
- e. Limit Stop, adalah suatu support yang berfungsi menahan gerakan pipa pada arah aksial atau translator pada jumlah tertentu.

f. Guide, jenis support yang berfungsi untuk mencegah terjadinya rotasi pada pipa akibat momen lentur atau momen torsi.

g. Hanger, suatu support dimana pipa ditahan dari sebuah struktur atau support ditempel pada struktur yang berada diatas pipa. Jenis tumpuan untuk menahan adanya gerakan translasi pada arah vertical (arah gravitasi). Tumpuan jenis ini terdiri dari dua macam, yaitu spring (variable) hanger, dan constant force hanger.

h. Constant Effort Support, yaitu support yang mampu menahan gaya yang konstan walaupun terjadi displacement yang besar.

2.7 Jarak Penyangga (support)

Penempatan penyangga sangat berpengaruh terhadap kestabilan suatu sistem perpipaan, untuk itu harus diperhitungkan jarak masing-masing penyangga dalam pemilihan dan penggunaan penyangga atau yang biasa disebut juga dengan span support. Span support adalah jarak minimal antara penyangga pertama dan kedua, dimana sistem perpipaan masih dalam kondisi aman dari tegangan dan defleksi. Span support didapat dari hasil perhitungan secara sederhana menggunakan rumus dibawah ini :

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times Z \times Sh}{W}}$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{do^4 - di^4}{do} \right)$$

Keterangan :

L = allowable pipe span (m)

Z = Section modulus (in³)

Sh = allowable tensile stress pada temperature tinggi (lb/in²)

W = berat total pipa (lb/ft)

2.8 Ketebalan Minimum

Perhitungan untuk menentukan ketebalan material biasanya diatur di dalam Code dan Standard yang digunakan dalam acuan pengerjaan sebuah proyek. Untuk menentukan ketebalan minimum pada pipa lurus berdasarkan ASME B31.3 2014 menggunakan persamaan berikut :

$$t = \frac{PD}{2(SEW \times PY)}$$

$$tm = t + C$$

Keterangan :

P = Internal design pressure

(Mpa)

D = Outside diameter (mm)

SE = Stress value for material from table A-1

(Mpa)

W = weld joint strength reduction factor in accordance with para. 302.3.5(e) ASME B31.3

y = coefficient from table 304.1.1 ASME B31.3

tm = minimum wall thickness (mm)

C = Corrosion allowances (mm)

2.9 Tegangan Pipa

Tegangan yang terjadi pada system perpipaan dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu tegangan normal (normal stress) dan tegangan geser (shear stress) (Chamsudi, 2005). Tegangan normal terdiri dari tiga komponen tegangan, yaitu (Sam Kannapan, 1986).

- Tegangan longitudinal (longitudinal stress) Tegangan longitudinal merupakan tegangan yang searah dengan panjang pipa.
- Tegangan tangensial (circumferential stress atau hoop stress) Tegangan tangensial merupakan tegangan yang searah dengan garis singgung penampang pipa.
- Tegangan radial (radial stress) Tegangan radial merupakan tegangan yang searah dengan jari-jari penampang pipa.
- Tegangan geser terdiri dari dua komponen tegangan, yaitu (Kannapan, 1986).
 - Tegangan geser (shear stress) Tegangan geser merupakan tegangan yang terjadi akibat gaya geser.
 - Tegangan puntir atau tegangan torsi (torsional stress) Tegangan puntir merupakan tegangan akibat momen puntir pada pipa. Dalam analisa software CAESAR II tegangan yang dilibatkan meliputi tegangan longitudinal ,tegangan torsi dan tegangan tangensial (hoop stress).

2.10 Tegangan Longitudinal

Tegangan longitudinal yaitu tegangan yang searah dengan panjang pipa dan merupakan jumlah dari tegangan aksial (axial stress), tegangan tekuk (bending stress) dan tegangan tekan (pressure stress). Mengenai ketiga tegangan ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Tegangan aksial (σ_x) adalah tegangan yang ditimbulkan oleh gaya F_{ax} yang bekerja searah dengan sumbu pipa. Nilai dari tegangan aksial dapat dirumuskan sebagai berikut (Chamsudi, 2005).

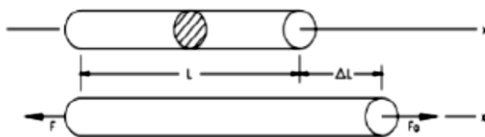
$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot A_i}{A_m}$$

Keterangan :

σ_{ip} = Tegangan Aksial (Mpa)

A_i = Luas area diameter dalam pipa (mm^2)

A_m = Luas area *cross section* pipa (mm^2)



Gambar 2.2 Axial Stress

2. Tegangan tekuk (σ_b) adalah tegangan yang ditimbulkan oleh momen (M) yang bekerja diujung-ujung pipa. Tegangan yang terjadi dapat berupa tegangan tekuk regang (tensile bending) dan tegangan tekuk tekan (compression bending). Tegangan tekuk maksimum terjadi pada permukaan pipa sedangkan tegangan minimum terjadi pada sumbu pipa. Nilai dari tegangan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut (Sam Kannapan, 1986).

$$M_{max} = \frac{W L^2}{8}$$

Keterangan :

M = momen bending maximum (N.m)

L = panjang pipa (m)

2.11 Tegangan Tangensial

Tegangan tangensial σ_{SH} ditimbulkan oleh tekanan internal yang bekerja secara tangensial dan besarnya bervariasi tergantung pada tebal dinding pipa. Rumus untuk tegangan tangensial dapat dijelaskan pada Gambar 2.5. Untuk dinding pipa yang tipis persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi seperti berikut :

2.12 Tegangan Torsi

Suatu bentangan bahan dengan luas permukaan tetap dikenahi suatu puntiran (twisting) pada setiap ujungnya dan puntiran ini disebut juga dengan torsional, dan bentangan benda tersebut dikatakan sebagai poros (shaft). Untuk suatu poros dengan panjang L dan jari-jari c dikenahi torsi T (sepasang), sebagaimana ditunjukkan dalam gambar, Pergeseran sudut (angular displacement) ujung satu terhadap yang lainnya diberikan dengan sudut ν (dalam radian) adalah : $\nu = (2.10)$ Dengan $J = \pi c^4 / 2$ adalah moment inersia polar pada luas permukaan. Juga, tegangan geser torsional pada suatu jarak r dari sumbu poros luas permukaan adalah : $\tau = (2.11)$ yang bertambah secara linier sebagaimana terlihat dalam Gambar 2.6. Sehingga, maksimum tegangan geser yang terjadi pada $r = c$ adalah τ_{max} Untuk poros berlubang mempunyai jari-jari dalam c_i dan jari-jari luar c_o semua formula di atas akan berlaku tetapi dengan $J = \pi (c_o^4 - c_i^4) / 2$

2.13 Sustained Load

Sustained load yaitu pembebanan akibat berat pipa itu sendiri, akibat berat fluida, akibat tekanan dalam (Internal Pressure) dan temperature fluida. Pada semua system perpipaan, perancangan pipa yang dibuat haruslah dirancang mampu untuk menahan berat fluida, isolasi, komponen-komponen dan struktur pipa itu sendiri. Sehingga dapat dikatakan istilah lain dari Sustained Load adalah Longitudinal stress, jenis tegangan dari longitudinal stress meliputi axial stress, pressure stress, dan bending stress. Penentuan momen pada tegangan tekuk dibedakan menjadi 2 perlakuan sebagai berikut:

a. Untuk sistem dengan beban merata (uniformly distributed load)

b. Untuk sistem dengan beban terpusat

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot d_o}{4t}$$

Keterangan :

P = Tekanan fluida dalam pipa (N/mm^2)

A_i = Luas permukaan dalam pipa (mm^2)

t = Tebal pipa (mm)

2.14 Expansion Load

Akibat dari temperatur fluida alir dan sifat material pipa, dapat menyebabkan terjadinya perpanjangan pada pipa (ekspansi). Untuk pipa lurus analisa Thermal load ekspansi berdasarkan metode guided cantilever, guided

cantilever adalah cantilever beam yang ditahan pada salah satu ujungnya, untuk pipa lurus dibawah beban Thermal load ekspansi perlakuan metode guided cantilever.

2.15 Expansion Loop

Expansion loop merupakan salah satu cara repair atau desain yang bisa dilakukan apabila pipa mengalami overstress disebabkan oleh ekspansi termal. Fungsi loop sendiri adalah untuk mengontrol physical properties dari material pipa yang digunakan. Maka pipa harus memiliki panjang loop yang cukup untuk mengatasi masalah tersebut (Hariono dkk, 2014). Expansion loop memiliki lekukan arah tegak lurus untuk menyerap ekspansi termal yang terjadi. Pemuaian akibat temperatur pada sistem perpipaan dapat di tahan dengan adanya simpul pada pipa. Loop ekspansi lebih aman, hanya saja membutuhkan area yang cukup luas (Sam Kannapan,1986).

2.16 Tegangan Ijin

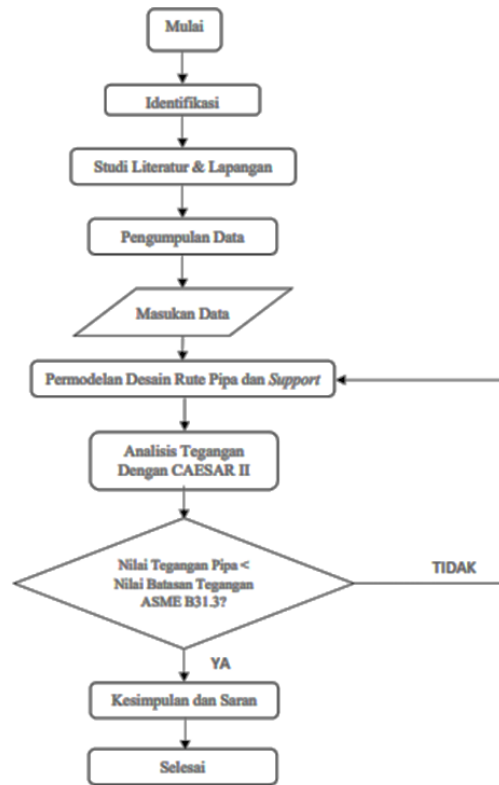
Nilai tegangan ijin yang digunakan sebagai acuan adalah nilai tegangan ijin berdasarkan desain temperature. Nilai tegangan ijin dari setiap kondisi berbeda. Untuk kondisi sustained load nilai tegangan ijin material sesuai dengan tegangan ijin pada ASME B31.3. Untuk kondisi sustained load nilai tegangan ijin tidak boleh lebih dari tegangan ijin material berdasarkan ASME B31.3.

2.17 Evaluasi Beban Nozzle

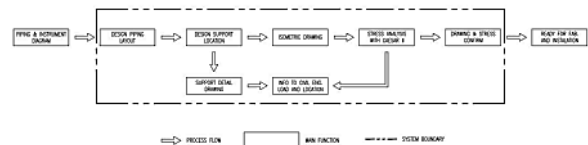
Beban sebenarnya (aktual) yang terjadi pada nozzle berdasarkan hasil analisa suatu sistem perpipaan dapat dikatakan aman apabila beban tersebut dapat diterima atau berada pada zona ambang batas beban yang diperkenankan yang telah ditetapkan oleh standar API 610 untuk pompa dan WRC 297 untuk bejana (vessel) (Chamsudi, 2005). Batasan beban (gaya dan momen) yang terjadi pada nozzle equipment akibat beban operating dan Sustain load system perpipaan.

3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.2. Diagram Block pada perancangan proses engineering

3.2 Tahap Identifikasi Awal

Tahapan identifikasi awal ditujukan untuk menetapkan tujuan dan identifikasi masalah yang akan dibahas oleh penulis pada penelitian ini.

1. Identifikasi Masalah Penetapan Tujuan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi beberapa permasalahan yang didapatkan pada saat melakukan pengamatan dan pemikiran untuk bias dijadikan rumusan permasalahan dalam penelitian. Tentang hal-hal yang akan dilakukan selama penelitian.

2. Tahap Studi Literatur.

Pada tahap ini penulis melakukan pengumpulan landasan teori yang berkaitan dengan bahasan

mengenai analisa tegangan pipa baik berupa rumusrumus empiris ataupun pernyataanpernyataan yang telah diungkapkan oleh peneliti terdahulu yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian ini

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data ini penulis mengumpulkan teori-teori yang berhubungan dengan analisa tegangan pipa sehingga dapat dijadikan acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Kemudian mengumpulkan data-data yang dijadikan bahan analisa dari pengamatan mekanisme manajemen project serta kondisi lapangan untuk rencana jalur pipa yang akan dipasang. Adapun data yang dibutuhkan antara lain :

- Piping & Instrument Diagram (P&ID)
- Piping Material Specification
- Piping Isometric Drawing
- Piping Plan Layout
- Piping Line List
- Piping Stress Specification
- Pipe Support Detail

3.4 Jadwal Penelitian dan Peralatan

Untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini digunakan metode penelitian, sebagai berikut :

- Waktu dan Tempat Penelitian Waktu yang digunakan untuk melaksanakan penelitian dan pengumpulan data-data yang diperlukan yaitu \pm 3 bulan di PT. Elnusa Tbk. Pengerjaan Tugas Akhir dan melakukan bimbingan dengan dosen pembimbing program studi Teknik Mesin di Universitas Krisnadwipayana, Jakarta.
- Peralatan Penelitian yang dilakukan yaitu tentang analisa tegangan pada sistem perpipaan sehingga peralatan yang digunakan ialah software Caesar II yang diperuntukan dalam **permodelan dan analisa tegangan**

4 Analisa dan Perhitungan

4.1 Analisa Data

Untuk melakukan perhitungan analisa tegangan, diperlukan data yang diperoleh dari jalur pipa dari Outlet Pig Launcher menuju Inlet Pig Receiver tepatnya pada line number 8"-PG-KT-A02A-016, 8"-PG-KT-A02A-027, 2"-02-BV-024, dan 2"-02-GLB-004. Data material pipa sistem perpipaan ditunjukkan pada table 4.1. Sedangkan kondisi

desain pada sistem perpipaan ditunjukkan pada table 4.2

Tabel 4.1 Data Material Pipa

Material Pipa	ASTMA106 Grade B Sch. 40				
Outside Diameter 8"	OD	219	mm	8.625	inc
Inside Diameter 8"	ID	202	mm	7.99	inc
Outside Diameter 2"	OD	60.3	mm	2.375	inc
Inside Diameter 2"	ID	49.22	mm	1.937	inc
Wall Thickness 8"	t	8.18	mm	0.322	inc
Wall Thickness 2"	t	5.54	mm	0.218	inc
Pressure Design	P_{design}	680	psi	-	-
Temperature Design	T_{design}	150	°F	-	-

Tabel 4.2 Allowable stress pipa pada variasi temperature

Material	Spec. No	Grade	Allowable stress pada temperature (°F) dalam ksi						
			100	200	300	400	500	600	700
-	A106	B40	20	20	20	19.9	19	17.9	16.7

4.2 Perhitungan Ketebalan Minimum

Dari persamaan perhitungan ketebalan minimum, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P = 680 \text{ psi} = 4,68 \text{ Mpa (Design Pressure)}$$

$$D1 = 219 \text{ mm}$$

$$D2 = 60.3 \text{ mm}$$

$$S = 20 \text{ ksi} = 20.000 \text{ psi} = 137.9 \text{ MPa} = 20.000 \text{ lb/ft}^2$$

$$W = 1$$

$$E = 1$$

$$Y = 0.4$$

$$C = 3 \text{ mm}$$

- Perhitungan Minimum Wall Thickness pada pipa 8"

$$t_{8"} = \frac{PD}{2(SEW \times PY)}$$

$$t_{8"} = \frac{4.68 \times 219}{2(137.9 \times 1 \times 1 + 4.68 \times 0.4)}$$

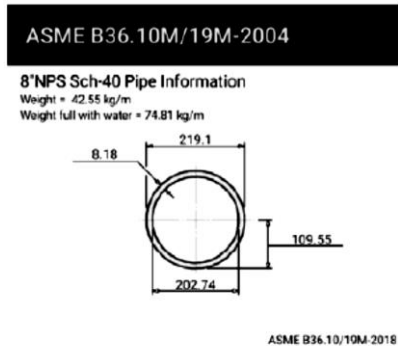
$$t_{8"} = \frac{1024.92}{279.544}$$

$$t_{8"} = 3.66 \text{ mm}$$

$$tm_{8"} = t + C$$

$$tm_{8"} = 3.66 + 3 = 6.6 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dengan kebutuhan ketebalan sebesar 6.6 mm, maka disimpulkan keperluan untuk ketebalan pipa cukup menggunakan pipa 8” dengan schedule 40 yang mempunyai ketebalan pipa sebesar 8.18 mm



Gambar 4.1 Data Pipe Information 8”-sch.40

- Perhitungan Minimum Wall Thickness pada pipa 2”

$$t_{2"} = \frac{PD}{2(SEW \times PY)}$$

$$t_{2"} = \frac{4.68 \times 60.3}{2(137.9 \times 1 \times 1 + 4.68 \times 0.4)}$$

$$t_{2"} = \frac{282,20}{279.544}$$

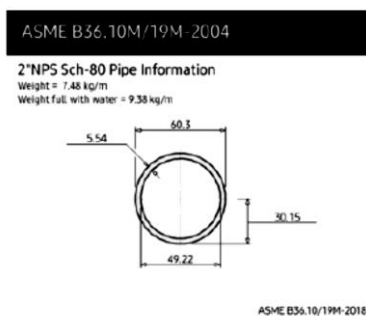
$$t_{2"} = 1.0 \text{ mm}$$

$$tm_{2"} = t + C$$

$$tm_{2"} = 1.0 + 3$$

$$tm_{2"} = 4 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dengan kebutuhan ketebalan sebesar 4 mm, maka disimpulkan keperluan untuk ketebalan pipa cukup menggunakan pipa 2” dengan schedule 80 yang mempunyai ketebalan pipa sebesar 5.54 mm.



Gambar 4.2 Data Pipe Information 2”-sch.80

4.3 Perhitungan Nilai Jarak Span

Support berdasarkan Maximum Stress

- Menentukan nilai modulus section pada Pipa 8”

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{do^4 - di^4}{do} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{8.625^4 - 7.09^4}{8.625} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{5533.9 - 2526}{8.625} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{3007}{8,625} \right)$$

$$Z = 34.23 \text{ in}^3$$

- Menghitung total gaya dari seluruh gaya pada pipa 8” :

$$W_{total} = (W_{pipa}) + (W_{fluida})$$

- Menghitung gaya pada pipa 8” :

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (do^2 - di^2) \times dp \times 6$$

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (8.625^2 - 7.09^2) \times 0.284 \times 6$$

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (74.39 - 50.26) \times 1.704$$

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (10.89) \times 1.704$$

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (18.56)$$

$$W_{pipa} = 14.57 \text{ lb/ft}$$

- Menghitung gaya pada fluida :

$$W_{fluida} = \frac{1}{4} \times \pi \times (di^2 \times 6) \times df$$

$$W_{fluida} = \frac{1}{4} \times \pi \times (63.5^2 \times 6) \times 1.84$$

$$W_{fluida} = \frac{1}{4} \times \pi \times (381) \times 1.84$$

$$W_{fluida} = 550.6 \text{ lb/ft}$$

$$\diamond W_{total} = (W_{pipa}) + (W_{fluida})$$

$$= 14.57 + 550.6$$

$$= 565.16 \text{ lb/ft}$$

- Jadi, perhitungan nilai panjang Span Support pada pipa 8” :

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times Z \times Sh}{W}}$$

Diketahui :

$$Z = 0.000313 \text{ m}^3 \text{ atau } 3.13 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = 427.2 \text{ N}$$

$$Sh = 137.9 \text{ Mpa} = 20000 \text{ lb/in}^2$$

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times 34.23 \times 20000}{565.16}}$$

$$L = \sqrt{\frac{273849.58}{565.16}}$$

$$L = \sqrt{484.55} = 22.012 \text{ ft} = 6.7 \text{ m}$$

- Menentukan nilai modulus section pada Pipa 2"

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{do^4 - di^4}{do} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{2.375^4 \times 1.937^4}{2.375} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{31.81 - 14.07}{2.375} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{17.74}{2.375} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \times 7.47 = 0.733 \text{ in}^3$$

- Menghitung total gaya dari seluruh gaya pada pipa 2"

$$W_{\text{total}} = (W_{\text{pipa}}) + (W_{\text{fluida}})$$

- Menghitung gaya pada pipa 2" :

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (do^2 - di^2) \times dp \times 6$$

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (2.375^2 - 1.937^2) \times 0.284 \times 6$$

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (5.64 - 3.75) \times 1.704$$

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (1.89) \times 1.704$$

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (3.22)$$

$$W_{\text{pipa}} = 2.52 \text{ lb/ft}$$

- Menghitung gaya fluida pada pipa 2" :

$$W_{\text{fluida}} = \frac{1}{4} \times \pi (di^2 \times 6) \times df$$

$$W_{\text{fluida}} = \frac{1}{4} \times \pi (1.937^2 \times 6) \times 1.84$$

$$W_{\text{fluida}} = \frac{1}{4} \times \pi (22.5) \times 1.84$$

$$W_{\text{fluida}} = 32.5 \text{ lb/ft}$$

$$\begin{aligned} \diamond W_{\text{total}} &= (W_{\text{pipa}}) + (W_{\text{fluida}}) \\ &= 2.52 + 32.5 \\ &= 35 \text{ lb/ft} \end{aligned}$$

- Jadi, perhitungan nilai panjang Span Support pada Pipa 2" :

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times Z \times Sh}{W}}$$

Diketahui :

$$Z = 0.000380 \text{ m}^3 \text{ atau } 1.187 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W = 72.523 \text{ N}$$

$$Sh = 137.9 \text{ Mpa} = 20000 \text{ lb/in}^2$$

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times 0.733 \times 20000}{35}} = \sqrt{\frac{5864.2}{35}}$$

$$L = \sqrt{167.55}$$

$$L = 12.9 \text{ ft} = 3.9 \text{ m}$$

4.4 Analisa Tegangan Pipa dengan Perhitungan Manual

- Nilai Tegangan Sustained Load Pipa 8"

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot do}{4t}$$

$$\sigma_{ip} = \frac{4.68 \times 219}{4 \times 8.18}$$

$$\sigma_{ip} = \frac{1024.92}{32.7}$$

$$\sigma_{ip} = 31.343 \text{ Mpa} = 4546 \text{ lb/in}^2$$

- Nilai Tegangan Sustained Load Pipa 2"

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot do}{4t}$$

$$\sigma_{ip} = \frac{4.68 \times 60.3}{4 \times 5.54}$$

$$\sigma_{ip} = \frac{282.2}{22.1}$$

$$\sigma_{ip} = 12.769 \text{ Mpa} = 1852 \text{ lb/in}^2$$

- Nilai dari tegangan akibat gaya axial pada setiap segmen pipa adalah sama dikarenakan gaya axial yang diakibatkan oleh pressure sama pada setiap segmen. Formula yang digunakan untuk menghitung tegangan sebagai berikut :

- Pipa 8" Outside Diameter

$$A_o = \frac{1}{4} \times \pi \times d_o^2$$

$$A_o = \frac{1}{4} \times \pi \times 219^2 = 37668.48 \text{ mm}^2$$

- Pipa 8" Inside Diameter

$$A_i = \frac{1}{4} \times \pi \times d_i^2$$

$$A_i = \frac{1}{4} \times \pi \times 203^2 = 32365.47 \text{ mm}^2$$

$$A_m = (A_o - A_i)$$

$$A_m = (37668.48 - 32365.47)$$

$$= 5303.01 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{ax} = \frac{P \cdot A_i}{A_m}$$

$$\sigma_{ax} = \frac{4.68 \times 32365.47}{5303.01} = 28.563 \text{ Mpa}$$

$$= 4142.71 \text{ lb/in}^2$$

- Pipa 2" Outside Diameter

$$A_o = \frac{1}{4} \times \pi \times d_o^2$$

$$A_o = \frac{1}{4} \times \pi \times 60.3^2 = 2855.78 \text{ mm}^2$$

- Pipa 2" Inside Diameter

$$A_i = \frac{1}{4} \times \pi \times d_i^2$$

$$A_i = \frac{1}{4} \times \pi \times 49.22^2 = 1902.7 \text{ mm}^2$$

$$A_m = (A_o - A_i)$$

$$A_m = (2855.78 - 1902.7)$$

$$= 953 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{ax} = \frac{P \cdot A_i}{A_m}$$

$$\sigma_{ax} = \frac{4.68 \times 1902.7}{953} = 9.3 \text{ Mpa}$$

$$= 1348.85 \text{ lb/in}^2$$

Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Perhitungan Manual dan program Caesar II

	Pipe Size	Tegangan Sustained Load	Tegangan Axial
		(lb/in ²)	(lb/in ²)
CAESAR II	8"	4626.8	4555.3
	2"	1951.6	1852.1
Perhitungan Manual	8"	4546	4142.7
	2"	1852	1348.85



Grafik 4.1 Hasil Perbandingan Perhitungan Manual dengan program Caesar II

5 PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

- Dari perbandingan di atas dengan perhitungan ketebalan yang dibutuhkan pada pipa 8" adalah 6.6 mm, dan pipa 2" adalah 4mm, maka dapat ditentukan bahwa schedule yang digunakan pada pipa 8" adalah sch.40 (8.18 mm) dan pipa 2" adalah sch. 80 (5.54 mm).
- Dari tabel 4.5, dapat disimpulkan bahwa pada Tegangan Sustain didapatkan hasil yang tidak berbeda jauh antara perhitungan manual dengan Caesar II, dalam hal ini bisa di artikan hasil analisa penulis sudah sesuai dengan specification dan kebutuhan.
- Dalam perhitungan limitasi jarak penyangga (Span Support Limit) menunjukkan bahwa jarak maksimum penyangga (Support) adalah 6.7 m pada pipa 8" dan 3.9 m pada pipa 2", sedangkan yang penulis aplikasikan terhadap penyangga support di instal tidak lebih dari span support maksimum yang dibutuhkan. Maka hasil dari Piping Designer melakukan penempatan support sudah sesuai dan tidak terjadi masalah pada perhitungan dari CAESAR II.

5.2 SARAN

- Pastikan input data ke dalam program CAESAR II adalah benar, sehingga analisa tegangan yang terjadi pada jalur pipa akan benar, karena akan mempengaruhi penempatan dan pemakaian jenis support yang akan digunakan.
- Jika tegangan paling besar atau paling kritis diketahui melebihi allowable stress material yang digunakan, segera lakukan analisis percobaan dengan cara merubah posisi support atau merubah routing pipa, sehingga over stress dapat dihindarkan
- Analisis static merupakan salah satu bagian dari analisis yang dilakukan dalam menganalisis sistem pemipaan seperti yang penulis susun.
- Program CAESAR II sangat membantu pada Piping Stress Engineer dalam melakukan analisa sistem perpipaan.

- JTM Vol. 05, No. 2, Juni 2016, Universitas Mercubuana, Jakarta.
4. Kannappan, Sam. (1986). Introduction to Pipe Stress Analysis. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
 5. Specification for Piping Stress Design Basis (KTJ-EPC-00-PIP-SPC-003 2020), Kuala Tanjung
 - 6.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASME (2014). ASME B31.3-2014, Process Piping, ASME Code for Pressure Piping, B31. The American Society of Mechanical Engineering, U.S.A.
2. Chamsudi, Achmad. (2005). Piping Stress Analysis. Badan Tenaga Nuklir Nasional PUSPITEK, Serpong.
3. Maulana, Arief (2016). Perhitungan Tegangan Pipa Dari Discharge Kompresor Menuju Air Cooler Menggunakan Software Caesar II 5.10 Pada Proyek GasLift Compressor Station.

ANALISA DAN RANCANG BANGUN TEMPAT TIDUR BAYI (*BABY COT*)

Nurkim.

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana
Jl. Raya Jatiwaringin, Pondok Gede, Jakarta Timur. Jakarta 13077
Email : nurkim@unkris.ac.id,

ABSTRACT

The success of the national health insurance program (JKN) requires certainty of the availability of drug supplies and medical devices from local industries. The limitation of the local medical device industry is an obstacle to the success of the program, and then released national program to accelerate the development of the independence of the national medical device industry. This research is intended to find an alternative way to accelerate the development of the medical device industry by developing upstream technology, namely product design and development. With this technology, an effective way of developing medical device products for small industries will be obtained, the product reaches the market immediately, and meets regulatory requirements. The product used in this case is a baby cot. The product development model used is to follow the regulatory requirements for good medical devices manufacturing practices (CPAKB), SNI ISO 13485 and a systematic approach to design a product that is safe, and effective as intended use. Information on product requirements and test methods is taken from EN 1130 Part 1 and Part 2. Using a systematic approach the requirements and functions for the product can be analyzed. Furthermore, the embodiment design and detailed design are developed. The correctness of the design is proven by making functional prototypes and verified by the stipulated design requirements. From this research, it was found a way to develop medical device products for baby box products that are safe, and effective as intended use meet regulatory requirements.

Keywords: Medical devices, small industry, product development, functional prototypes, baby cot.

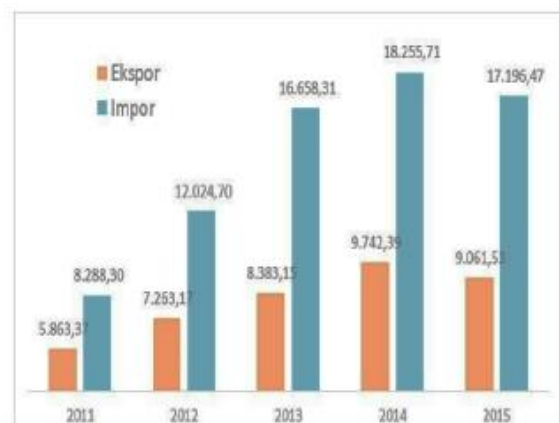
1.1. Landasan Hukum

Pengembangan Industri Alat Kesehatan di Indonesia Tidur merupakan aktivitas yang penting pada anak karena berdampak langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan anak. Kurang tidur pada anak dapat mempengaruhi kemampuan kesehatan bayi tersebut, mempengaruhi mood, menyebabkan masalah perilaku dan kesehatan. Seiring dengan meningkatnya, permintaan akan layanan kesehatan juga meningkat. Dengan pertumbuhan dan populasi muda, investasi sosial menghasilkan yang produktif tenaga kerja dapat memiliki efek multiplikasi pada pertumbuhan ekonomi.

keberlanjutan skema dan peningkatan akses ke layanan

kesehatan untuk penduduk, terutama 40 persen terbawah. Menanggapi meningkatnya kebutuhan perawatan kesehatan dari populasi akan diperlukankemitraan yang kuat antara pemerintah dan sektor kesehatan swasta. BPJS Kesehatan telah menandatangani kontrak dengan rumah sakit dan klinik swasta sejak skema inisiasi, dan pada saat itu September 2017, 1.335 rumah sakit swasta (sekitar 78 persen dari rumah sakit swasta terdaftar di Departemen Kesehatan) (Database Kementerian Kesehatan, N.D) menawarkan

layanan kesehatan melalui skema, membuat 60 persen dari semua rumah sakit yang dikontrak (Idris, 2017). Sistem kesehatan Indonesia bergantung pada produsen dan importir swasta untuk obat esensial dan alat kesehatan. 1.2 Kondisi Pasar Alat Kesehatan Indonesia
Gambaran dari bisnis alat kesehatan di Indonesia dari aspek import maupun exportnya sebagaimana didapat dari badan statistic Indonesia (BPS, 2015) ditunjukkan pada gambar 1.1.



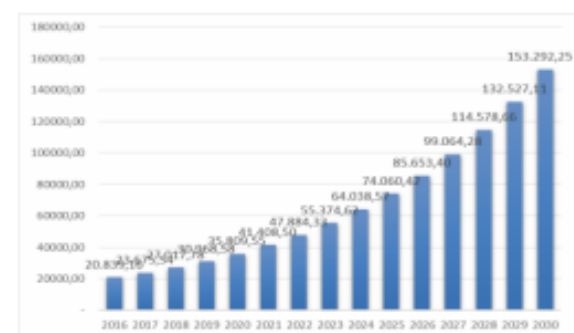
Sumber: Badan Pusat Statistik/
Kementerian Perdagangan (diolah)

Gambar 1 . 1 Kondisi Ekspor Impor Alat Kesehatan Indonesia 2011 – 2015

Dari besaran permintaan produk ekspor dan besaran nilai produk import tertinggi untuk menggambarkan kondisi Ekspor dan Import Alat Kesehatan di Indonesia

masing-masing ditunjukkan pada table 1.1 dan 1.2. Dalam 5 tahun terakhir, produk-produk sarung tangan memiliki pertumbuhan rata-rata sebesar 7,6% per tahun, sementara untuk lensa kontak dan sejenisnya serta disposable sanitary towel memiliki pertumbuhan masing-masing 13,2% dan 35,8% per tahun. Impor alat kesehatan Indonesia didominasi oleh produk alat kesehatan berbasis teknologi tinggi. Pada tahun 2015, impor alat kesehatan Indonesia didominasi oleh alat operasional digital dan portable, mencapai 16,5% dari total impor alat kesehatan Indonesia. Kontribusi lainnya berasal dari produk alat kesehatan lain non-elektronik (7,2%), *disposable sanitary towel* (6,9%), peralatan kesehatan elektronik (5,7%), serta reagen dan preparat untuk laboratorium (5,3%).

Gambar 1.2 Proyeksi Permintaan Alat Kesehatan Indonesia 2016-2030 (BPS, 2015)
Sumber : Badan pusat statistik, kementerian perdagangan, kementerian kesehatan (diolah)



Gambar 1.2 Proyeksi Permintaan Alat Kesehatan Indonesia 2016-2030 (BPS, 2015)
Sumber : Badan pusat statistik, kementerian perdagangan, kementerian kesehatan (diolah)

Table 1.1 *Product Value Of The Highest Import Value*

No.	Kode HS	Nama Produk (Kode HS)	Nilai (USD)	Nilai (Milyar Rp)
1.	8471309000	Oth portable digital automatic data	211,657,868	2.836.22
2.	9018909000	Other Instruments and appliances	91,880,675	1.231.20
3.	9619001900	Oth disposable sanitary towel, tampons	88,358,181	1.184.00
4.	9018903000	Elektronik Instruments and appliances	73,585,832	986.05
5.	3822009000	Oth diagnostic/lab reagents & Prepared	68,091,321	912.42
6.	9019200000	Ozone therapy, oxygen therapy,serosol	47,498,824	636.48
7.	9022140000	X-ray app for medical, surgical or	41,223,260	552.39
8.	9018120000	Ultrasonic scanning apparatus	26,183,033	350.85
9.	9603210000	Tooth brushes, incl dentalplate brushes	22,939,850	307.39
10.	9018391000	Catheters	22,287,155	298.65
11.	3822001000	Plate, sheet, film foil&strip of plastic	21,502,183	288.13
12.	9018190000	Other elektro-diagnostic apparatus	20,590,183	275.91
13.	9018500000	Oth ophthalmic instruments&appliances	20,214,111	270.87
14.	9402901000	Furniture designed for medical,surgical	19,858,572	266.10
15.	9018902000	Intravenous administration set	19,449,754	260.63
16.	9027301000	Spectro/spectrometers&spectro	18,650,975	249.92
17.	9405109000	Oth chandeliers&oth elec ceiling/wall	18,427,108	246.92
18.	6406903100	Oth part of footwear of rubber/plastic	17,604,615	235.90
19.	9022120000	Computed tomography apparatus	16,616,229	222.66
20.	8405100000	Produser gas/water gas generators	15,942,096	213.62

1.3 Potensi Permintaan Alat Kesehatan Domestik

Dari data-data di atas, dapat terlihat bahwa potensi ekspor Indonesia berada pada produksi alat kesehatan dengan teknologi rendah, diantaranya, produk sarung tangan dan sejenisnya, produk lensa kontak dan sejenisnya, produk disposable sanitary towel, instrument alat kesehatan non-elektronik, furniture alat kesehatan, cannula, dan lain sebagainya. Pada produk-produk ini, produsen Indonesia dipercaya masih dapat bersaing secara kompetitif.

1.4 Kemampuan Industri

ALKES dalam Memenuhi Kebutuhan Standar ALKES di Rumah Sakit Industri alat kesehatan di Indonesia pada saat ini ada sejumlah 216 industri yang tersebar di 11 wilayah Propinsi. Izin edar alat kesehatan dalam negeri ada sejumlah 2.862 izin edar dan bila dibandingkan dengan standar minimal alat kesehatan yang harus tersedia di rumah sakit sesuai dengan Permenkes No 56 Tahun 2014 tentang Klasifikasi dan Perizinan Rumah Sakit maka sudah mampu memenuhi 66,1% dari standar di RS Tipe D, 57,9% dari standar di RS Tipe C, 51,3% dari standar RS Tipe B dan 48,2% dari RS Tipe A



Meningkatnya kebutuhan alat kesehatan belum dapat dipenuhi oleh industri alat kesehatan dalam negeri. Berdasarkan data terakhir, 94 % alat kesehatan yang beredar adalah produk impor (sumber: ASPAKI). Kemudahan keluar masuk barang dalam era globalisasi dan dengan jumlah penduduk lebih dari 250 juta jiwa membuat Indonesia menjadi pasar yang menarik untuk masuknya produk impor. Hal tersebut sangat tidak sejalan dengan upaya kemandirian nasional terhadap alat kesehatan maupun ketahanan ekonomi nasional. Permasalahan yang dihadapi industri alat kesehatan meliputi :

A. Regulasi

- Kurangnya regulasi yang berpihak pada pengembangan industri.
- Kurangnya dukungan pemerintah untuk



Gambar 1.5. Kapabilitas Industri Alat Kesehatan Indonesia

mendorong penggunaan alat kesehatan dalam negeri.

B. Produksi

- Industri alat kesehatan dalam negeri masih terbatas teknologi rendah sampai menengah.

- Pemberlakuan pajak sebesar 5-20% terhadap bahanbaku.
- Terbatasnya riset untuk pengembangan alat kesehatan.
- Masih belum maksimalnya kapasitas produksi industri.
- Masih banyak industri alat kesehatan yang belum memenuhi persyaratan Cara Pembuatan Alat Kesehatan yang Baik (CPAKB).

C. Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN)

- Terbatasnya bahan baku dalam negeri yang memenuhi persyaratan.
- Lebih dari 90% bahan baku alat kesehatan masih impor.
- Rendahnya minat investasi bahan baku.

D. Infrastruktur

- Masih minimnya lembaga riset alat kesehatan.
- Masih terbatasnya laboratorium uji alat kesehatan.

E. Sumber Daya

- Masih terbatasnya tenaga ahli di bidang alat kesehatan.
- Masih banyak industri alat kesehatan berskala UMKM dengan modal terbatas.

F. Produksi

- Industri alat kesehatan dalam negeri masih terbatas teknologi rendah sampai menengah.
- Pemberlakuan pajak sebesar 5-20% terhadap bahan baku.
- Terbatasnya riset untuk pengembangan alat kesehatan.

G. Masih belum maksimalnya kapasitas produksi industri.

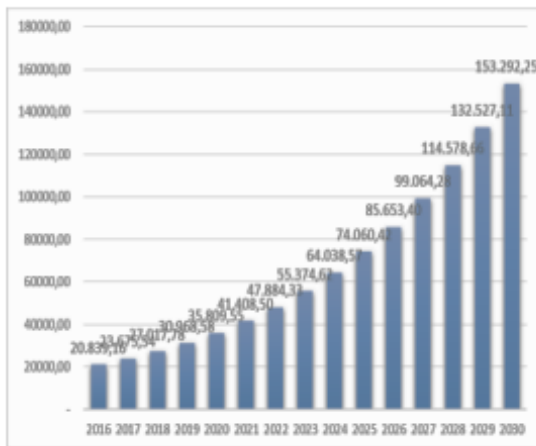
- Masih banyak industri alat kesehatan yang belum memenuhi persyaratan Cara Pembuatan Alat Kesehatan yang Baik (CPAKB).

1.5 Potensi Permintaan Alat Kesehatan Domestik

Dari data-data di atas, dapat terlihat bahwa potensi ekspor Indonesia berada pada produksi alat kesehatan dengan teknologi rendah, diantaranya, produk sarung tangan dan sejenisnya, produk lensa kontak dan sejenisnya, produk disposable sanitary towel, instrument alat kesehatan nonelektronik, furniture alat kesehatan, cannula, dan lain sebagainya. Pada produk-produk ini, produsen Indonesia dipercaya masih dapat bersaing secara kompetitif. Sementara untuk impor, potensi pasar Indonesia meliputi produk-

produk dengan teknologi tinggi. Dengan mempertimbangkan pertumbuhan *ekspor Compounded Annual Growth Rate (CAGR)* untuk ekspor dan impor selama 4 tahun ke belakang, dapat terlihat bahwa rata-rata pertumbuhan ekspor alat kesehatan Indonesia mencapai 7,7%, sementara pertumbuhan impor untuk alat kesehatan mencapai 12,7%.

Untuk produk-produk impor, rata-rata pertumbuhan 5 tahunan meliputi, *other portable digital automatic data (30,4%)*, *other instrument and appliances (20,2%)*, *other disposable sanitary*



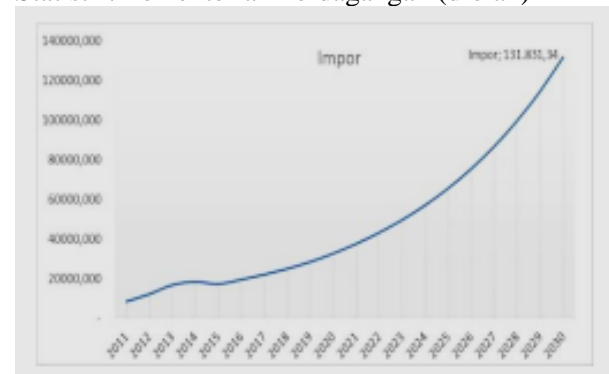
Gambar 1.2 Proyeksi Permintaan Alat Kesehatan Indonesia 2016-2030 (BPS, 2015) Sumber : Badan pusat statistik, kementerian perdagangan, kementerian kesehatan (diolah)

Jumlah penduduk Indonesia yang besar dan terus meningkat adalah target market yang sangat besar. Pasar potensial ini kiranya harus dikuasai oleh industri alat kesehatan dalam negeri, karena jika tidak maka industri alat kesehatan. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diperkirakan pengeluaran biaya kesehatan di Indonesia akan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini dapat dilihat pada tahun 2016, biaya kesehatan di Indonesia adalah 2.7% dari PDB Nasional, masih jauh dibawah negaranegara maju yang rata-rata berada diatas 5%, bahkan dibandingkan negara ASEAN lain yang berada dikisaran 4%-5%. Dengan diberlakukannya UndangUndang Nomor 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional (SJSN), biaya kesehatan di Indonesia akan semakin meningkat. Salah satunya disebabkan antara lain karena meningkatnya kebutuhan obat, sediaan farmasi, dan alat kesehatan untuk pelaksanaan Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) secara berlipat. Hal ini akan meningkatkan alokasi biaya kesehatan. Secara keseluruhan melalui program JKN, seluruh masyarakat

Indonesia akan dijamin pelayanan kesehatannya. Luar Indonesia akan berusaha untuk dapat memanfaatkan besarnya pasar ini.

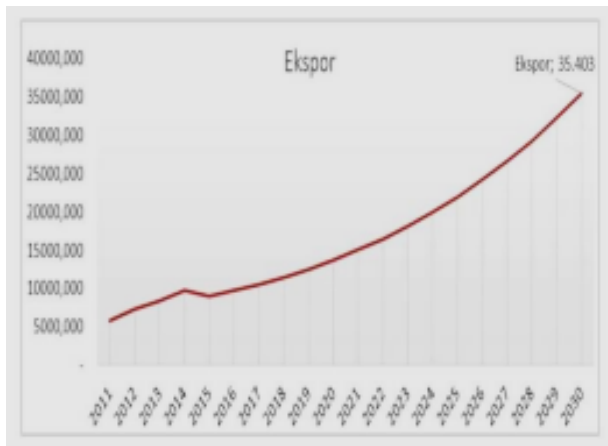
1.6 Potensi Permintaan Alat Kesehatan Domestik

Dari data-data di atas, dapat terlihat bahwa potensi ekspor Indonesia berada pada produksi alat kesehatan dengan teknologi rendah, diantaranya, produk sarung tangan dan sejenisnya, produk lensa kontak dan sejenisnya, produk disposable sanitary towel, instrument alat kesehatan nonelektronik, furniture alat kesehatan, cannula, dan lain sebagainya. Pada produk-produk ini, produsen Indonesia dipercaya masih dapat bersaing secara kompetitif. Sumber: Badan Pusat Statistik/Kementerian Perdagangan (diolah)



Gambar 2.3 Grafik Proyeksi Ekspor Alat Kesehatan Indonesia 2015-2030

Berdasarkan hasil proyeksi diatas, pada tahun Proyeksi diatas menunjukkan bahwa, pada tahun 2030, impor alat kesehatan mencapai 131,8 trilyun. Sementara, proyeksi permintaan domestik tahun 2016-2030 dijabarkan sebagai berikut: data diatas, menunjukkan bahwa proyeksi permintaan alat 2030, ekspor alat kesehatan Indonesia akan mencapai angka 35 trilyun. Sementara itu, proyeksi impor alat kesehatan di Indonesia dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 2.4 Grafik Proyeksi Impor Alat Kesehatan Indonesia 2015-2030

Sumber: Badan Pusat Statistik / Kementerian Perdagangan (diolah)

Proyeksi diatas menunjukkan bahwa, pada tahun 2030, impor alat kesehatan mencapai 131,8 trilyun. Sementara, proyeksi permintaan domestik tahun 2016-2030 dijabarkan sebagai berikut:

data diatas, menunjukkan bahwa proyeksi permintaan alat kesehatan Indonesia di tahun 2030 mencapai 153 trilyun. Sementara itu, proyeksi permintaan alat kesehatan di tahun 2017 sebesar 23 trilyun, dan pada tahun 2020 mencapai 35 trilyun.

1.6 Identifikasi Masalah dan Kerangka Pikir

Meningkatnya kebutuhan alat kesehatan belum dapat dipenuhi oleh industri alat kesehatan dalam negeri. Berdasarkan data terakhir, 94 % alat kesehatan yang beredar adalah produk impor (sumber: ASPAKI). Kemudahan keluar masuk barang dalam era globalisasi dan dengan jumlah penduduk lebih dari 250 juta jiwa membuat Indonesia menjadi pasar yang menarik untuk masuknya produk impor. Hal tersebut sangat tidak sejalan dengan upaya kemandirian nasional terhadap alat kesehatan maupun ketahanan ekonomi nasional. Permasalahan yang dihadapi industri alat kesehatan meliputi :

H. Regulasi

- Kurangnya regulasi yang berpihak pada pengembangan industri.
- Kurangnya dukungan pemerintah untuk mendorong penggunaan alat kesehatan dalam negeri.

I. Produksi

- Industri alat kesehatan dalam negeri masih terbatas teknologi rendah sampai menengah.

- Pemberlakuan pajak sebesar 5-20% terhadap bahan baku.
- Terbatasnya riset untuk pengembangan alat kesehatan.
- Masih belum maksimalnya kapasitas produksi industri.
- Masih banyak industri alat kesehatan yang belum memenuhi persyaratan Cara Pembuatan Alat Kesehatan yang Baik (CPAKB).

J. Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN)

- Terbatasnya bahan baku dalam negeri yang memenuhi persyaratan.
- Lebih dari 90% bahan baku alat kesehatan masih impor.
- Rendahnya minat investasi bahan baku.

K. Infrastruktur

- Masih minimnya lembaga riset alat kesehatan.
- Masih terbatasnya laboratorium uji alat kesehatan.

L. Sumber Daya

- Masih terbatasnya tenaga ahli di bidang alat kesehatan.
- Masih banyak industri alat kesehatan berskala UMKM dengan modal terbatas.

M. Produksi

- Industri alat kesehatan dalam negeri masih terbatas teknologi rendah sampai menengah.
- Pemberlakuan pajak sebesar 5-20% terhadap bahan baku.
- Terbatasnya riset untuk pengembangan alat kesehatan.
- Masih belum maksimalnya kapasitas produksi industri.
- Masih banyak industri alat kesehatan yang belum memenuhi persyaratan Cara Pembuatan Alat Kesehatan yang Baik (CPAKB). Untuk percepatan pengembangan industri alat kesehatan diperlukan strategi sehingga diharapkan tercapai tujuan:
 - Peningkatan jumlah industri dan kapasitas produksi;
 - Peningkatan jenis alat kesehatan yang diproduksi;
 - Perluasan pangsa pasar;
 - Pengembangan riset alat kesehatan;
 - Peningkatan kualitas dan kuantitas Sumber Daya Manusia teknologi alat kesehatan

1.7 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah tersebut, ditemukan bahwa masalah kesehatan mendapat perhatian paling besar dari pemerintah Indonesia yang sangat nyata, yaitu diberlakukannya JKN sebagai sistem asuransi kesehatan nasional melalui penerapan BPJS yang saat ini memiliki tingkat partisipasi yang sangat tinggi. Kehormatan bangsa Indonesia atas keberhasilan program ini akan sangat dipengaruhi oleh keberhasilan program JKN, dan salah satu faktor terpenting adalah jaminan ketersediaan perangkat medis di Indonesia.

1.8 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan faktor utama desain dan pengembangan produk tempat tidur bayi yang memenuhi persyaratan peraturan.
2. Mengembangkan model untuk desain dan pengembangan tempat tidur bayi yang dapat digunakan oleh industri kecil dan menengah yang dapat memenuhi persyaratan peraturan dan tidak membebani industri.
3. Memvalidasi model desain dan pengembangan produk tempat tidur bayi di industri .

1.9 Metode penelitian

Metode penelitian dirancang untuk menentukan dan menjelaskan proses yang digunakan oleh para peneliti dalam mengumpulkan data primer dari responden yang terlibat dalam penelitian ini.

Dalam penelitian ini ditentukan untuk menerapkan kerangka kerja Saunders (2009) yang terdiri dari langkah-langkah kerja berikut:

1. Wawancara dan Kuisisioner
2. Metode Campuran
3. Studi Kasus & Survei
4. Deduktif
5. Interpretivisme

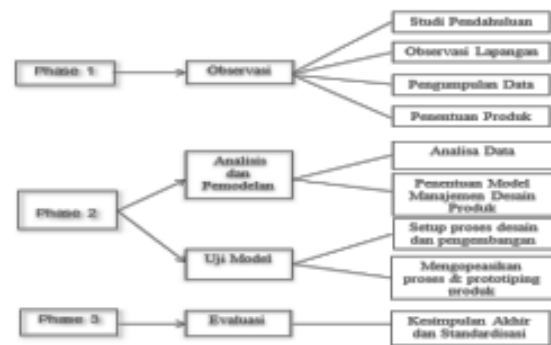
1.10 Kebaruan Penelitian

Kebaruan dari hasil penelitian ini adalah Sebuah metoda yang spesifik untuk digunakan dalam kegiatan desain dan pengembangan produk alat kesehatan untuk memenuhi persyaratan regulasi produk dan dapat dapat digunakan oleh industri kecil produsen alat kesehatan di Indonesia.

1.11. Metode Penelitian

Metode penelitian pada kegiatan ini adalah disusun dalam tiga phase kegiatan yaitu observasi pada phase 1, Analisis, pemodelan dan uji model pada phase 2, dan

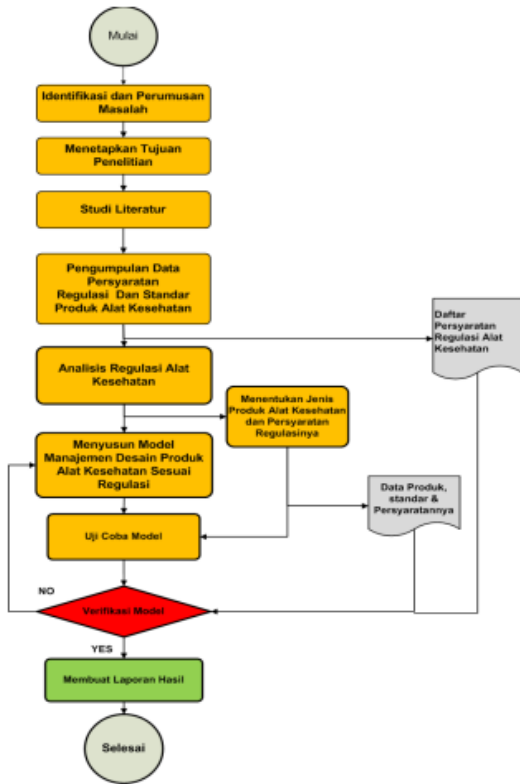
Evaluasi pada phase 3 yang disusun dalam sebuah kerangka penelitian pada Gambar 3.1



kedua dibagi menjadi 2 yaitu kegiatan analisis & pemodelan system pengelolaan desain dan uji coba model. Fase ketiga merupakan fase terakhir dalam penelitian ini dimana kegiatan yang dilakukan adalah melakukan evaluasi terhadap model desain dan pengembangan produk yang dirancang dan membuat kesimpulan akhir. Kegiatan analisa dimaksudkan untuk mengolah informasi tentang cara terbaik untuk melakukan perancangan dan pengembangan produk alat kesehatan dan menentukan kriteria-kriteria desain yang menjadi persyaratan desain baik secara prinsip dasar desain maupun menurut persyaratan standar. Dari analisis tersebut selanjutnya dibuat model desain dan pengembangan produknya.

3.1.1. Flow Chart Proses penelitian

Untuk dapat menjalankan penelitian sesuai dengan kerangka penelitian yang sudah dibangun, maka disusun flow chart proses penelitian sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



3.1.4 Pengembangan Konsep

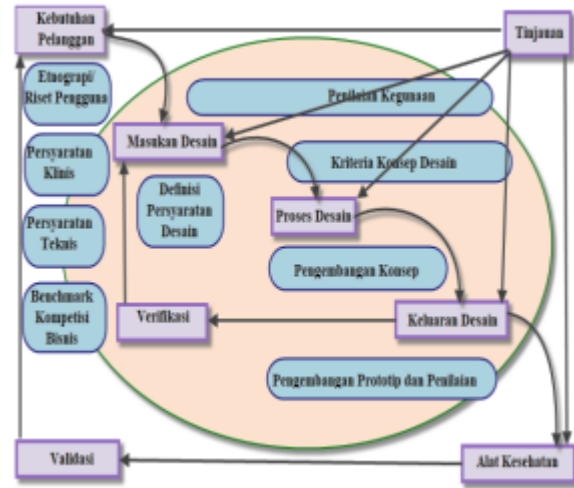
Pada tahap pengembangan konsep sering dijumpai, batas antara awal tahap ini dan ide menjadi kabur karena ketika pengetahuan tentang masalah yang ditangani meningkat, kebutuhan, peluang, atau peluang pasar berkembang.

Dalam pengembangan produk apa pun, penting untuk menyimpan catatan untuk mendaftarkan keputusan dan menangkap pengetahuan eksplisit dan diam-diam. Sudah umum diterima bahwa dokumentasi memfasilitasi penggunaan kembali, menghindari pengulangan kesalahan, dan menyimpan pengetahuan di dalam perusahaan ketika kontrak berakhir, perusahaan menyusun kembali diri mereka sendiri, dan karyawan beralih ke pekerjaan baru. Dalam hal perangkat medis, ini tidak berbeda. Bahkan, informasi tentang proses pengembangan perangkat medis baru diminta selama proses persetujuan untuk masuk pasar, mis. Peraturan sistem kualitas FDA memerlukan file riwayat desain (DHF), dan, di Eropa, baik file teknis untuk perangkat medis kelas I, kelas IIa, dan kelas IIb, atau file desain untuk perangkat kelas III harus diserahkan.

3.1.5 Desain

Pada tahap ini, konsep diubah menjadi produk, rencana pemasaran dan penjualan didefinisikan. Setelah produk dan pembuatannya dirancang,

petunjuk penggunaan dan pengemasan disiapkan. Untuk memastikan bahwa perangkat memenuhi persyaratan peraturan, sistem kualitas diterapkan. Dengan informasi baru, biaya perangkat dihitung, dan analisis bisnis baru dilakukan. Jika sasaran laba dikonfirmasi, produksi dapat dimulai

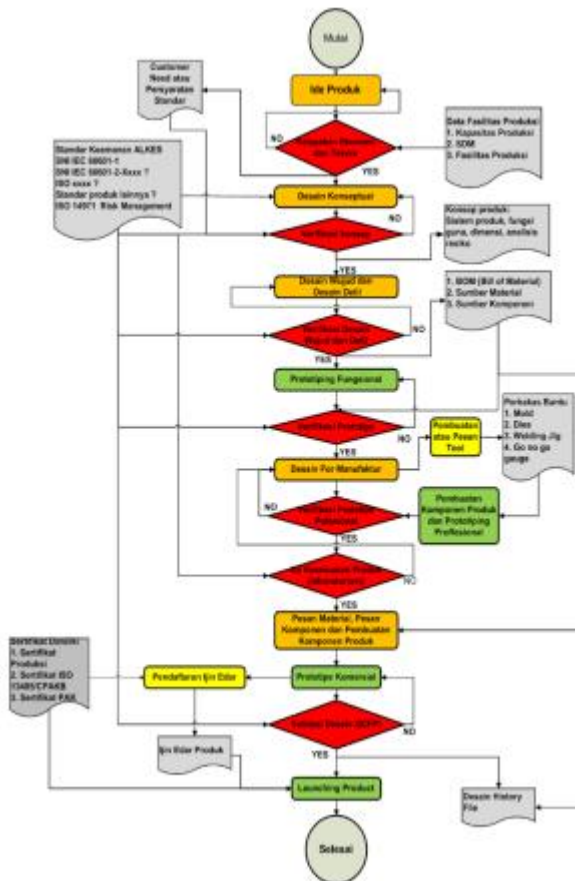


Gambar 3.6 .Model Air terjun untuk pengendalian proses pengembangan produk alat kesehatan

Dari tahapan proses rinci pada gambar 3.6 dan Air terjun untuk pengendalian proses pengembangan produk alat kesehatan pada gambar 3.6 dikembangkan sebuah model pengelolaan proses pengembangan produk alat kesehatan dengan menggunakan pendekatan alur proses sebagaimana ditunjukkan pada gambar

3.7. Model pengelolaan proses

pengembangan produk alat kesehatan ini mencoba untuk mengakomodasi persyaratan standar yang diperlukan dalam pengembangan produk mulai dari kebutuhan pelanggan, masukan desain, proses desain, keluaran desain hingga fisik produk yang dihasilkan yang kesemuanya haruslah direview secara memadai. Setiap tahapan prosesnya diverifikasi untuk memastikan kesesuaian hasilnya, dan terakhir harus dipastikan bahwa produk yang dihasilkan adalah valid sesuai kegunaan yang ditetapkan. Tabel 3.5 menggambarkan model pengembangan produk ini dalam relasi aktivitas pengembangan produk dan evaluasi kegiatannya (review, verifikasi dan validasi) terhadap input kegiatan maupun outputnya.



Gambar 3.7 Model pengelolaan proses pengembangan produk alat kesehatan dengan pendekatan alur proses

Untuk memilih produk yang akan dijadikan kasus pada kegiatan penelitian ini kriterianya adalah :

1. Produk sederhana dan memungkinkan untuk dikembangkan dalam waktu pendek
2. Pengguna cukup banyak
3. Memungkinkan untuk dikembangkan oleh industri kecil.
4. Bahan baku dan komponen tersedia di local

3.2 Persyaratan Desain Tempat Tidur Bayi

Teknologi menawarkan berbagai desain tempat tidur yang tersedia. Tempat tidur ini diproduksi oleh berbagai perusahaan di berbagai negara. Setiap tempat tidur dirancang untuk penggunaan khusus dan fungsi tempat tidur itu mewakili situasi yang akan digunakan. Fokus utama kami adalah pada tempat tidur yang saat ini dirancang

dan diproduksi dan tempat tidur yang dirancang dan diproduksi.

Awalnya, melakukan penelitian ekstensif terhadap tempat tidur yang ada di pasar di masing-masing serta

merek dan gaya yang biasanya digunakan.

Tugas kedua kami adalah memutuskan desain tempat tidur yang paling sesuai dengan kebutuhan dengan pengeluaran yang masuk akal.

4.1.1 Desain Wujud

Dari konsep desain dari kasus A dapat digambarkan desain wujud dari produk ini yaitu :



Gambar.4.4 Desain Wujud Basinet Cart

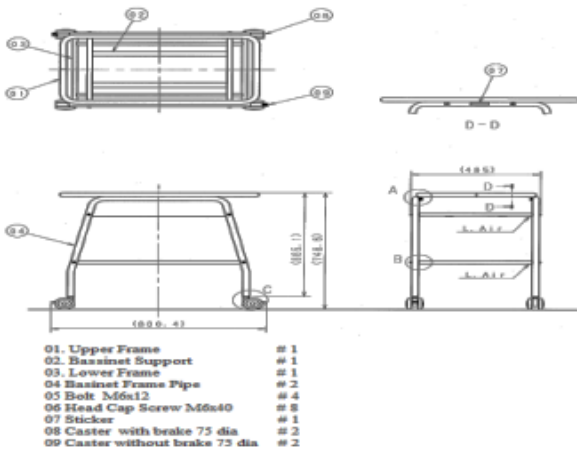


Gambar Desain Wujud Dipan Bayi

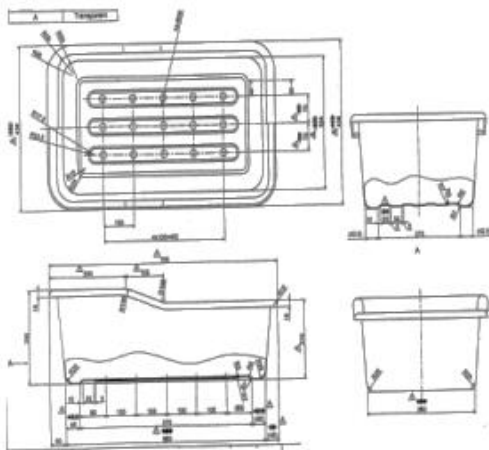
4.1.2 Desain Detil

Dari konsep desain wujud dari kasus A desain detil dari produk ini adalah :

1. Gambar rakitan Basinet Cart (gambar 4.4)
2. Gambar ikatan rangka atas ke rangka bawah dan gambar basinet suport ke rangka bawah (gambar 4.5)
3. Gambar Plastic Basinet (gambar 4.6)
4. Gambar Sub rakitan roda (gambar 4.7)

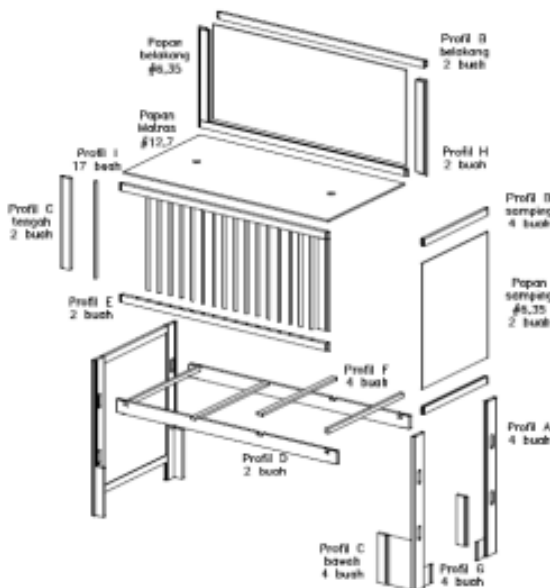


Gambar 4.5 Rakitan Basinet Cart



Gambar 4.6 Plastic Basinet

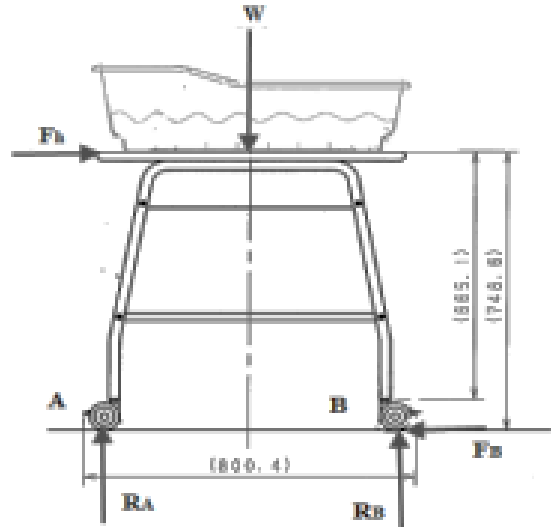
Dari konsep desain wujud dari kasus B dapat digambarkan desain detail dari produk kayudi bawah ini yang di perlihatkan gambarnya yaitu :



4.2 Kalkulasi Kekuatan Struktur Tempat tidur bayi.

Kasus Basinet Cart

Diagram benda bebas gaya-gaya pada Basinet Cart



Reaksi pada Roda A dan B pada kondisi statik dengan beban berat bayi didalam basinet adalah $W = 5 \text{ kg} : (\text{N})$
Momen bengkok ditengah struktur rangka basinet adalah (N mm)

$$R_A = R_B = \frac{W}{2} = \frac{50}{2} = 25$$

Dengan jumlah rangka ada 2 buah , maka setiap rangka akan menerima beban momen sebesar $M = Mc/2$, dengan menggunakan faktor beban =2 , maka beban momen direncanakan pada setiap rangka adalah $M_R = 2M = 2Mc/2 = 5000 \text{ Nmm}$. Material dan dimensi pipa yang digunakan adalah :

Profil rangka adalah pipa stainless steel dengan ukuran diameter luar = 1 inch = 25.4 mm , diameter dalam = 0.93 inch = 23.62 mm, tebal pipa = 0.89 mm.

Material adalah stainless steel 304 dengan spesifikasi :

- Tensile Strength, Ultimate 505 MPa
- Tensile Strength, Yield 215 MPa
- Modulus of Elasticity 193 - 200 GPa
- Shear Modulus 86 GPa
- Komposisi kimia sesuai ASTM A313, ASTM A580, BS 970, BS 2056 adalah (Tabel 4.3) :

Besar tegangan bengkok pada rangka utama adalah :

$$\sigma_b = \frac{M}{W_b} = \frac{M}{0.1(d_o^3 - d_i^3)} = \frac{5000}{0.1(25.4^3 - 23.62^3)} = 15.57 MP$$

Dengan kuat tarik material Yield dari tegangan kerja ($215 \gg 15.57$) material sangat aman terhadap beban kerja yang terjadi. Kekuatan baut penghubung upper frame terhadap lower frame Untuk menghubungkan upper frame ke lower frame digunakan 4 buah baut M6x1 dari bahan baut dengan angka kekuatan 4.6, dimensi

Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan menghasilkan prototipe produk convertible baby Cot yang mampu mengikuti perkembangan kebutuhan bayi dan memperpanjang usia pakai produk. Baby cot tersebut, sehingga bayi tetap aman dan juga dapat berdiri sendiri sebagai baby cot pada umumnya. Produk juga dilengkapi dengan sistem pengoperasian yang sederhana, sehingga akan memudahkan orang tua dalam proses merawat bayi. Permasalahan yang diselesaikan dari penelitian ini antara lain memperpanjang masa waktu penggunaan produk dari 6 bulan menjadi 3 tahun. Produk baby cot dapat dikonfigurasi menjadi 2 mode berbeda yang masing masing dapat mengikuti perkembangan kebutuhan anak. Kedua mode tersebut antara lain bedside cot model bagi bayi maks 6 bulan, standard cot untuk anak usia 6 bulan sampai 2 tahun,

Faktor utama desain dan pengembangan produk tempat tidur bayi yang memenuhi persyaratan peraturan EN 1130 Part 1 & 2 dimana tempat tidur bayi yang aman dan nyaman pada bagian konstruksi tidak membahayakan pengguna. Dapat membaringkan bayi, bermain bayi, duduk, berlutut atau menarik diri, bayi ditempatnya aman, tidak jatuh, tidak tergores / leset, teriritasi atau terjepit. Bayi dapat tidur lelap, bayi mudah dibawa untuk berbagai keperluan

Daftar Pustaka

- [1] SNI IEC 60601-1:2014, Peralatan elektromedik - Bagian 1 : Persyaratan umum keselamatan dasar dan kinerja esensial (IEC 60601-1: 2005, IDT)
- [2] SNI IEC 60601-2-52:2014, Peralatan elektromedik- Bagian 2-52: Persyaratan khusus keselamatan dasar dan kinerja esensial tempat tidur pasien (IEC 60601-2-52:2009, IDT)
- [3] B. Satria, E. Satriyanto, E. Puspita, J. T. Elektronika, P. Elektronika, and N. Surabaya,

“Rancang Bangun Tempat Tidur Pasien Menggunakan Perbandingan Sudut Terakhir,” Politek. Elektron. Negeri Surabaya Inst. Teknol. Sepuluh Nop. Surabaya, 2010.

- [4] M. I. Alfian, E. Yulianto, and L. Soetjatie, “Perancangan Bed Patient Transfer Menggunakan Perbandingan Sudut Dilengkapi dengan Pengereman dan Gas,” Tek. Elektromedik Politek. Kesehat. Surabaya, 2018.
- [5] T. R. Waters, A. Nelson, and C. Proctor, “Patient Handling Tasks with High Risk for Musculoskeletal Disorders in Critical Care,” vol. 19, pp. 131–143, 2007.
- [6] N. Wiggermann, “Effect of a powered drive on pushing and pulling forces when transporting bariatric hospital beds,” *Appl. Ergon.*, vol. 58, pp. 59–65, 2017.
- [7] J. Zhou and N. Wiggermann, “Ergonomic evaluation of brake pedal and push handle locations on hospital beds,” *Appl. Ergon.*, vol. 60, pp. 305–312, 2017.
- [8] Permenkes Nomor 20 tahun 2017 , “Cara Pembuatan Alat Kesehatan Dan Perbekalan Kesehatan Rumah Tangga Yang Baik”
- [9] SNI ISO 13485 : 2003, “Sistem Mutu Alat Kesehatan Untuk Kepentingan Regulasi”
- [10] Jan van der Sluis, Vehicle compatibility in car-to-car collisions. SWOV, Leidschendam, 2000

ANALISIS KUALITAS BATANG PISTON ORIGINAL DAN NON ORIGINAL PADA KENDARAAN RODA DUA 4 LANGKAH KAPASITAS 113 CC

Kis Yoga Utomo¹, Ahmad Zayadi², Masyhudi³, Deni A⁴

1). Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana Jl. Raya Jatiwaringin, Pondok Gede, Jakarta Timur, Jakarta 13077. 2,3,4) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional Jl. Sawo Manila Pejaten Jakarta Selatan.

Korespondensi: yogauto760@gmail.com

Abstract,

Quality Analysis of Original and Non-Original Piston Rods on Two-Wheel Vehicles 4 Stroke Capacity 113 cc, piston rods are important spare parts on motorcycles, because their function is to transmit the power generated in the combustion process from the piston to the crankshaft on the vehicle. If there is damage to the piston rod which can cause the piston rod to be bent or even broken, so that it has an impact on the safety factor when driving a motor vehicle. The purpose of this study was to determine the mechanical characteristics of the piston rod material (connecting rod) of original and non-original products, and to compare the quality of the piston rods of original and non-original products from two different manufacturers. The method used in this study was the ASTM E 3 microstructure test, the SNI 19-0409-1989 hardness test, and the ASTM A 751 chemical composition. Metallographic testing revealed that the microstructure of the original motorcycle piston rod was tempered martensite with a fine grain of 60-80 cm. 70%, while the microstructure of the non-original motorcycle piston rod is tempered martensite with 40% coarse grain. Medium hardness test The hardness value of the original piston rod material is 428 HV, which is higher than the non-original motorcycle piston rod material hardness value of 396 HV. As well as testing the chemical composition that the value of the element Al contained in the original motorcycle piston rod material is 0.0314% > 0.0184% non-original motorcycle piston rod material in the chemical composition testing process.

Keywords: piston rod, two-wheeled vehicle, microstructure, hardness test, chemical composition

Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia masih belum merata di seluruh wilayah Indonesia. Industri barang dan jasa terkonsentrasi di kota-kota besar di Indonesia, seperti Jabodetabek, Surabaya, Medan, Semarang, Bandung, Makasar. Dampak dari industri tersebut menyebabkan terjadinya urbanisasi dari desa ke kota-kota besar, sehingga penduduknya semakin padat. Dampak lainnya terjadi kemacetan lalu lintas yang menjadi pemandangan setiap hari terutama di hari kerja. Sehubungan hal tersebut, sepeda motor menjadi salah satu pilihan utama sebagai alat transportasi penduduk. Alasan utama penggunaan sepeda motor tersebut dikarenakan bahan bakar efisien, biaya perawatan murah, dan sesuai untuk kondisi jalan yang kondisi hampir setiap harinya mengalami kemacetan, saat ini sepeda motor tidak hanya digunakan sebagai alat transportasi jarak dekat tetapi juga jarak jauh seperti pada saat mudik lebaran. Sepeda motor diproduksi agar dapat memudahkan pekerjaan manusia, maka diharapkan komponen sepeda motor didesain secara efektif dan efisien serta menggunakan material komponen yang berkualitas dan tahan lama. Pada saat proses pembakaran yang terjadi didalam ruang silinder,

tenaga yang dihasilkan oleh gas pembakaran sangat tinggi. Jika piston dan kelengkapannya tidak mampu menahan daya ledak dari proses pembakaran tersebut, dapat dipastikan kalau piston dan batang piston dapat mengalami kerusakan dan pecah. Batang piston (connecting rod) berfungsi meneruskan tenaga dari proses pembakaran menuju poros engkol agar diubah dari gerak translasi menjadi gerak putar dan dari energi panas menjadi energi mekanik. Hal ini berdampak pada connecting rod yang menerima beban antara lain gaya aksial, momen lentur, gaya geser, gaya puntir, tegangan tarik dan tegangan tekan. Untuk meminimalkan terjadinya penyebab kerusakan connecting rod maka diperlukan gaya mengendarai sepeda motor yang baik, kualitas oli dijaga, dan bore up sesuai ketentuan untuk perbandingan kompresi mesin agar beban kerja connecting rod semakin ringan. Pada saat ini, banyak produsen pembuat suku cadang kendaraan bermotor roda dua yang menawarkan produknya dengan kualitas bersaing dan harga jual lebih murah 50% sampai 100% dibandingkan suku cadang asli dari pabrikan sepeda motor pembuatnya. Salah satu suku cadang yang diproduksi adalah connecting rod. Setiap pabrikan

dengan merek tertentu memproduksi connecting rod yang memiliki perilaku mekanik berbeda sehingga perlu dilakukan penelitian yang benar agar dapat diketahui kualitas dari connecting rod yang ada di pasaran.

Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Batang piston untuk sepeda motor 4 langkah kapasitas 113 cc Ori dan non-Ori.
2. Pengujian yang dilakukan terhadap kedua batang piston sebagai berikut :
 - a. Makrostruktur dan mikrostruktur.
 - b. Uji kekerasan.
 - c. Komposisi kimia.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik mekanik material batang piston (connecting rod) produk Ori dan non-Ori,
2. Membandingkan kualitas batang piston produk Ori dengan non-Ori.

Batang Piston

Batang piston merupakan sparepart penting pada sepeda motor, karena fungsinya adalah untuk meneruskan daya yang dihasilkan pada proses pembakaran dari torak menuju poros engkol pada kendaraan. Dalam pemasangan batang piston (connecting rod) harus dipasangkan sesuai dengan tanda. Apabila salah pemasangannya akan menutup lubang oli. Untuk hal ini, Tiap batang piston (connecting rod) terdapat tanda. Tanda ini bermacam-macam tergantung pada tipe mesin dan harus teliti dengan menggunakan buku pedoman reparasi.[5]

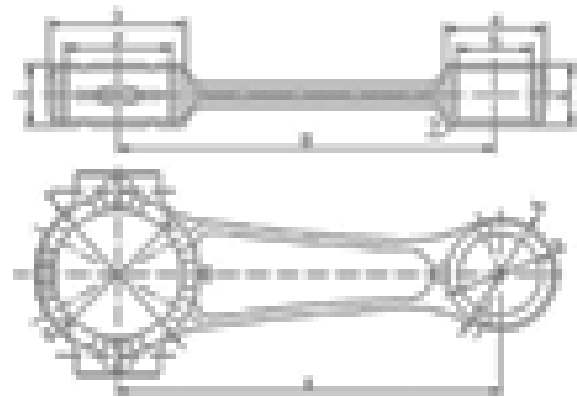
Ditinjau dari kondisi sistem kerja yang demikian maka pemilihan material dan proses pembentukan dalam produksi batang piston sangatlah penting dimana material harus dapat memenuhi syarat diantaranya : tahan terhadap suhu tinggi, kekuatan tahan haus dimana proses pembentukan yang dipilih adalah proses penempaan. Pada proses produksi ini ada beberapa hal yang direncanakan antara lain menentukan volume dan berat benda kerja, perhitungan gaya yang terjadi dan daya yang bekerja pada setiap tahapan proses penempaan dan menentukan dimensi dan toleransi pada proses pemesinan. Bahan yang akan digunakan pada proses produksi batang piston (connecting rod) adalah baja dengan standart SAE 4140 yang mempunyai kekuatan tarik $\delta = 100$ Kg/mm, serta mengandung unsur paduan antara

lain, yaitu: Carbon = (0,38-0,43%), Mangan = (0,75-1,0%), Phosfor = (<0,040%), Sulphur = (<0,040%), Silicon = (0,20-0,35%), Chromium = (0,80-1,10%).

Di pasaran ditemui berbagai macam merek batang piston (connecting rod) dengan harga yang berbeda-beda dan kualitasnya yang juga berbeda. Untuk mengetahui hal itu perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui apa yang menyebabkan perbedaan harga dari masing-masing merek batang piston (connecting rod) tersebut. Ada 2 aspek pengujian yaitu melihat dari aspek metrologi dan dari aspek material.

Bagian-bagian Batang Piston

Bagian ujung batang piston (connecting rod) yang berhubungan dengan pena piston disebut small end dan yang berhubungan dengan poros engkol disebut big end.



Gambar 1. Penampang Batang Piston

Fungsi Batang Piston

Fungsi utama dari batang piston (connecting rod) adalah untuk meneruskan daya yang dihasilkan dari proses pembakaran dari torak menuju poros engkol pada motor. Jika dilihat dari fungsi dan daerah kerja batang piston, biasanya terbuat dari baja karbon sedang seperti AISI 1070. Baja karbon ini dapat diperlakukan panas untuk mendapatkan nilai kekerasan dan keuletan tertentu, sehingga baja ini banyak digunakan pada komponen-komponen berukuran besar dan komponen-komponen mesin.[4]

Material Batang Piston

Material batang piston (connecting rod) adalah dari baja karbon standar AISI 1070.

Campuran Unsur Kimia Pada Baja :

1. Carbon (C)

Mempunyai sifat keras tetapi getas. Fungsi carbon pada baja adalah mampu menjalani reaksi-reaksi kimia seperti reaksi pergantian (substitusi), reaksi adisi (penambahan), reaksi eliminasi

(pengurangan). Carbon pada baja adalah sebagai lem atau zat perekat dan mempunyai sifat cukup tahan gesek terhadap benda abrasif (tanah yang berpasir dan tidak mengandung silicon). Carbon membuat/membentuk struktur ferrite, dimana struktur tersebut mempunyai kekerasan diatas 48 HRC, tetapi tidak mempunyai sifat ketajaman.

2. Silicon (Si)

Mempunyai sifat elastisitas tinggi. Silicon juga menambah kekerasan dan ketajaman pada baja. Tapi penambahan silicon yang berlebihan akan menyebabkan baja tersebut mudah retak. Silicon berupa massa hitam mirip logam yang meleleh pada 1410°C. Unsur ini mempunyai kecenderungan yang kuat untuk berikatan dengan oksigen dan sifat seratnya tahan api.

3. Mangan (Mn)

Mempunyai sifat yang tahan terhadap gesekan dan tahan tekanan (impact load). Unsur ini mudah berubah kekerasannya pada kondisi temperatur yang tidak tetap dan juga digunakan untuk membuat alloy mangan tembaga yang bersifat ferromagnetic.

4. Cromium (Cr)

Unsur ini digunakan sebagai pelindung permukaan baja dan tahan gesekan. Baja yang mengkilap, keras dan rapuh serta tahan terhadap korosi (karat) tetapi mempunyai keuletan yang rendah.

5. Molybdenum (Mo)

Mempunyai sifat tahan pekerjaan panas sehingga cocok untuk hotworktool steel, batas pencampuran unsur ini max. 7% juga berfungsi sebagai penetralisir kekerasan wolfram. Molybdenum merupakan unsur tambahan pembuat keuletan baja yang maximum.

6. Nikel (Ni)

Mempunyai sifat yang ulet dan tahan terhadap bahan kimia dan untuk mengatasi korosi (karat) yang serius tetapi tidak mempunyai kekerasan yang tinggi merupakan unsur yang dicampurkan ke dalam baja untuk mengatasi kerusakan pada temperatur tinggi (dapat mencapai 1200° C).

7. Vanadium (V)

Baja berwarna putih perak dan sangat keras. Vanadium adalah bahan tambahan untuk pekerjaan panas karena sifat Vanadium tahan terhadap gesekan pada temperatur yang tinggi.

8. Wolfram (W)

Diperlukan untuk ketajaman ,tahan terhadap temperatur tinggi dan Juga sangat tahan gesekan. Wolfram mempunyai temperatur sepuh yang sangat tinggi dan memerlukan tempering berulang-ulang kali sehingga sangat sulit dalam pengolahannya.

9. Cobalt (Co)

Sifatnya tahan gesek dan tahan panas pada temperatur tinggi, kekerasan tinggi tapi getas. Berfungsi untuk membentuk carbide, meningkatkan kekerasan dan hot strength, yang sangat baik untuk ketajaman pada mata pisau.

Sifat fisik dari baja paduan adalah :

- a. Memiliki tensile strength yang tinggi.
- b. Anti bocor.
- c. Tahan terhadap abrasi.
- d. Mudah dibentuk.
- e. Tahan terhadap korosi.
- f. Ulet.
- g. Sifat mampu mesin yang baik.
- h. Sifat mampu las yang tinggi (weldability).

Sifat mekanik dari baja paduan adalah :

- a. Kekuatan

Penambahan logam (Ni, Cr, Molibdenum) dengan komposisi sesuai akan menambah kekuatan baja.

- b. Batas mulur (Plastisitas)

Plastisitas adalah kemampuan suatu bahan untuk berubah bentuk secara permanen setelah diberi beban. Logam yang ditambahkan berupa nikel, vanadium, titanium, tungsten, chrome akan meningkatkan nilai batas mulur.

- c. Elastisitas

Adanya penambahan logam pada baja akan meningkatkan kemampuan elastisitasnya dengan nilai modulus elastisitas yang lebih besar dari sebelumnya.

- d. Kekuatan Tarik

Logam Ni dan Cr merupakan bahan yang biasa ditambahkan untuk meningkatkan kemampuan menahan tarikan, selain itu sebagai penambah kekuatan tekan.

- e. Keuletan

Baja dengan kandungan karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi, sehingga dengan paduan logam lain kadar karbonnya akan turun. Selain itu, kandungan fosfor pada baja paduan yang rendah akan meningkatkan keuletannya.[8]

Proses Produksi Batang Piston

Proses pembuatan batang piston (connecting rod) dengan cara forging jenis closed die forging. Peralatan yang digunakan yaitu: Drop Hammer, Hidraulic, dan sekrup penekan.



Gambar 2. Proses Closed Die Forging

Pada gambar 2 di atas dapat kita lihat urutan bentuk bahan proses forging connecting rod dari bahan masih berbentuk billet hingga menjadi bentuk batang piston (connecting rod).

Tahapan dalam proses pembuatan forged connecting rod : Bahan awal tempa dibuat dari densifikasi bahan dasar yang dipanaskan pada temperatur tertentu dimana beban telah diberikan pada bahan awal tersebut. Struktur yang dihasilkan akan berbeda dengan material awal sesuai untuk pemakaian dimana membutuhkan kekuatan yang diperlukan.



Gambar 3. Proses Pemanasan Connecting Rod

Pada gambar 3 yaitu proses pemanasan batang piston (connecting rod) dalam dapur yang terkontrol, hal ini dilakukan agar dapat ditempa menjadi bentuk yang diinginkan. Banyaknya bahan harus dikontrol agar dapat mengisi cetakan dengan penuh dan meminimalisir material yang terbuang (flash) yang biasanya terjadi pada proses tempa. Keuntungan lain dari proses tempa ini adalah hemat energi dengan mengurangi pemanasan kembali.[4]

Bahan Billet

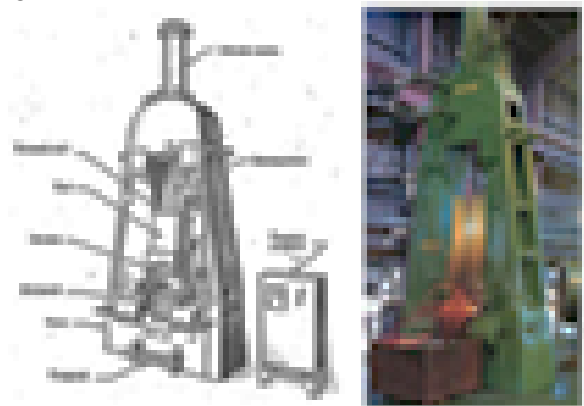
Bahan billet adalah bahan yang digunakan untuk membuat batang piston (connecting rod) sepanjang 2 m. Alasan digunakannya bahan billet adalah agar mudah dalam proses pemotongan, kemudian batangan dipotong menjadi batangan-batangan kecil.



Gambar 4. Bahan Billet Connecting Rod

Proses Forging

Sebuah penekan dan cetakan dipanaskan, sementara bahan (billet) dipanaskan didalam oven, temperatur pemanasan sama dengan temperatur penekan dan cetakan yaitu sekitar 1100o C – 1250o C. Kemudian bahan (billet) dikeluarkan dari oven dan diletakkan di atas penekan. Proses penekanan dilakukan dengan daya tekan yang besar hingga mencapai 2000 ton sehingga membentuk bentuk dasar dari batang piston (connecting rod). Pada gambar dibawah adalah proses penekanan. Bahan yang telah dipanaskan diletakkan pada cetakan kemudian dilakukan penekanan untuk membentuk piston (connecting rod) sesuai ukuran cetakan yang digunakan.



Gambar 5. Proses Forging

Proses pembubutan

Setelah proses tempa kemudian digunakan mesin bubut untuk memotong kelebihan ukuran dari bentuk dasar dari batang piston (connecting rod). Menjadikannya lebih dekat ke akhir proses.



Gambar 6. Proses Pembubutan

Proses Milling

Mesin milling digunakan untuk mengurangi sampai beberapa mm pada setiap sisi dari batang piston (connecting rod). Ini bertujuan untuk mengurangi berat keseluruhan dari batang piston itu sendiri. Proses milling lainnya mengurangi beberapa logam pada awal proses, menjadikan bentuknya satu tahap lebih dekat ke bentuk akhir.



Gambar 7. Proses Milling

Finishing

Proses finishing digunakan untuk memperhalus dan merapikan bentuk batang piston (connecting rod), bertujuan agar bentuk presisi saat digunakan, kemudian mesin menuliskan model dan informasi produk. Kemudian seorang pekerja memperhalus sudut-sudut yang tajam dari batang piston (connecting rod) yang terbentuk selama proses pembuatan. Lubang yang ada kemudian dihaluskan dengan mesin agar batang piston lebih presisi. kemudian, batang piston (connecting rod) di semprot panas, deionisasi air, untuk menghilangkan pelumas yang tersisa atau oli yang tertinggal pada saat proses finishing. Setelah kering, batang piston (connecting rod) siap diaplikasikan.[4]



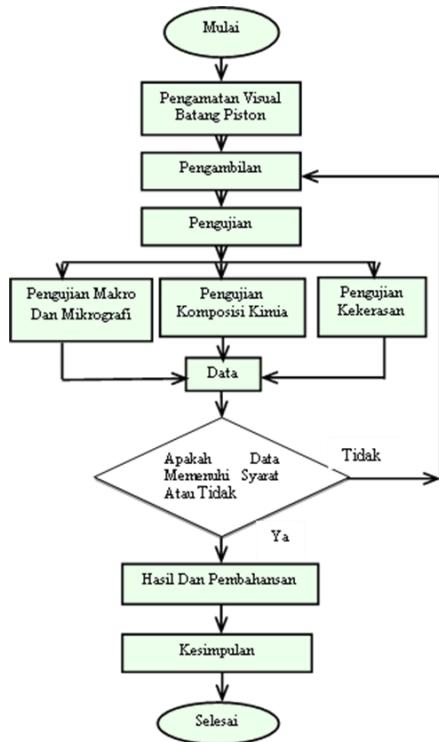
Gambar 8. Proses Finishing

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian analisa kualitas batang piston original dan non original secara umum merupakan tata cara penelitian yang direalisasikan dalam pemeriksaan dan pengujian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus, yang diawali dengan melakukan pengumpulan informasi dan dokumentasi berupa data-data engineering, data manufaktur dan kronologis dari kedua batang piston original dan non original dari sepeda motor tersebut.

Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian tentang analisis kualitas batang piston original dan batang piston non original. Secara garis besar, penelitian ini dititikberatkan untuk mendapatkan sumber untuk mengetahui kekuatan dari kedua batang piston sepeda motor, dengan cara melakukan pemeriksaan visual, pengujian laboratorium. Selanjutnya dilakukan setelah pengujian batang piston tersebut.



Gambar 9. Diagram alir proses analisis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan terhadap kualitas kedua batang piston (connecting rod) kendaraan roda dua, meliputi pengukuran dimensi benda uji, pemeriksaan visual, makrostruktur, mikrostruktur dan pengujian kekerasan serta pengujian komposisi kimia terhadap kualitas kedua batang piston kendaraan roda dua. Kegiatan pengujian tersebut dilakukan di B2TKS BPPT.

Makrostruktur

Pengujian makrostruktur dilakukan pada kedua batang piston piston kendaraan roda dua. Pemeriksaan ini dilakukan menggunakan mikroskop stereo. Hasilnya berupa makrograf yang ditunjukkan pada Gambar 11. Dari makrograf tersebut dapat dilihat bahwa material baku kedua batang piston itu berbeda. Batang piston Original secara makro berwarna lebih hitam dibandingkan batang piston non-Original yang berwarna coklat kemerahan. Hal ini disebabkan kandungan karbon dalam baja dari batang piston non-Original lebih tinggi dibandingkan baja dari batang piston Original. Kandungan karbon yang lebih tinggi menyebabkan kebolehdijadian terbentuknya oksida (karat) dipermukaan.



Gambar 10. Batang Piston Sepeda Motor Ori (O) dan non-Ori (I)

Batang piston non-Ori relatif lebih tinggi yang ditandai dengan warna coklat kemerahan dipermukaan baja. Unsur karbon bereaksi dengan oksigen di lingkungan batang piston dan membentuk senyawa oksida besi, yaitu FeO, Fe₂O₃, atau Fe₃O₄ yang dikenal sebagai produk korosi atau karat di permukaan batang piston. Hasil pemeriksaan makrografi batang piston Original dan non-Original ditunjukkan pada Gambar 11, yang memperlihatkan makrostruktur pada pin piston (sampel 1), batang piston (sampel 2) dan pada pin poros engkol (sampel 3).



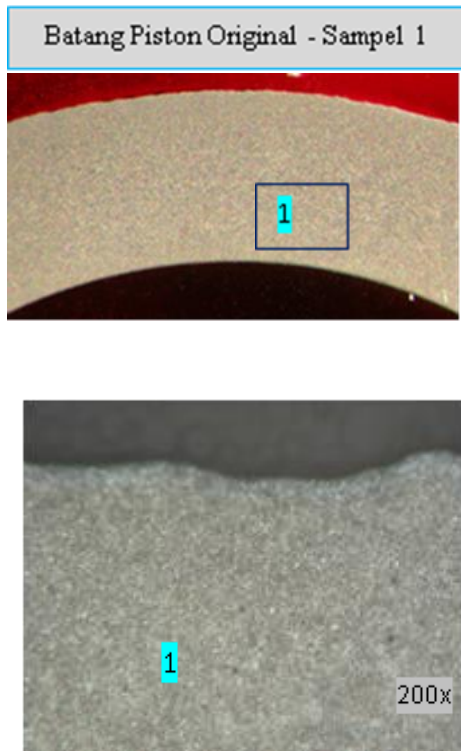
Gambar 11. Makrostruktur batang piston Ori (O) dan non-Ori (I)

Dari Gambar 11. terlihat bahwa makrostruktur sampel batang piston Original berwarna lebih kehitaman lebih tahan terhadap korosi, dibandingkan dengan makrostruktur batang piston non-Original berwarna coklat kemerahan.

Mikrostruktur

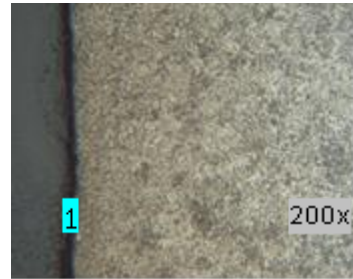
Gambar 12 memperlihatkan mikrograf sampel batang piston Original. Dari Gambar 12, diketahui bahwa pada sampel batang piston Original

mempunyai struktur martensit temper dengan butiran halus.



Gambar 12. Mikrostruktur batang piston sepeda motor Original sampel 1 dengan pembesaran 200x dan Etsa : nital 2 %.

Pada sampel 1 batang piston sepeda motor kode Original pada bagian atas mempunyai struktur martensit temper dan tidak ditemukan adanya cacat.



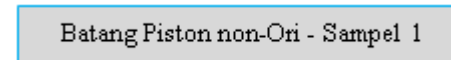
Gambar 13. Mikrostruktur batang piston sepeda motor Original sampel 2 dengan pembesaran 200x dan Etsa : nital 2%

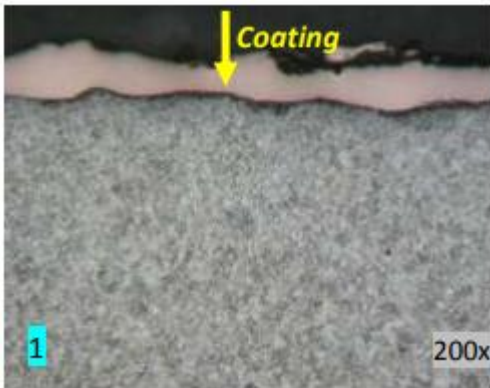
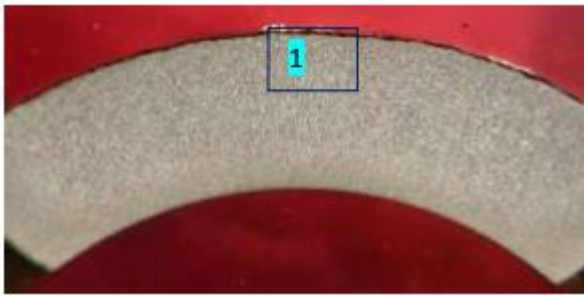
Pada Gambar 13, ditunjukkan mikrograf sampel 2 dari batang piston sepeda motor Ori (bagian tengah). Mikrostruktur material pada bagian tengah (sampel 2) batang piston berupa bainit dan martensit dan tidak ditemukan adanya cacat.



Gambar 14. Mikrograf sampel 3 dari batang piston sepeda motor kode Original. Pembesaran 200x dan Etsa: nital 2%

Pada gambar 14, menunjukkan mikrostruktur sampel batang piston Ori pada bagian bawah (sampel 3) daerah poros engkol berupa martensit halus. Oleh karena strukturnya lebih dominan martensit halus maka kurang lebih 60-70 % dibagian bawah batang piston Ori mempunyai kekerasan lebih tinggi berkisar 362 HV.



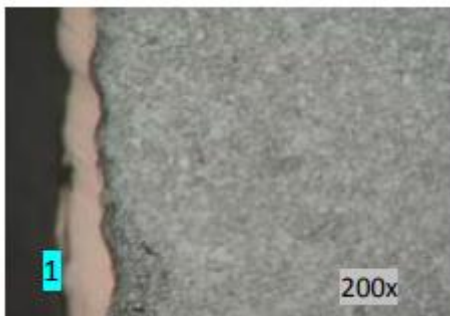


Lokasi pengambilan struktur

Gambar 15. Mikrograf sampel 1 batang piston sepeda motor non Original. Pembesaran 200x dan Etsa : nital 2%

Pada gambar 15, memperlihatkan mikrostruktur bagian atas dari batang piston sepeda motor (sampel 1) non-Ori berupa matensit temper dan terdapat senyawa pengotor (sulfide).

Batang Piston non-Ori - Sampel 2

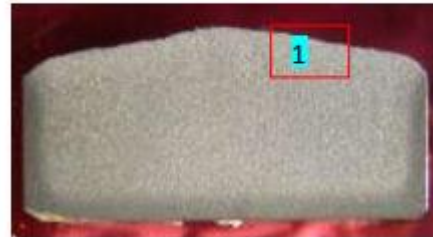


Lokasi pengambilan struktur mikro

Gambar 16. Mikrograf sampel 2 dari batang piston sepeda motor non-Original. Pembesaran 200x dan Etsa : nital 2%.

Pada gambar 16, memperlihatkan mikrostruktur bagian tengah dari batang piston (sampel 2) non-Ori (I) berupa matensit temper. Nilai kekerasan antara 352-386 HV.

Batang Piston non-Ori - Sampel 3



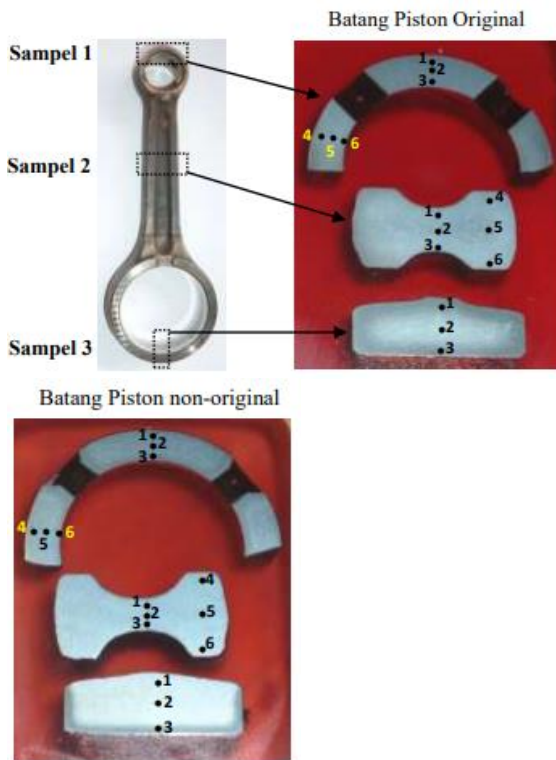
Gambar 17. Mikrograf sampel 3 dari batang piston sepeda motor non-Original. Pembesaran 200x dan Etsa : Nital 2%.

Pada gambar 17, memperlihatkan mikrostruktur bagian bawah dari batang piston sepeda motor berupa martensit halus. Oleh karena strukturnya martensit halus maka kekerasan pada daerah bawah batang piston non-Ori tinggi. Berdasarkan Gambar 12, 13, 14, 15, 16 dan 17, diketahui (hasil perbandingan Ori dan non-Ori di 3 (tiga) lokasi batang piston dilihat dari mikrostrukturnya)

Pengujian Kekerasan Batang Piston Sepeda Ori (O) dan non Ori (I)

Pengujian kekerasan material batang piston sepeda motor dilakukan pada tiga lokasi, yaitu pada bagian potongan memanjang dan melintang dari batang piston sepeda motor tersebut. Pengujian kekerasan mikro masing-masing sampel dilakukan sebanyak 6 titik pada bagian tengah dan bagian atas dan 3 titik pada bawah

batang piston. Pengujian kekerasan mikro dilakukan dengan metode Hardness Vickers (HV), pengujian tiap sampel dilakukan pada 6 (enam) titik dan 3 (tiga) daerah pada masing-masing titik diukur pada arah sumbu x dan sumbu y sehingga diharapkan masing-masing titik mewakili kekerasan material batang piston sepeda motor.



Gambar 18. Sampel uji kekerasan mikro:

Tabel 1 Data Nilai Kekerasan Material Batang Piston

No.	NILAI KEKERASAN, HV					
	Batang Piston Original			Batang Piston non-Original		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	381	376	665	271	325	367
2	341	386	492	277	386	447
3	362	376	602	429	336	756
4	310	371	-	225	386	-
5	310	286	-	262	412	-
6	306	376	-	303	367	-
Rerata	335	362	586	295	369	523

Data alat uji kekerasan Vickers :

- Nama Alat : Frank Finotest
- Metode Uji : Hardness Vickers (HV)
- Beban (P) : 5 Kgf
- Sudut Identor : 136°
- Waktu Uji : 15 detik
- Standar Uji : SNI 19-0409-1989

Pada Tabel 1 terlihat bahwa kekerasan rata-rata batang piston sepeda motor Original adalah 335 HV (bagian atas), 362 HV (bagian tengah) dan 586 HV (bagian bawah). Kekerasan rata-rata

batang piston sepeda motor non-Ori adalah 295 HV (bagian atas), 369 HV, dan 523 HV (bagian bawah). Dari Tabel 1 terlihat kecenderungan kekerasan yang sama antara batang piston Ori dan non-Ori yaitu kekerasan bertambah tinggi dari bagian atas, tengah, dan bawah. Bagian bawah batang piston mempunyai kekerasan tertinggi karena pada bagian tersebut dikeraskan dengan proses carburizing Hal ini dilakukan karena batang piston berfungsi meneruskan gerakan lurus dari piston menjadi gerakan putar pada crankshaft sehingga material batang piston harus kuat terhadap gaya aksial, momen lentur, gaya geser, gaya puntir, tegangan tarik dan tegangan tekan. Berdasarkan data Tabel 1 diketahui bahwa kekerasan batang piston Ori lebih tinggi secara signifikan dilokasi bagian atas dan bagian bawah serta relatif sama di bagian tengah dibandingkan batang piston non-Ori.

Pengujian Komposisi Kimia Material Batang Piston Sepeda Motor Original (O) dan non-Original (I)

Pengujian komposisi kimia dengan menggunakan spark spectrometer ditujukan untuk mengetahui kandungan unsur penyusun material batang piston Ori dan non-Ori. Dari Tabel 2 diketahui unsur utama penyusun batang piston Ori dan non-Ori adalah Fe, C, Si, Cr, dan Mn dan yang membedakan adalah persentase unsur-unsur penyusunnya. Komposisi kimia batang piston Ori adalah Fe (96,8%), C (0,432%), Si (0,202%), Cr (1,15%), Mn (0,791%) dan Mo (0,181%) yang merupakan baja paduan 42CrMo4. Sedangkan komposisi kimia batang piston on-Ori adalah Fe (97,5%), C (0,217%), Si (0,213%), Cr (0,915%), Mn (0,567%) dan Mo (0,179%) yang merupakan baja paduan rendah.

Pada Tabel 2, terlihat adanya perbedaan persentase unsur penyusun utama batang piston Ori dan non-Ori, yaitu Fe (-0,7%), C (+0,215%), Si (- 0,011), Cr (+0,235%), Mn (+0,224%) dan Mo (+0,002%). Berdasarkan perbedaan komposisi unsur tersebut maka kebolehdjian terbentuknya presipitat besi karbida, silikon karbida, chrome karbida, mangan karbida, atau molibden karbida pada material batang piston Ori lebih tinggi dibandingkan batang piston non-Ori. Selain itu, adanya unsur Al pada batang piston Ori (0,0314%) lebih tinggi dibandingkan batang piston non-Ori (0,0184%). Unsur Al berfungsi sebagai zat penginti sehingga dapat memperhalus ukuran butir dalam mikrostruktur baja yang berarti dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Hal ini berdampak pada kekerasan,

kekuatan dan ketahanan aus batang piston Ori lebih tinggi dibandingkan batang piston non-Ori.

Tabel 2 Data Komposisi Kimia Batang Piston Sepeda Motor

No.	Unsur	Batang Piston Sepeda Motor	
		Original	non-Original
		Nilai Kandungan unsur (% berat)	Nilai Kandungan unsur (% berat)
1	Fe	96.8	97.5
2	C	0.432	0.217
3	Si	0.202	0.213
4	Cr	1.15	0.915
5	Mn	0.791	0.567
6	Sn	0.0164	0.0069
7	Ni	0.0543	0.0342
8	Mo	0.181	0.179
9	Cu	0.157	0.110
10	Al	0.0314	0.0184
11	V	0.0104	0.0115
12	W	0.0406	0.0656
13	Ti	0.0026	0.0036
14	Nb	0.0089	0.0120
15	S	0.0169	0.0118
16	P	0.0213	0.0182
17	Co	0.0172	0.0351
18	Pb	0.0227	0.0254

Tabel di atas menunjukkan komposisi unsur padu utama material batang piston sepeda motor Original dengan berat 96.8% Fe, 0.432% C, 0.202% Si, 0.791% Mn, 1.15% Cr, 0.0543% Ni, 0.181% Mo, 0.1574% Cu, 0.0314% Al, 0.0104% V, 0.0406% W, 0.0026% Ti, 0.0089% Nb, 0.0169% S, 0.02136% P, 0.0172% Co dan 0.0227% Pb. Berdasarkan komposisi unsur padu utama batang piston sepeda motor non-Original terbuat dari baja. Sementara itu komposisi unsur padu utama material batang piston sepeda motor non-Original adalah 97.5% Fe, 0.217% C, 0.213% Si, 0.567% Mn, 0.915% Cr, 0.0342% Ni, 0.179% Mo, 0.110% Cu, 0.0184% Al, 0.0115% V, 0.0656% W, 0.0036% Ti, 0.0120% Nb, 0.0106% S, 0.0182% P, 0.0351% Co dan 0.0254% Pb.

Dari tabel 2 terlihat bahwa kandungan Fe dalam material batang piston sepeda motor Original (96,8% berat) lebih rendah dibandingkan kandungan Fe dalam material batang piston sepeda motor non-Original (97,5% berat). Hal ini memberikan dampak pada kejadian terbentuknya endapan besi karbida dalam mikro struktur

material batang piston sepeda motor Original lebih kecil dibandingkan material batang piston sepeda motor non-Original.

Akan tetapi kandungan unsur Al dalam material batang piston sepeda motor non-Original (0.0331% berat) lebih rendah dibandingkan kandungan Al dalam material batang piston sepeda motor Original (0.0314% berat), unsur Al dalam paduan Fe-C berfungsi untuk menghaluskan butir atau dengan kata lain memperkecil ukuran butir dalam mikro struktur baja perkakas oleh karena itu material batang piston sepeda motor Original dalam mikrostrukturnya mempunyai endapan besi karbida dan ukuran butirnya kecil, Maka kekerasan dan kekuatan batang piston sepeda motor Original lebih tinggi dibandingkan produk batang piston sepeda motor non-Original.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan pengkajian data penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Struktur mikro pada batang piston sepeda motor original berupa martensit temper dengan butir halus 60-70 %, sedangkan struktur mikro pada batang piston sepeda motor non-original berupa martensit temper dengan butir kasar 40%.
2. Nilai kekerasan material batang piston original adalah 428 HV lebih tinggi bila dibandingkan nilai kekerasan material batang piston sepeda motor non-original sebesar 396 HV.
3. Nilai unsur Al yang terkandung pada material batang piston sepeda motor original adalah 0.0314 % > 0.0184 % material batang piston sepeda motor non-original pada proses pengujian komposisi kimia.

Saran

1. Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan dengan melakukan proses heat treatment dengan melakukan berbagai variasi heat treatment.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian dengan software untuk mengetahui ketahanan suatu batang piston sepeda motor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amirul Arifin, Makalah teknologi mekanik connecting rod, 5 Februari 2012.

- [2] ASTM Handbook, Volume 1, 2016, Properties and Selection.
- [3] ASTM Handbook, Volume 9, 2016, Metallography and microstructures
- [4] Edi Prayitno, 2013, Pembuatan Connecting Rod, <http://zircones.blogspot.com/2013/07/pembuatan-connecting-rod>, diakses pada 7 Juli 2013.
- [5] Kepolisian Republik Indonesia, Jumlah Kendaraan Bermotor menurut Jenisnya, 2008 Rahmat S , 2008 Pengetahuan Bahan.
- [6] Rifky, 2009, Analisis pembebanan static dengan variasi temperature pada connecting rod motor type 113cc dengan material baja AISI 1006, 1040,dan 1070 menggunakan software CATIA V5R14.
- [7] Yusuf D, 2005."Aplikasi pengolahan citra untuk analisis struktur mikro logam ferro berdasarkan pola-pola khas statistiknya".

ANALISIS PENGARUH FEEDING PADA PROSES GRINDING JOURNAL TERHADAP NILAI KUALITAS CAMSHAFT TYPE 2TNV70 PASCA IQT

Sudja Rizki Maulana

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana Jl. Raya Jatiwaringin, Pondok Gede, Jakarta Timur. Jakarta 13077 Email : sudjarizkymaulana@gmail.com

ABSTRACT

Research in the field of machining in testing the level of roughness needs to be done to get good results in the machining process. The purpose of this study was to determine the effect of variations in feeding on the surface grinding process on the surface roughness and hardness of S45C carbon steel that has gone through processes including induction, quenching and tempering and to compare which feeding variation has the lowest level of roughness. The research method used is an experimental method in the form of giving a variety of feeding which is tested on 4 samples in the surface grinding process. The number of variations given is 0.2mm/min, 0.4mm/min, 0.8mm/min, 1.2mm/min. The test results obtained are in the form of roughness values and hardness values on specimens that have been previously tested. The results showed that there was a change in the roughness value that occurred during the grinding process by applying a 0.2mm/min feeding variation resulting in an average value of 1.33683333 μ , a feeding variation of 0.4mm/min producing an average value of 1.27068333 μ , a feeding variation of 0.8mm/min producing an average value of 1.27068333 μ , the average value is 1.29633333 μ , the variation of feeding 1.2mm/min produces an average value of 1.39458333 μ and there is no significant change in the surface hardness value in the surface grinding process. The tools used in this study were the Mitutoyo SV2100 roughness tester to determine the roughness value, and the Sonohard SH22 hardness tester to determine the hardness value. The data that has been obtained are then analyzed using descriptive statistics where the data are presented in the form of tables and graphs. after grinding. This shows that there is an effect of giving different variations of feeding the surface grinding process to the surface roughness value.

Keyword : Feeding, Surface Grinding, Camshaft, IQT, Steel Type S45C, Hardness, Roughnes

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan logam dalam perkembangan teknologi dan industri sebagai salah satu material penunjang sangat besar perannya. Baja karbon S45C merupakan salah satu jenis logam yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari khususnya pada bidang teknologi dan industri. Banyak sekali industri dalam bidang manufaktur menggunakan baja karbon sebagai material, baik untuk komponen pada mesin produksi, maupun pada bahan manufaktur yang diproduksi. Baja karbon S45C memiliki tingkat kekerasan menengah karena termasuk dalam jenis baja karbon sedang. Dalam dunia permesinan penggunaan baja karbon S45C tidak jauh dari sifat fisisnya yang sangat keras dan tahan aus. Baja karbon S45C dapat diaplikasikan pada, roda gigi, pisau pahat, rel kereta, poros dan lain-lain. Untuk meningkatkan sifat fisisnya, baja karbon biasanya dilakukan proses IQT guna meningkatkan kekerasannya. Untuk mendapatkan permukaan yang halus maka harus melalui proses penggerindaan.

Proses penggrindaan adalah istilah yang digunakan dalam praktik manufaktur modern untuk mendeskripsi kanpengerjaan dengan roda, bantalan dan sabuk abrasive berkecepatan tinggi. Mesin grinding ada beberapa macam, yaitu mesin grinding datar, mesin grinding permukaan dan mesin grinding cylinder. Proses penggerindaan permukaan dinamakan surface grinding. Proses surface grinding ini menentukan kekasaran permukaan suatu benda hingga nilai (n) tertentu. Material tersebut yang telah di IQT kemudian dilanjutkan pada proses surface grinding guna mencapai kekasaran dan kekerasan yang diinginkan, proses tersebut menghasilkan kriteria nilai kekerasan dan kekasaran yang sesuai dengan spesifikasi produk yang diminta oleh customer. Fokus masalah yang ingin dipelajari dalam penelitian ini adalah pengaruh feeding pada proses grinding journal terhadap nilai kualitas camshaft type 2TNV70 pasca IQT Hasil dari proses tersebut kemudian masuk ke tahap uji kekerasan dan kekasaran untuk mengetahui hasil akhir kekerasan dan kekasaran pada camshaft type 2TNV70

2. LANDASAN TEORI

2.1 Feeding

Feeding merupakan salah satu proses dalam dunia permesinan, khususnya dalam jenis mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin gerinda, mesin frais dan mesin skrap. Dalam pengerjaannya mesin perkakas bergantung pada feeding atau pemakanan yang dihasilkan. Feed dapat dinyatakan sebagai rasio gerak benda kerja terhadap gerak putar pisau atau batu gerinda dari mesin perkakas. Pisau dari mesin bubut dan mesin skrap sama jenisnya yakni pisau pahat, kemudian untuk mesin frais menggunakan pisau berjenis mata bor atau end mill, sedangkan untuk mesin gerinda menggunakan batu gerinda sebagai pemakannya. Dalam menentukan feed, kita harus memperhatikan factor yang mempengaruhi nilai feed yaitu, jenis batu grinda, kedalaman pemotongan (depth of cut), kualitas permukaan yang dihasilkan, dan benda kerja atau jenis material. Kedalaman pemotongan sangat menentukan kekasaran permukaan material yang dipotong. Kecepatan potong ditentukan oleh kombinasi batu grinding dan material benda kerja, kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik dalam satuan meter pada selubung pisau dalam waktu satu menit. Adapun rumus kecepatan untuk mesin grinding sama dengan rumus kecepatan potong untuk mesin bubut dan mesin frais yang dijelaskan dibawah:

$$Cs = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

dimana :

Cs = Kecepatan potong batu grinding (m/min)

D = Keliling benda kerja (mm)

n = Putaran spindle

$\pi = 3.14$

Karena satuan kecepatan potong (Cs) dalam meter/menit sedangkan satuan diameter benda kerja dalam milimeter, maka satuannya harus disamakan terlebih dahulu yaitu dengan mengalikan nilai kecepatan potongnya dengan angka 1000 mm. Dari rumus tersebut dapat dicari kecepatan putaran batu grinda yang digunakan adalah:

$$n = \frac{Cs \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot D}$$

dimana :

n = Putaran spindle (putaran/menit-RPM)

Cs = Kecepatan potong batu grinda (m/min)

π = Nilai konstanta

D = Diameter benda kerja (mm)

Besarnya kecepatan gerak meja pada mesin grinding (F) ditentukan oleh seberapa jauh batu akan bergerak (f) dalam satuan mm/putaran dikalikan seberapa besar putaran mesinnya (n) dalam satuan putaran. Maka rumus untuk mencari kecepatan gerak meja mesin grinding

$$F = f \cdot N$$

dimana :

F = Kecepatan gerak meja mesin grinding (mm/min)

f = Besarnya pemotongan tiap putaran (mm/putaran)

n = Putaran benda kerja (putaran/menit)

Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu machining adalah, seberapa besar panjang atau jarak tempuh pembubutan (L) dalam satuan mm dan kecepatan gerak meja mesin (F) dalam satuan mm/menit

$$(tm) = \frac{\text{Panjang benda}(L)}{\text{Kecepatan pemakanan}(F) \cdot n}$$

dimana :

n = Putaran benda kerja (Rpm)

ℓ = Panjang pembubutan rata (mm)

la = Jarak start pahat (mm)

L = Panjang total pembubutan rata (mm)

F = Kecepatan pergerakan meja (mm/menit)

Menghitung Kecepatan Putar Benda Kerja

$$nw = \frac{Cs \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

Dimana :

nw = Kecepatan putar benda kerja

Cs = Kecepatan potong benda kerja

d = Diameter benda kerja

Sebelum menentukan proses pengerjaan machining, maka kita harus tahu jenis bahan dan jenis tool atau batu grinda yang digunakan. Setelah mengetahui jenis bahan dan jenis tool, langkah selanjutnya adalah mencari kecepatan potong. Kecepatan potong dari beberapa penelitian untuk beberapa jenis bahan telah distandarkan.

2.2 Baja S45C

Baja merupakan logam paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe), karbon (C) dan unsur lainnya, Yang dimaksud dengan baja karbon adalah baja yang hanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) saja tanpa adanya bahan pepadu dan unsur lain

yang kadang terdapat pada baja karbon seperti Si, Mn, P, dan lain lain. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Secara garis besar baja dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon terbagi menjadi tiga macam yaitu: baja karbon rendah (0,55%C) baja karbon sedang (0,25%C – 0,55%C), baja karbon tinggi (>0,55%C). Penggunaan dari masing masing baja karbon berbeda-beda berdasarkan kandungan karbon pada baja tersebut.

2.3 Surface Grinding

Penggerindaan merupakan proses pemotongan benda kerja dengan menggunakan mesin gerinda. Di dalam operasinya, benda kerja dipegang atau dicekam pada meja magnetik yang digerakkan maju-mundur atau berputar di bawah roda gerinda yang bergerak berputar.

Mesin gerinda datar merupakan salah satu jenis mesin gerinda yang paling banyak digunakan untuk menggerinda benda kerja dengan tujuan untuk mendapatkan kerataan dan kehalusan permukaan serta ukuran benda kerja yang diinginkan.

Mesin gerinda datar dipergunakan untuk menggerinda permukaan-permukaan benda kerja yang datar. Permukaan datar yang dimaksud di sini adalah permukaan datar yang sejajar, permukaan datar bertingkat, permukaan datar yang miring, permukaan datar alur dan seterusnya. Penggerindaan juga dimaksudkan untuk membuat penampilan yang lebih baik dari benda kerja dengan cara menghilangkan lapisan oksida dan kotoran-kotoran lainnya pada permukaan benda kerja. Penggerindaan datar dapat juga dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang rata dan halus serta ukuran yang presisi yang ditujukan untuk proses machining dengan pengerjaan akhir(finishing). Mesin gerinda datar merupakan salah satu mesin yang sangat penting di industri, dalam hal ini mesin gerinda banyak dipakai untuk membuat komponen dan peralatan peralatan industri. Di mana komponen dan peralatan ini memerlukan kerataan, kehalusan dan ukuran yang presisi agar komponen tersebut dapat berfungsi dengan baik.

Ketelitian mesin gerinda datar tergantung dari jenis mesin gerinda yang digunakan, tetapi pada umumnya ketelitian 0,002 mm dapat dicapai oleh kebanyakan mesin gerinda.

Arah wheel head roda grinda dalam garis lurus atau yang disebut sumbu X, sedangkan untuk arah melintang disebut sumbu Z. Metode permukaan

grinding terdiri dari plunge, side plunge, grinding longitudinal, dan side longitudinal.

Dalam praktek industri metode yang paling sering digunakan adalah :

- a) Peripheral plunge grinding (grinding alur atau grinding profil)
- b) Peripheral longitudinal grinding (grinding permukaan atau perataan permukaan yang besar)

Ada beragam jenis mesin grinding menurut klasifikasinya:

- a) External cylindrical grinding machine
- b) Internal cylindrical grinding machine
- c) Universal cylindrical grinding machine
- d) Centerless cylindrical grinding machine

Proses terjadinya grinding dimana material yang bersifat abrasive grinder berputar dan mengikis sebagian kecil permukaan benda kerja untuk menghilangkan serpihanserpihan logam dan menghaluskannya. Mesin surface grinding berdasarkan pengoperasiannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) Mesin Grinding Datar Manual

Pada mesin grinding datar adalah salah satu jenis mesin grinding datar yang cara pengoperasiannya hanya dilakukan secara manual. Pengertiannya adalah dalam menggerakkan atau mengatur meja untuk setting dan pemakanan arah memanjang ataupun melintang termasuk mengatur posisi spindle pada batu grinda harus dilakukan secara manual karena mesin grinda datar jenis ini hanya difasilitasi pengoperasiannya melalui system mekanik. Pada mesin ini benda kerja yang terbuat dari ferromagnetic dicekam menggunakan cekam magnetik, sedangkan benda kerja yang terbuat dari non ferromagnetic dicekam menggunakan cekam mekanik ataupun cekam vakum. Mesin grinda datar ini memiliki spindle atau poros penggerak roda grinda dengan posisi horizontal dan meja mesin dapat bergerak lurus bolak balik, penggerindaan terjadi pada bagian keliling roda grinda.

b) Mesin Grinding Datar Semi Otomatis

Mesin grinda datar semi otomatis adalah mesin grinda datar yang pengoperasiannya dilakukan secara semi otomatis. Pengertiannya adalah dalam menggerakkan/mengatur meja arah memanjang dapat dilakukan secara otomatis (tidak termasuk gerakan melintang dan spindle mesin), karena mesin grinda datar jenis ini sudah difasilitasi pengoperasiannya melalui gabungan system mekanik dan hydraulic. Namun apabila

menginginkan menggerakkan/mengatur meja arah memanjang secara manual, mesin grinda datar jenis ini masih tetap dapat digunakan dengan pengoperasian secara manual.

c) Mesin Grinding Datar Otomatis

Mesin grinding datar otomatis adalah salah satu jenis mesin grinding datar yang pengoperasiannya dapat dilakukan secara otomatis. Pengertiannya adalah dalam

menggerakkan/mengatur meja arah memanjang maupun melintang, termasuk mengatur posisi spindle wheel dapat dilakukan secara otomatis, karena mesin grinding ini sudah difasilitasi pengoperasiannya melalui system mekanik dan system hydraulic secara lengkap beserta dengan sensorsensor yang ada. Namun demikian apabila menginginkan pergerakan meja secara manual, mesin grinding datar jenis ini masih tetap dapat digunakan dengan pengoperasian secara manual.

d) Mesin Grinding Datar CNC

Mesin grinding computer numerical control, adalah salah satu jenis mesin grinding yang pengoperasiannya dapat dilakukan melalui perintah berupa kode-kode dan angka yang sudah distandarkan dan disepakati pada dunia internasional. Pengertiannya adalah dalam menggerakkan/mengatur meja arah memanjang maupun melintang, termasuk mengatur posisi wheel spindle dan besarnya feeding dapat dilakukan secara otomatis melalui pemrograman dari komputer, karena mesin grinding jenis ini difasilitasi pengoperasiannya melalui system komputerisasi. Mesin grinding jenis ini dapat menghasilkan produk penggindaan yang tingkat kepresisiannya sangat tinggi jika dibandingkan dengan jenis mesin grinding lainnya, karena semua control pengoperasiannya dapat dikontrol melalui program dari komputer.

2.4 Nilai Kualitas

2.4.1 Kekasaran

Tingkat kehalusan suatu permukaan memang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Oleh karena itu, dalam perencanaan dan pembuatannya harus dipertimbangkan terlebih dulu mengenai peralatan mesin yang mana harus digunakan untuk membuatnya serta berapa ongkos yang harus dikeluarkan. Agar proses pembuatannya tidak terjadi penyimpangan yang

berarti maka karakteristik permukaan ini harus dapat dipahami

oleh engineer sampai operator. Untuk pembahasan selanjutnya mengenai kekasaran permukaan maka terlebih dahulu perlu dibicarakan mengenai batasan dan beberapa parameter penting yang ada kaitannya dengan kekasaran/kehalusan permukaan yang hingga saat ini masih banyak dipakai dalam praktek. Beberapa peralatan yang bias digunakan untuk memeriksa kehalusan permukaan ini juga akan disinggung. Dalam prakteknya, bahan yang digunakan untuk benda kerja biasanya terdiri dari besi atau logam. Oleh karena itu, benda-benda padat yang bahannya terbuat dari tanah, batu, kayu dan karet tidak akan disinggung dalam penyusunan tugas akhir mengenai karakteristik permukaan dan pengukurannya. Suatu permukaan pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu permukaan yang kasar (roughness) dan permukaan yang bergelombang (waviness). Permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pisau (pahat) potong atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (feed) pisau potong dalam proses pembuatannya.

Sedangkan permukaan yang bergelombang mempunyai bentuk gelombang yang lebih panjang dan tidak teratur yang dapat terjadi karena beberapa faktor misalnya posisi senter yang tidak tepat, adanya gerakan tidak lurus (non linier) dari pemakanan (feed), getaran mesin, tidak imbangnya (balance) batu gerinda, perlakuan panas (heat treatment) yang kurang baik, dan sebagainya. Dari kekasaran (roughness) dan gelombang (wanivess) inilah kemudian timbul kesalahan bentuk. Parameter-parameter permukaan

A . Profil Geometris Ideal (Geometrically Ideal Profile) Profil ini merupakan profil dari geometris permukaan yang ideal yang tidak mungkin diperoleh dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam proses permesinannya, bentuk dari profil geometris ideal ini dapat berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung.

B . Profil Referensi (Reference Profile)

Profil ini digunakan dasar dalam menganalisis karakteristis dari suatu permukaan. Bentuknya sama dengan bentuk profil geometris ideal, tetapi tepat menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran.

C . Profil Terukur (Measured Profile)

Profil terukur adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran. Profil inilah yang dijadikan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan produk pemesinan.

D . Profil Dasar (Root Profile)

Profil dasar adalah profil referensi yang digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

E . Profile Tengah (Centre Profile)

Profil tengah adalah profil yang berada ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur. Profil tengah ini sebetulnya merupakan profil referensi yang digeserkan kebawah dengan arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal sampai pada batas tertentu yang membagi luas penampang permukaan menjadi dua bagian yang sama yaitu atas dan bawah.

Kekasaran Rt
Kekasaran Rt adalah parameter standar internasional untuk nilai kekasaran maksimum, perbedaan maksimum antara ketinggian puncak dan kedalaman lembah dalam panjang sampling. Hubungan antara kekasaran permukaan dan energi grinding tertentu juga dapat diperoleh dengan mudah menggunakan metode substitusi langsung. Rt hanyalah salah satu dari beberapa ukuran kekasaran permukaan, dua standar kekasaran umum lainnya adalah kekasaran Ra dan kekasaran Rz. Kekasaran Ra Kekasaran Ra adalah rata rata aritmatika dari semua koordinat profil dari garis rata rata yang diambil dari panjang sampling setelah melakukan pengukuran deviasi. Kekasaran Rz Kekasaran Rz adalah rata rata aritmatika dari pembacaan titik puncak ke lembah dengan nilai maksimum selama lima panjang sampel individu yang berdekatan. Nilai Rt dan Rz jauh lebih besar dari pada nilai kekasaran Ra untuk pengukuran dari permukaan yang sama. Dua parameter lain yang terkait dengan permukaan, terutama yang digunakan untuk kontak yang bergesekan.

Toleransi harga Ra Seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros), harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12. Besarnya toleransi untuk Ra biasanya diambil antara 50% ke atas dan 25% ke bawah. Material yang telah melewati proses pemesinan pasti memiliki struktur permukaan

yang berbeda dengan material pada awal mulanya. Begitu juga dengan material yang telah melewati proses finishing guna mendapatkan kekasaran (n) tertentu pasti juga memiliki struktur permukaan yang berbeda dari sebelumnya pada saat proses pemesinan.

2.4.2 Kekerasan

Kekerasan permukaan merupakan sifat fisik suatu material pada bagian permukaan dan merupakan salah satu indikator suatu material. Fasa pada baja yang berperan terhadap kekerasan permukaan adalah fasa martensit, yang bisa didapat dari proses quenching. Material yang memiliki kekerasan tinggi biasanya digunakan untuk menjadi bahan dasar suatu pisau pahat, pegas, dan lain lain. Kekerasan suatu permukaan juga dapat mempengaruhi usia material itu sendiri, sehingga bisa tahan terhadap gesekan dengan material lain. Kekerasan permukaan bisa diukur dengan 3 metode yakni:

1. Pengujian Brinell

Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam menggunakan indenter. Indenter untuk brinell berbentuk bola dengan diameter 10mm, diameter 5mm, diameter 2,5mm, dan diameter 1mm, itu semua adalah diameter bola standar internasional. Kelebihan metoda brinell sangat dianjurkan untuk material-material atau bahan-bahan uji yang bersifat heterogen. Kekurangan metoda brinell butuh ketelitian saat mengukur diameter lekukan hasil indentasi lama, sekali pengujian bisa menyita waktu hingga 5 menit, belum termasuk persiapan dan perhitungannya. Rumus

penghitungan pengujian metoda brinell:

Dimana:

BHN = Brinell Hardness Number (HB)

P= Beban yang diberikan (kgf)

D= Diameter indenter (mm)

d = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi (mm)

t = kedalaman jejak (mm)

2. Pengujian Rockwell

Pengujian rockwell menggunakan indenter bola baja diameter standar (diameter 10mm, diameter 5mm, diameter 2,5mm, dan diameter 1mm) dan indenter kerucut intan. pengujian ini tidak membutuhkan kemampuan khusus karena hasil pengukuran dapat terbaca langsung. Pengujian ini menggunakan 2 beban, yaitu beban minor/minor load (F0) = 10 kgf dan beban mayor/mayor load (F1) = 60kgf sampai dengan 150kgf tergantung

material yang akan di uji dan tergantung menu rockwell yang dipilih

Rumus penghitungan pengujian metoda RockwellI:

$$HR = E - e$$

Dimana :

F0 = Beban Minor(Minor Load) (kgf)

F1 = Beban Mayor(Major Load) (kgf)

F = Total beban (kgf)

e = Jarak antara kondisi 1 dan 3 yang dibagi dengan 0.002 mm

E = Jarak antara indentor saat diberi minor load dan zero reference line untuk tiap jenis indentor berbeda-beda yang bisa dilihat pada gambar dibawah

HR = Besarnya nilai kekerasan dengan metode hardness

3. Pengujian Vickers

Uji vickers dikenal juga sebagai Diamond Pyramid Hardness Test (DPH). Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat. Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg – 100kg). Rumus penghitungan pengujian metode vickers:

Dimana:

VHN = Vickers Hardness Number (HV)

P = Beban yang diberikan (kgf)

d = Panjang diagonal rata-rata hasil indentasi (mm)

L = Panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°

Kelebihan metoda vickers: dianjurkan untuk pengujian material yang sudah di proses case hardening, dan proses pelapisan dengan logam lain yang lebih keras, tidak merusak karena hasil indentasi sangat kecil, dan biasanya bahan uji bisa dipakai kembali. Kekurangan metode vickers: Butuh ketelitian saat mengukur diameter lekukan hasil indentasi, lama waktu pengujian bisa menyita waktu hingga 5 menit, belum termasuk persiapan dan perhitungannya. Pengukuran dengan metode-metode seperti di atas digunakan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan permukaan suatu material.

Kekerasan material bisa ditingkatkan guna menambah fungsi kekerasan suatu material. Kekerasan material bisa didapat dari perlakuan panas seperti heat treatment atau quenching.

2.5 Camshaft

Komponen penting motor bakar yang berfungsi mengatur sirkulasi bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar maupun mengatur gas hasil pembakaran keluar dari ruang pembakaran. Camshaft terdiri dari shaft berputar yang meneruskan gaya dari crank shaft yang pada shaft tersebut terdapat cam berfungsi mengatur mekanisme katup pada mesin dan mengubah gerakan berputar menjadi gerak bolak balik. Bentuk camshaft berupa batangan silinder dengan panjang tertentu yang memiliki bentuk khusus dan terdapat beberapa tonjolan landai seperti telur pada badannya yang disebut cam / lobe. Bagian ini bertugas menggerakkan katup mesin yang mampu membuka katup in dan ex pada ruang bakar mesin sehingga waktu buka-tutup katup dapat mempengaruhi tenaga pada sebuah mesin. Istilah-istilah yang sering dipakai yaitu :

a. Duration

Durasi adalah angka derajat yang menunjukkan lama katup membuka atau saat dimana katup terangkat dari dudukan katupnya di dalam mesin empat langkah. Derajat durasi camshaft selalu diukur dalam derajat putaran crankshaft.

b. Phasing

Phasing adalah lobe centre angle (LCA) atau lobe separation angle (LSA), yaitu sudut antara titik angkat penuh katup hisap dan titik angkat penuh katup buang.

c. Valve Lift

Valve lift yaitu maksimum tinggi angkatan katup (jarak maksimum antara katup dan dudukan katup). Hal ini sangat bervariasi antara profil camshaft satu dengan yang lainnya, dari tipe mesin satu dengan tipe mesin lainnya

d. Camshaft Lobe Lift

Camshaft lobe lift adalah maksimum tinggi angkatan pada camshaft. Tinggi angkatan pada camshaft (Camshaft Lobe Lift) tidak sama dengan tinggi angkatan katup (valvelift), walaupun untuk tipe-tipe tertentu ada yang sama, dikarenakan adanya sistem rasio pada rocker arm.

e. Overlap

Overlap adalah waktu dimana posisi katup hisap dan katup buang terbuka bersamaan. Overlap terjadi pada saat katup buang akan menutup dan katup hisap mulai membuka, yaitu disaat akhir langkah buang dan disaat awal langkah hisap.

f. Lift Rate

Lift rate adalah kecepatan rata-rata katup terangkat dari dudukannya dan kemudian kembali pada dudukannya per derajat putaran crankshaft.

g. Valve Clearance

Valve clearance adalah jarak yang terjadi antara camshaft dengan rocker arm.

h. Full Lift

Full lift adalah tinggi angkat penuh camshaft. Apabila dilihat dari profil camshaft maka tinggi angkat penuh camshaft berada pada titik tengah nose (hidung). Tinggi angkat penuh camshaft berhubungan dengan tinggi angkat penuh katup.

i. Camshaft Profile

Camshaft profile atau bentuk camshaft merupakan satu hal yang mempunyai peranan penting dalam unjuk kerja mesin. Hal ini dikarenakan profil atau bentuk camshaft adalah semacam rel tempat berjalannya rocker arm. Sehingga jika dilihat dalam bentuk grafik, profil camshaft merupakan pembentuk kurva durasi buka tutup katup.

2.6 IQT

2.6.1 Induction

Pemanasan induksi melibatkan penerapan energi yang diinduksi secara elektromagnetik yang disuplai oleh koil induksi ke bagian kerja yang merupakan konduktif listrik. Pemanasan induksi banyak digunakan dalam industri untuk proses seperti mematri, menyolder, memperbaiki perekat, dan berbagai perlakuan panas lainnya. Saat digunakan untuk pengerasan baja, pendinginan mengikuti pemanasan. Coil pemanas induksi membawa arus bolak-balik frekuensi tinggi yang menginduksi arus pada bagian kerja yang berada dilingkaran coil induksi untuk mempengaruhi pemanasan. Permukaan, bagian permukaan, atau inti bagian dapat dipanaskan oleh proses ini. Pemanasan induksi menyediakan metode yang cepat dan efisien untuk memanaskan bahan penghantar listrik apapun. Waktu siklus pemanasan pendek, sehingga prosesnya cocok untuk produksi yang tinggi serta kelas menengah.

2.6.2 Quenching

Quenching ialah perlakuan panas terhadap baja dengan suhu tinggi, lalu baja dengan suhu tinggi ini langsung didinginkan secara drastis. Maksud dan tujuan proses quenching adalah untuk meningkatkan kekerasan alami pada baja.

Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan dan pendinginan secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis. Sifat akhir yang dimiliki oleh suatu produk yang dihasilkan dari proses perlakuan panas quenching akan ditentukan oleh siklus pemanasan yang dialaminya. Salah satu variabel yang mempengaruhi sifat akhir produk tersebut adalah temperature quenching. Untuk logam baja, temperatur pemanasan atau quenching disebut dengan temperatur austenisasi.

Temperatur dimana fasa logam baja berubah dan stabil menjadi fasa austenit. Perlakuan panas quenching ini menghasilkan suatu produk yang memiliki kekerasan sangat tinggi, dan karenanya sering disebut sebagai proses pengerasan, atau hardening. Nilai kekerasan yang dimiliki oleh produk quenching ini dipengaruhi oleh temperature pemanasannya. Pengaruh temperatur austenisasi terhadap kekerasan baja yang mengandung karbon 0,3% setelah quenching. Baja dengan kandungan karbon 0,3% yang dipanaskan pada temperatur yang lebih tinggi, maka setelah quenching akan memiliki kekerasan yang lebih tinggi. Proses quenching diperoleh dengan melakukan pendinginan dari temperatur austenite ke temperatur kamar dengan laju pendinginan yang sangat cepat. Umumnya pendinginan dilakukan dengan media air atau oli. Pada saat Pendinginan ini akan terjadi transformasi fasa atau perubahan fasa yaitu konversi austenite menjadi struktur martensit. Martensit memiliki kekerasan yang tinggi. Nilai kekerasan ini tergantung pada banyak variabel, baik variabel bahan bajanya yaitu komposisi kimia, atau proses laku panasnya seperti temperatur pemanasan, laju pendinginan, waktu penahanan, atau holding time. Variabel-variabel tersebut akan berpengaruh terhadap struktur mikro akhir dari produknya. Pada temperature austenisasi yang lebih tinggi butir-butir austenit akan tumbuh membesar. Pada butiran austenit yang lebih besar, luas batas butir atau jumlah titik sebagai tempat pengintian untuk terjadinya dekomposisi fasa austenit menjadi pearlit semakin rendah. Dekomposisi dan pertumbuhan perlit akan menjadi terhambat, hal ini akan memudahkan transformasi austenite menjadi martensit, dengan membesarnya butiran austenit, maka baja akan mempunyai kemampuan kekerasan yang lebih tinggi. Artinya austenite akan lebih mudah terdekomposisi menjadi martensit pada austenite yang berukuran besar. Struktur martensit yang terbentuk dari temperatur pemanasan yang lebih tinggi akan memiliki kerapatan dislokasi yang tinggi. Baja

yang mengalami pendinginan yang cepat dengan temperatur pemanasan yang lebih tinggi akan memiliki fasa martensit dengan kekerasan yang tinggi pula. Media untuk quenching ada berbagai macam maksud dan tujuan masing masing, berikut beberapa contoh media quenching yang sering digunakan:

1. Air Garam

Air garam memiliki viskositas sebesar 1.036 mPa pada suhu 20°C dengan persentase massa 1% yang rendah sehingga nilai kekentalan cairan kurang, sehingga laju pendinginan cepat dan massa jenisnya lebih besar dibandingkan dengan media pendingin lainnya seperti air, solar, oli, udara, sehingga kecepatan media pendingin besar dan makin cepat laju pendinginannya.

2. Solar

Solar memiliki viskositas 3.59 cSt yang tinggi dibandingkan dengan air dan massa jenisnya lebih rendah dibandingkan air sehingga laju pendinginannya lebih lambat.

3. Oli

Oli memiliki nilai viskositas 5W-40 atau kekentalan yang tertinggi dibandingkan dengan media pendingin lainnya dan massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat.

4. Udara

Udara tidak memiliki viskositas tetapi hanya memiliki massa jenis sehingga laju pendinginannya sangat lambat.

5. Air

Air memiliki nilai viskositas sebesar 0,79722 mPa, keunggulan air sebagai media pendingin adalah murah, mudah tersedia, mudah dibuang dengan minimal polusi atau bahaya kesehatan. Air juga efektif dalam menghilangkan scaling dari permukaan bagian baja yang diquenching. Oleh karena itu air sering digunakan sebagai media quenching karena tidak mengakibatkan distorsi berlebihan atau retak. Air banyak digunakan untuk pendinginan logam nonferrous, baja tahan karat austenitik, dan logam lainnya yang telah diperlakukan panas. Air sebagai media pendingin memiliki dua kelemahan. Kelemahan pertama yaitu tingkat pendinginan yang cepat pada suhu yang lebih rendah dimana distorsi dan retak lebih mungkin terjadi sehingga pendinginan air biasanya terbatas pada pendinginan sederhana. Kelemahan kedua menggunakan air biasa adalah menimbulkan lapisan/selimit uap sehingga dapat menyebabkan

jebakan uap yang dapat menghasilkan kekerasan yang tidak rata dan distribusi tegangan yang tidak menguntungkan, menyebabkan distorsi atau bintik lembut. Pendinginan dengan air pada produk baja juga dapat menyebabkan karat sehingga penanganan harus cepat. Umumnya, air akan memberikan kecepatan pendinginan seragam jika dipertahankan pada suhu 15 sampai 25° C (55-75° F) dan menghasilkan kecepatan lebih besar dari 0,25 m/s (50 ft/min). Berikut factor-faktor yang mempengaruhi laju pendinginan media pendingin:

a. Densitas.

Semakin tinggi densitas suatu media pendingin, maka semakin cepat proses pendinginan oleh media pendingin tersebut.

b. Viskositas.

Semakin tinggi viskositas suatu media pendingin, maka laju pendinginan semakin lambat. Viskositas adalah sebuah ukuran penolakan sebuah fluida terhadap perubahan bentuk di bawah tekanan shear. Biasanya diterima sebagai kekentalan atau penolakan terhadap penguangan. Viskositas menggambarkan penolakan dalam fluida kepada aliran dan dapat dipikir sebagai sebuah cara untuk mengukur gesekan fluida. Sebagai contoh air memiliki viskositas rendah, sedangkan minyak sayur memiliki viskositas tinggi. Hasil akhir material yang melewati perlakuan panas seperti quenching pasti memiliki perubahan struktur permukaan dari permukaan sebelum diquenching. Maka untuk mendapatkan permukaan yang sesuai perlu dilakukan suatu proses berlebih. Sebagai contoh untuk mendapatkan permukaan yang halus dari material yang sudah diquenching maka perlu dilakukan finishing. Material yang sudah di finishing pasti memiliki kekasaran permukaan yang kecil, sehingga bisa tahan terhadap gesekan antara material.

2.6.3 Tempering

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan kurang cocok digunakan. Melalui temper, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan.

Proses temper terdiri dari pemanasan kembali baja yang telah dipanaskan atau dikeraskan pada suhu di bawah suhu kritis disusul dengan pendinginan. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lunak, proses ini berbeda dengan proses anil karena disini sifat-sifat dapat dikendalikan dengan cermat. Temper dimungkinkan karena sifat struktur martensit yang tidak stabil. Struktur

logam yang tidak stabil tidak berguna untuk tujuan penggunaan, karena dapat mengakibatkan pecah. Dengan penemperan, tegangan dan kegetasan diperlunak dan kekerasan sesuai dengan penggunaan. Ketinggian suhu penemperan dan waktu

penghentian benda kerja tergantung pada jenis baja dan

kekerasan yang dikehendaki. Sebagai pedoman berlaku, bahwa benda kerja ditemper sejauh tercapainya keuletan setinggi-tingginya pada kekerasan yang memadai.

Penemperan harus dilakukan segera setelah pengejutkan karena tegangan kekerasan pada umumnya baru timbul beberapa saat setelah pengejutkan. Jika penemperan tidak dapat langsung mengikuti pengejutkan maka bahaya pembentukan retak dapat dikurangi dengan jalan memasukan benda kerja ke dalam air yang mendidih untuk beberapa jam lamanya. Temper pada suhu rendah antara 150°C - 230°C tidak akan menghasilkan penurunan yang berarti, karena pemanasan akan menghilangkan tegangan dalam terlebih dahulu. Penemperan pada suhu hingga 200°C ini disebut penuaan buatan. Baja yang memperoleh perlakuan seperti ini memiliki ukuran yang tetap untuk waktu lama pada suhu ruangan. Penemperan antara suhu 200°C - 380°C untuk memperlunak kekerasan yang berlebihan dan meningkatkan keuletan, sedangkan perubahan ukuran yang terjadi pada pengejutkan diperkecil. Penemperan pada suhu antara 550°C - 650°C untuk meningkatkan kekerasan dengan menguraikan karbid. Penemperannya hanya pada baja perkakas paduan tinggi. Penemperan baja bukan paduan berlangsung pada suhu penemperan yang berpedoman pada karbon dan kekerasan yang dikehendaki. Proses temper pada pemanasan sampai suhu temperatur tertentu (temperatur kritis) dan didinginkan dengan lambat. Pemanasan dilakukan sampai temperatur yang diperlukan, biasanya antara 200°C - 600°C tergantung pada keperluan. Makin tinggi temperature pemanasan, makin besar penurunan kekerasan sedangkan kekenyalannya bertambah. Pengaruh perlakuan panas meningkatkan kekuatan dengan naiknya kandungan zat arang. Lama dan tingginya suhu penemperan untuk mengubah sifat pengerasan temper secara kuat atau lemah tergantung pada jenis baja, kekerasannya dan kekuatan menurun dengan bertambahnya suhu penemperan, sedangkan kekenyalan dan keuletan meningkat. Proses temper terdiri dari penggumpalan atau pertumbuhan sementit terjadi pada suhu 315°C diikuti dengan penurunan kekerasan. Peningkatan

suhu akan mempercepat penggumpalan karbida, sementara kekerasan turun terus yang dapat dicapai dengan melakukan proses temper. Unsur paduan mempunyai pengaruh yang berarti pada proses temper, pengaruhnya menghambat laju pelunakan, sehingga baja paduan akan memerlukan suhu temper yang lebih tinggi untuk mencapai kekerasan tertentu. Pada proses temper perlu diperhatikan suhu maupun waktu. Meskipun pelunakan terjadi pada saatsaat pertama setelah suhu temper dicapai, selama pemanasan yang cukup lama terjadi penurunan kekerasan Setelah suhu dinaikkan sampai suhu penyepuhan (tempering heat), baja dibiarkan dingin secara perlahan-lahan. Suhu yang pasti untuk tempering tergantung pada kegunaan baja tersebut.

Tingkat kekerasan yang dicapai setelah pendinginan tergantung pada kandungan karbon dalam baja, baja yang mengandung kurang dari 0,3% karbon tidak memperlihatkan perubahan yang nyata. Kekerasan maksimum dicapai bila baja mengandung 1,3% karbon. Semakin tinggi suhu penemperan dan semakin lama didiamkan pada suhu ini (lama penemperan), semakin banyak terbentuk martensit, kekerasan akan menjadi lebih rendah, keuletan bertambah dan tegangan berkurang. Pada waktu penemperan warnanya masing-masing berubah menurut suhu (kuning terang hingga kelabu).



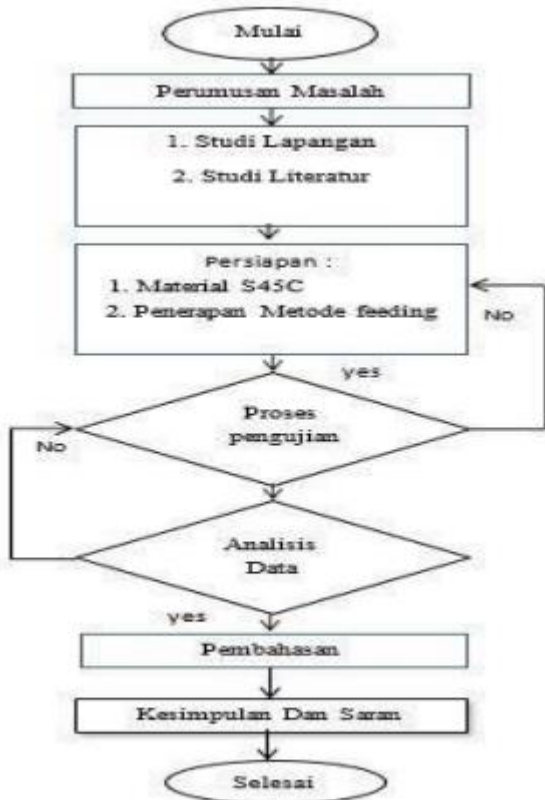
Gambar 2.1 Struktur Mikro Pasca IQT

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Flow Chart/Alur Penelitian

Metodologi penelitian adalah bagaimana langkahlangkah yang dilakukan peneliti dalam melakukan penelitian dari awal berupa pengambilan data, dimana dalam pengambilan data ini diawali dengan riset pendahuluan untuk menentukan masalah peneliti, teori yang digunakan sampai pada pengumpulan data-data

yang dikumpulkan dilakukan pengolahan data sesuai dengan dasar teori dari berbagai studi pustaka yang diperoleh. Setelah data-data diolah kemudian dianalisa dengan melihat keterkaitan antara permasalahan, tujuan penelitian, serta dasar teori yang digunakan. Dari analisa ini kemudian dapat ditarik suatu kesimpulan



Gambar 3.1 Diagram Flow Chart

3.2 Penerapan Metode Feeding

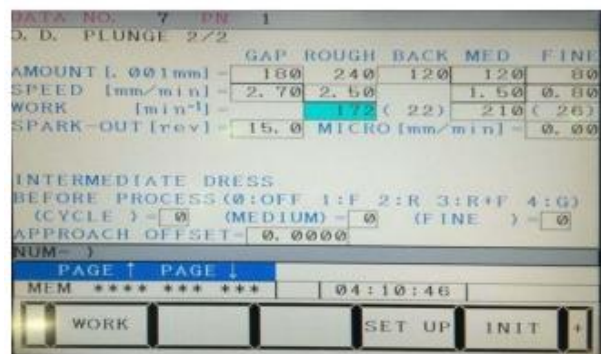
Berikut adalah parameter feeding yang digunakan selama penelitian



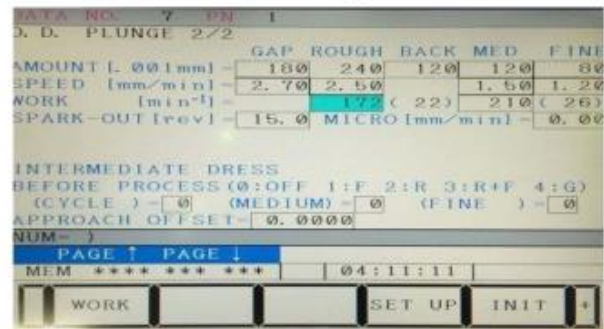
Gambar 3.2 Feeding 0.2mm/min



Gambar 3.3 Feeding 0.4mm/min



Gambar 3.4 Feeding 0.8mm/min



Gambar 3.5 Feeding 1.2mm/min

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan Grinding

Hasil perhitungan grinding benda kerja dilakukan beberapa tahapan dengan memvariasikan parameter feeding, yaitu:

Tahap 1 (Feeding 0.2 mm/min)

1. Kedalaman potong dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

D1 = Diameter awal (mm)

D2 = Diamater akhir (mm)

a = Kedalaman potong (mm)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{D1 - D2}{2} \dots\dots\dots \text{(Pustaka 13, hal 51)} \\
 &= \frac{40.35 - 39.95}{2} \\
 &= 0.2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Diameter rata rata dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$D = \frac{D1+D2}{2} \dots\dots\dots(Pustaka 7, hal 12)$$

$$= \frac{40.35+39.95}{2}$$

$$= 40.15\text{mm}$$

3. Kecepatan potong dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Cs = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(Pustaka 11, hal 29)$$

$$= \frac{3.14 \cdot 40,15 \cdot 3600}{1000}$$

$$= 453,8556 \text{ mm/min}$$

4. Kecepatan gerak meja grinding dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$F = f \cdot n \dots\dots\dots(Pustaka 13, hal 332)$$

$$= 0.2 \cdot 3600$$

$$= 720\text{mm/min}$$

5 .Waktu machining dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Tm = \frac{L}{f \cdot n} \dots\dots\dots(Pustaka 5, hal 125)$$

$$= \frac{308.5}{720}$$

$$= 0.4278\text{menit}$$

Tahap 2 (Feeding 0.4 mm/min)

1. Kedalaman potong dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

- D1 = Diameter awal (mm)
- D2 = Diamater akhir (mm)
- a = Kedalaman potong (mm)

$$a = \frac{D1-D2}{2}$$

$$= \frac{40.35-39.95}{2}$$

$$= 0.2 \text{ mm}$$

2 . Diameter rata rata dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$D = \frac{D1+D2}{2}$$

$$= \frac{40.35+39.95}{2}$$

$$= 40.15\text{mm}$$

3. Kecepatan potong dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Cs = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

$$= \frac{3.14 \cdot 40,15 \cdot 3600}{1000}$$

$$= 453,8556 \text{ mm/menit}$$

4. Kecepatan gerak meja grinding dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$F = f \cdot n$$

$$= 0.4 \cdot 3600$$

$$= 1440\text{mm/min}$$

5. Waktu machining dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Tm = \frac{L}{f \cdot n}$$

$$= \frac{308.5}{1440}$$

$$= 0.2142\text{menit}$$

Tahap 3 (Feeding 0.8mm/min)

1. Kedalaman potong dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

- D1 = Diameter awal (mm)
- D2 = Diamater akhir (mm)
- a = Kedalaman potong (mm)

$$a = \frac{D1-D2}{2}$$

$$= \frac{40.35-39.95}{2}$$

$$= 0.2 \text{ mm}$$

2 . Diameter rata rata dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$D = \frac{D1+D2}{2}$$

$$= \frac{40.35+39.95}{2}$$

$$= 40.15\text{mm}$$

3. Kecepatan potong dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \\
 &= \frac{3.14 \cdot 40,15 \cdot 3600}{1000} \\
 &= 453,8556 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

4. Kecepatan gerak meja grinding dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 F &= f \cdot n \\
 &= 0.8 \cdot 3600 \\
 &= 2880 \text{ mm/min}
 \end{aligned}$$

5. Waktu machining dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 T_m &= \frac{L}{f \cdot n} \\
 &= \frac{308.5}{2880} \\
 &= 0.1071 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Tahap 4 (Feeding 1.2 mm/min)

1. Kedalaman potong dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

D1 = Diameter awal (mm)
 D2 = Diameter akhir (mm)
 a = Kedalaman potong (mm)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{D_1 - D_2}{2} \\
 &= \frac{40.35 - 39.95}{2} \\
 &= 0.2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2 . Diameter rata rata dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{D_1 + D_2}{2} \\
 &= \frac{40.35 + 39.95}{2} \\
 &= 40.15 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Kecepatan potong dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \\
 &= \frac{3.14 \cdot 40,15 \cdot 3600}{1000} \\
 &= 453,8556 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

4. Kecepatan gerak meja grinding dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 F &= f \cdot n \\
 &= 1.2 \cdot 3600 \\
 &= 4320 \text{ mm/min}
 \end{aligned}$$

5. Waktu machining dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 T_m &= \frac{L}{f \cdot n} \\
 &= \frac{308.5}{4320} \\
 &= 0.0714 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

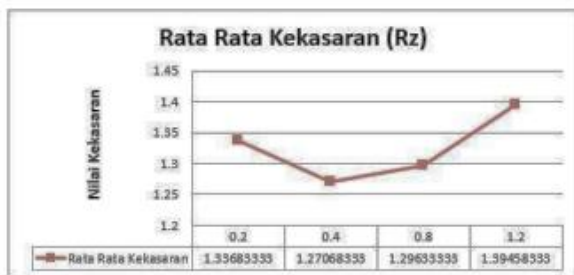
4.2 Hasil Pengukuran Kekasaran dan Kekerasan

Hasil pengukuran kekasaran permukaan benda kerja dengan proses grinding dikelompokkan berdasarkan variasi feeding yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu 0.2mm/min, 0.4mm/min, 0.8mm/min, 1.2mm/min dengan material yang digunakan yaitu S45C dan batu grinding jenis CBN.



Grafik 4.1 Perbandingan Nilai Kekasaran Pada Tiap Journal

Dari grafik perbandingan nilai kekasaran pada tiap journal terhadap feeding terlihat tidak adanya perubahan yang signifikan. Disini kita tidak bisa mengambil nilai rata-rata dari tiap grinding journal dikarenakan nilai belum di akumulasikan.



Grafik 4.2 Rata-rata Kekasaran

Dari grafik rata rata kekasaran didapat angka perbedaan yang begitu signifikan atas perubahan metode feeding yang berbeda beda. Feeding dengan nilai 0.4mm/min memiliki nilai kekasaran yang paling rendah diantara empat sampel yang diuji. Nilai diatas sudah diakumulasikan dan dicari rata-ratanya dari tiap percobaan. Selain mengetahui nilai kekasaran, pengujian berikutnya adalah mencari nilai kekerasan pada tiap journal dengan pengujian 4 sample dengan feeding yang sama yaitu 0.2mm/min, 0.4mm/min, 0.8mm/min dan 1.2mm/min yang dapat dilihat pada tabel berikut.

No. Sample	Feeding	Journal 1	Journal 2	Journal 3
0	0.2	60.4	59.8	60.4
1	0.4	59.6	60.9	58.4
2	0.8	60.6	62	60.8
3	1.2	60.6	60.1	59.4

Tabel 4.2 Tabel Hasil Uji Nilai Kekerasan Pada Tiap Journal

Setelah mengetahui hasil uji nilai kekerasan melalui tabel diatas, dapat dilihat perbandingan nilai kekerasan pada tiap journal seperti pada grafik 4.3.



Grafik 4.3 Perbandingan Kekerasan

Dari grafik perbandingan nilai kekerasan pada tiap journal terhadap feeding bisa dilihat bahwa tidak terjadi perubahan yang signifikan atau turunnya nilai kekerasan yang menyebabkan terjadinya angka reject akibat proses grinding.

**BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pengaruh feeding terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan baja S45C pasca IQT pada proses surface grinding, dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode feeding yang digunakan berpengaruh terhadap nilai kekasaran pada grinding journal dengan kecepatan pemakanan 0.2mm/min menghasilkan nilai rata-rata 1.33683333μ, 0.4mm/min menghasilkan nilai rata-rata 1.27068333μ, 0.8mm/min menghasilkan nilai rata-rata 1.29633333μ dan 1.2mm/min menghasilkan nilai rata-rata 1.39458333μ.
2. Metode feeding yang digunakan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekerasan pada grinding journal dengan kecepatan pemakanan 0.2mm/min dengan nilai rata-rata 60.2

HRC, 0.4mm/min menghasilkan nilai rata-rata 59.6 HRC, 0.8mm/min menghasilkan nilai rata-rata 61.1HRC, 1.2mm/min menghasilkan nilai rata-rata 60 HRC.

3. Metode feeding yang paling bagus hasilnya dapat dicapai pada proses grinding, yaitu pada parameter feeding 0.4mm/min dengan nilai 1.27068333μ

DAFTAR PUSTAKA

1. Creswell, John W., Educational Research Fourth Edition, Boston: Pearson, 2012.
2. Groover, Mikell P., Fundamental Of Modern Manufacturing Materials, Proseses And System Fourth Edition, Amerika: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
3. Hammil, Dess, How To Choose Camshaft And Time Them For Maximun Power, (Speed Pro Series : USA
4. Harnowo, Saptyaji dan Yunaidi, Pengaruh Viskositas Oli Sebagai Cairan Pendingin Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Quenching Baja St 60, 2015.
5. Kemendikbud, Teknik Pemesinan Bubut 1, Cimahi: 2013.
6. Klocke, Fritz, Manufacturing Processes 2 Grinding, Honing, Lapping, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
7. Rahdiyanta, Dwi, Proses Bubut (Turning), Yogyakarta: UNY, 2010.
8. Rahmat, Tatang dan Hadi Mursidi, Teknik Pemesinan Gerinda, Cimahi: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013.
9. Rowe, William Brian, Principle of Modern Grinding Technology, Oxford: Elsevier Inc, 2009.
10. Sakti, Arya Mahendra, Optimalisasi Proses Gerinda Untuk Permukaan, Surabaya: UNESA Jurusan Teknik Mesin, 2010.
11. Sarwanto, Mahir Permesinan CNC Milling Untuk Pemula, Yogyakarta: 2018.
12. Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D, Bandung: Alfabeta, 2015.
13. Widarto, Teknik Permesinan Jilid 2, Klaten: PT. Macanan Jaya Cemerlang, 2008

ANALISIS KEGAGALAN GEOMETRI KOMPONEN BRACKET HINGE CAB PADA PROSES BORING DIMESIN CNC MILLING OKK VC51

Kupainudin¹, Denny Prumanto², Rani Anggrainy³
Jurusan Teknin Mesin Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana
Jl. Raya Jatiwaringin, Pondok Gede, Jakarta Timur. Jakarta 13077
Email : kupainudin23@gmail.com

ABSTRACT

The Boring Process of Hinge Cab Bracket components is one of the machining processes at PT. MMI. Boring work is the process of enlarging the hole to the desired size and usually pays less attention to geometric deviations from the results of the boring process, even though it greatly affects the quality of the machining results. In general, a spherical profile is said to be perfectly round if the distance of the points contained in the geometric shape have the same distance from a point called the center point. The purpose of the study was to determine the effect of spindle speed and feeding speed on the geometric size of the barcket component. The method used in this research is an engineering study with experiments and data collection is carried out through field observations and analysis of ongoing programs. The independent variable in this study was 0.1 mm infeed depth, with spindle rotation parameters of 400 rpm, 500 rpm, 600 rpm, 700 rpm and 800 rpm. The dependent variable is the geometric deviation of the Bracket Hinge Cab boring results. The control variable is the insert type TNMG332-GN LC5010 which has a feed speed (fz) of 0.1 mm/rev and a roughing size of 104 ± 0.30 , coolant damin water and ecocool 2700T. The measurement method uses a bore gauge/cylinder gauge to determine the effect of variations in machining parameters on the geometry of the boring results with a tolerance of ± 0.30 mm and takes 4 axes of measurement, namely X, Y, X', Y'. From the research that has been done that the parameter with the smallest geometric deviation is obtained in the four parts with a spindle rotation (n) 700 rpm, which is the expected result because the geometric deviation is $70\mu\text{m}$, still within the tolerance limit of ± 0.30 mm and has a roughness level of 9.278 Ra. The greater the value of the cutting speed (V_c), the smaller the geometric deviation that occurs. To get good results based on the analysis and for results that are in accordance with the standard, the best Rpm is used at 700 rpm with Feeding 140 mm/minute.

Keywords: Hinge Cab bracket, OKK VC51 CNC milling machine, inner diameter machining, boring, geometric deviation

PENDAHULUAN

Bracket Hinge Cab adalah komponen Chasis yang digunakan dalam truck. Dalam bracket hinge cab ini memiliki area machining pada lubang. Proses machining pada lubang ini menggunakan metode milling boring, karena memerlukan ukuran yang sangat teliti. Dalam proses ini sering terjadi penyimpangan ukuran dalam pross milling, untuk mengurangi atau mengatasi penyimpangan.

Pengerjaan proses boring pada mesin milling adalah proses memperbesar lubang ke ukuran yang diinginkan dan biasanya kurang memperhatikan penyimpangan geometri dari hasil proses boring. Padahal hal tersebut sangat berpengaruh dengan kualitas dan hasil permesinan, jika proses yang dilakukan kurang tepat maka hasil pengerjaan tidak akan sesuai yang diharapkan, akibatnya akan ada penyimpangan ukuran yang mengakibatkan

barang menjadi reject. Pada umumnya suatu profil kebulatan dikatakan bulat sempurna bila jarak titik-titik yang terdapat pada bentuk geometrik tersebut memiliki jarak yang sama terhadap sebuah titik yang disebut dengan titik pusat. ISO/R 1101 mendefenisikan toleransi kebulatan sebagai daerah toleransi pada bidang penampang yang dibatasi oleh dua lingkaran konsentrik dengan selisih radius sebesar harga toleransinya

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan spindle terhadap ukuran geometri dari proses milling boring komponen bracket dan untuk mengetahui pengaruh pergerakan feeding terhadap variasi ukuran komponen Bracket. Adapun yang melatarbelkangi penelitian sebelumnya yang telah dilakukan mengenai pengaruh profil kebulatan untuk menentukan kesalahan geometrik pada pembuatan komponen menggunakan Mesin Milling dan dan pengaruh kedalaman pemakanan terhadap kesilindrisan benda kerja hasil finishing.

Batasan masalah dalam penelitian ini mencakup proses bracket hinge cab pada mesin milling OKK VC51 yaitu Kecepatan putaran spindle terhadap hasil ukuran boring komponen bracket, Kecepatan feeding terhadap hasil ukuran boring komponen bracket, Nilai kekasaran permukaan boring komponen bracket, Untuk proses diambil maksimal kedalaman pemakanan 0,05 mm dan 0,10 mm pada finishing. Parameter pengujian menggunakan kecepatan spindle 400 rpm, 500 rpm, 600 rpm, 700rpm, dan 800 rpm dan Parameter pengujian menggunakan feeding speed 150 mm/menit.

METODELOGI

Bracket Hinge Cab adalah salah satu parts chasis untuk mobil truk Mitsubishi Canter. Bracket Hinge Cab berfungsi sebagai penahan atau dudukan kabin truk saat dibuka. Bracket hinge cab memiliki lubang diameter dimana lubang tersebut dipasang dengan rubber, dan rubber tersebut sebagai shaft. Shaft tersebut berfungsi seperti engsel dimana untuk membuka dan menutup kabin atau kepala truk. Material yang digunakan Bracket Hinge Cab memiliki kandungan material FCD450.



Gambar 1. Bracket Hinge Cab

Pengukuran inside diameter dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang memiliki dua sensor yang saling bertolak belakang (180°) yaitu bore gauge/cylinder gauge. Bore gauge atau juga dikenal dengan Cylinder Gauge ialah alat ukur yang dipakai untuk mengukur diameter silinder. Bore gauge yang digunakan untuk pengukuran diameter bracket adalah bore gauge ukuran diameter 109 dan 104.



Gambar 2. Bore Gauge

Mesin Roughness adalah salah satu alat ukur yang digunakan untuk mengukur kekasaran hasil proses machining. Nilai kekasaran hasil proses machining komponen Bracket Hinge Cab sangat berpengaruh pada proses assembly oleh karena itu perlu diperhatikan



Gambar 3. Roughness Measuring Machine (SJ-411) Mitutoyo

Mesin milling adalah mesin perkakas yang digunakan untuk mengerjakan atau menyelesaikan suatu benda kerja dengan menggunakan pisau freis (cutter) sebagai pahat penyayat yang berputar pada sumbu mesin. Adapun mesin milling yang dipakai dalam penelitian ini adalah jenis OKK VC51. Mesin CNC milling OKK VC51 ini termasuk jenis yang mempunyai 3 Axis yaitu X, Y, dan Z.



Gambar 4. Mesin Milling OKK VC51

Parameter pemotongan yang digunakan pada mesin frais yaitu sebagai berikut:

$$Vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots \text{(Pustaka No.8, hal 29)}$$

$$Vf = fz \cdot Zn \cdot n \dots\dots\dots \text{(Pustaka No.8, hal 31)}$$

Dimana Vc adalah cutting speed (m/menit), n adalah putaran spindle (rpm), d adalah diameter benda kerja (mm), π adalah (3,14 atau 22/7), Vf adalah feed rate (mm/menit), fz adalah pemakanan pergigi (mm/gigi), z adalah jumlah pisau .

Variabel-variabel yang ada dalam penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Variabel bebas, putaran spindle yang dipakai dalam 5 kali percobaan yaitu 400rpm, 500rpm, 600rpm, 700rpm, dan 800rpm.
2. Variabel terikat, dalam penelitian ini yaitu penyimpangan geometri hasil proses komponen Bracket Hinge Cab pada mesin CNC Milling OKK VC51.
3. Variabel kontrol, mencakup penggunaan tool, too, yang dipakai memiliki 2 mata tool dan insert yang dipakai dipakai TNMG332-GN LC5010 jenis carbide. Karena bahan material Bracket Hinge Cab adalah FCD450 dan termasuk dalam proses machining Sloting & side Mill, maka kedalam pemakanan pergigi (fz) yaitu 0,05~0,2 mm. Hasil tersebut berdasarkan tabel 1. Diameter boring Bracket Hinge Cab 104 0,1~0,3 dan pengambilan data pada 4 sumbu yaitu sumbu X, Y, X', Y'.

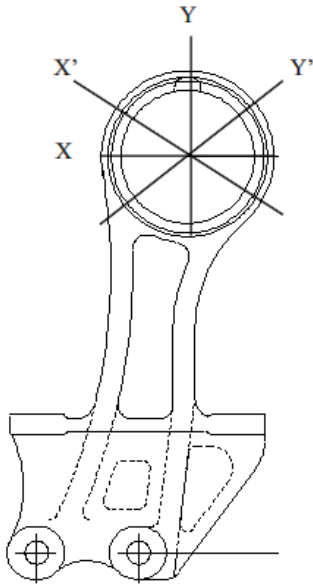
Tabel 1. Sayatan pergigi dalam milimeter

Material	Form Cutter	Sloting & side Mill
Diameter (mm)		
Main carbon Steel	0,125	0,05-0,2
Aaloy Steel	0,1	0,05-0,2
Tool Steel CS 18-25 mm/menit	0,1	0,05-0,15
Tool Steel CS 5-15 mm/menit	0,075	0,05-0,125
Spring Steel	0,075	0,05-0,125
Stainless Steel		
304, 304L, 316, 316L	0,1	0,05-0,175
410, 416	0,1	0,05-0,175
420, 420F	0,075	0,05-0,175
440C, 440F	0,075	0,05-0,125
Coopers	0,1	0,05-0,25
Lead Bronze	0,1	0,05-0,25
Phospor Bronze	0,1	0,05-0,2
Pure Alumunium		
Alumunium Alloy	0,1	0,1-0,3
Cast Iron		
GG30, 25	0,125	0,05-0,25
GG20, 25, GG30, 35, 40, 45, 50	0,1	0,05-0,2
GG55- 60	0,075	0,05-0,125

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran geometri diameter dalam komponen boring bracket hinge cab dengan ukuran ø104+0,1~+0.3 dari hasil pengerjaan pada mesin Milling CNC OKK VC51 dengan menggunakan bore gauge/cylinder gauge, menggunakan 4 sumbu pengukuran yaitu X, Y, X', dan Y', untuk mengetahui keselindrisan dari bracket hinge cab, dimana area bracket adalah area dudukan Shaft dan berfungsi sebagai pasangan rubber. Dan apabila penyimpangan geometri komponen bracket hinge cab lebih dari 0,150 mm maka rubber tersebut tidak bisa terpasang.

Dalam penelitian ini menggunakan 5 parts dan parameter pengujian dengan merubah putran spindle 400rpm, 500rpm, 600rpm, 700rpm, dan 800rpm. Area pengukuran bisa dilihat pada gambar 5.



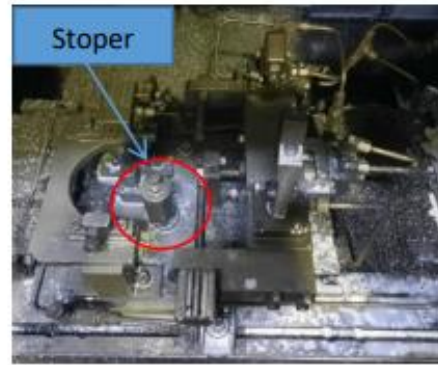
Gambar 5. Area ukur bracket hinge cab

Hasil pengukuran komponen bracket hinge cab menggunakan alat ukur bore gauge/cylinder gauge disajikan pada tabel 2 dan tabel perbandingan grafik ada di bawahnya.

Tabel 2. Hasil pengukuran geometri diameter bracket hinge cab pada putaran spindle 400rpm ~ 800rpm

No	Part Number	(n) Rpm	Hasil pengukuran 104 ^{+0,1-0,3} (mm)			
			X	Y	X'	Y'
1	Parts 1	400	25	17	23	20
2	Parts 2	500	24	16	22	18
3	Parts 3	600	27	17	21	22
4	Parts 4	700	26	19	22	22
5	Parts 5	800	25	15	20	21

Berdasarkan tabel 2 dijelaskan hasil pengukuran geometri diameter bracket menggunakan alat ukur bore gauge dengan area ukur X,Y,X' dan Y' axis. Dari lima kali percobaan nilai X dan Y memiliki selisih yang cukup dibandingkan dengan area lainnya. Itu dikarenakan adanya tekanan pada jig op1 karena pada jig hanya 2 stoper pada Y dan Y' (bisa dilihat pada gambar 6) sehingga pada saat pemakanan atau proses berlangsung terjadi tekanan yang mengakibatkan terjadinya penyimpangan.

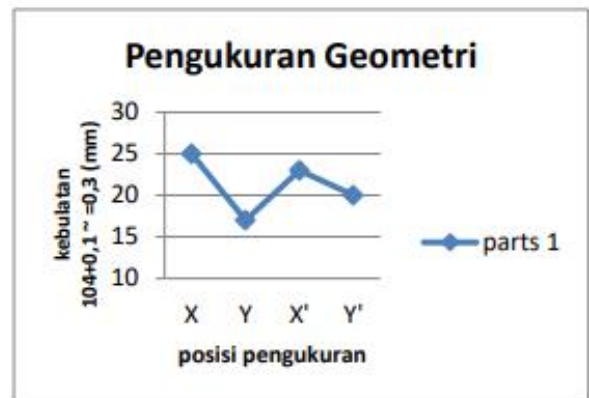


Gambar 6. Jig Proses OP1

Kecepatan potong (Vc) pada percobaan pertama adalah :

$$Vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots (\text{Pustaka No.8, hal 29})$$

$$= \frac{\pi \times 104,10 \times 400}{1000} = 130,94 \text{ m/menit}$$

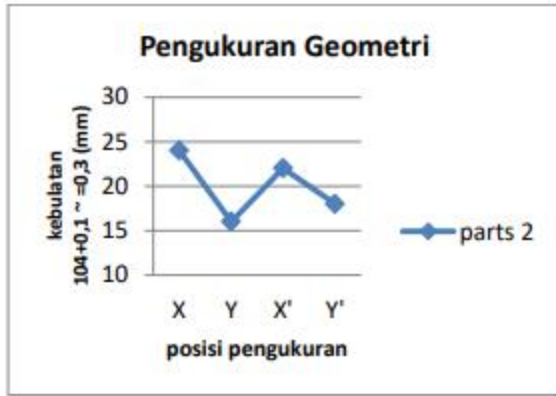


Grafik 1. Hasil Pengukuran geometri parts satu bracket hinge cab

Kecepatan potong (Vc) pada percobaan kedua adalah :

$$Vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$= \frac{\pi \times 104,10 \times 500}{1000} = 163,67 \text{ m/menit}$$

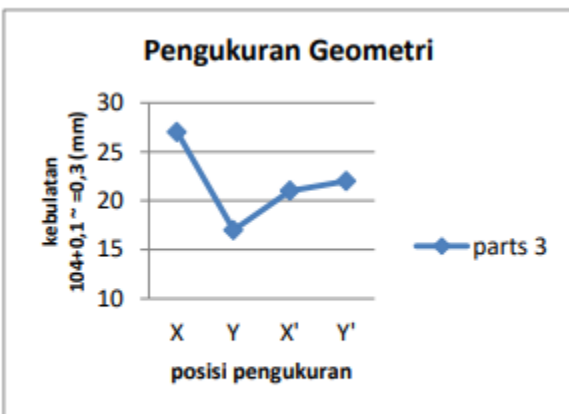


Grafik 2. Hasil Pengukuran geometri parts dua *bracket hinge cab*

Kecepatan potong (V_c) pada percobaan pertama adalah :

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$= \frac{\pi \times 104,10 \times 600}{1000} = 196,41 \text{ m/menit}$$



Grafik 3. Hasil Pengukuran geometri parts tiga *bracket hinge cab*

Kecepatan potong (V_c) pada percobaan pertama adalah :

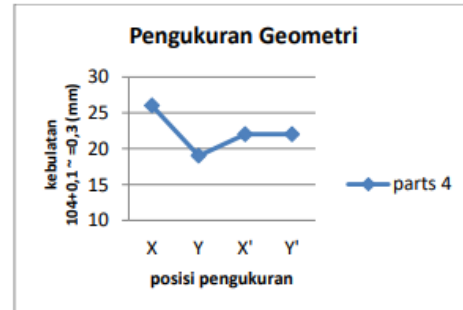
$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$= \frac{\pi \times 104,10 \times 800}{1000} = 261,88 \text{ m/menit}$$

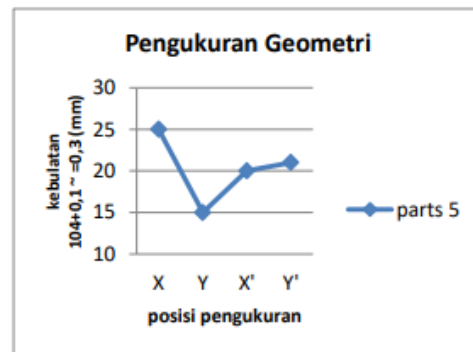
Kecepatan potong (V_c) pada percobaan pertama adalah :

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$= \frac{\pi \times 104,10 \times 700}{1000} = 229,15 \text{ m/menit}$$



Grafik 4. Hasil Pengukuran geometri parts empat *bracket hinge cab*



Grafik 5. Hasil Pengukuran geometri parts lima *bracket hinge cab*

Dalam percobaan ini bahan dari *bracket hinge Cab* ini adalah FCD450 sehingga diketahui mempunyai kedalaman potong sebesar 0,05-0,20 (Tabel 1) dan mempunyai dua mata pisau dalam tool roughing, serta kecepatan spindle yang mempunyai penyimpangan paling kecil adalah 700 rpm maka didapat nilai Feed rate (V_f) sebagai berikut :

$$Vf = fz \cdot Zn \cdot n \dots\dots\dots(\text{Pustaka No.8, hal 31})$$

$$Vf = 0,1 \cdot 2 \cdot 700 = 140 \text{ mm/menit}$$

Tabel 3. Hasil pengukuran geometri *bracket hinge cab* pada putaran *spindle* 400rpm ~ 800rpm

N o	Putaran <i>spindle</i> (n) rpm	Kecepatan potong (Vc) m/menit	Kecepatan <i>Feeding</i> (Vd) mm/menit	Kekasaran (Ra)	Penyimpangan geometri (mm)
1	400	130,94	140	9,787	8
2	500	163,67	140	9,360	8
3	600	195,41	140	9,378	10
4	700	229,15	140	9,278	7
5	800	261,88	140	9,530	10

Dari tabel 3 nilai kekesaran yang didapat menggunakan pengukuran dengan alat ukur roughness, dari lima kali percobaan nilai kekesaran paling kecil adalah part dengan putaran spindle 700rpm, tapi nilai kekesaran tersebut tidak menjadi acuan bahwa semakin putaran spindle cepat semakin nilai kekesarannya kecil.

Dalam percobaan ini bahan dari *bracket hinge Cab* ini adalah FCD450 sehingga diketahui mempunyai kedalaman potong sebesar 0,05-0,20 (Tabel 1) dan mempunyai dua mata pisau dalam tool roughing, serta kecepatan spindle yang mempunyai penyimpangan paling besar adalah 800 rpm maka didapat nilai Feed rate (Vf) sebagai berikut :

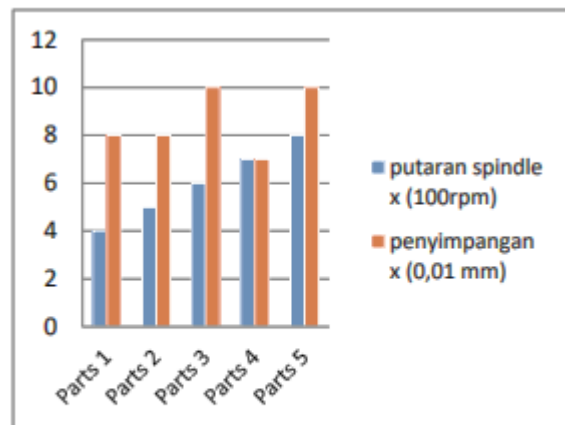
$$Vf = fz \cdot Zn \cdot n$$

$$Vf = 0,1 \cdot 2 \cdot 800 = 160 \text{ mm/menit}$$

Tabel 4. Hasil pengukuran geometri *bracket hinge cab* pada putaran *spindle* 400rpm ~ 800rpm

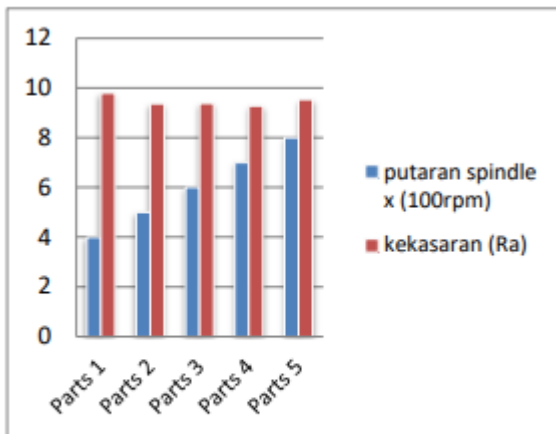
N o	Putaran <i>spindle</i> (n) rpm	Kecepatan potong (Vc) m/menit	Kecepatan <i>Feeding</i> (Vd) mm/menit	Penyimpangan geometri (mm)
1	400	130,94	160	8
2	500	163,67	160	8
3	600	195,94	160	10
4	700	229,15	160	7
5	800	261,88	160	10

Berdasarkan dari tabel 5 putaran spindle sebesar 700 rpm mempunyai penyimpangan ukuran yang paling kecil yaitu 70 μm. Batas maksimum penyimpangan dari ukuran ini sebesar 150 μm. Untuk percobaan yang lain masih di batas aman dari dimensi yang diminta sehingga benda masih bisa dipakai.



Grafik 6. Hubungan antara putaran spindle dan penyimpangan geometri

Berdasarkan dari grafik 4.7, putaran spindle sebesar 700 rpm mempunyai nilai ukuran kekesaran yang palin kecil yaitu 9,278 Ra. Batas maksimum dari ukuran ini kekesaran sebesar 12,5 Ra. Untuk percobaan yang lain masih di batas aman dari dimensi yang diminta.



Grafik 7. Hubungan antara putaran spindle dan kekasaran

Pada proses Roughing ini kita melakukan percobaan dengan merubah program yang ada pada tool kombinasi, yang dirubah yaitu kecepatan spindle (S). Kita melakukan 5 kali percobaan, dengan merubah kecepatan spindle dari 400rpm sampai 800rpm.



Gambar 7. Program Tool Kombinasi

Dengan kecepatan spindle yang sudah dirubah kita dapat mengetahui bahwa kecepatan spindle tidak terlalu banyak mempengaruhi hasil pengukuran geometri dari diameter boring. Penyimpangan yang ada dari 5 kali percobaan tidak terlalu besar. Serta nilai kekasaran dalam penelitian ini juga masih aman di bawah standar yang sudah ditentukan.

Dalam Tabel 1 kita mendapatkan hasil pengukuran diameter lubang dari komponen Bracket Hinge cab, pengukuran tersebut meliputi 4 area yaitu X,Y,X', dan Y'. Dalam tabel tersebut kita mengetahui bahwa selisih paling kecil adalah part 4 yaitu dengan putaran spindle 700rpm. Dari 5 kali percobaan dapat dilihat bahwa area yang

memiliki jarak yang jauh yaitu X dan Y. Itu mungkin disebabkan karena tekanan pada proses pemakanan berlangsung. Dalam gambar 6 stoper hanya ada pada Y dan Y' sehingga pada saat pemakanan ada perbedaan tekanan sehingga nilai dari X dan Y perbedaannya lumayan terlihat

- pemasangan insert pada setiap tool agar tidak menimbulkan rejection dan pastikan lebih meningkatkan ketelitian pengukuran hasil boring bracket hinge cab dengan melakukan pengukuran pada 4 sumbu yaitu sumbu X, Y, X', Y'.
- Untuk mendapatkan hasil yang baik berdasarkan analisis dan untuk hasil yang sesuai dengan standar, maka digunakan Rpm yang terbaik sebesar 700 rpm dengan Feeding 140 mm/menit
- Untuk mengurangi selisih jarak antara sumbu atau area X dan Y lebih baik ditambahkan stoper atau penahan di area X agar tekanan saat proses berlangsung tidak terlalu tinggi dan penyimpangan yang dihasilkan menjadi tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amstead, B.M. P.F. Ostwald, M.I. Bagenan, 1997, "Manufacturing Processes", John Wiley & Sons., Last Edition
2. Bhakti A Ryanto, Machining Practice, 1st ed. Balikpapan: Technical Engineering Department. PT Sanggar Sarana Baja, 2010
3. Bhakti A Ryanto, Machining Practice, 2nd ed. Balikpapan: Technical Engineering Department. PT Sanggar Sarana Baja, 2013
4. Kalpakjian, S. dan Steven R. Schmid. 2009, "Manufacturing Engineering and Technology". New York: Prentice Hall
5. M.Yanis, 2010, "Analisis Profil Kebulatan untuk Menentukan Kesalahan Geometrik pada Pembuatan Komponen menggunakan Mesin Bubut CNC," Rekayasa Sriwij., vol. 19, no. 1
6. Munadi, Sudji. (1988). Dasar-Dasar Metrologi Industri. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
7. Rochim Taufiq, "Spesifikasi Metrologi dan Kontrol Kualitas Geometrik", Bandung: Lab. Metrologi Industri,

- Departemen Teknik Mesin FTI -ITB, 2001, ch. Modul 3 & 4.
8. Sarwanto, "Mahir Permesinan CNC Milling untuk Pemula" Yogyakarta, 2018
 9. Schey, John A., 2000, "Introduction to Manufacturing Processes", Mc Graw Hill Book Co. , Last Edition
 10. W. D. Anggoro, E. Sutikno, and E. Sulistyono, "Pengaruh Cutting Speed dan Rasio L/D terhadap Kesilindrisan Benda Kerja Hasil Finishing pada Proses Pembuatan Tirus Divergen dengan Aluminium 6061," Konsentrasi Tek. Produksi, Univ. Brawijaya, Malang, 2013

