

Face Sprocket Chainless Bicycle Drive (Basikal Gegancu Muka Tanpa Rantai)

Nor Hisham Suhadi^{1*} dan Nor Ashiqeen Jamaluddin^{1,2}

¹Jabatan Kejuruteraan Petrokimia, Politeknik Tun Syed Nasir Syed Ismail, Hab Pendidikan Pagoh,
Km 1 Jalan Panchor, 84600 Muar, Johor, Malaysia.

²School of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Johor Bahru,
81310, Johor, Malaysia.

ABSTRAK

Reka bentuk pacuan gegancu muka adalah bagi menggantikan rantai dan gegancu (sprocket) basikal yang digunakan secara kebiasaannya. Pacuan gegancu muka ini dibina menggunakan cakera yang bergigi di bahagian mukanya yang berupaya mengubah kelajuan kayuhan penunggang melalui engkol, aci dan pinan bergalas. Reka bentuk asas gegancu muka ini berpandukan spesifikasi pacuan rantai dan gegancu dengan konfigurasi yang berbeza. Bahan yang dipilih untuk dijadikan gegancu muka ini adalah jenis keluli tegangan tinggi untuk menampung beban kayuhan yang dikenakan semasa pemacuan berlaku. Manakala komponen pinan pula menggunakan aluminium dan galas bebola. Aktiviti senggaraan bagi sistem pemacu ini lebih mudah, ringkas dan bersih berbanding sistem pemacu rantai. Tahap keselamatan basikal gegancu muka adalah lebih tinggi kerana tiada rantai yang melingkar dan tiada gigi gegancu yang terdedah kepada kaki pengguna. Basikal yang menggunakan sistem pemacu gegancu muka ini masih tiada di pasaran, namun telah ada kajian dan usaha untuk membangunkan sistem pemacu gegancu muka ini. Namun kajian-kajian lain juga perlu diteruskan untuk meningkatkan prestasi pemacu gegancu muka ini, supaya ia boleh digunakan secara meluas dengan kos yang berpatutan.

PENGENALAN

Basikal ialah salah satu daripada rekaan manusia yang diterima baik oleh masyarakat sejagat. Reka bentuknya tidak bertukar sejak model pemacu rantai pertama diperkembangkan sekitar 1885, walaupun banyak penambahbaikan perincian yang penting telah dibuat, khususnya kebelakangan ini, dengan menggunakan bahan-bahan moden dan reka bentuk yang direka dari perisian komputer [1]. Sistem transmisi basikal telah dikembangkan untuk mengumpulkan tenaga dari pengendali dengan pelbagai kaedah yang telah dicuba demi mendapatkan transmisi yang sesuai. Keghairahan menghasilkan reka bentuk basikal klasik pada tahun 1869 sehingga tahun 1880-an. Pada awal abad ke-20, basikal yang direka dilengkapi dengan brek sudu depan, brek *coaster* atau pelek rod atau brek drum merupakan kemajuan teknologi yang lengkap dan jauh lebih baik. Pada abad ke-21, basikal hibrid dan basikal komuter merupakan basikal perlumbaan yang pantas dan ringan dengan palang rata menjadi keperluan minimum bagi kegunaan kasual, hingga ke basikal yang direka khas untuk keselesaan, pemuatan beban, dan peningkatan fleksibiliti di pelbagai rupa bentuk jalan yang berbeza permukaan [2]. Pada masa kini, gear hub menjadi terkenal dengan mempunyai 8, 11 atau 14 peringkat gear kelajuan dengan pemacuan yang menggunakan rantai dan gegancu [3]. Basikal BMX serta basikal lumba bergegancu tetap hanya mempunyai satu nisbah gear sahaja, basikal ini tanpa mekanisma pemindah gigi gegancu, penggearan hub atau kaedah lain untuk mengubah nisbah kelajuan basikal. Dengan itu, penunggang dapat menunggang dengan pantas di jalan yang rata serta apabila menuruni bukit dengan hanya memerlukan daya kilasan yang sama [4].

*Corresponding Author: omawjo@yahoo.com

Walaupun bagaimanapun, gegancu tetap ini mempunyai kekurangan iaitu penunggang akan menghadapi kesukaran untuk mendaki bukit memandangkan daya kilasan yang diperlukan adalah lebih tinggi daripada daya yang diperlukan oleh seorang pejalan kaki biasa. Sistem gegancu penggelungsur digunakan pada basikal lumba dan basikal mendaki bukit. Kebanyakan basikal moden mempunyai rangkaian gegancu pelbagai saiz, sebagai contoh, apabila penunggang basikal menuruni bukit mereka akan menggunakan gear kelajuan tinggi, semasa di jalan rata pula, penunggang basikal akan menggunakan gear kelajuan sederhana dan apabila mendaki bukit, mereka akan menggunakan gear yang berkelajuan rendah.

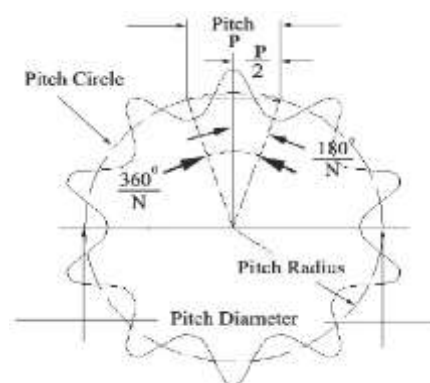
Sistem gear planeteri merupakan satu sistem gear kecil yang digunakan di hub sama seperti dalam transmisi automatik untuk menyediakan beberapa nisbah gear yang sesuai dan terletak pada satu hab kecil yang berada di roda belakang. Basikal yang menggunakan aci pemacu ialah basikal yang tidak menggunakan rantai untuk menghantar kuasa dari pedal ke roda. Ini bersambung dengan pasangan gear serong (*bevel gear*) yang dipasang pada aci pemacu. Dengan menggunakan gear serong, ini membolehkan paksi aci pemacu dari pedal dipusingkan hingga 90 darjah. Sepasang gear serong lain yang terletak di hub roda belakang yang menghubungkan gigi serong di hub di mana gegancu belakang akan berada di basikal konvensional [5]. Kemudian, basikal menggunakan pemacu gegancu muka atau *Face Sprocket Drive* dikemukakan untuk idea baharu pada sistem pacuan basikal dan mengurangkan permasalahan yang berlaku khususnya kepada pengguna basikal. Dalam dunia yang dilingkari kemajuan sains dan teknologi ini, hasil projek dapat dipenuhi dengan mencapai objektif, iaitu menghasilkan satu sistem pacuan yang menggunakan sistem aci dan gegancu muka.

METODOLOGI

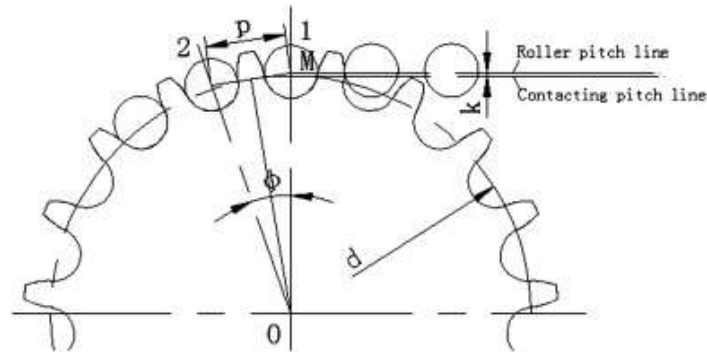
Proses pembangunan dan reka bentuk pemacu gegancu muka terdiri daripada pelbagai langkah dan proses. Di antaranya ialah lakaran idea, penilaian ukuran, pemilihan bahan, pemesinan komponen serta fabrikasi dengan merujuk skor skala, standard reka bentuk dan kualiti konseptual.

Pemilihan Reka Bentuk dan Bahan

Bagi menterjemahkan idea dan konsep yang difikirkan, analisa berkaitan spesifikasi dan konfigurasi gegancu muka, asas gegancu serta gear serong diguna pakai. Bagi menentukan diameter pic, bilangan gigi gegancu serta profilnya mengikut kaedah standard gegancu sedia ada tetapi konfigurasi yang berbeza [6]. Seterusnya dengan dimensi dan rekabentuk yang direka proses pembuatan yang sesuai dirancang dan dilaksanakan.



Gambar rajah 1. Rajah bina gegancu mengikut ISO 606[7].



Gambar rajah 2. Rajah bina tinggi puncak gigi.

Proses pemilihan bahan penting untuk fabrikasi dan ketahanan komponen yang dihasilkan. Oleh itu, pemilihan bahan yang sesuai dipertimbangkan proses pemesinan dengan kos berpatutan. *High tensile steel* adalah keluli tegangan tinggi yang mempunyai sifat boleh menampung ketegangan, daya terikan dan ketegangan lesu, serta ketahanan yang sangat baik, ketika melalui prose lindap kejut dan *tempering* telah dipilih sebagai bahan untuk komponen utama gegancu muka. Kriteria utama bagi menentukan pemilihan bahan adalah kekuatan dan ketahanan yang perlu diperolehi. Penggunaan aluminium di dalam projek ini pula kerana keemasan dan jisimnya yang lebih ringan berbanding logam lain dan sesuai diguna untuk perumahan pinan. Pemilihan galas bebola (*single row deep groove ball bearing*) sebagai pengguling kepada pinan dan gegancu muka.

Pemilihan Konsep

Bevel gear atau gear gigi serong seperti Gambar rajah 3 adalah lebih ringkas dalam hal pemindahan daya dan putaran tinggi. Konstruksinya jika dibandingkan dengan rantai dan gegancu yang dalam pengoperasiannya mengeluarkan bunyi bising. Selain itu, ketepatan pemindahan daya dan putaran pada gigi gear lebih tinggi dibandingkan dengan rantai dan gegancu. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat difahami jika gigi gear yang dipilih sebagai alat transmisi pada basikal ini. Konsep pemacuan sistem gegancu muka seperti Gambar rajah 4 telah dipilih untuk pembangunan sistem pemacuan ini.



Gambar rajah 3. Gear serong.



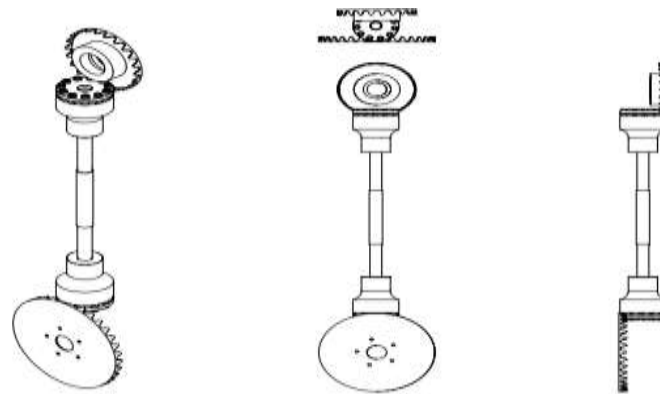
Gambar rajah 4. Konsep pemacuan gegancu muka.

Komponen Utama Gegancu Muka

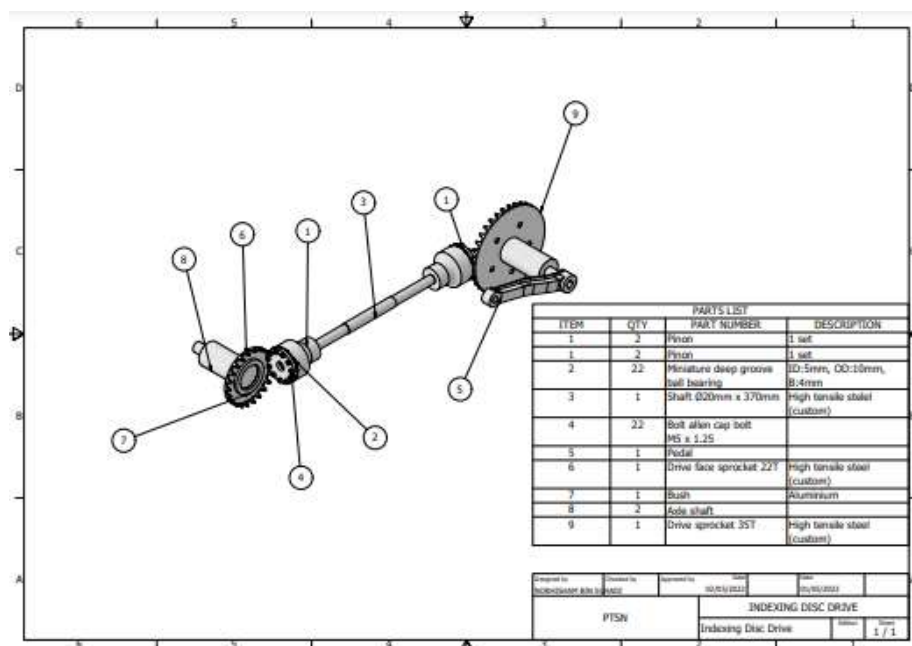
Terdapat lima (5) komponen utama dalam rekabentuk pemacu gegancu muka ini seperti yang ditunjukkan di dalam Gambar rajah 5 manakala Gambar rajah 6 menunjukkan pemasangan komponen sistem. Gegancu muka - sistem ini menggunakan dua buah gegancu muka yang direka bentuk khas. Gegancu muka pemacu seperti Gambar rajah 7(i) sebagai pemacu utama dipasang padanya pedal atau engkol utama manakala Gambar rajah 7(ii) adalah gegancu belakang iaitu

gegancu terpacu. Kayuhan dari penunggang akan menghasilkan gerakan putaran. Gegancu Muka Terpacu dipasang pada hub roda belakang basikal menerima putaran 90 dari putaran pinan belakang. Aci - sistem ini menggunakan sebatang aci bagi memindahkan putaran dari pinan ke pinan semasa penunggang membuat kayuhan. Gambar rajah 8 menunjukkan aci yang berfungsi sebagai penyambung antara kedua-dua pinan.

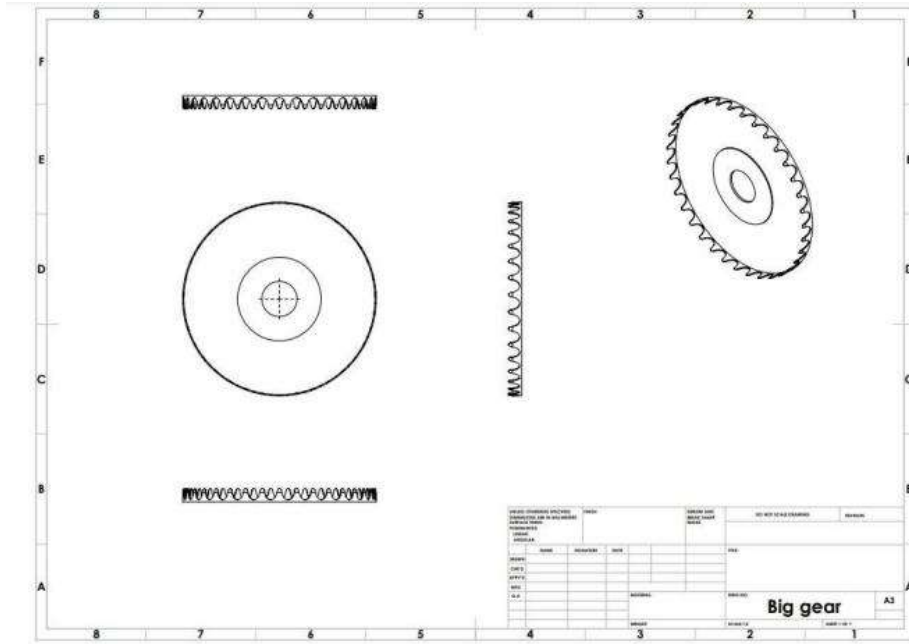
Pinan - sistem ini menggunakan dua buah pinan yang direka khas seperti di dalam Gambar rajah 9. Pinan hadapan akan menerima putaran 90 darjah dari gegancu muka hadapan melalui aci. Manakala pinan belakang menghantar putaran 90 darjah kepada gegancu muka belakang seterusnya ke hub. Galas mini (*miniature bearing - single row deep groove ball bearing*) - sistem ini menggunakan galas mini bagi setiap pinan seperti di dalam Gambar rajah 10. Galas ini berfungsi sebagai penyokong sentuhan di antara gegancu muka dan pinan semasa putaran berlaku. Kedudukan galas di dalam pinan ditunjukkan dalam Gambar rajah 11. Bol (*bolt*) - bol berukuran M5x1.25 dengan panjang 15mm digunakan sebagai pengikat galas ke perumah pinan ditunjukkan dalam Gambar rajah 12.



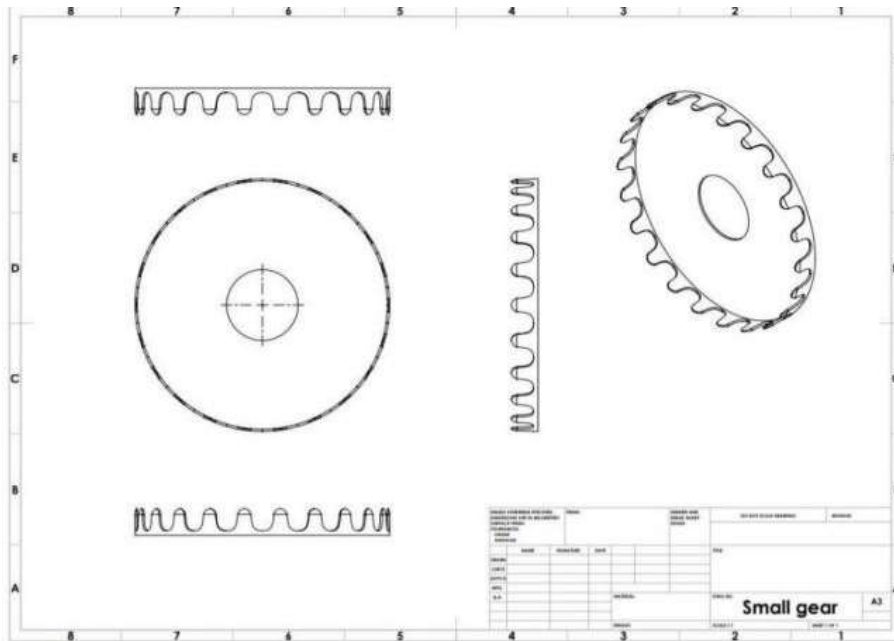
Gambar rajah 5. Gambarajah skematik keseluruhan sistem pemacuan gegancu muka.



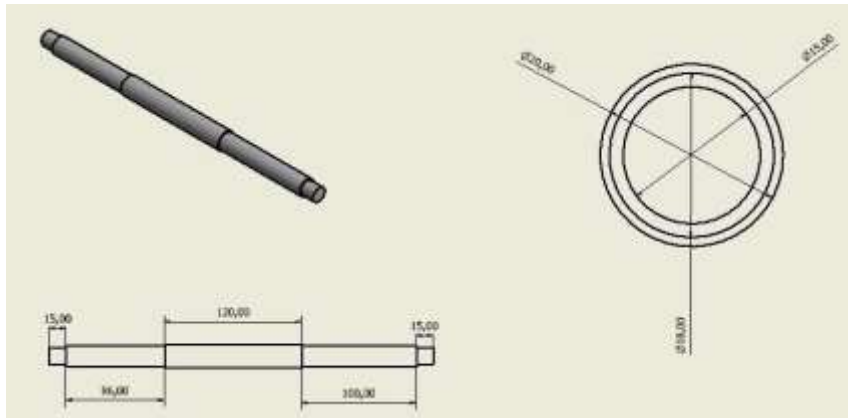
Gambar rajah 6. Lukisan pemasangan komponen sistem pemacuan gegancu muka bersama BOM.



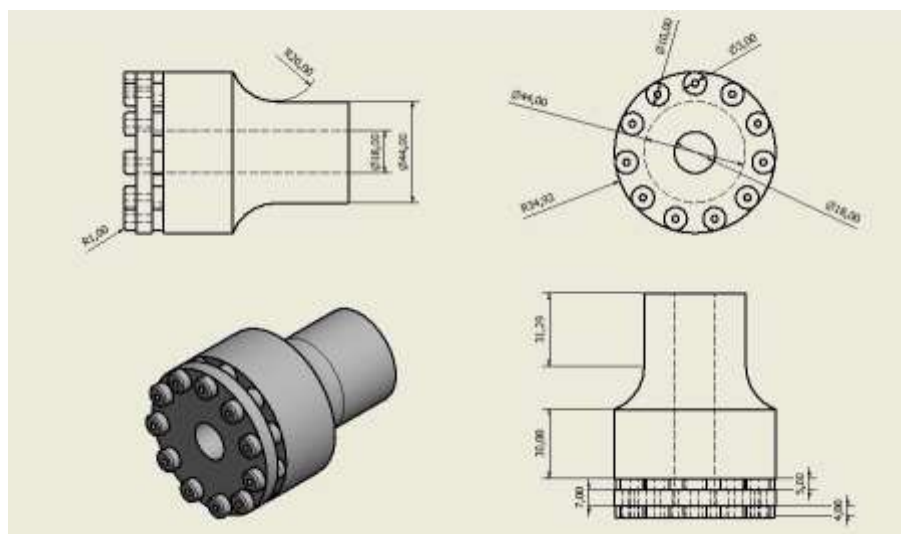
Gambar rajah 7(i). Rekabentuk gegancu muka pemacu.



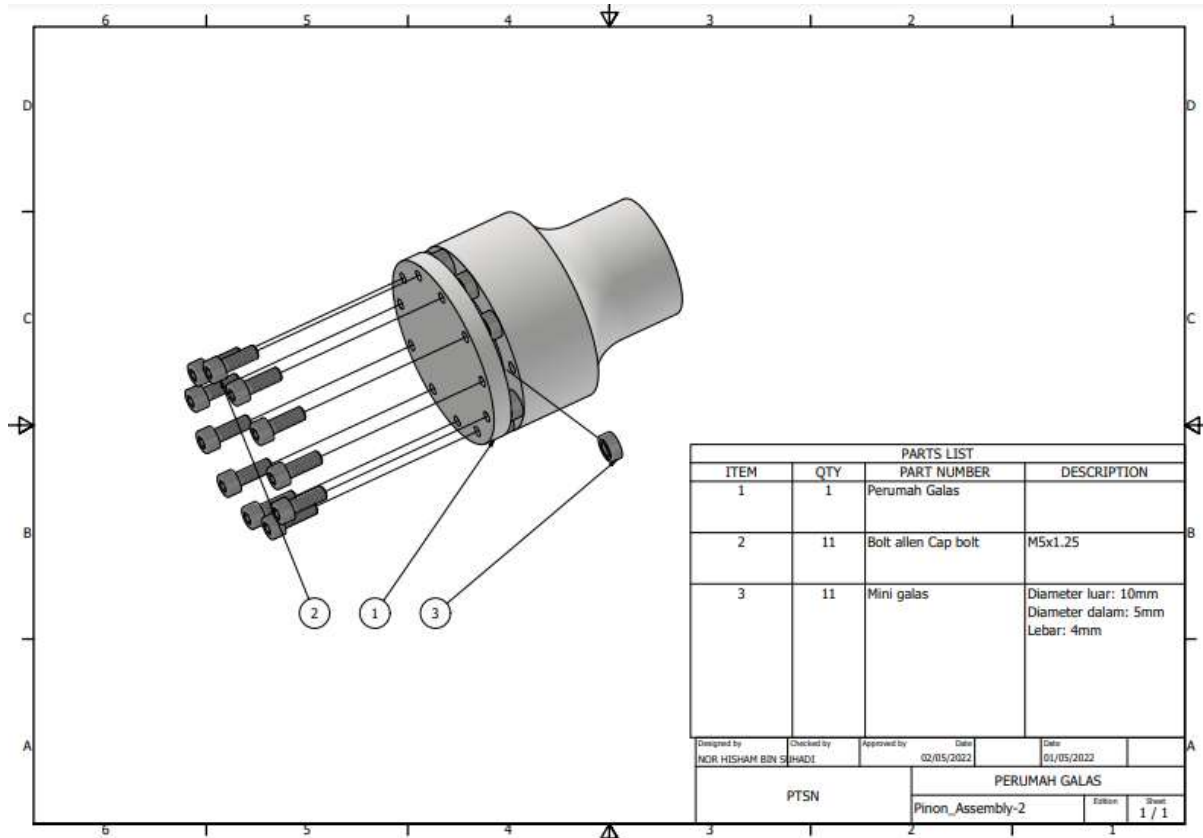
Gambar rajah 7(ii). Rekabentuk gegancu muka terpacu.



Gambar rajah 8. Aci sebagai penyambung antara kedua-dua pinan.



Gambar rajah 9. Reka bentuk pinan.



Gambar rajah 10. Kedudukan galas di dalam pinan.



Gambar rajah 11. Galas mini (miniature bearing)



Gambar rajah 12. Bol

Proses Fabrikasi

Dalam membangunkan Basikal Tanpa Rantai - Pemacu Gegancu Muka ini, proses pembuatan memerlukan peralatan seperti mesin kisar, mesin larik, dan kelengkapan kimpalan diguna. Mesin larik dan mesin kisar digunakan semasa proses memesis gigi gegancu muka dan memesis perumah galas pada pinan. Mata alat pemotong gegancu yang digunakan adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar rajah 13, gigi gegancu dihasilkan mengikut saiz seperti lakaran akhir. Semasa memesis gigi gegancu dan perumah galas aksesori kepala pembahagi (*indexing head*) diperlukan bagi mendapatkan kedudukan gigi gegancu dan perumah galas yang seragam.

Antara proses yang ditunjukkan adalah proses menanda gigi gegancu, (Gambar rajah 14), proses *slotting* tengah gegancu (Gambar rajah 15), proses *boring* bahagian tengah pinan (Gambar rajah 16) dan seterusnya proses mengubah suai rangka basikal (Gambar rajah 17). Manakala kelengkapan/peralatan kimpalan telah digunakan semasa proses mengubah suai kerangka basikal.



Gambar rajah 13. Mata alat pemotong gegancu



Gambar rajah 14. Proses menanda gigi gegancu.



Gambar rajah 15. Proses *slotting* tengah gegancu



Gambar rajah 16. Proses *boring* tengah pinan



Gambar rajah 17. Proses mengubahsuai rangka basikal

HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Kajian yang dilaksanakan bagi menghasilkan reka bentuk gegancu muka, reka bentuk gegancu (*sprocket*) basikal digunakan sebagai analisis bagi menentukan saiz *pitch* yang akan digunakan pada sistem ini. Bagi memastikan pasangan pinan dan gegancu muka dapat berfungsi dengan baik dan lancar pic gigi gegancu muka dan perumah galas pinan mesti sama. Ini dapat dibuktikan dari hasil analisa dan pengiran yang tepat telah dibuat. Gambar rajah 18 menunjukkan komponen gegancu muka yang telah dipasang pada basikal daripada pandangan atas dan Gambar rajah 19 daripada pandangan sisi. Manakala komponen yang telah dimesin sebelum pemasangan ditunjukkan di dalam Gambar rajah 20.



Gambar rajah 18. Komponen pemasangan gegancu muka pada basikal pandangan atas.



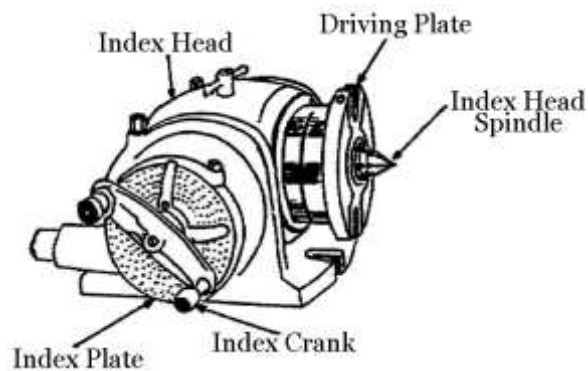
Gambar rajah 19. Komponen pemasangan gegancu muka pada basikal pandangan sisi.



Gambar rajah 20. Komponen gegancu yang telah siap proses pemesinan.

Pengiraan Reka Bentuk Pinan

Rekabentuk gegancu muka dan pinan memerlukan penggunaan mesin kisar dan kepala pembahagi bagi menghasilkan gigi gagancu seimbang. Gambar rajah 21, kepala pembahagi dengan plate index Brown & Sharp [8]. Rujukan nombor pada Plate Brown & Sharp Kepala Pembahagi 26, 30, 34, 38, 41, 44, 48, 51, 57.



Gambar rajah 21. Kepala Pembahagi (*indexing head*).

Bagi menentukan saiz pinan dengan kerangka basikal sedia ada, 11 buah bilangan galas dengan pic 0.625 inci ditetapkan. Analisa di bawah dibuat bagi menentukan diameter pic perumahan galas dan pinan. Maka persamaan pengiraan diameter pic adalah;

Rumus bagi diameter pic gegancu mengikut ISO 606

$$PCD = \frac{PIC}{\sin 180/N} \quad (1)$$

Dimana;

PCD = Diameter Pic

Pic = 0.625 inci dipilih mengikut saiz rantai no 50

N = 11 gigi

$$PCD_p = \frac{0.625}{\sin 180/11} = 2.2 \text{ inci}$$

Analisa bagi memilih plate Brown & Sharp pada kepala index;

$$\frac{90}{11} = 8 \frac{2}{11}$$

Oleh kerana tiada bilangan 11 lubang pada plat Brown & Sharp dan bilangan lubang yang perlu digunakan 44 lubang maka;

$$\frac{\text{Bilangan Putaran "Index Crank"(90)}}{\text{Bilangan Bahagian yang Diperlukan}} = 8 \frac{2}{11} = 8 \frac{2 \times 4}{11 \times 4} = 8 \frac{8}{44}$$

Membawa maksud; setiap satu bahagian memerlukan "Index Crank" di pusing 8 pusingan dan 8 lubang daripada 44 lubang "Index Plate".

Pengiraan bagi Gegancu Muka

Bagi menentukan diameter pic gegancu muka dipacu dan terpacu menggunakan persamaan (1). Bilangan gigi gegancu muka belakang (terpacu) 22 gigi, manakala gegancu depan (pemacu) 32 gigi.

Pic = 0.625 inci , cari nilai *pitch diameter*:

$$\begin{aligned} \text{Pic Diameter Gegancu Terpacu} \quad PCD_{s2} &= \frac{0.625}{\sin 180/22} \\ &= 4.46 \text{ inci} \end{aligned}$$

Bundarkan nilai 4.46inch kepada 4.5inch.

Persamaan (2) ialah analisa bagi memilih plate Brown & Sharp pada kepala index ;

$$\frac{90}{22} = 4 \frac{2}{11} = 4 \frac{2 \times 2}{11 \times 2} = 4 \frac{4}{22} \quad (2)$$

Persamaan (2) membawa maksud; setiap satu bahagian memerlukan "Index Crank" di pusing 4 pusingan dan 4 lubang daripada 44 lubang "Index Plate".

$$\begin{aligned} \text{Pic Diameter Gegancu Pemacu } PCD_{s1} &= \frac{0.625}{\sin 180/32} \\ &= 7.0 \text{ inci} \end{aligned}$$

Kemudian, gunakan 'indexing disk' di mesin kisar,

$$\frac{90}{32} = 2 \frac{26/2}{32/2} = 2 \frac{13 \times 3}{16 \times 3} = 2 \frac{39}{48} \quad (4)$$

Persamaan (4) membawa maksud; setiap satu bahagian memerlukan "Index Crank" dipusing 2 pusingan dan 39 lubang daripada 48 lubang "Index Plate".

KESIMPULAN

Di akhir projek ini, objektif projek dicapai iaitu menghasilkan satu sistem pacuan yang menggunakan sistem aci dan gegancu muka. Sistem yang direka bentuk secara teknikal dan mengikut konsep dan spesifikasi asal rekaan basikal ini hanya mengubah sistem pacuan sahaja iaitu tanpa rantai yang dapat mengurangkan proses dan kos selenggaraan. Penyelidikan dan pembangunan berterusan harus dijalankan supaya sistem pemacu gegancu muka ini dapat diaplikasikan dan diperoleh di pasaran.

RUJUKAN

- Fregly, B. J., Zajac, F. E., & Dairaghi, C. A. (2000). Bicycle drive system dynamics: theory and experimental validation. *J. Biomech. Eng.*, 122(4), 446-452.
- SLM Bicycle. (2022). One of the Largest Bicycle Distributors in Malaysia. <https://www.slm-bicycle.com/about-slm-bicycle/>.
- Neo. (2010). Spring Penyerap Hentakan dan Gear. <https://neocycle.blogspot.com/2010/11/spring-penyerap-hentakan-dan-gear.html?view=flipcard>.
- Galvin, P., & Morkel, A. (2001). The Effect of Product Modularity on Industry Structure: The Case of The World Bicycle Industry. *Industry and Innovation*, 8(1), 31.
- Whitt, F. R., and Wilson, D. G. (1990). *Bicycling Science*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Jelaska, D. T. (2012). *Gears and Gear Drives*. John Wiley & Sons, 16-40.
- International Standard ISO 606. (2015). Short-pitch Transmission Precision Roller and Bush Chains, Attachments and Associated Chain Sprockets.
- Creese, R. (2017). *Introduction to Manufacturing Processes and Materials*. McGraw Hill. Second Edition.