

PERANCANGAN DAN ANALISIS STRUKTUR POROS *BOOM BARRIER GATE* MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK SOLID WORKS

Levin Halim

Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan
e-mail: halimlevin@unpar.ac.id

ABSTRAK

Gerbang penghalang merupakan sebuah alat untuk mengatur keluar masuk kendaraan ke dalam sebuah area yang dapat dikontrol secara elektrik. Pada penelitian ini dijabarkan desain gerbang penghalang dengan mekanisme pergerakan rocker crank dengan per tarik sebagai pengimbang beban. Desain konsep dari gerbang penghalang menghasilkan rancangan dengan dimensi tinggi 915mm, panjang 4350mm, dan lebar 400mm, dan struktur poros menggunakan baja pejal dengan diameter 35mm untuk poros transmisi dan 40mm untuk poros penggerak. Berdasarkan desain konsep tersebut, analisis mengenai maximum shear stress theory, faktor keamanan terhadap kemampuan poros untuk menahan tegangan geser, dan tegangan puntir dari beban yang ada dilakukan. Perhitungan shear stress menunjukkan pada poros transmisi mendapatkan beban sebesar 330,68 MPa dan poros daya mendapatkan beban sebesar 251,22 Mpa. Perbandingan nilai tegangan geser dengan nilai tegangan ultimit baja diperoleh nilai faktor keselamatan sebesar 1,81 untuk poros transmisi dan 2,38 untuk poros daya. Oleh karena itu, desain konsep barrier gate seperti aman, perawatan mudah, biaya murah serta kemungkinan dapat dibuat, dan seluruh kriteria tersebut dapat terpenuhi.

Kata kunci: Boom barrier gate, tegangan geser dan tegangan puntir, poros, faktor keamanan.

ABSTRACT

The barrier gate is a device for managing the entry and exit of vehicles into an area. In this journal, we describe the barrier gate design with the mechanism of rocker crank movement with tension spring as a load balancer. The conceptual design of the barrier gate resulted in a design with 915mm high dimensions, 4350mm length, and 400mm width, and a shaft structure using solid steel with a diameter of 35mm for the transmission shaft and 40mm for the drive shaft. From the concept design, static analysis and safety factors are carried out manually on the ability of the shaft to withstand shear stresses and twisting stresses of the existing load. From the concept design, a maximum shear stress theory analysis and safety factors are carried out on the shaft's ability to withstand shear stresses and twisting stresses of existing loads. The shear stress calculation shows the transmission shaft gets a load of 330.68 MPa and the power shaft gets 251.22 Mpa of load. The comparison of shear stress to the ultimate stress value of steel obtained a safety factor value of 1.81 for the transmission shaft and 2.38 for the power shaft. Therefore, the barrier gate concept design such as safe, easy maintenance, low cost and the possibility can be made, and all of the criteria mentioned can be met.

Keywords: Boom barrier gate, shear stress, shaft, safety factor.

PENDAHULUAN

Perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2017 terjadi peningkatan jumlah kendaraan penumpang roda empat sebanyak 912.402 dan kendaraan roda dua sebanyak 7.880.711 dari tahun sebelumnya [1]. Berbagai macam jenis kendaraan pribadi seperti *LCGC*, *city car*, *MPV*, hingga *SUV* ikut andil terhadap peningkatan jumlah kendaraan pada setiap tahunnya. Selain itu industri otomotif di Indonesia sedang mengalami peningkatan sebesar 39 persen dari tahun 2018 [2]. Seiring dengan jumlah peningkatan kendaraan pada setiap tahunnya, hal tersebut membawa dampak negatif terhadap manajemen kendaraan terutama di kota-kota besar di Indonesia.

Dalam rangka meningkatkan level manajemen kendaraan bermotor di Indonesia, *boom barrier gate* merupakan salah satu solusi yang diperlukan untuk mengatur keluar masuknya kendaran. *Boom barrier gate* merupakan sebuah gerbang otomatis yang digunakan untuk memblokir akses kendaraan menuju sebuah area. *Barrier gate* umumnya digunakan di pintu masuk parkir gedung perbelanjaan, sekolah dan akses jalan tol.

Barrier gate digunakan untuk menjadi penghalang akses keluar dan masuk pada sebuah area tertentu. Alat tersebut terdiri dari sebuah struktur utama yang bersifat tetap, struktur utama terbuat dari metal yang memiliki tiang sebagai penghalang akses. Tiang penghalang pada *barrier gate* beroperasi secara elektrik menggunakan sebuah motor sebagai penggerak untuk memblokir akses serta dapat membuka akses ketika autentifikasi telah dilakukan. *Barrier gate* ini dapat dengan mudah diintegrasikan dengan perangkat-perangkat pendukung lainnya seperti mesin tiket dan mesin autentifikasi. Selain dapat diintegrasikan dengan perangkat-perangkat pendukung lainnya, *barrier gate* juga dapat diintegrasikan dengan alarm kebakaran untuk menangani situasi darurat dan jika terjadi pemadaman listrik *barrier gate* ini dapat dibuka atau ditutup secara manual menggunakan engkol darurat.

Pada desain *barrier gate* ini terdapat beberapa fitur utama seperti penggunaan motor AC, per tarik sebagai pengimbang beban [3], engkol manual, dan material tahan karat. Penggunaan motor AC pada *barrier gate* bertujuan agar harga jual alat yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan desain-desain lain yang menggunakan motor servo industri sebagai penggerak utamanya. Putaran motor AC yang terhubung dengan *gearbox* akan dikurangi bebannya menggunakan per tarik sebagai pengimbang beban, selain sebagai pengimbang beban per tarik dan *gearbox* berfungsi sebagai pengaman apabila terjadi pemadaman listrik secara tiba-tiba maka palang tidak akan langsung jatuh. Ketika *barrier gate* tidak mendapatkan pasokan listrik, palang tetap dapat dibuka menggunakan engkol manual yang terhubung dengan poros motor AC. *Barrier gate* ini dapat disimpan di pintu masuk dalam ruangan dan luar ruangan karena terbuat dari material tahan karat dan komponen di dalamnya terinsulasi dengan baik.

Analisis struktur poros pada desain *barrier gate* dilakukan untuk memastikan kemampuan poros yang menahan beban palang [4]. Perhitungan dari kekuatan struktur poros berkaitan dengan faktor keamanan dari desain *barrier gate* [5]. Faktor keamanan didefinisikan sebagai rasio antara kekuatan material dan nilai tegangan maksimum [6]. Analisis struktur poros dilakukan secara manual menggunakan *maximum shear stress theory* [7] dengan memperhatikan bentuk beban yang diterima oleh poros, diameter poros, dan bentuk poros.

METODE PENELITIAN

Tahapan perancangan merupakan tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan suatu produk dengan spesifikasi yang diinginkan [8,9,10]. Proses perancangan dilakukan melalui enam bagian utama [11], berikut akan dijabarkan tahapan-tahapan dalam perancangan alat *boom barrier gate*. 1) Identifikasi dan analisis kebutuhan: pembuatan desain *barrier gate* ini diharapkan memenuhi beberapa kriteria yang telah dikumpulkan. 2) Pembuatan desain awal: pembuatan desain awal didasari dari kumpulan ide-ide dan beberapa kriteria utama yang selanjutnya dituangkan ke sketsa awal. 3) Penghitungan kekuatan poros *barrier gate*: perhitungan kekuatan poros *barrier gate* dilakukan guna mendapatkan nilai *stress* yang diterima oleh poros dari beban tiang penghalang. 4) Penghitungan nilai faktor keamanan dari poros *barrier gate*: penghitungan faktor keamanan dilakukan untuk mendapatkan nilai seberapa aman desain *barrier gate* dan memenuhi kriteria aman pada kriteria utama. 5) Analisis desain awal: dari desain awal yang telah dihasilkan kemudian dianalisa dengan beberapa kriteria seperti kemungkinan pembuatannya, aman, penggunaan mudah, dan perawatan mudah. Setelah kriteria-kriteria terpenuhi, maka dilakukan pengembangan ide-ide guna menyempurnakan desain awal. 6) Pembuatan desain akhir: setelah dilakukan analisa dan pengembangan ide-ide dari desain awal, maka selanjutnya ditentukan model seperti apa yang akan dibuat. Desain akhir digunakan sebagai acuan utama dalam pembuatan alat. Tahapan penelitian digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan *Barrier Gate*

Setelah semua langkah-langkah dilakukan maka pada akhirnya dihasilkan desain akhir *barrier gate*.

Perhitungan terhadap Kekuatan Poros *Barrier Gate*

Boom memiliki panjang 4m dengan massa 5kg. dari hal tersebut dilakukan perhitungan terhadap kekuatan pada poros. Beban pada poros transmisi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\tau = r \times F \tag{1}$$

Dimana: τ merupakan torsi (Nm)

r adalah lengan gaya (m)

F adalah gaya yang diberikan tegak lurus terhadap lengan (N)

Dengan mengasumsikan batang gerbang merupakan batang homogen dengan panjang 4m maka *transmission shaft* akan mengalami momen bending dan momen puntir. Maka perancangan poros harus didasarkan pada kedua momen tersebut. Berikut merupakan persamaan perhitungan momen puntir pada poros [3]:

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} \tag{2}$$

Dimana: τ merupakan torsional *shear stress*

r adalah jari jari poros

J adalah momen inersia polar

T merupakan torsi

Transmission shaft pada rancangan ini menggunakan poros tipe solid, maka momen inersia polar poros tersebut dapat dijabarkan dalam persamaan berikut ini:

$$J = \frac{\pi}{32} \times d^4 \quad (3)$$

Sehingga didapatkan momen puntir pada poros sebagai berikut:

$$\frac{T}{\frac{\pi}{32} \times d^4} = \frac{r}{\frac{d}{2}} \quad (4)$$

Jika persamaan empat (4) disederhanakan diperoleh persamaan momen punter untuk poros solid sebagai berikut:

$$T = \frac{\pi}{16} \times \tau \times d^3 \quad (5)$$

Selanjutnya perhitungan momen bending terhadap poros dapat dijabarkan oleh persamaan berikut:

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma b}{y} \quad (6)$$

Dimana: M merupakan momen lentur poros.

I adalah momen inersia.

σ adalah momen bending.

y merupakan jari-jari poros.

Untuk poros solid (*solid shaft*), besarnya momen inersia dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{\pi}{64} \times d^4 \quad (7)$$

Sehingga diperoleh momen inersia pada poros dengan mendistribusikan persamaan tujuh ke dalam persamaan enam sebagai berikut:

$$M = \frac{\pi}{32} \times \sigma b \times d^3 \quad (8)$$

Karena terdapat kombinasi antara momen bending dan momen puntir pada poros maka dilakukan kalkulasi terhadap *maximum shear stress theory* atau *guest's theory* [4] bahwa besarnya tekanan geser maksimum dapat dijabarkan oleh persamaan berikut:

$$\tau_{maks} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma b)^2 + (4\tau)^2} \quad (9)$$

Dengan mensubstitusikan nilai σb dan τ maka dapat diperoleh persamaan:

$$\tau_{maks} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{32M}{\pi d^3}\right)^2 + \left(4 \frac{16T}{\pi d^3}\right)^2} \quad (10)$$

$$\tau_{maks} = \frac{16}{\pi d^3} [\sqrt{M^2 + T^2}] \quad (11)$$

Pernyataan $\sqrt{M^2 + T^2}$ dikenal sebagai *equivalen twisting moment* yang disimbolkan dengan Te . Selanjutnya berdasarkan *maximum normal stress theory* didapatkan persamaan:

$$\sigma b_{maks} = \frac{1}{2} \sigma b + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma b)^2 + (4\tau)^2} \quad (12)$$

Dari persamaan 12 didapatkan nilai maksimum tegangan geser pada *transmission shaft*. Untuk poros daya berlaku juga demikian.

Perhitungan terhadap Nilai *Safety Factor* pada Poros *Barrier Gate*

Berdasarkan kriteria utama dalam proses desain awal, *barrier gate* harus bersifat aman. Untuk memenuhi kriteria utama maka dilakukan perhitungan faktor keamanan terhadap poros pada *barrier gate*. Perhitungan faktor keamanan dilakukan dengan metode tegangan kerja [3] dengan persamaan sebagai berikut:

$$Sf = \frac{Fu}{Fi} \quad (13)$$

Dimana: *Sf* adalah faktor keamanan
Fu adalah tegangan ultimate
Fi adalah tegangan ijin

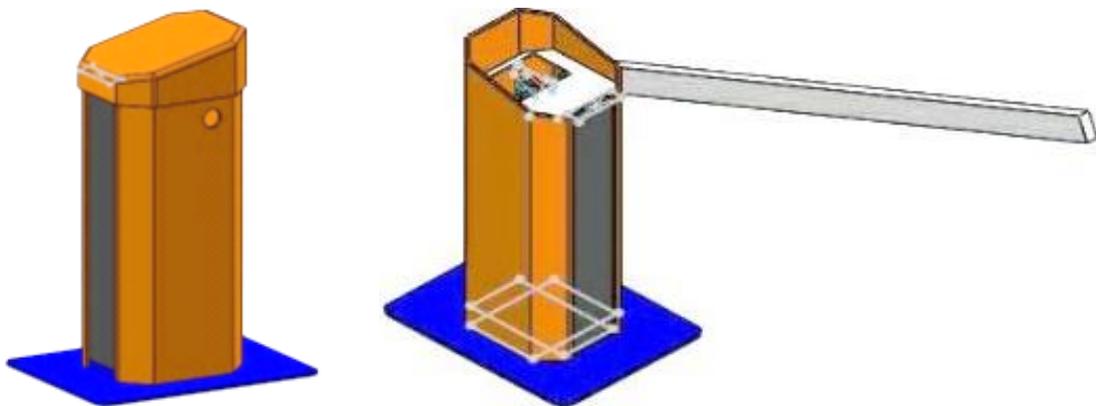
Dengan nilai tegangan ultimate didapatkan berdasarkan tabel tegangan ultimate material tertentu. Nilai tegangan ultimate untuk *steel* adalah sebesar 600 MPa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perancangan dilakukan berdasarkan diagram alir pada Gambar 1. Pada diagram alir tersebut proses perancangan diawali dengan identifikasi dan analisis kebutuhan, dalam proses ini ditentukan beberapa target yang ingin dicapai dalam proses perancangan yaitu menciptakan *barrier gate* yang aman, perawatan mudah, biaya murah dan kemungkinan dapat dibuat.

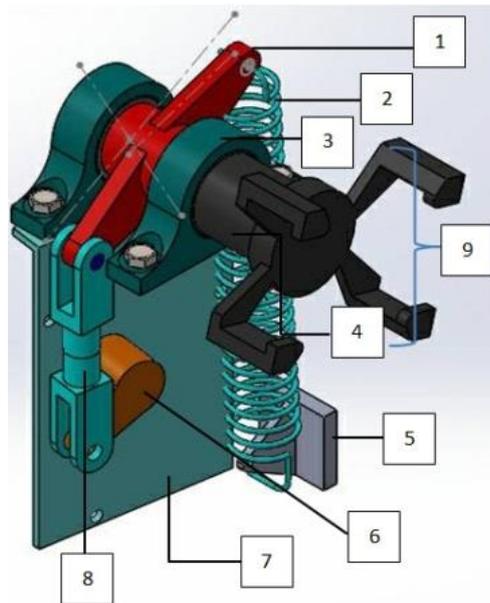
Hasil Perancangan *Barrier Gate*

Dari keempat poin tersebut selanjutnya dilakukan proses sketsa awal. Kumpulan sketsa-sketsa desain dituangkan ke aplikasi *solidworks* untuk menjadi desain 3 dimensi dan setelah mengalami beberapa kali penyempurnaan diperoleh desain akhir *barrier gate* yang dapat di lihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Desain Isometri *Barrier Gate*

Gambar 2 merupakan gambar *isometric* dari desain keseluruhan *barrier gate*. Selubung (*casing*) dari gerbang penghalang berfungsi sebagai pengaman komponen-komponen di dalamnya. Bahan dari selubung gerbang penghalang bersifat tahan karat dan tahan terhadap cuaca sehingga selubung dapat melindungi komponen-komponen di dalamnya dengan baik. Pada selubung gerbang penghalang terdapat bagian atas yang dapat dibuka tutup, sehingga memudahkan akses ke komponen di dalamnya. Kemudahan akses ke komponen di dalam selubung gerbang penghalang berkaitan dengan kemudahan perawatan komponen-komponen gerbang penghalang.



Gambar 3. Desain Mekanisme Gerak *Barrier Gate*

Gambar 3 adalah gambar *isometric* dari sistem penggerak gerbang penghalang. Penggunaan per tarik sebagai pengimbang beban akan mengurangi beban motor, sehingga umur pakai motor akan lebih panjang. Selain untuk memperingan kinerja motor, per tarik merupakan sebuah alat pengaman ketika terjadi pemadaman listrik sehingga tiang penghalang tidak langsung menutup dengan cepat.

Selubung gerbang penghalang terbuat dari material anti karat sehingga dapat melindungi komponen di dalamnya dari pengaruh cuaca. Selain melindungi komponen mekanik dan elektrik gerbang penghalang, selubung juga berfungsi sebagaiudukan komponen-komponen sepertiudukan motor,udukan *pillow block* danudukan komponen elektrik.

Penggunaan *pillow block* seperti Gambar 3 sebagai pencengkram poros didasari dari kriteria perawatan mudah. Perawatan *pillow block* hanya sebatas pemberian pelumasan secara berkala. Apabila *pillow block* mengalami kerusakan pada *bearing*, penggantian cukup hanya pada bagian *bearing* tanpa harus mengganti *housing* dari *pillow block* tersebut. Per tarik akan memberikan gaya sebesar 100N yang berfungsi sebagai pengimbang beban.

Komponen Gerbang Penghalang

Pada Gambar 3 yang merupakan mekanisme *barrier gate* memiliki beberapa komponen utama antara lain:

- 1) *Rocker Arm*: berfungsi sebagai penggerak *transmission shaft*, komponen ini terhubung dan menerima gaya dari *connecting rod*.
- 2) *100 Newton Spring*: komponen terhubung dengan *rocker arm* yang berfungsi meringankan kerja motor (*counterbalance*).
- 3) *Pillow block*: berfungsi untuk menjaga agar *transmission shaft* tetap berada pada porosnya. Komponen ini memerlukan perawatan berkala seperti pengecekan pelumasan *bearing*.
- 4) *Transmission Shaft*: komponen ini digerakan oleh *rocker arm* dan menggerakkan *rod splint*.
- 5) *Spring fixed plate*: memiliki fungsi menahan spring agar tetap pada tempatnya.
- 6) *Power Shaft*: power shaft menerima torsi dari *gearbox* motor AC dan menyalurkan torsi tersebut ke *connecting rod*.

- 7) *Fixed Plate*: berfungsi sebagai *housing* dari sistem gerak *barrier gate* ini.
- 8) *Conecting Rod*: berfungsi sebagai penyalur torsi dari *power shaft* ke *transmision shaft*.
- 9) *Rod Splint*: berfungsi mencengkram *boom*.

Cara Kerja Gerbang Penghalang

Gerbang penghalang digerakan oleh motor AC yang terhubung dengan *gearbox worm gear*. Selanjutnya output dari *worm gear* terhubung langsung dengan *power shaft*. Torsi dari *power shaft* ditransmisikan ke *rocker arm* menggunakan *connecting rod*. *Transmission shaft* yang terhubung dengan *rod splint* mendapatkan torsi dari *rocker arm*. Pada salah satu sisi *rocker arm* terhubung dengan per sehingga meringankan kerja motor, per berfungsi sebagai *counter balance* dari berat yang dihasilkan oleh boom yang di cengkram oleh *rod splint*.

Penggunaan motor AC sebagai penggerak utama gerbang penghalang akan menekan harga produksi jika dibandingkan dengan penggunaan motor servo industri yang jauh lebih mahal harganya. Poros motor AC terhubung secara langsung dengan poros input *gearbox worm gear*, *gearbox* jenis ini memiliki mekanisme *self locking* sehingga ketika terjadi pemadaman listrik dan motor AC kehilangan dayanya, tiang penghalang akan tetap berada pada posisinya. Keluaran *gearbox* terhubung langsung dengan poros daya dan akan mentransmisikan torsi dari *gearbox* ke *rocker arm*. Pada *rocker arm* terdapat per tarik dan berfungsi sebagai pengimbang beban tiang penghalang, sehingga beban yang diterima motor akan berkurang.

Analisis Struktur

Berdasarkan perhitungan yang telah dibahas sebelumnya, maka didapatkan hasil yang bias dilihat pada Tabel 1. Dari nilai *maximum shear stress* dan dibandingkan dengan nilai tegangan ultimate untuk baja maka dihasilkan faktor keamanan untuk masing-masing porosnya.

Tabel 1. Hasil Analisis Struktur

No	Hasil Analisis	Bagian yang Dianalisis	
		<i>Transmission Shaft</i>	<i>Power Shaft</i>
1	Torsi Poros	250 N	150 N
2	<i>Maximum Shear Stress</i>	330,68 MPa	251,22 MPa
3	<i>Safety Factor</i>	1,81	2,38

Berdasarkan Tabel 1 hasil analisis dan perhitungan struktur didapatkan kedua poros memiliki faktor keamanan lebih besar dari satu, hal tersebut membuktikan bahwa material baja (*steel*) dapat digunakan sebagai *transmission shaft* dan *power shaft*. Terdapat beberapa material lain yang dapat digunakan sebagai poros dari *barrier gate* seperti *aluminium* dan *stainless steel*, penggunaan material tersebut masih dalam batas aman faktor keselamatan

Penggunaan material baja juga mempermudah dan menekan biaya fabrikasi. Material baja lebih mudah dalam proses fabrikasi jika dibandingkan dengan material seperti *aluminium* dan *stainless steel*, dalam proses *joining* material baja lebih ekonomis. Proses penyambungan baja dapat dilakukan dengan *arc welding* yang biayanya lebih rendah jika dibandingkan proses *mig welding* untuk aluminium.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan *barrier gate* dan analisis statik kekuatan poros pada *barrier gate* maka dihasilkan desain *barrier gate* dengan dimensi tinggi 915mm x panjang 4350mm x lebar 400mm, dan struktur poros menggunakan baja pejal dengan diameter

35mm untuk poros transmisi dan 40mm untuk poros penggerak. Dari hasil perhitungan *shear stress*, poros transmisi mendapatkan beban sebesar 330,68 MPa dan poros daya mendapatkan beban sebesar 251,22 Mpa. Berdasarkan perbandingan nilai tegangan geser dengan nilai tegangan ultimate baja diperoleh nilai faktor keselamatan sebesar 1,81 untuk poros transmisi dan 2,38 untuk poros daya. Berdasarkan hasil perhitungan nilai faktor keselamatan, poros pada desain gerbang penghalang ini aman untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik–Jumlah kendaraan bermotor. 2019 [Online] Available: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>
- [2] Kementerian Perindustrian–Peningkatan perindustrian otomotif. 2019 [Online] Available: <http://www.kemenperin.go.id/artikel/1418/Industri-Otomotif-Tahun-Ini-Tumbuh-39-Persen>
- [3] Osakue, E., Anetor, L., & Odetunde, C. 2015. Fatigue Shaft Design Verification for Bending and Torsion. *International Journal of Engineering Innovations and Research*, 4(1), pp. 197-206.
- [4] Poghosyan, A., Manu, P., Mahdjoubi, L., Gibb, A.G.F., Behm, M., & Mahamadu, A.M. 2018. Design for Safety Implementation Factors: a literature review. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(5), pp.783-797.
- [5] Byrne1, C.S., Chambers, E.S., Morrison, D.J., and Frost G. 2015. The Role of Short Chain Fatty Acids in Appetite Regulation and Energy Homeostasis, *International Journal of Obesity*, 39, pp.1331–1338. doi:10.1038/ijo.2015.84
Available from: https://www.researchgate.net/figure/Flowchart-outlining-the-methods-used-for-research-paper-selection_fig2_276360212 [accessed 28 May, 2019].
- [6] Callister, Jr. W.D. 1994. *Material Science and Engineering*. John Willey and Sons, Inc, New York.
- [7] Hamrock, B.J., Schmid, S.R., & Jacobson, S.Bo.O. 1999. *Fundamentals of Machine Element*. Singapore: Mc Graw-Hill.
- [8] Setiawan, J.D., Caesarendra W., & Ariyanto M. 2015. Perancangan Struktur Frame Quadrotor. ROTASI, *Jurnal Teknik Mesin*, 17(3), pp. 130-136.
- [9] Adianto, & Pratama A.Y. 2016. Perancangan Kursi Tunggu Untuk Ibu Hamil dan Lansia Pada Stasiun Kereta Secara Ergonomis. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri: Jurnal Keilmuan Teknik dan Manajemen Industri*, 4(3), pp. 192-197.
- [10] Ariyanti, S., & Arifin, K. 2019. Perancangan Ulang *Extrusion Torque* Untuk Instalasi Panel Kaca Dengan Pendekatan Ergonomi. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri: Jurnal Keilmuan Teknik Dan Manajemen Industri*, 7(1), pp. 8-15.
- [11] Khurmi, R.S., & Gupta J.K. 1982. *A Text Book of Machine Design*. Ram Nagar-New Delhi. Eurasia Publishing House.