

REDESAIN MESIN *LINE BORING* MANUAL MENJADI SEMI-MEKANIKAL OTOMATIS DENGAN METODE *REVERSE ENGINEERING*

Hanin Rais Nabila Habibi

S1 Pendidikan Teknik Mesin Produksi, Fakultas:Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail : hanin.rais.n.h@gmail.com

Agung Prijo Budijono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas:Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: agungbudijono@unesa.ac.id

Abstrak

Line boring adalah proses pengeboran dua buah lubang atau lebih dalam satu komponen supaya mempunyai diameter sama dan sumbu aksial saling memotong (*inline/intersect*). Contoh pengerjaan ini terdapat pada lubang pin komponen *arm* dan *bucket* ekskavator. PT SMS selalu mengerjakan *line boring* pada produk tersebut dengan menggunakan mesin *line boring* manual. Kendala yang dialami dalam pengerjaan ini adalah pengoperasian manual, sehingga diperlukan penelitian tentang perancangan mesin *line boring* semi otomatis sesuai kebutuhan *user* dengan basis metode *reverse engineering*. Adapun tahapan penelitian ini, pertama adalah mengamati cara kerja mesin *line boring* perusahaan, mencari informasi mekanisme mesin yang beredar dipasaran. Mengidentifikasi mesin perusahaan meliputi mekanisme gerak mesin, komponen dan fungsinya. Membuat mekanisme mesin *line boring* semi otomatis yang berbeda dengan mekanisme mesin yang beredar di pasaran. Dilanjutkan dengan perancangan dan pemodelan mesin *line boring* semi otomatis dengan bantuan *software Solidworks 2014*. Bagian akhir penelitian ini adalah analisa desain berupa *Interference Detection* dan *Motion Study* pada unit-unit mekanisme mesin *line boring* semi otomatis. Pada hasil penelitian, desain mesin telah dilakukan simulasi *interference detection* dan *motion study* menggunakan *Solidworks 2014*. Uji *interference detection* terakhir menunjukkan tidak adanya kesalahan berupa tabrakan komponen rakitan. Hasil *motion study* menunjukkan bahwa komponen-komponen mesin dengan dimensi yang dimiliki dapat melakukan gerak satu sama lain. Hal ini menandakan desain transmisi menghasilkan output rpm *leadscrew* dan gerakan maju pemakanan sesuai keinginan. Hasil *motion study* juga menunjukkan ketika posisi netral tidak menggerakkan *leadscrew* sehingga tidak adanya laju pemakanan.

Kata Kunci: *line boring*, transmisi, mekanisme, RE.

Abstract

Line boring is the process of drilling two or more holes in one component so that they have the same diameter and *inline/intersect* axial axes. An example of this work is found in the pin holes of the excavator's arm and bucket components. PT SMS always works on *line boring* for these products using manual *line boring* machines. The constraint experienced in this work is manual operation, so research is needed on the design of semi-automatic *line boring* machines according to user needs on the basis of the *reverse engineering* method. As for the stages of this research, the first is to observe the workings of the company's *line boring* machines, looking for information on the mechanisms of machines circulating in the market. Identifying the company's machine includes the machine's motion mechanism, its components and functions. Making the mechanism of semi-automatic *line boring* machines that is different from the machines on the market. Followed by the design and modeling of semi-automatic *line boring* machines with the help of *Solidworks 2014* software. The final part of this research is a design analysis in the form of *Interference Detection* and *Motion Study* on semi-automatic *line boring* machine units. In the research results, the engine design has been simulated for *interference detection* and *motion study* using *Solidworks 2014*. The latest *interference detection* test shows that there are no errors in the form of collisions of assembled components. The results of the *motion study* show that the engine components with their dimensions can move one another. This indicates the transmission design produces *leadscrew* rpm output and feed forward motion as desired. The results of the *motion study* also show that when the neutral position does not move the *leadscrew* so there is no infeed rate..

Keywords: content, formatting, article.

PENDAHULUAN

Pengeboran (*boring*) merupakan salah satu proses manufaktur untuk memperbesar lubang pada logam yang telah ditandai/digurdi (*drilled*). Pengeboran dapat diterapkan untuk membuat dua lubang atau lebih pada sebuah benda kerja menjadi satu garis sumbu aksial satu titik potong (*in line* atau *intersect*) dengan presisi yang sama dalam sebuah komponen. Pengeboran yang demikian disebut *line boring* (korena *et.al*, 1999). Aplikasi pengerjaan *line boring* terdapat pada lubang-lubang dudukan bearing *crankshaft* pada *engine* serta lubang-lubang *mounting* komponen alat berat *bucket*, *arm*, *boom* dan *blade* pada ekskavator. Pengerjaan *line boring* pada komponen-komponen alat berat bertujuan supaya bisa saling dihubungkan dengan pin (poros penghubung).

PT SMS merupakan perusahaan yang sering melakukan pengerjaan *line boring* pada produk-produk komponen alat berat yang menggunakan mesin *line boring* manual. Dalam mengoperasikan mesin ini, motor digunakan untuk menghasilkan daya putaran pada mata bor (Gambar 1). Gerakan pendorongan pemakanan menggunakan sistem *screw* dengan memutar roda *handle* oleh operator (tenaga manusia).



Gambar 1. Pengoperasian Manual Mesin Line Boring di PT SMS

Kendala yang dialami dalam pengerjaan *line boring* ini adalah pengoperasian yang masih manual. Pada proses tersebut operator hanya memutar *handle* sedikit demi sedikit. Apabila memutar *handle* terlalu cepat maka permukaan kasar, sedangkan memutar terlalu pelan maka pengerjaannya membutuhkan waktu yang lebih lama, sehingga pada proses tersebut sangat dipengaruhi oleh keahlian operator.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk membuat desain mesin *line boring* semi otomatis, yakni dengan membuat mekanisme gerak mendorong pemakanan yang dapat berjalan maju mundur secara otomatis dan mekanisme manual yang tidak dihilangkan, tujuannya untuk memudahkan pengerjaan *line boring* PT SMS. Maka diperlukan rekayasa (*engineering*) untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Rekayasa (*engineering*) adalah proses merancang, manufaktur, merakit, dan merawat produk dan sistem mesin. Teknik rekayasa dibagi menjadi dua, rekayasa maju (*forward engineering*) dan rekayasa terbalik (*reserve engineering*). *Forward engineering* adalah proses untuk membuat suatu abstraksi dengan desain yang masuk akal, kemudian diterapkan menjadi suatu alat fisik saja atau sistem kerja alat (L.Wood *et.al*, 2001). Proses untuk menyalin komponen, rakitan, atau menyempurnakan produk lama menjadi produk baru dikenal sebagai *reserve engineering* atau RE.

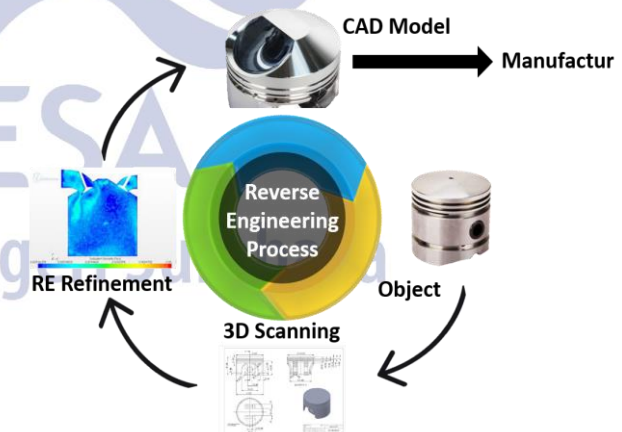
Reserve engineering dapat memberikan solusi karena informasi model CAD-nya adalah model asli (Raja dan Kiran, 2008). RE juga memberikan kemudahan dengan menekan siklus waktu pengembangan produk. Sehingga, penelitian ini menggunakan metode *Reverse Engineering* (RE, Rekayasa Balik)

METODE

Pada penelitian ini, dimana membuat desain ulang mesin yang telah ada menjadi perancangan yang baru melalui metode *reverse engineering*.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif. Penggunaan jenis penelitian ini dapat mendeskripsikan/ menjelaskan bagaimana mekanisme pengoperasian manual mesin *line boring*, perencanaan mekanisme tambahan transmisi, katalog komponen yang dipilih, pendesainan CAD tambahan transmisi. Setelah pembuatan model 3D dilakukan analisa uji *interference Detection* dan *motion analysis* pada desain (Syah, 2019).



Gambar 2. Siklus Sederhana Reverse Engineering

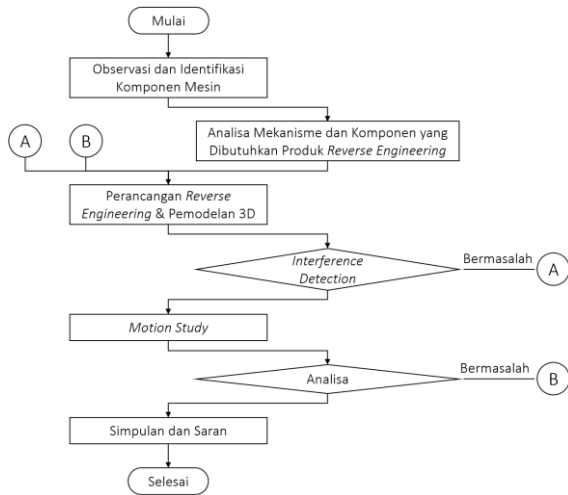
Tempat serta Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT Sarana Mitra Sejati divisi pemesinan dan pengelolaan data di Universitas Negeri Surabaya.

Waktu penelitian dilakukan pada bulan 5 Oktober – 10 Januari 2020

Desain penelitian

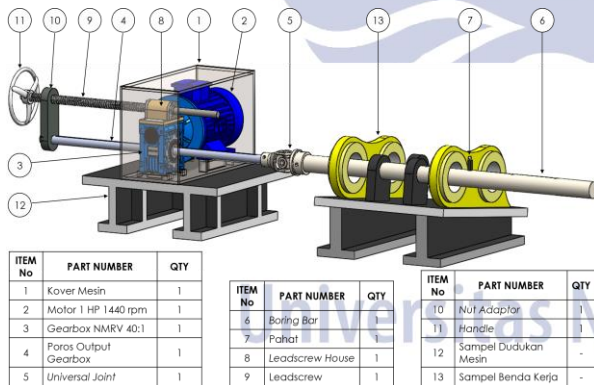
Flowchart Penelitian



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Observasi dan Identifikasi

Mesin *line boring* manual yang menjadi referensi untuk *reverse engineering* adalah mesin *line boring* milik PT SMS yang diobservasi secara langsung. Melalui identifikasi maka dapat diketahui cara kerja komponen-komponen *line boring* PT SMS. Dalam proses ini juga terdapat proses pengukuran guna mendapatkan gambar mesin dan perakitan. Unit utama dari mesin *line boring* terdiri dari unit penggerak motor, pereduksi rpm, unit rotasi pemakanan, unit pengoperasian manual dan unit pengubah gerakan rotasi menjadi translasi.



Gambar 4. File CAD Mesin *Line Boring* Manual

Mekanisme dan Komponen yang Dibutuhkan

Tahap spesifikasi kebutuhan produk RE merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mendeskripsikan mekanisme yang diinginkan dan mendapatkan informasi katalog komponen yang diperlukan supaya spesifikasi produk desain mesin RE dapat didefinisi dengan baik (Belgiu & Cărauş, 2018). Tahap ini dimulai dengan mengumpulkan informasi produk pada pasar kompetitif, kemudian membuat

mekanisme tambahan pada mesin yang di-*reverse engineering* yang tidak terdapat pada pasar kompetitif serta memilih katalog komponen yang terdapat dipasaran. melakukan perhitungan desain, pemodelan 3D file CAD, melakukan analisa fitur CAD (Tamarez 2007).

Adapun mekanisme mesin *line boring* dengan tambahan desain transmisi baru terdiri dari unit tetap dan unit tambahan. Adapun unit tambahan terdiri dari unit pembelok daya, unit variasi kecepatan, unit *shifter* dan unit pereduksi. Unit tambahan pada proses ini akan disesuaikan dimensinya dengan katalog komponen yang terdapat dipasaran. Informasi katalog dicari melalui median online.

Perancangan dan Pemodelan 3D

Setelah mendapatkan informasi spesifikasi kebutuhan produk untuk di-*reverse engineering*, maka langkah selanjutnya menyusun susunan komponen berdasarkan skema mekanisme mesin *line boring* dengan desain transmisi tambahan yang telah dibuat. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan matematika meliputi pengecekan dimensi komponen-komponen katalog, menghitung torsi, kapasitas (variabel kecepatan rotasi dan pemakanan), meliputi daya, memilih kebutuhan motor, menghitung spesifikasi transmisi dan menghitung poros.

Perancangan mekanisme mesin *line boring* dengan desain transmisi tambahan adalah tahapan dimana perhitungan dan penetapan dimensi/spesifikasi komponen yang dibuat. Pada tahap ini diputuskan spesifikasi komponen yang telah dilakukan perhitungan mesin *line boring* semi-otomatis. Proses perancangan mekanisme mesin setelah perhitungan yakni pembuatan model baru 3D. Terakhir perakitan gambar 3D mesin file CAD menggunakan *software Solidworks 2014*.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan ketika aktivitas pengoperasian mesin *line boring* manual dilakukan serta melakukan pengukuran dimensi dan spesifikasi mesin di PT SMS. Data yang dihasilkan berupa data kebiasaan pengoperasian laju pemakanan terhadap benda kerja yang ada, dimensi dan spesifikasi mesin, serta penjabaran dari setiap fungsi sub unit, komponen, dan fungsi model mesin.

Interference Detection

Untuk mengetahui apakah akan terjadi kesalahan atau tabrakan ketika mesin dirakit maka perlu dilakukan uji *interference detection* pada desain CAD mesin *Line Boring* Semi Otomatis.

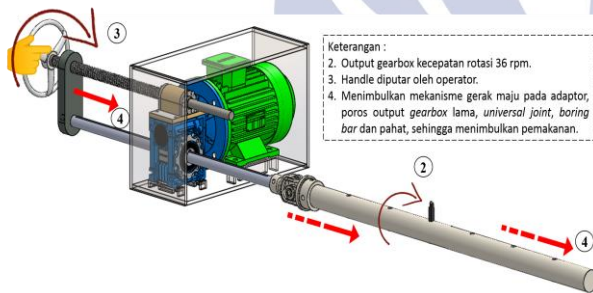
Motion Study

Untuk mengetahui apakah dimensi desain CAD mesin *Line Boring* Semi Otomatis yang ada dapat memenuhi gerakan dan hasil sesuai yang diinginkan, maka perlu dilakukan uji *motion study* (Juniono, 2016). Fitur *motion study* terdapat pada aplikasi *Solidworks* 2014.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Mesin Line Boring Manual

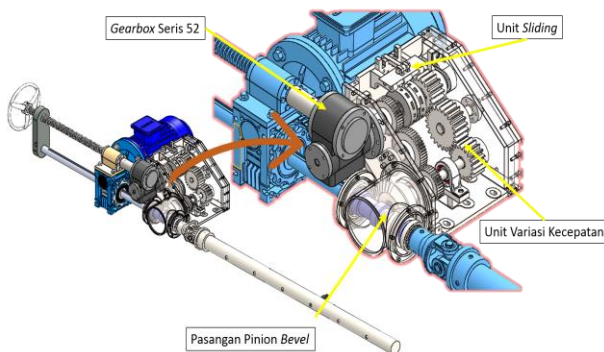
Gambar 5 adalah desain 3D mesin *line boring* manual. Komponen penggerak pemakanan mesin ini adalah motor. Pertama, Daya motor dengan kecepatan rotasi 1440 rpm, kemudian direduksi melalui *gearbox* dengan kecepatan 36 rpm. Kedua, daya diteruskan pada boring bar dan pahat melalui *universal joint*. Daya inilah yang digunakan untuk pemakanan benda kerja. Ketiga, *handle* diputar oleh operator sehingga *leadscrew* ikut berputar. Rumah *leadscrew* berada dalam keadaan statis sehingga mekanisme pemutaran *leadscrew* membuat *nut adapter* bergerak maju dan mendorong pemakanan.



Gambar 5. Mekanisme Mesin Line Boring Manual

Konsep Mekanisme Mesin Line Boring Semi Otomatis

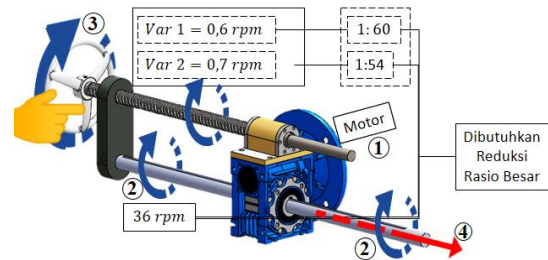
Konsep utama mekanisme ini adalah menggunakan satu motor untuk menggerakkan gerakan rotasi dan maju pemakanan secara mekanikal semi otomatis. Mekanisme yang ditambahkan memanfaatkan daya poros output *gearbox* lama untuk dicabangkan menjadi dua mekanisme guna menambahkan gerakan maju pemakanan secara mekanikal semi otomatis.



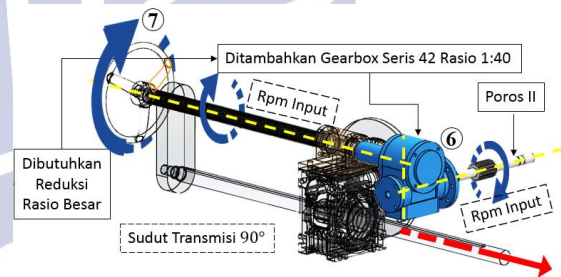
Gambar 6. Mesin Line Boring Semi Otomatis

Perancangan Mekanisme Unit yang Ditambahkan

Perancangan Mekanisme Mesin *Line Boring* Semi Otomatis dimulai dengan menentukan pemilihan komponen tambahan yang ada pada untuk melakukan pereduksian rpm dan melakukan transformasi gerak putar menjadi gerak pendorongan pada sistem *screw*, sehingga diperlukan suatu *gearbox*. Oleh karena itu dipilih *gearbox worm gearing*. Output *gearbox* dihubungkan pada *leadscrew*. Poros input dan output *gearbox* sendiri memiliki sudut 90° sehingga diperlukan pembelokan arah transmisi pada poros output *gearbox* lama menggunakan pasangan gear *bevel*. Kemudian output gear *bevel* dan input *gearbox* dihubungkan dengan elemen transmisi variasi kecepatan, pasangan gear *spur*.



Gambar 7. Kebutuhan Rasio Besar pada Mesin Line Boring



Gambar 8. Penambahan Gearbox pada Mesin dan Pembelokan Arah Transmisi

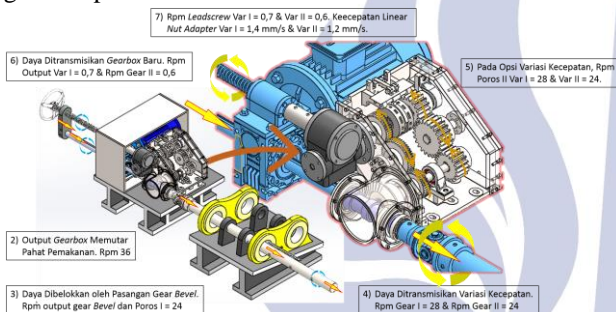
Pengerjaan line boring di PT. SMS memiliki kebiasaan dua variasi kecepatan pemakanan. Pertama, pemakanan kasar dikarenakan bagian yang dimakan tebal dan dilakukan dengan cepat. Kedua, pemakanan halus karena bagian yang dimakan tipis dan butuh dilakukan dengan lambat supaya hasil pemakanan halus. Oleh karena itu dibutuhkan dua variasi kecepatan menggunakan elemen transmisi gear *spur*. Poros output variasi kecepatan ini dihubungkan pada *gearbox* baru.

Mekanisme Gerakan Mesin Line Boring Semi Otomatis

Mekanisme pada desain Mesin *Line Boring* dirancang dengan satu motor penggerak. Motor digunakan untuk menggerakkan putaran pemakanan pahat sekaligus melakukan proses mendorong (*boring*). Mekanisme mesin ini sebagai berikut. (1) Output daya motor

ditransmisikan pada *gearbox*. (2) Kemudian daya diteruskan melalui poros output, *universal joint* dan *boring bar* sehingga pahat berputar dan menghasilkan pemakanan pada benda kerja.

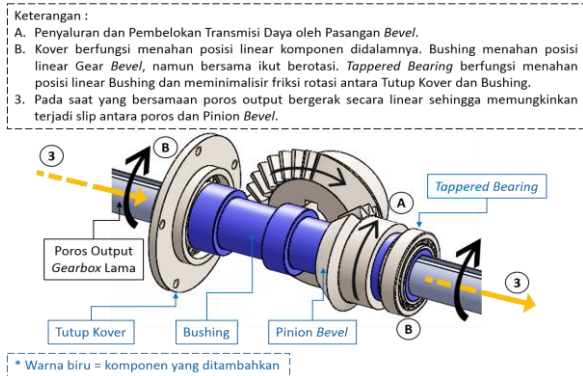
Kemudian lanjut pada desain tambahan. (3) Daya yang mengalir pada poros output *gearbox* juga diteruskan pada pasangan gear *bevel*. (4) Daya diteruskan pada poros I dan kemudian memutar elemen transmisi variasi kecepatan. (5) Kemudian dengan memilih opsi variasi kecepatan pada unit *sliding* maka daya dapat diteruskan pada poros II. (6) Kemudian daya diteruskan oleh *gearbox* seris 52 baru dan menghasilkan rpm sesuai yang dibutuhkan. (7) Sebagai keluarannya, *leadscrew* yang terhubung dengan *gearbox* baru berputar dan dengan memanfaatkan sistem *screw* menghasilkan gerak maju pada *nut adapter* dan mendorong pemakanan. Gabungan mekanisme berputar dan bergerak maju menghasilkan gerakan pemakanan semi otomatis.



Gambar 9. Mekanisme Mesin Line Boring Semi Otomatis

Mekanisme Pasangan Gear Bevel

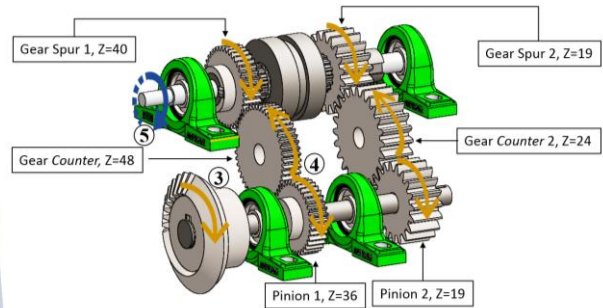
Komponen ini berfungsi membelokkan penyaluran transmisi dengan sudut 90°. Untuk menjaga agar pinion *bevel* tidak ikut bergerak ketika maju pemakanan, maka diperlukan komponen berupa rumah (kover) agar menahan gerakan linear pinion *bevel* dan komponen untuk meminimalisir friksi rotasi antara poros dan kover. Oleh karena itu dibutuhkan komponen bushing untuk kontak langsung secara linear dengan pinion *bevel* dan kontak rotasi dengan poros. Kemudian ditambahkan bearing untuk bushing secara linear dan menimalisir friksi rotasi antara bushing dan kover.



Gambar 10. Desain Mekanisme Pasangan Gear Bevel

Mekanisme Unit Variasi Kecepatan

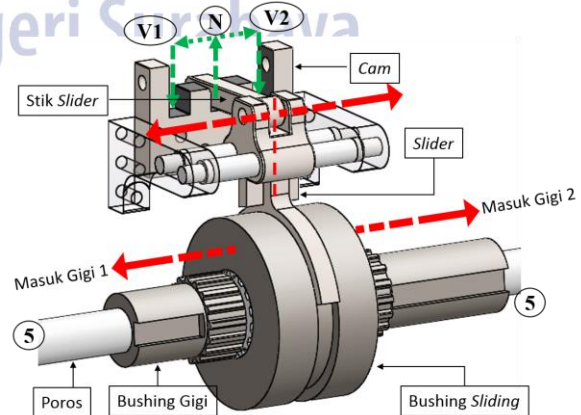
Unit pengubah variasi kecepatan menggunakan spur gear yang dilengkapi dengan gear *counter*. Penambahan gear *counter* supaya jarak *center distance* lebih panjang dan lebih ringan. Elemen transmisi variasi kecepatan I terdiri dari pinion *spur* I, gear *counter* I, dan gear *spur* I. Elemen transmisi variasi kecepatan II terdiri dari pinion *spur* II, gear *counter* II, dan gear *spur* II.



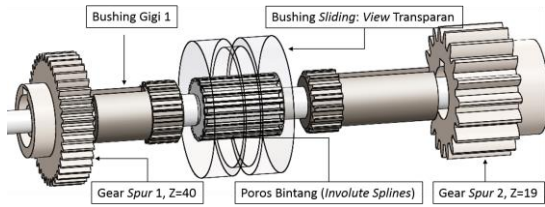
Gambar 11. Komponen Transmisi untuk Variasi Kecepatan

Mekanisme Unit Sliding

Komponen mekanisme *sliding* antara lain bushing eksternal *involute splines* (bushing gigi), bushing internal *involute splines* (bushing *sliding*), poros bintang (*involute splines*), *slider*, stik *slider*, dan cam (gambar 12). Poros ke II dan bushing gigi berasal dari satu katalog komponen yang sama, tetapi berbeda remanufaktur. Remanufaktur Poros kedua menghilangkan bagian pinggir menjadi bentuk silindris dan menyisakan bagian tengah tetap utuh. Remanufaktur bushing gigi menyisakan *involute splines* pada bagian piggir dan membuat silindris sisi yang lain, namun dibuat berlubang dengan dimensi yang cukup untuk dimasuki oleh poros II (Gambar 13). Oleh karena keduanya memiliki eksternal *involute splines* yang sama sehingga memungkinkan bushing menghubungkan keduanya. Terhubungnya bushing gigi, bushing *sliding* dan poros ke II, mengakibatkan transmisi daya dapat diteruskan dari poros I menuju poros II.



Gambar 12. Konsep Pemindahan Gigi

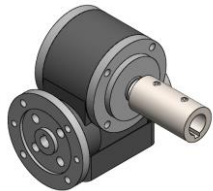


Gambar 13. Komponen Sliding yang terdapat pada Poros Involute Splines (Poros II)

Gambar 12 adalah kondisi keadaan netral dimana bushing sliding masih berada diantara kedua ujung involute splines poros II. Pemindahan gigi dapat terjadi bila stik slider diangkat sedikit ke atas, lalu digeser ke kanan atau ke kiri lalu diturunkan sesuai tempat cam gigi I atau gigi II.

Mekanisme Reducer Speed Gearbox Attachment

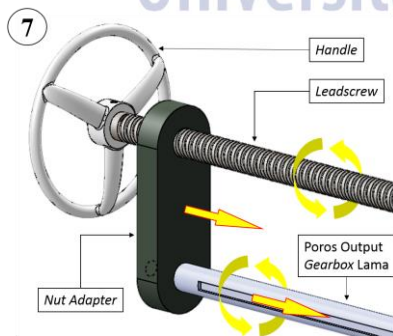
Kemudian shaft end poros II akan dihubungkan dengan gearbox rasio 40:1. Gearbox berfungsi meneruskan dan membelokkan daya serta mereduksi rpm komponen menjadi rpm leadscrew. Keluaran rpm ini menjadi terminal terakhir sehingga menentukan apakah rpm hasil penambahan transmisi sesuai dengan kebutuhan proses line boring.



Gambar 14. Gearbox Seris 52 yang Ditambahkan

Mekanisme Gerak Sistem Screw

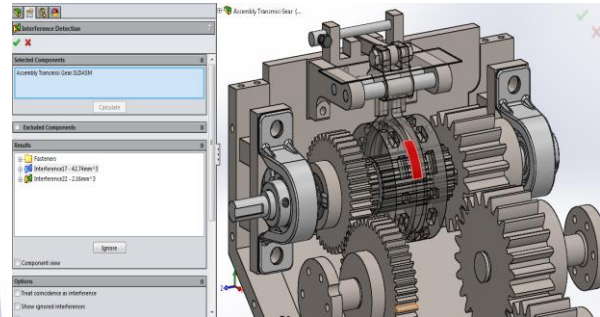
Daya yang mengalir pada leadscrew terkonversikan mulai dari gerak rotasi menjadi gerak translasi melalui mekanisme screw oleh komponen leadscrew dan nut adapter. Pada mesin line boring, leadscrew berada dalam keadaan statis linear namun masih dapat bergerak rotasi. Sementara nut adapter dapat digerakkan (moveable) secara linear. Mekanisme gerak sistem screw ini menggerakkan maju pemakanan.



Gambar 15. Komponen Tetap Sistem Screw: Leadscrew dan Nut Adapter

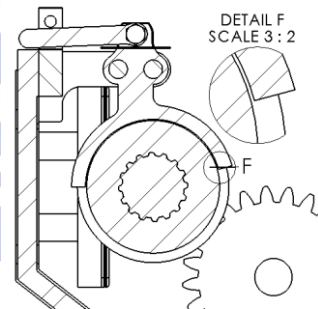
Uji Interference Detection

Pendeteksian berguna untuk menandai ada atau tidaknya komponen yang saling bertabrakan pada assembly mesin. Teknologi interference detection pada software Solidworks 2014. Pertama berfokus pada bagian desain yang ditambahkan, yakni bagian assembly transmisi tambahan mesin line boring. Kedua, deteksi dilakukan pada keseluruhan mesin.

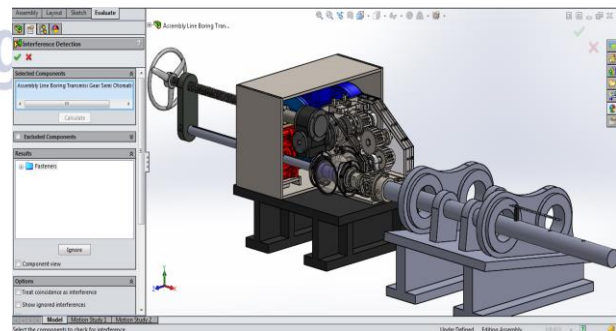


Gambar 16. Deteksi Kesahan Uji Interference.

Tanda merah pada gambar di atas adalah hasil tabrakan antara komponen slider dengan remanufaktur involute splines bushing N13. Tabrakan tersebut disebabkan sumbu kedua komponen tidak sepusat (gambar 16). Desain dapat diperbaiki dengan menambahkan panjang tiang slider beserta lubangnya sebesar 1mm.



Gambar 17. Hasil Perbaikan Assembly Slider dan Remanufaktur Bushing Involute Splines yang Sepusat



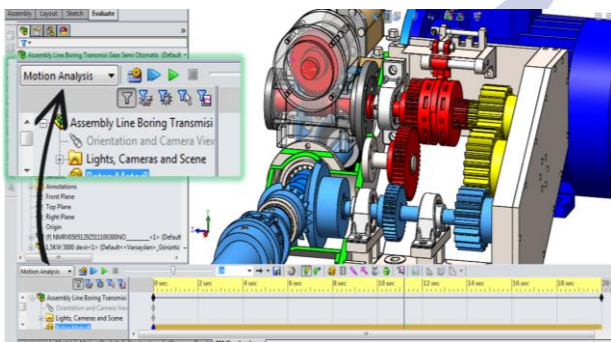
Gambar 18. Hasil Interference Detection Mesin Line Boring Semi Otomatis.

Pada gambar 17 dan 18 merupakan hasil dari interference detection pada keseluruhan mesin Line Boring Semi Otomatis. Kesalahan desain yang dapat

menyebabkan tabrakan atau ketidaksesuaian tidak ditemukan pada desain *Assembly* keseluruhan. Hal ini menandakan desain mesin ini dapat dirakit dengan baik.

Motion Analysis Mesin Line Boring Semi Otomatis dengan Penyetelan Kecepatan 1

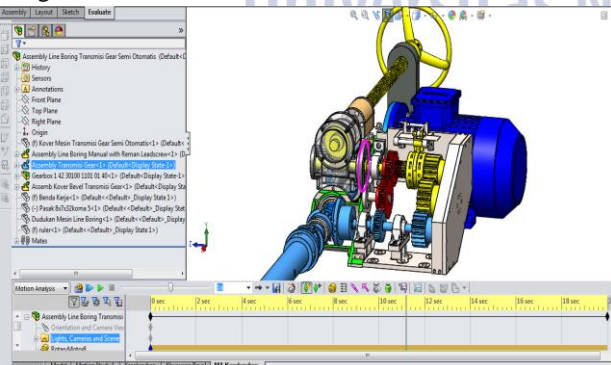
Dari hasil *motion study* yang telah dilakukan, pada posisi *setting* variasi kecepatan 1 didapat bahwa setiap komponen Mesin *Line Boring* bekerja dengan sangat baik dan mekanisme gerak pemakanan yang dihasilkan sangat baik. Dapat dilihat pada gambar ketika di *setting* pada variasi kecepatan 1 (warna merah) komponen pemuat *leadscrew* berputar sesuai kecepatan *setting* variasi kecepatan 1 dan semua komponen yang terhubung dengan dimensi yang ada dapat bekerja dengan baik.



Gambar 19. Hasil *Motion Analysis* Mesin *Line Boring* Semi Otomatis dengan Penyetelan Kecepatan 1

Motion Analysis Mesin Line Boring Semi Otomatis dengan Penyetelan Kecepatan 2

Dari hasil *motion study* yang telah dilakukan, pada posisi *setting* variasi kecepatan 2 didapat bahwa setiap komponen Mesin *Line Boring* bekerja dengan sangat baik dan mekanisme gerak pemakanan yang dihasilkan sangat baik. Dapat dilihat pada gambar ketika di *setting* pada variasi kecepatan 2 (warna kuning) komponen pemuat *leadscrew* berputar sesuai kecepatan *setting* variasi kecepatan 2 dan semua komponen yang terhubung dengan dimensi.



Gambar 20. Hasil *Motion Analysis* Mesin *Line Boring* Semi Otomatis dengan Penyetelan Kecepatan 2

PENUTUP

Simpulan

- Mekanisme pada desain Mesin *Line Boring* dirancang dengan satu motor penggerak yang digunakan untuk menggerakkan putaran pemakanan pada pahat sekaligus melakukan proses mendorong pemakanan. Pada mesin *line boring* semi otomatis juga tidak menghilangkan fungsi mekanisme pemakanan manual seperti keadaan mesin sebelum di-*reverse engineering*. Mekanisme ini dapat dijalankan jika opsi netral dipilih, sehingga tidak adanya daya gerak yang ditransmisikan pada poros 2 dan *leadscrew* berada pada keadaan bebas digerakkan dengan *handle*.
- Desain transmisi tambahan dibentuk supaya menghasilkan mekanisme laju pemakanan secara mekanikal semi otomatis. Desain transmisi menghasilkan rpm yang memutar *leadscrew* dengan torsi lebih dari yang dibutuhkan. Dimensi dan spesifikasi komponen mesin *line boring* semi otomatis hasil *reverse engineering* adalah gambar mesin *redesign* mekanisme mesin. Gambar *redesign* mekanisme mesin *line boring* semi otomatis berisi ukuran setiap komponen transmisi gear *bevel*, transmisi variasi kecepatan dan komponen *sliding*.
- Desain mesin *line boring* semi otomatis telah dilakukan simulasi *interference detection* dan *motion study* menggunakan software Solidworks 2014. Uji *interference detection* terakhir dilakukan menunjukkan tidak adanya kesalahan berupa tabrakan komponen ketika dirakit. Hasil simulasi *motion study* menunjukkan bahwa komponen-komponen mesin dapat melakukan gerak satu sama lain yang berarti dimensi komponen pada desain transmisi dapat menghasilkan output rpm pada *leadscrew* sesuai yang diinginkan dan menghasilkan gerakan maju pemakanan. Kemudian hasil *motion study* juga menunjukkan ketika posisi netral tidak menghasilkan rpm pada *leadcrew* sehingga tidak adanya laju pemakanan.

Saran

- Kajian lanjut berupa pengujian performa rancangan mesin *line boring* semi otomatis.
- Kajian berupa analisa semua komponen mesin *line boring* semi otomatis yang lebih detail baik dalam keadaan dinamis maupun statis seperti pada poros output *gearbox* lama dengan pinion *bevel*, poros gear *counter*, gesekan poros dengan gear *counter* dan lain-lain.
- Pengujian kekuatan rangka transmisi.
- Diperlukan jenis transmisi lain yang lebih ringan.
- Diperlukan prototip desain untuk uji langsung agar diketahui performa desain *reverse engineering*.

DAFTAR PUSTAKA

- Belgiu, G., & Cărăuș, C. (2018). Management of the reverse engineering process in the plastics industry, 238, 729–736. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04>
- Juniono R. 2016. Perancangan Marine diesel 4 Langkah 125 HP Dengan Metode *Reverse engineering*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Korena. Y, Z.J. Paseka, Szuba P. 1999. *Design of a Precision, Agile Line Boring Station*. Sci. University of Michigan. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)63191-6](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63191-6)
- Kumar, A., Jain, P. K., & Pathak, P. M. 2013. *Reverse Engineering in Product Manufacturing: An Overview*. 665–678. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2013.39>
- L. Wood, Kristin, et.all. 2001. *Reverse Engineering and redisgn: Courses to Incrementally and Systematically*. Journal of Engineering Education : Amerika Serikat. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2168-9830.2001.tb00615.x>
- Raja, Videsh dan Kiran J Fernandes. (2008). *Reverse Engineering : An Perspective Manufacturing*. London : Springer Series. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2013.39>
- Tamarez, Frank. 2007. *A Reverse Engineering Process For Mechanical Engineering Systems*. Rochester: RIT Scholar Works. <http://scholarworks.rit.edu/theses>
- Syahrul Syah, Syeihah. 2019. Perancangan Mesin Penakar Tepung Otomatis Berbasis *Reverse Engineering* Dan Kebutuhan *Customer*. Jurnal Teknik Mesin: Surabaya. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/29651/27162>