

Parametric Design: A Case Study in Helical Gear Designing

Ilham Andrizal Siregar, Muhamad Farوقي Jayadi, Ilham Firmansyah, Franklin Geraldito Utomo, Mulki Rahmat Muhammad, Sri Raharno* dan Martawirya Yatna Yuwana

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung – Bandung

*Corresponding author: harnos@ftmd.itb.ac.id

Abstract. This paper discusses about parametric design of a helical gear – a product with features that is ruled by standards. Manufacturing has been through a paradigm shift from *mass-production* into *mass-customization*. This phenomenon forms new challenges for manufacturers. To be able to compete in local or global market, manufacturers have to accommodate the volatile customer needs. One of the alternatives to solve these challenges is by implementing parametric design in designing new products or variations of existing products. Parametric design is process creating new products by using parameters to determine, understand, and evaluate the relationship between design objectives and design results. The complexity of parametric design will increase if the product that is designed has features that is ruled by standards. The research that is written in this paper objective is to do a parametric design of components that has features that is ruled by standards by doing a case study of helical gears. This research is done in four steps: (a) determination of the helical gear parameters, (b) determination of the helical gear parameters' properties, (c) compiling the algorithm that asks for input, links the parameters, and present the parameters and also the design results, (d) test the compiled algorithm by using varying inputs. The objective of the research is achieved by using the help of *Microsoft Excel* and *Autodesk Inventor Professional 2018*.

Abstrak. Makalah ini membahas tentang perancangan parametrik roda gigi heliks – suatu produk dengan fitur yang diatur oleh standar. Industri manufaktur telah mengalami perubahan paradigma dari *mass-production* menjadi *mass-customization*. Perubahan paradigma ini menimbulkan tantangan baru bagi pelaku industri manufaktur. Pabrik harus dapat mengakomodasi keinginan pasar yang semakin beragam agar tidak kalah bersaing di pasar lokal maupun dunia. Salah satu alternatif solusi dalam menjawab tantangan yang timbul ini adalah menerapkan prinsip perancangan parametrik pada perancangan dan pengembangan ragam produk. Perancangan parametrik adalah proses perencanaan yang memanfaatkan parameter untuk menentukan hubungan antara *DR&O* dengan hasil desain. Tingkat kerumitan dari perancangan parametrik akan bertambah apabila fitur dari produk yang dirancang diatur oleh standar. Tujuan dari penelitian pada tulisan ini adalah untuk melakukan perancangan parametrik terhadap komponen yang diatur oleh standar melalui studi kasus pada produk roda gigi heliks. Perancangan parametrik roda gigi heliks dilakukan dalam empat tahap: (a) menentukan parameter roda gigi heliks, (b) menentukan sifat setiap parameter roda gigi heliks, (c) menyusun algoritme yang meminta masukan, menghubungkan parameter, menampilkan hasil parameter, dan wujud keluaran perancangan parametrik, (d) menguji susunan algoritme yang telah dibuat dengan melakukan variasi input. Perancangan parametrik produk yang fiturnya diatur oleh standar dengan studi kasus pada roda gigi. Perancangan parametrik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan *Autodesk Inventor Professional 2018*.

Keywords: perancangan parametrik, roda gigi heliks, CAD

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Industri manufaktur adalah sektor yang paling dominan berkontribusi terhadap PDB Indonesia [1]. Industri manufaktur memiliki berbagai macam subsektor seperti migas, tekstil, kayu, kertas, FMCG (*fast moving consumer goods*), elektronika, farmasi, alat angkut, pertanian, dan logam. Di tahun 1980-an, paradigma dari industri ini mengalami perubahan dari *mass-production* menjadi *mass-customization*. Pergeseran paradigma ini terjadi karena kemajuan teknologi, persaingan global, dan perubahan permintaan pasar [2].

Perubahan paradigma industri manufaktur dari *mass-production* menjadi *mass-customization* menimbulkan tantangan baru bagi pelaku industri manufaktur. Pabrik harus dapat mengakomodasi keinginan pasar yang semakin beragam. Jika tidak, pabrik akan kalah bersaing dengan perusahaan lain yang lebih mumpuni dalam mengakomodasi keinginan pasar. Faktor yang mempengaruhi kemampuan pabrik dalam menjawab tantangan ini adalah tingkat penerapan ilmu, teknologi komputasi, mesin perkakas, dan informatika pada pabrik tersebut. Salah satu alternatif solusi dalam

menjawab tantangan yang timbul ini adalah menerapkan prinsip perancangan parametrik pada perancangan dan pengembangan ragam produk [3].

Perancangan parametrik adalah proses perencanaan yang memanfaatkan parameter untuk menentukan hubungan antara *DR&O* (*Design Requirements and Objectives*) dengan hasil desain [4]. Perancangan parametrik diawali dengan penentuan variabel yang berpengaruh pada *DR&O* dan sifat variabel tersebut (termasuk hubungannya dengan variabel lain). Variabel yang berpengaruh pada fungsi produk ini disebut parameter. Proses tersebut dilanjutkan dengan pembuatan algoritme yang membentuk parameter, menghubungkan parameter, meminta masukan, dan menampilkan nilainya. Parameter dapat memiliki nilai dan sifat '*property*'. Pada tahapan proses desain yang diusulkan oleh Dieter [5], perancangan parametrik merupakan tahap paling akhir dari perwujudan produk.

Keuntungan yang didapatkan oleh desainer dari menerapkan perancangan parametrik adalah mudahnya melakukan perubahan atau perbaikan terhadap rancangan. Selain itu desainer akan memiliki pemahaman yang lebih komperhensif mengenai hubungan antara variabel desain yang dapat dikontrol dengan produk yang sedang dirancang [4]. Dengan dua keuntungan tersebut, perancangan parametrik memungkinkan desainer untuk merancang sebuah produk secara lebih efektif dan efisien, khususnya produk yang sangat sensitif dengan keinginan pasar. Desainer juga dapat dengan mudah mengembangkan variasi dari produk yang telah dirancang tanpa melakukan tahapan perancangan dari awal.

Salah satu hal yang dapat dilakukan dengan perancangan parametrik adalah penskalaan terhadap dimensi produk. Tingkat kerumitan penskalaan (dan perancangan parametrik pada umumnya) akan bertambah seiring dengan semakin banyaknya batasan desain '*design constraints*' dari produk. Pada produk yang tidak memiliki batasan desain, penskalaan dapat dilakukan dengan mudah karena dimensi produk dapat diubah secara kontinu. Namun, pada produk memiliki fitur yang terstandarisasi atau berhubungan dengan komponen yang ketersediaannya terbatas di pasar, penskalaan akan relatif lebih sulit dilakukan. Dimensi produk harus berubah secara diskret menyesuaikan dengan standar atau katalog.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, tujuan dari penelitian pada makalah ini adalah untuk melakukan perancangan parametrik terhadap produk yang memiliki batasan desain. Perancangan parametrik ini dilakukan dalam bentuk studi kasus terhadap roda gigi heliks.

Batasan pada studi kasus yang dilakukan adalah sebagai berikut: (a) bentuk *involute* dari gigi diabaikan, (b) fungsi dari roda gigi yang dijadikan tujuan desain hanyalah untuk mengubah kecepatan putar, (c) tujuan dari perancangan parametrik adalah untuk melakukan penskalaan terhadap roda gigi dengan dimensi yang telah ditentukan tetapi *module*, sudut heliks, dan sudut tekan tetap bisa divariasikan.

Diharapkan, makalah ini dapat menginisiasi dilakukannya penelitian atau penerapan terhadap perancangan parameterik oleh industri lokal agar daya saing industri Indonesia meningkat di pasar dunia.

Metode Penelitian

Perancangan parametrik roda gigi heliks dilakukan dalam empat tahap: (a) menentukan parameter roda gigi heliks, (b) menentukan sifat setiap parameter roda gigi heliks, (c) menyusun algoritme yang meminta masukan, menghubungkan parameter, menampilkan hasil parameter, dan wujud keluaran perancangan parametrik, (d) menguji susunan algoritme yang telah dibuat dengan melakukan variasi input.

Tahap pertama. Parameter dari roda gigi serta definisinya dapat dilihat pada Tabel 1. Diameter *pitch* dan jumlah gigi akan berpengaruh terhadap perbandingan rasio kecepatan antara dua roda gigi yang bersebelahan. Sudut heliks, sudut tekan, dan *module* antara dua roda gigi yang bersambung harus memiliki nilai yang sama agar *conjugate action* terjadi [5].

Tebal gigi antara dua gigi yang bersambung harus lebih besar di salah satunya supaya tidak terjadi *overhang*. Lebar gigi dan *transverse circular pitch* dapat mengakibatkan gigi saling bertabrakan dan tidak bisa berputar bersama apabila nilainya tidak sesuai. Skala menjadi parameter karena perancangan parametrik yang dilakukan adalah penskalaan. Diameter poros, lebar *keyway*, dan dalam *keyway* harus sesuai agar roda gigi dapat dipasang pada poros dan berputar dengan kecepatan putar yang sama.

Tahap kedua. Berdasarkan hubungannya dengan parameter lain, parameter roda gigi dapat dibagi menjadi parameter *independent* dan parameter *dependent*. Nilai parameter *independent* tidak dipengaruhi oleh parameter lain dan hal sebaliknya berlaku pada parameter *dependent*. Tentu, parameter yang dijadikan masukan adalah parameter *independent*.

Sifat dari parameter dapat berbentuk persamaan matematis yang memuat nilai dari parameter lain maupun aturan logis yang menyesuaikan perubahan nilai parameter dengan batasan desain. Hubungan

antarparameter sejatinya merupakan salah satu bentuk sifat parameter. Sifat sifat setiap parameter dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Parameter roda gigi heliks
Dimensi awal dari roda gigi dijadikan sebagai konstanta alih-alih sebagai masukan. Dimensi ini

No.	Parameter	Definisi
1	Diameter <i>pitch</i>	Diameter lingkaran <i>pitch</i>
2	Jumlah gigi	Banyaknya gigi yang terdapat pada roda gigi
3	Sudut heliks	Sudut yang dibentuk antara gigi dengan sumbu aksial roda gigi
4	Sudut tekan	Sudut resultan gaya dua gigi yang bersentuhan terhadap garis singgung lingkaran <i>pitch</i> kedua gigi pada titik sentuh
5	<i>Module</i>	Perbandingan diameter <i>pitch</i> dengan jumlah gigi
6	Tebal gigi	Tebal gigi diukur pada sumbu yang sejajar dengan sumbu aksial roda gigi
7	Lebar gigi	Lebar gigi yang diukur pada lingkaran <i>pitch</i>
8	<i>Transverse circular pitch</i>	Jarak antara satu titik di gigi dengan titik yang sesuai di gigi yang berdekatan diukur pada lingkaran <i>pitch</i> yang telah diproyeksikan pada bidang heliks
9	Skala	Perbandingan ukuran dengan ukuran awal
10	Diameter poros	Diameter poros tempat roda gigi diletakkan
11	Lebar <i>keyway</i>	Lebar pasak yang menghubungkan roda gigi dengan poros
12	Kedalaman <i>keyway</i>	Tebal pasak yang terpendam pada roda gigi

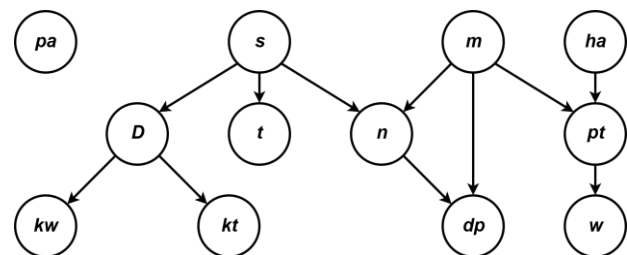
dinotasikan dengan kode parameter yang ditambah

angka 0. Notasi *dp0* berarti dimensi awal diameter *pitch*. Dimensi awal roda gigi yang dirancang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi awal roda gigi heliks

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	Diameter <i>pitch</i>	105	mm
2	Diameter poros	50	mm
3	Tebal gigi	28	mm

Tahap ketiga. Penyusunan algoritme yang menghubungkan parameter dan menampilkan hasil parameter dilakukan dengan *Microsoft Excel*. Sebelum penyusunan algoritme disusun, dibuat diagram alir parameter terlebih dahulu. Pada diagram ini, parameter akan divisualisasikan mejadi simpul '*node*'. Parameter yang saling berhubungan akan dihubungkan dengan tautan '*link*' yang berbentuk panah. Arah panah menunjukkan aliran informasi pada algoritme. Tujuan dari disusunnya diagram alir parameter adalah untuk mempermudah desainer dalam menyusun algoritme dan mengerti hubungan antarparameter. Diagram alir parameter roda gigi heliks dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir parameter roda gigi heliks

Tabel 2. Sifat parameter roda gigi heliks

No	Parameter	Kode	Satuan	Dependensi	Sifat
1	Diameter <i>pitch</i>	<i>dp</i>	mm	Dependen	$dp = m \times n$
2	Jumlah gigi	<i>n</i>	-	Dependen	$n = dp0 \times s / m$, dibulatkan ke bawah hingga 0 angka desimal
3	Sudut heliks	<i>ha</i>	rad	Independen	Nilainya diatur oleh standar
4	Sudut tekan	<i>pa</i>	rad	Independen	Nilainya diatur oleh standar
5	<i>Module</i>	<i>m</i>	-	Independen	Nilainya diatur oleh standar
6	Tebal gigi	<i>t</i>	mm	Dependen	$t = s \times t0$
7	Lebar gigi	<i>w</i>	mm	Dependen	$w = pt / 2$
8	<i>Transverse circular pitch</i>	<i>pt</i>	mm	Dependen	$pt = \pi \times \cos(ha) \times m$
9	Skala	<i>s</i>	-	Independen	Nilainya harus positif
10	Diameter poros	<i>D</i>	mm	Dependen	$D = s \times D0$
11	Lebar <i>keyway</i>	<i>kw</i>	mm	Dependen	Nilainya diatur oleh standar menyesuaikan dengan diameter poros
12	Kedalaman <i>keyway</i>	<i>kt</i>	mm	Dependen	Nilainya diatur oleh standar menyesuaikan dengan diameter poros

Setelah diagram alir parameter dibuat, algoritme yang menghubungkan setiap parameter dan menentukan nilainya disusun pada *Microsoft Excel*. Masing-masing parameter akan diletakkan pada satu sel. Hubungan antar parameter yang mengakibatkan adanya aliran data dari satu parameter ke parameter lain diekspresikan dengan mereferensikan alamat sel parameter sumber ke parameter penerima. Sementara itu, batasan desain dimanifestasi dengan dua cara. Pada parameter sudut heliks, sudut tekan, dan *module* – parameter *independent* atau masukan, batasan desain diwujudkan dengan menggunakan *data validation*. Data yang dimasukkan akan dicocokkan dengan daftar yang diletakkan berbeda *sheet* dengan parameter. Daftar tersebut berisi nilai yang mungkin dimiliki oleh parameter. Apabila nilai yang dimasukkan tidak ada pada daftar ini, algoritme akan berhenti bekerja. Nilai pada daftar ini berasal dari batasan desain berupa standar AGMA yang diambil dari buku *Shigley*. Daftar nilai yang mungkin dimiliki parameter masukan yang memiliki batasan desain dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Batasan nilai *module*, sudut tekan, dan sudut heliks

No.	Parameter	Nilai yang mungkin dimiliki
1	<i>Module</i>	1, 1,125, 1,25, 1,375, 1,5,
		1,75, 2, 2,25, 2,5, 2,75, 3,
		3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 7, 8, 9,
		10, 11, 12, 14, 16, 18, 20,
		22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, dan 50
2	Sudut tekan	20, 22,5, dan 25
3	Sudut heliks	Bilangan desimal dari 10 sampai 45

Untuk parameter *dependent* yang memiliki batasan desain – lebar *keyway* dan kedalaman *keyway*, batasan desain diwujudkan dengan fungsi MIN, ABS, INDEX, MATCH, dan IF pada *Microsoft Excel*. Nilai diameter poros yang terhitung akan dibandingkan dengan data dari standar ISO/R773 yang diletakkan pada *sheet* yang berbeda dari parameter. Data poros pada standar ini berbentuk rentang. Sebagai contoh, diameter poros yang nilainya mulai dari 6 mm sampai 8 mm menggunakan lebar *keyway* sebesar 2 mm dan kedalaman *keyway* sebesar 1 mm. Fungsi pada *Microsoft Excel* yang telah disebutkan sebelumnya disusun sedemikian rupa sehingga nilai lebar dan kedalaman *keyway* untuk diameter tertentu didapat.

Hasil perancangan parametrik divisualisasikan dengan menggunakan *Autodesk Inventor Professional 2018*. Dengan menggunakan submenu *Parameters* pada menu *Manage*, perangkat lunak

ini dapat mengambil nilai dari *Microsoft Excel* untuk dijadikan dimensi dalam membuat fitur.

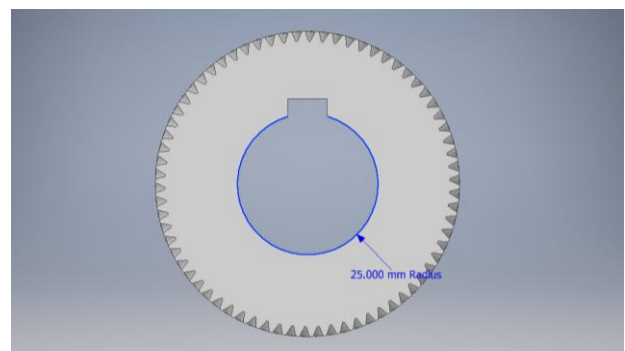
Tahap keempat. Algoritme yang telah disusun diuji dengan terlebih dahulu memvariasikan masukan secara satu-persatu. Pengujian ini dilakukan untuk mengecek apakah data mengalir seperti pada diagram alir parametrik di Gambar 1 dan apakah algoritma yang membatasi nilai parameter masukan bekerja. Untuk parameter skala, pengujian dilakukan dengan memberi masukan dengan nilai di bawah (pengecilan) dan di atas satu (pembesaran). Pengujian kemudian dilanjutkan dengan memvariasikan parameter secara bersamaan.

Hasil dan Pembahasan

Penyusunan algoritme yang meminta masukan, menghubungkan parameter, dan menampilkan hasil parameter pada *Microsoft Excel* yang telah dilakukan membentuk tampilan seperti pada Gambar 2. Sementara itu, wujud dari produk penyusunan algoritme yang menampilkan hasil perancangan parametrik yang dilakukan pada *Autodesk Inventor 2018* dapat dilihat pada Gambar 3.

INPUT PADA SEL D4- D7				
Variabel	Notasi	Nilai	Satuan	Persamaan
INPUT				
Skala	sc	1	ul	
Sudut heliks	ha	15	deg	
Sudut tekan	pa	20	deg	
Module	md	1,5	ul	
HASIL				
Diameter pitch	dp	105	mm	$dp = m \times n$
Jumlah gigi	n	70	ul	$n = dp0 \times s / m$
Tebal gigi	t	28	mm	$t = s \times t0$
Lebar gigi	w	2.27590911	mm	$w = pt / 2$
Transverse circular pitch	ptc	4.55181822	mm	$pt = \pi \times \cos(ha) \times m$
Diameter poros	D	50	mm	$D = s \times D0$
Lebar keyway	kw	14	mm	
Kedalaman keyway	kt	5,2	mm	

Gambar 2. Tampilan yang terbentuk dari penyusunan algoritme pada *Microsoft Excel*



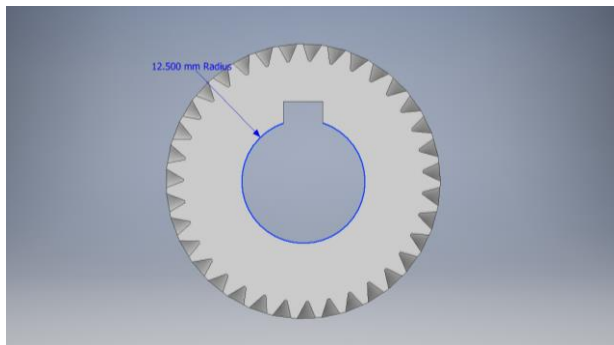
Gambar 3. Produk dari penyusunan algoritme pada *Autodesk Inventor 2018*

Hasil pengecilan. Hasil pengujian pengecilan dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Nilai yang dimasukkan pada parameter skala adalah 0,5. Apabila dilihat, pada Gambar 4, parameter diameter poros, lebar dan dalam *keyway*, tebal gigi, jumlah gigi, dan diameter *pitch* nilainya menjadi lebih

kecil dibandingkan nilai awalnya (yang dapat dilihat pada Gambar 2). Ini menunjukkan bahwa aliran data mengalir sesuai dengan diagram alir yang dirancang. Di samping itu, parameter *lebar* dan *dalam* keyway juga berubah mengikuti diameter poros dan batasan desainnya. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan jumlah gigi dan diameter poros. Gambar 5 juga menunjukkan bahwa parameter yang disusun berhasil membuat wujud dari hasil perancangan parametrik yang dilakukan.

INPUT PADA SEL D4- D7				
Variabel	Notasi	Nilai	Satuan	Persamaan
INPUT	Skala	sc	2	ul
	Sudut heliks	ha	15	deg
	Sudut tekan	pa	20	deg
	Module	md	1.5	ul
HASIL	Diameter pitch	dp	210	mm
	Jumlah gigi	n	140	ul
	Tebal gigi	t	56	mm
	Lebar gigi	w	2.27590911	mm
	Transverse circular pitch	ptc	4.55181822	mm
	Diameter poros	D	100	mm
	Lebar keyway	kw	28	mm
	Kedalaman keyway	kt	9.6	mm

Gambar 4. Hasil pembesaran di Microsoft Excel

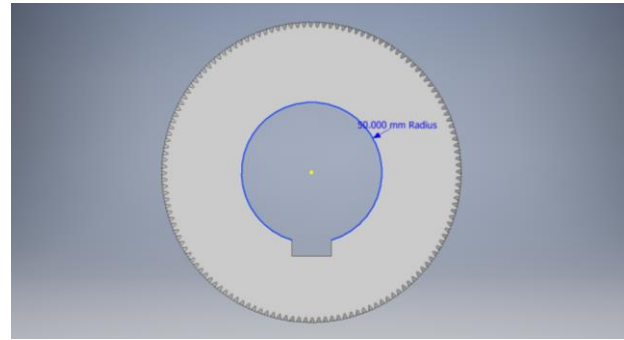


Gambar 5. Hasil pengecilan di Autodesk Inventor 2018

Hasil pembesaran. Hasil pengujian pembesaran dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Nilai yang dimasukkan pada parameter skala adalah 2. Sama seperti pada gambar 4 di kasus pengecilan, parameter diameter poros, lebar dan dalam keyway, tebal gigi, jumlah gigi, dan diameter pitch di gambar 6 nilainya bertambah besar dari nilai awalnya. Ini menunjukkan bahwa aliran data mengalir sesuai dengan diagram alir yang dirancang. Di samping itu, parameter *lebar* dan *dalam* keyway juga berubah mengikuti diameter poros dan batasan desainnya. Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan jumlah gigi dan diameter poros.

INPUT PADA SEL D4- D7				
Variabel	Notasi	Nilai	Satuan	Persamaan
INPUT	Skala	sc	2	ul
	Sudut heliks	ha	15	deg
	Sudut tekan	pa	20	deg
	Module	md	1.5	ul
HASIL	Diameter pitch	dp	210	mm
	Jumlah gigi	n	140	ul
	Tebal gigi	t	56	mm
	Lebar gigi	w	2.27590911	mm
	Transverse circular pitch	ptc	4.55181822	mm
	Diameter poros	D	100	mm
	Lebar keyway	kw	28	mm
	Kedalaman keyway	kt	9.6	mm

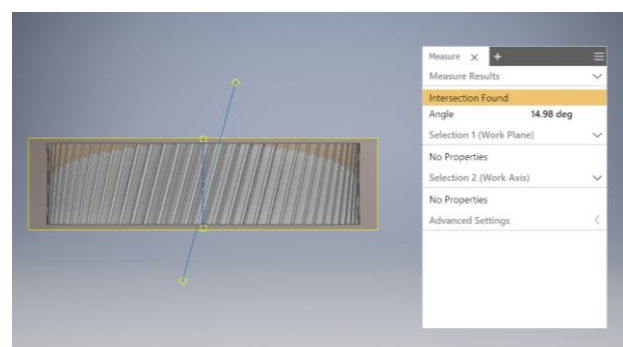
Gambar 6. Hasil pembesaran di Microsoft Excel



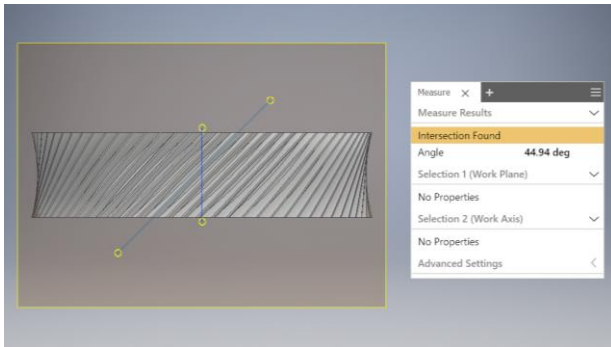
Gambar 7. Hasil pembesaran di Autodesk Inventor 2018

Hasil pengubahan parameter sudut heliks.

Gambar awal roda gigi sebelum diubah yang menunjukkan besarnya sudut heliks dapat dilihat pada Gambar 8. Sementara itu, hasil pengubahan sudut heliks dapat dilihat pada Gambar 9. Nilai yang dimasukkan pada parameter sudut heliks adalah 45°. Nilai ini telah berubah dibandingkan nilai awal yaitu 15°. Selain itu, nilai parameter *transverse circular pitch* dan lebar gigi juga berubah dibandingkan nilai awal. Ini menunjukkan data mengalir sesuai dengan diagram alir yang telah dibuat sebelumnya. Perubahan ini dapat dilihat pada Gambar 10. Pada Gambar 8 dan 9 nilai sudut tidak tepat 15° dan 45° karena pengukuran tidak dilakukan terhadap garis proyeksi gigi yang memotong ketiga sumbu roda gigi.



Gambar 8. Sudut heliks awal



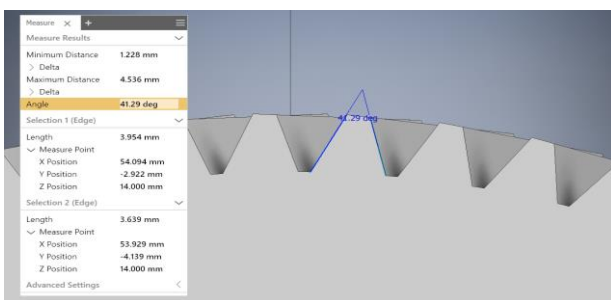
Gambar 9. Hasil perubahan sudut heliks di Autodesk Inventor 2018

INPUT PADA SEL D4- D7				
Variabel	Notasi	Nilai	Satuan	Persamaan
INPUT				
Skala	sc	1	ul	
Sudut heliks	ha	45	deg	
Sudut tekan	pa	20	deg	
Module	md	1.5	ul	
HASIL				
Diameter pitch	dp	105	mm	$dp = m \times n$
Jumlah gigi	n	70	ul	$n = dp0 \times s / m$
Tebal gigi	t	28	mm	$t = s \times t0$
Lebar gigi	w	1.666081102	mm	$w = pt / 2$
Transverse circular pitch	ptc	3.332162204	mm	$pt = \pi \times \cos(ha) \times m$
Diameter poros	D	50	mm	$D = s \times D0$
Lebar keyway	kw	14	mm	
Kedalaman keyway	kt	5.2	mm	

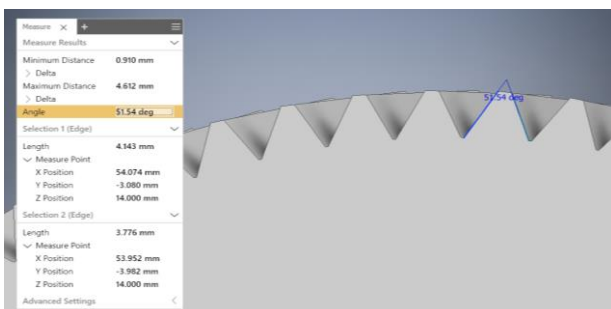
Gambar 10. Hasil perubahan sudut heliks di Microsoft Excel

Hasil pengubahan parameter sudut tekan.

Gambar awal roda gigi sebelum diubah yang menunjukkan besarnya sudut tekan awal dapat dilihat pada Gambar 11. Sementara itu, hasil pengubahan sudut heliks dapat dilihat pada Gambar 12. Nilai yang dimasukkan pada parameter sudut heliks adalah 25°. Nilai ini telah berubah dibandingkan nilai awal yaitu 20°. Pada Gambar 11 dan 12 angka yang ditunjukkan adalah nilai dua kali sudut tekan dibagi dengan cosinus sudut heliks.



Gambar 11. Sudut tekan awal

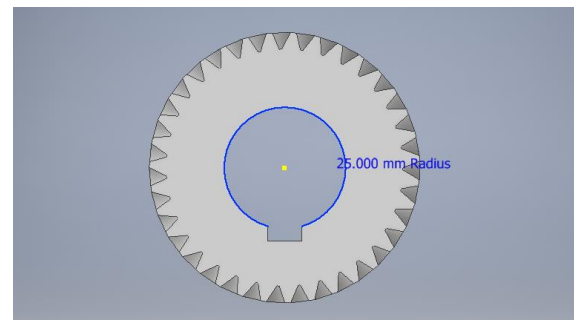


Gambar 12. Hasil perubahan sudut tekan di Autodesk Inventor 2018

Hasil pengubahan parameter module. Hasil pengujian pengubahan parameter *module* Gambar 13 dan 14. Nilai yang dimasukkan pada parameter *module* adalah 3. Apabila Gambar 13 dibandingkan dengan Gambar 2, nilai diameter *pitch*, jumlah gigi, dan *transverse circular pitch* mengalami perubahan. Perubahan ini juga dapat dilihat apabila Gambar 14 dibandingkan dengan Gambar 4. Ini menunjukkan bahwa aliran data mengalir sesuai dengan diagram alir yang dirancang.

INPUT PADA SEL D4- D7				
Variabel	Notasi	Nilai	Satuan	Persamaan
INPUT				
Skala	sc	1	ul	
Sudut heliks	ha	15	deg	
Sudut tekan	pa	20	deg	
Module	md	3	ul	
HASIL				
Diameter pitch	dp	105	mm	$dp = m \times n$
Jumlah gigi	n	35	ul	$n = dp0 \times s / m$
Tebal gigi	t	28	mm	$t = s \times t0$
Lebar gigi	w	4.55181822	mm	$w = pt / 2$
Transverse circular pitch	ptc	9.103636439	mm	$pt = \pi \times \cos(ha) \times m$
Diameter poros	D	50	mm	$D = s \times D0$
Lebar keyway	kw	14	mm	
Kedalaman keyway	kt	5.2	mm	

Gambar 13. Hasil pengubahan module di Microsoft Excel



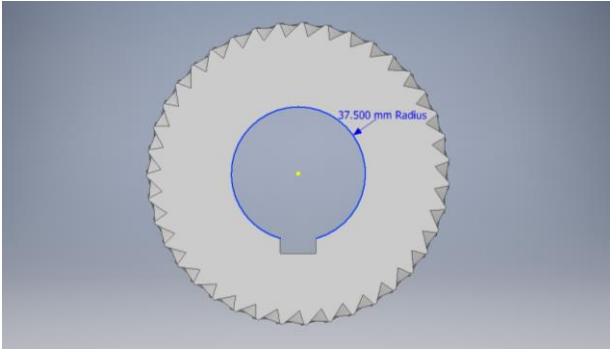
Gambar 14. Hasil pengubahan module di Autodesk Inventor 2018

Hasil pengubahan parameter secara bersamaan.

Hasil pengujian pengubahan dapat dilihat pada Gambar 15 dan 16. Nilai yang dimasukkan pada skala, sudut heliks, sudut tekan, dan *module* secara berurutan adalah 1,5, 30, 25, dan 3. Bentuk roda gigi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 16. Apabila Gambar 15 dibandingkan dengan Gambar 2, dapat dilihat bahwa nilai semua parameter berubah. Bentuk roda gigi pada Gambar 15 juga berubah dibandingkan Gambar 3. Ini menunjukkan bahwa perancangan parametrik yang dilakukan berhasil.

INPUT PADA SEL D4- D7				
Variabel	Notasi	Nilai	Satuan	Persamaan
INPUT				
Skala	sc	1.5	ul	
Sudut heliks	ha	45	deg	
Sudut tekan	pa	22.5	deg	
Module	md	4	ul	
HASIL				
Diameter pitch	dp	156	mm	$dp = m \times n$
Jumlah gigi	n	39	ul	$n = dp0 \times s / m$
Tebal gigi	t	42	mm	$t = s \times t0$
Lebar gigi	w	4.442882938	mm	$w = pt / 2$
Transverse circular pitch	ptc	8.885765876	mm	$pt = \pi \times \cos(ha) \times m$
Diameter poros	D	75	mm	$D = s \times D0$
Lebar keyway	kw	20	mm	
Kedalaman keyway	kt	7.1	mm	

Gambar 15. Hasil pengubahan parameter secara bersamaan di Microsoft Excel



Gambar 16. Hasil pengubahan parameter secara bersamaan di *Autodesk Inventor 2018*

Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan perancangan parametrik produk yang fiturnya diatur oleh standar dengan studi kasus pada roda gigi. Perancangan parametrik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan *Autodesk Inventor Professional 2018*. Pengujian terhadap algoritma yang disusun juga telah dilakukan dengan memvariasikan masukan perancangan parametrik.

Penelitian serupa yang akan dilakukan ke depannya sebaiknya mempertimbangkan variabel selain dimensi dalam melakukan perancangan parametrik. Selain itu, perangkat lunak yang digunakan juga sebaiknya berbeda agar ditemukan perangkat lunak yang paling optimum dalam melakukan perancangan parametrik.

Referensi

- [1] Kementerian Perindustrian, 2017. Industry Facts and Figures, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, Jakarta.
- [2] Hu, S. Jack, 2013. Evolving paradigms of manufacturing: from mass production to mass customization and personalization. *Procedia CIRP* 7, 3–8.
- [3] Yassine, Ali A, 2010. Parametric design adaptation for competitive products. *Journal of International Manufacturing* 23, 541–549.
- [4] Woodburry, R, 2010. *Elements of Parametric Design*, Routledge, New York.
- [5] Dieter, G.E, 2011. *Engineering design*, 5th Ed., McGraw-Hill, New York.
- [6] Budynas, Richard G., Shigley's *Mechanical Engineering Design*, 9th Ed., McGraw-Hill, New York, 2011.