

RANCANG BANGUN APLIKASI PERANCANGAN RODA GIGI LURUS MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN *PYTHON*

Bryan Gabriel, Stenly Tangkuman, Jotje Rantung

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Perancangan pada roda gigi memiliki tahapan yang kompleks dan cukup rumit. Dibutuhkan ketelitian dalam proses perancangan roda gigi. Maka dari itu, dalam merancang suatu roda gigi membutuhkan waktu yang tidak singkat. Kemajuan teknologi saat ini berkembang sangat pesat. Akibat kemajuan teknologi membuat kinerja manusia menjadi lebih efektif dan efisien. Guna menyelesaikan permasalahan dalam perancangan roda gigi lurus, pada penelitian ini akan dirancang sebuah aplikasi perancangan roda gigi lurus yang dapat merancang roda gigi lurus dengan menggunakan bahasa pemrograman python dan menyediakan tiga tipe susunan roda gigi lurus.

Aplikasi perancangan roda gigi lurus dibuat menggunakan bahasa pemrograman python. Pembuatan aplikasi diawali dengan melakukan perancangan roda gigi secara manual dan dilanjutkan dengan rancang bangun aplikasi. Pengujian aplikasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil perancangan roda gigi secara manual dan menggunakan aplikasi.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, data hasil perancangan aplikasi memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan hasil perancangan manual. Dengan menggunakan aplikasi yang telah dibuat, waktu perancangan roda gigi lurus menjadi lebih singkat daripada perancangan roda gigi lurus secara manual.

Setelah aplikasi perancangan roda gigi lurus di ujicobakan, dapat disimpulkan bahwa melalui penelitian ini aplikasi perancangan roda gigi lurus menggunakan bahasa pemrograman python telah berhasil dibuat.

Kata Kunci : Aplikasi, Perancangan Roda Gigi Lurus, *Python*

ABSTRACT

The design of gears has complex and quite complicated stages. Accuracy is required in the gear design process. Therefore, designing gear requires a lot of time. Technological progress is currently growing very rapidly. As a result of technological advances, human performance becomes more effective and efficient. In order to solve problems in designing spur gears, this research will design a spur gear design software that can design spur gears using the Python programming language and provides three types of spur gear arrangements.

The spur gear design application is made using the Python programming language. Making the software begins with manually designing the gears and continues with the design of the application. Application testing is done by comparing the results of gear design manually and using the application.

Based on the tests that have been done, the results of the application design data have a value that is not much different from the results of manual design. By using the application that has been made, the time to design spur gears is shorter than manually designing spur gears.

After the spur gear design application has been tested, it can be concluded that through this research the spur gear design application using the python programming language has been successfully created.

Keywords : Software, Spur Gear Design, *Python*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perancangan pada roda gigi lurus memiliki tahapan yang kompleks dan cukup rumit serta dibutuhkan pula ketelitian dalam proses perhitungannya yang kompleks dengan tujuan agar dapat menghasilkan hasil terbaik dan tepat sesuai kebutuhan pada perancangan roda gigi. Maka dari

itu, dalam merancang suatu roda gigi membutuhkan waktu yang tidak singkat.

Python merupakan salah satu dari sekian banyak bahasa pemrograman yang telah ada dan bahasa pemrograman ini terkategori dalam bahasa pemrograman yang masih baru di masa sekarang. Dalam hal membuat sebuah program, penggunaan bahasa pemrograman Python tergolong lebih

simpel, singkat, dan fleksibel. Python dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan. Python dapat diakses secara gratis dan bebas digunakan untuk tujuan pribadi maupun komersial tanpa perlu membayar royalti kepada pengembangnya.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis akan mengangkat topik "Rancang Bangun Aplikasi Perancangan Roda Gigi Lurus Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python*" Guna mendukung proses perancangan roda gigi yang rumit dan dibutuhkan ketelitian yang tinggi, dengan memanfaatkan teknologi peneliti akan membuat sebuah aplikasi perancangan roda gigi lurus dengan menggunakan Python.

1.1 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana aplikasi perancangan roda gigi lurus dapat memberikan kemudahan kepada penggunaanya dalam proses perhitungan untuk merancang roda gigi hingga menampilkan gambar hasil perancangan sehingga dapat mempersingkat waktu perancangan.

1.2 Batasan Masalah

1. Perancangan roda gigi lurus reduksi dengan sudut kontak 20° tiga tipe kondisi (roda gigi reduksi pada poros sejajar, roda gigi reduksi rangkap dua pada tiga poros sejajar, dan roda gigi reduksi rangkap dua).
2. Hasil perancangan berupa hasil kalkulasi perancangan roda gigi lurus beserta gambar ilustrasi dua dimensi yang ditampilkan dalam aplikasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk membuat sebuah aplikasi yang dapat merancang roda gigi bertipe roda gigi lurus yang menyediakan tiga tipe susunan roda gigi guna menyesuaikan kebutuhan penggunaanya dengan menggunakan bahasa pemrograman python.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Dapat dijadikan salah satu metode alternatif dalam merancang roda gigi lurus.
2. Dapat dijadikan tambahan referensi dalam merancang roda gigi lurus
3. Mempersingkat serta mempermudah proses perancangan roda gigi

2. LANDASAN TEORI

2.1 Roda Gigi

Roda gigi adalah alat transmisi mekanis dan merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran poros sehingga sistem mekanisme mesin dapat bekerja sesuai dengan fungsinya (Erinofiardi, Kevin Asyarial, Hendra, 2013). Roda gigi memiliki gigi-gigi yang saling berkaitan dan merupakan alat transmisi yang paling sering digunakan karena fungsinya yang dapat mentransmisikan putaran maupun daya dengan ringkas lebih ringkas yang lebih kompak serta bervariasi ketimbang alat transmisi lainnya.

2.2 Perancangan Roda Gigi Lurus

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perancangan roda gigi yaitu dimensi, gaya dan torsi dan tegangan-tegangan yang bekerja pada roda gigi karena apabila hal ini tidak dilakukan maka akan menyebabkan roda gigi tidak dapat beroperasi dengan baik, seperti kontak antar gigi yang kasar mengakibatkan gerak antar gigi tidak sempurna sehingga mengakibatkan ketidak seragaman gaya kontak antar satu gigi dengan gigi lainnya (Mott, 2018).

2.3 Python

Python adalah bahasa pemrograman interpretatif multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode. Python diklaim sebagai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar serta komprehensif. Python juga didukung oleh komunitas yang besar (Akbar Nur Syahrudin, Tedi Kurniawan, 2018).

2.4 PyQT5

PyQT5 adalah sebuah toolkit widget Graphic User Interface (GUI), yaitu sebagai antarmuka grafik antara bahasa pemrograman python dan QT. PyQT menyediakan sejumlah pustaka yang dapat digunakan oleh bahasa pemrograman python untuk membuat serta menjalankan GUI dari QT.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap dari bulan Agustus 2022 sampai dengan

bulan Juli 2023. Perancangan ini dapat dilakukan di lokasi manapun namun berfokus di Laboratorium Perancangan dan Konstruksi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Manado.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

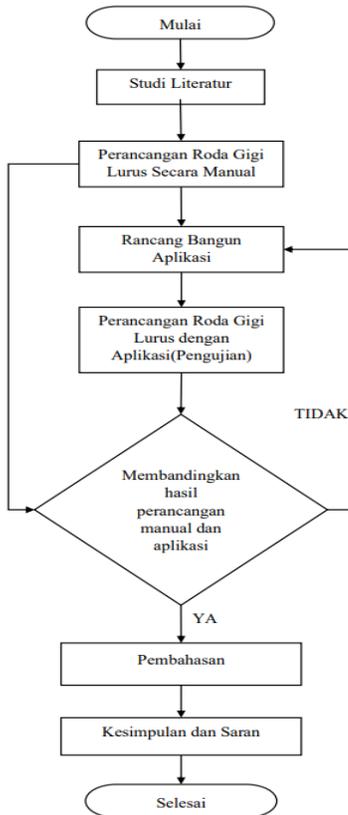
3.2.1 Alat

Peralatan untuk menunjang penelitian menggunakan alat hitung kalkulator, perangkat komputer yang telah terpasang *Python* dan *PyQt5*, aplikasi *Visual Studio Code* sebagai platform untuk menuliskan kode-kode pemrograman, dan *Microsoft Office* untuk membantu proses penelitian, penyusunan laporan, dan presentasi.

3.2.2 Bahan

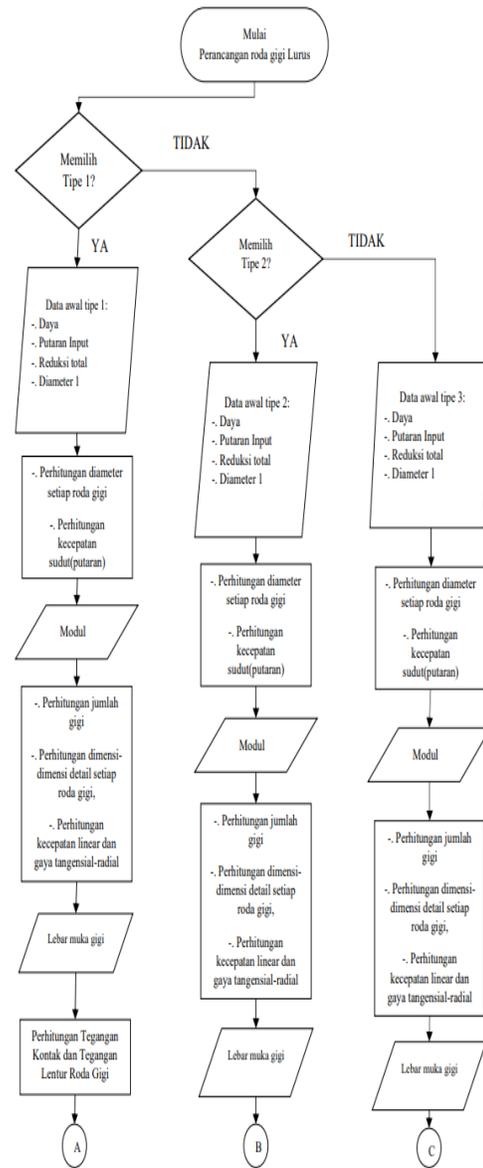
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah literatur-literatur mengenai bahasa pemrograman *Python* dan juga konsep perancangan pada roda gigi khususnya roda gigi lurus serta dengan contoh perhitungan manual perancangan roda gigi.

3.3 Prosedur Penelitian

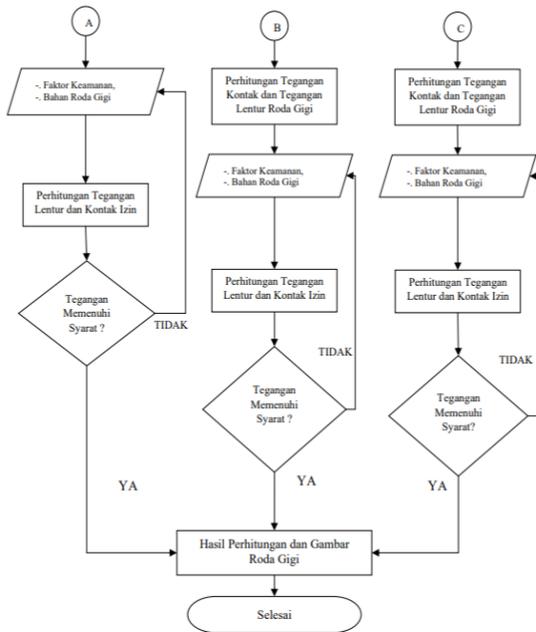


Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.4 Konsep Desain Aplikasi



Gambar 3.2 Flowchart Pembuatan Aplikasi Perancangan Roda Gigi Lurus(Bagian 1)



Gambar 3.3 Flowchart Pembuatan Aplikasi Perancangan Roda Gigi Lurus(Bagian 2)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Roda Gigi Lurus Secara Manual

Data perancangan roda gigi lurus yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Daya Input = 12 kW
- Kecepatan Input = 2700 rpm
- Reduksi Total = 6
- Diameter 1 = 180 mm
- Modul = 3
- Lebar Muka Gigi = 10
- Faktor Keamanan = 1,5
- Bahan/Material yang dipakai: SAE 1040 OQT, Nilai Kekerasan(HB) = 262

Data hasil perancangan roda gigi lurus yang dilakukan secara manual dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Perancangan Roda Gigi Lurus Secara Manual

Data Hasil Perancangan	Hasil Perhitungan			
	Roda Gigi 1	Roda Gigi 2	Roda Gigi 3	Roda Gigi 4
Diameter (mm)	180	360	135	405

Kecepatan Sudut (rpm)	2700	1350	1350	450
Jumlah Gigi (N)	60	120	45	135
Tinggi Kepala Gigi (mm)	3	3	3	3
Tinggi Kaki Gigi (mm)	3,75	3,75	3,75	3,75
Kelonggaran Kepala (mm)	0,75	0,75	0,75	0,75
Diameter Lingkar Kepala(mm)	186	366	141	411
Diameter Lingkar Kaki (mm)	172,5	352,5	127,5	397,5
Kedalaman Total (mm)	6,75	6,75	6,75	6,75
Tebal Gigi(mm)	4,71	4,71	4,71	4,71
Kecepatan Linear (m/s)	25,45	25,45	9,54	9,54
Gaya Tangensial (N)	472,44	472,44	1257,86	1257,86
Gaya Radial (N)	171,95	171,95	457,82	457,82
Tegangan Lentur (MPa)	11,67	11,17	32,5	29,42
Tegangan Kontak (MPa)	169,57	169,57	311,192	311,192
Tegangan Lentur Izin (MPa)	115,28	115,28	115,28	115,28
Tegangan Kontak Izin (MPa)	377,28	377,28	377,28	377,28

4.2 Rancang Bangun Aplikasi

Tahapan dalam membuat aplikasi perancangan roda gigi lurus menggunakan bahasa pemrograman *python* dimulai dengan membuat susunan coding perhitungan perancangan roda gigi lurus dan diikuti dengan membuat susunan coding untuk tampilan antar muka atau *Guide User Interface(GUI)* aplikasi. Tahap terakhir dalam perancangan pembuatan aplikasi adalah menyatukan susunan *coding* perhitungan perancangan dan tampilan antar muka.

4.3 Jendela Awal Aplikasi

Jendela awal aplikasi berisi tiga pilihan tipe kondisi pasangan roda gigi yang akan dirancang seperti yang ada pada gambar 4.4.

Cara memilih tipe kondisi perancangan roda gigi adalah dengan cara menekan tombol yang berada diatas gambar setelah itu menekan tombol “Lanjut” maka akan muncul jendela baru yang berisi halaman utama dari aplikasi sesuai dengan tipe yang telah dipilih.



Gambar 4.1 Tampilan Jendela Awal Aplikasi

4.4 Jendela Utama Aplikasi

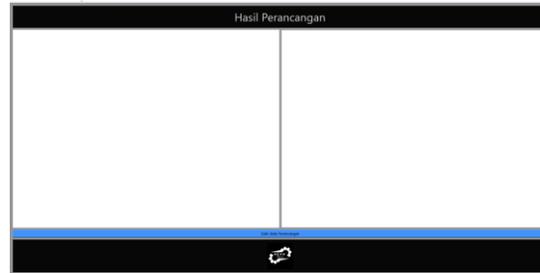
Jendela utama merupakan inti dari aplikasi perancangan roda gigi lurus. Pada jendela ini akan melakukan perancangan roda gigi lurus sesuai dengan tipe kondisi yang telah perancang pilih pada jendela awal aplikasi.



Gambar 4.2 Tampilan Jendela Utama Aplikasi

4.5 Jendela Akhir Aplikasi

Tampilan jendela akhir aplikasi perancangan roda gigi lurus berisi dua kolom pada jendelanya dan satu tombol yang bertulisan “Add To Notepad”. Kolom yang terletak di sebelah kiri berfungsi untuk menampilkan gambar roda gigi lurus sesuai dengan tipe susunan roda gigi yang dipilih oleh pengguna.



Gambar 4.3 Tampilan Jendela Akhir Aplikasi

4.6 Fitur Aplikasi

Setelah menjalankan hasil Data hasil perancangan roda gigi lurus dapat disimpan kedalam direktori komputer. Data hasil perancangan dapat disimpan dengan format file “.txt” yang dapat diakses melalui aplikasi “Notepad” yang umumnya telah tersedia pada setiap perangkat computer yang memiliki sistem operasi Windows.

4.7 Pemakaian Aplikasi Perancangan Roda Gigi Lurus

Terdapat beberapa tahapan dilakukan pada saat menjalankan aplikasi perancangan roda gigi lurus. Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk merancang roda gigi lurus menggunakan aplikasi:

1. Pilih tipe susunan roda gigi lurus yang akan dirancang dengan menekan salah satu tombol yang terletak pada bagian atas setiap gambar tipe susunan roda gigi lurus.
2. Masukkan data awal perancangan yang diinginkan lalu tekan tombol “kirim”.
3. Masukkan data modul yang diinginkan lalu tekan tombol “kirim”.
4. Masukkan data lebar muka gigi lalu tekan tombol “kirim”
5. Masukkan data faktor keamanan, diikuti dengan bahan material yang akan digunakan pada masing-masing roda gigi dalam satuan *Brinell Hardness*(HB) lalu tekan tombol “kirim”. Bantuan dalam memilih bahan terdapat pada tombol “daftar tabel” dimana pengguna cukup menekan tombol “daftar tabel” dan memilih tabel bahan. Maka akan muncul tabel bahan untuk membantu pengguna dalam memilih bahan yang akan digunakan pada perancangan

6. Tombol hasil akan terbuka jika tegangan telah memenuhi syarat. Tahapan selanjutnya dilakukan dengan menekan tombol “hasil” dan akan muncul jendela hasil akhir
7. Jika ingin menyimpan data hasil perancangan, tekan tombol “Simpan data hasil Perancangan”

4.8 Pengujian Aplikasi Perancangan Roda Gigi Lurus

Pengujian aplikasi berguna untuk memastikan aplikasi perancangan roda gigi lurus dan setiap komponen dari jendela awal hingga jendela akhir aplikasi bekerja dengan baik serta menghasilkan perhitungan yang sesuai. Apabila setiap komponen pada aplikasi berfungsi dengan baik dari jendela awal hingga terakhir, maka pengujian aplikasi telah berhasil.

4.9 Perbandingan Data Hasil Perancangan

Pembuktian keberhasilan aplikasi dalam merancang roda gigi lurus dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan roda gigi lurus yang didapat menggunakan aplikasi dengan hasil perhitungan roda gigi lurus secara manual menggunakan alat hitung.

4.10 Pembahasan

1. Susunan kode yang disusun menggunakan bahasa pemrograman python pada aplikasi perancangan roda gigi lurus bekerja dengan baik tanpa adanya kejanggalan. Aplikasi perancangan roda gigi lurus dapat dijalankan dan melakukan perhitungan perancangan roda gigi lurus sesuai dengan data perancangan. Setelah melewati proses pengujian, didapatkan bahwa setiap komponen pada aplikasi berfungsi dengan baik. Maka dapat disimpulkan bahwa kode-kode yang disusun pada perancangan roda gigi lurus maupun perancangan Guide User Interface aplikasi pada setiap jendela pada aplikasi berhasil dijalankan dan bekerja dengan semestinya. Selain itu didapat pula hasil data perancangan roda gigi lurus dengan menggunakan aplikasi yang telah dibuat, terdapat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Hasil Perancangan Roda Gigi Lurus Menggunakan Aplikasi

Data Hasil Perancangan Aplikasi Roda Gigi Lurus	Hasil Perhitungan			
	Roda Gigi 1	Roda Gigi 2	Roda Gigi 3	Roda Gigi 4
Diameter(mm)	180	360	135	405
Kecepatan Sudut(rpm)	2700	1350	1350	450
Jumlah Gigi(N)	60	120	45	135
Tinggi Kepala Gigi(a)	3	3	3	3
Tinggi Kaki Gigi(b)	3,75	3,75	3,75	3,75
Kelonggaran Kepala(c)	0,75	0,75	0,75	0,75
Diameter Lingkar Kepala(d0)	186	366	141	411
Diameter Lingkar Kaki(dr)	172,5	352,5	127,5	397,5
Kedalaman Total(ht)	6,75	6,75	6,75	6,75
Tebal Gigi(t)	4,71	4,71	4,71	4,71
Kecepatan Linear(v)	25,46	25,46	9,55	9,55
Gaya Tangensial(Ft)	471,33	471,33	1256,54	1256,54
Gaya Radial(fr)	171,55	171,55	457,34	457,34
Tegangan Lentur	11,64	11,14	32,47	29,39
Tegangan Kontak	167,35	167,35	315,51	315,51
Tegangan Lentur Izin	115,52	115,52	115,52	115,52
Tegangan Kontak Izin	375,36	375,36	375,36	375,36

2. Dari perbandingan data hasil perancangan pada aplikasi dan secara manual yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa hasil kalibrasi data perancangan roda gigi lurus menggunakan aplikasi tidak memiliki nilai yang jauh berbeda dengan hasil perancangan secara manual

Tabel 4.3 Perbandingan Perancangan Roda Gigi Lurus Menggunakan Aplikasi dan Secara Manual

Data Hasil Perhitungan							
Perhitungan Aplikasi				Perhitungan Manual			
Rod a Gigi 1	Rod a Gigi 2	Rod a Gigi 3	Rod a Gigi 4	Rod a Gigi 1	Rod a Gigi 2	Rod a Gigi 3	Rod a Gigi 4
Diameter(mm)							
180	360	135	405	180	360	135	405
Kecepatan Sudut							
2700	1350	1350	450	2700	1350	1350	450
Jumlah Gigi(N)							
60	120	45	135	60	120	45	135
Tinggi Kepala Gigi(a)							
3	3	3	3	3	3	3	3
Tinggi Kaki Gigi(b)							
3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
Kelonggaran Kepala(c)							
0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Diameter Lingkar Kepala(d0)							
186	366	141	411	186	366	141	411
Diameter Lingkar Kaki(dr)							
172,5	352,5	127,5	397,5	172,5	352,5	127,5	397,5
Kedalaman Total(ht)							
6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75
Tebal Gigi(t)							
4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71
Kecepatan Linear(v)							
25,46	25,46	9,55	9,55	25,45	25,45	9,54	9,54
Gaya Tangensial(Ft)							
471,33	471,33	1256,54	1256,54	472,44	472,44	1257,86	1257,86
Gaya Radial(fr)							
171,55	171,55	457,34	457,34	171,95	171,95	457,82	457,82
Tegangan Lentur							
11,64	11,14	32,47	29,39	11,67	11,17	32,5	29,42
Tegangan Kontak							
167,35	167,35	315,51	315,51	169,57	169,57	311,192	311,192
Tegangan Lentur Izin							
115,52	115,52	115,52	115,52	115,28	115,28	115,28	115,28
Tegangan Kontak Izin							
375,36	375,36	375,36	375,36	377,28	377,28	377,28	377,28

3. Dalam penelitian ini Keterbatasan aplikasi dalam menampilkan gambar perancangan yang hanya sebatas ilustrasi gambar susunan roda gigi yang belum menyesuaikan ukuran asli dari roda gigi masih dapat dikembangkan guna

menghasilkan aplikasi perancangan roda gigi lurus yang lebih baik lagi.

- Selain daripada keterbatasan aplikasi dalam menampilkan gambar hasil perancangan, pada bagian pemilihan material/bahan roda gigi lurus juga masih sangat perlu dikembangkan.
- Setelah aplikasi perancangan roda gigi lurus dilakukan pengujian serta dibandingkan dengan perancangan manual mendapat hasil yang baik, dapat diputuskan bahwa aplikasi perancangan roda gigi lurus dengan tiga tipe susunan roda gigi lurus telah berhasil dibuat dengan batasan-batasan yang masih dapat dikembangkan.
- Dengan berhasil dibuatnya aplikasi perancangan roda gigi lurus serta tambahan-tambahan didalamnya seperti penentuan otomatis faktor geometri, memindahkan data hasil perancangan yang telah dibuat ke aplikasi notepad yang dapat diakses pada berbagai perangkat komputer, maka masalah perancangan roda gigi lurus yang memiliki tahapan yang kompleks, rumit, dan butuh ketelitian dapat terselesaikan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian rancang bangun aplikasi roda gigi lurus, kesimpulan yang telah didapat adalah aplikasi perancangan roda gigi lurus yang memiliki 3 tipe susunan roda gigi lurus menggunakan bahasa pemrograman python telah berhasil dibuat.

5.2 Saran

Masih banyak hal yang perlu dikembangkan serta ditambahkan pada penelitian ini untuk kedepannya. Maka, Saran peneliti dari penelitian rancang bangun aplikasi perancangan roda gigi yang telah dilakukan adalah antara lain:

- Perancangan aplikasi perancangan roda gigi lurus menggunakan bahasa pemrograman *python* ini dapat dikembangkan dengan membuat aplikasi perancangan jenis roda gigi lainnya serta komponen-komponen penyusun *gearbox* lainnya seperti poros, pasak, bantalan.
- Aplikasi perancangan roda gigi lurus dapat dikembangkan dengan menambahkan variasi-variasi perancangan roda gigi lurus lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar Nur Syahrudin, Tedi Kurniawan. (2018). *INPUT DAN OUTPUT PADA BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON*. Sumedang: STMIK.
- Chan, Y. (2011). *Diktat Elemen Mesin II*. Universitar Darma Persada.
- Erinofiardi, Kevin Asyarial, Hendra. (2013). *PERANCANGAN RODA GIGI LURUS, RODA GIGI MIRING DAN RODA GIGI KERUCUT LURUS BERBASIS PROGRAM KOMPUTASI*. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Justica, A. (2022). *Program Aplikasi Perhitungan Cadangan Asuransi Tahunan dengan*. Universitas Padjadjaran.
- Neeraj Patel, T. G. (2016). *methodology for Designing a Gearbox and its*. Bhopal, India: <http://www.ijert.org>.
- Puneeth M L, M. G. (2022). *Design and Analysis of Asymmetric Spur Gear*.
- Robert L. Mott, E. M. (2018). *Machine Elements in Mechanical Design(Sixth Edition)*. Pearson Education, Inc.
- Saragih, R. R. (2018). *Pemrograman dan Bahasa Pemrograman*.
- Saragih, R. R. (2018). *PEMROGRAMAN DAN BAHASA PEMROGRAMAN*.
- Sholeh, M., Rachmawati, R. Y., & Cahyo, E. N. (2022). *Penerapan Regresi Linear Ganda Untuk Memprediksi Hasil Nilai Kuesioner Mahasiswa Dengan Menggunakan Python*.
- Suhesti, T. (2014). *Bahasa Pemrograman Python*. ilmuti.org.
- Tangel, D., Tangkuman, S., & Luntungan, H. (2016). *Aplikasi Spreadsheet pada Perancangan Roda Gigi Lurus*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Tangkuman, S. (2014). *Mekanika Kekuatan Material. Bahan Ajar Program Studi SI Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi*. Manado.
- Tangkuman, S. (2015). *Statika Struktur. Bahan Ajar Program Studi SI Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi*. Manado.
- Tangkuman, S. (2021). *Praktik Merancang. Bahan Ajar Program Studi SI Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi*. Manado.
- Teknik, F. (2002). *Karya Tulis Ilmiah Sarjana(KTIS)*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Uzami, K. K. (2004). *Rancang Bangun Mesin Perajang Pohon Pisang Sebagai Makanan Dasar Ternak Babi di Balo*.