

Analisa *Transient Structural Disc-Brake* Dengan Material Yang Berbeda menggunakan *Software Finite Element*

Arif Dzaky Abbari, Iwan Nugraha Gusniar, Reza Setiawan

Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang
1710631150043@student.unsika.ac.id, iwan.nugraha@ft.unsika.ac.id,
reza.setiawan@ft.unsika.ac.id

Abstract

One of the causes of traffic accidents is the vehicle factor caused by the brake system that is not functioning properly. Brakes are a very important component in a vehicle, its function is to reduce the kinetic energy of the vehicle where the safety of the driver is very dependent on this component. Materials are very important role in the design of disc brakes, the main factor in the braking process is friction, and each material has its own friction coefficient. In the automotive industry there are many types of disc brake materials, so it is necessary to conduct a more indepth study on the effect of the disc brake material to determine the deformation, stress and strain that happen during the braking process. The method we used is to design a disc brake on solidworks and simulate it in ansys 19.2 software to find the structural transient values of gray cast iron, aluminum alloy, stainless steel, and titanium alloy materials. The result of this research is a data on the transient structural disc brake of the Vario 125 CBS motorcycle with the highest maximum total deformation happens in the gray cast iron material of 8.4965 mm. For the maximum value of equivalent elastic strain, the highest happens in aluminum alloy material at 0.012275 mm/mm. For the highest maximum equivalent stress value happens in stainless steel material at 1494.3 Mpa.

Keywords: *Transient Structural, Disc Brake, Deformation, Strain, Stress*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).

PENDAHULUAN

Salah satu penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas adalah faktor kendaraan yang disebabkan karena sistem rem tidak berfungsi dengan baik [1]. Rem merupakan komponen yang sangat penting dalam sebuah kendaraan berfungsi mereduksi energi kinetik kendaraan, keselamatan pengemudi sangat bergantung pada komponen ini [2]. Sistem pengereman memperlambat kendaraan dengan mengubah energi kinetik /gerak kendaraan menjadi energi panas. Perubahan energi ini didapat dari gesekan antara komponen *disc-brake* yang dipasang pada roda kendaraan bermotor dengan kampas rem, panas yang bangkit juga diserap oleh kedua komponen tersebut [3],[4].

Pengereman jangka panjang dapat menyebabkan hal-hal yang tidak diinginkan seperti berkurangnya daya pengereman akibat memudarnya rem, ketidakstabilan termoelektis, keausan prematur komponen rem, menguapnya minyak rem, kegagalan *bearing*, dan retakan pada *disc-brake* [5]. Material memiliki peran yang sangat penting dalam perancangan *disc-brake*, faktor utama dari proses pengereman merupakan gesekan, dan setiap material memiliki koefisien gesekannya sendiri [6].

Di dunia otomotif banyak *disc-brake* dengan jenis material yang berbeda, sehingga diperlukan kajian lebih mendalam tentang pengaruh material *disc-brake* ini. Perkembangan teknologi memungkinkan

untuk menggunakan perangkat lunak untuk mensimulasikan proses pengereman serta melakukan analisa *transient structural* pada komponen rem, untuk mengetahui deformasi, tegangan, dan regangan yang terjadi pada saat proses pengereman.

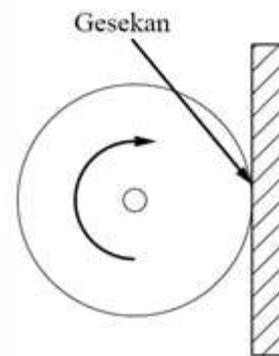
KAJIAN LITERATUR

Penelitian ini didasari oleh penelitian-penelitian sebelumnya, seperti. Penelitian pertama berjudul “*Structural Analysis of Disc Brake Rotor for Different Materials*” oleh Harshal Suresh Shinde. Dalam penelitiannya, mencari temperatur permukaan *disc-brake* dengan material yang berbeda, untuk mencari material alternatif terbaik dalam perancangan *disc-brake*. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen pada *disc-brake* dengan lima material yang berbeda yaitu Aluminium, Aluminium-Copper Alloy, Titanium - 2, Titanium - 5 dan Grey Cast Iron [7]. Penelitian kedua berjudul “*Finite Element Analysis of Disk Plate for Two Wheeler Automotive Front Disk Brake*” oleh Pankaj Pathak, Asst Prof Anshul Choudhary, dan Prof K. K. Jain. Penelitian ini berfokus pada kinerja komparatif *disc-brake* yang memiliki profil berbeda, dengan menentukan tegangan *von-misses* dan deformasi yang terjadi pada saat *disc-brake* dalam kondisi pengereman yang berbeda-beda, menggunakan ANSYS14.5 [8].

Penelitian ketiga berjudul “*Design and Thermo-Structural Analysis of Disc Brake*” oleh M. Sasikumar. Pada penelitian ini, dilakukan analisa ganda *thermal-structural* untuk mengetahui deformasi dan *von misses stress* untuk *disc-brake* solid dan yang memiliki lubang ventilasi dengan dua material yang berbeda [9]. Penelitian keempat berjudul “*Analytical Comparison of Disc Brakes With Linear and Curved Shaped Slots Between Plates for Structural Analysis on Different Parameter Using Through Catia V5 R20 and Ansys 15.0.7*” oleh Vivek Kumar dan Anshuka Srivastava. Pada penelitian ini, dilakukan analisa struktural untuk *disc-brake* dengan dua desain berbeda, satu dengan slot linear dan yang lain dengan slot lengkung [10].

Sistem pengereman merupakan salah satu komponen keselamatan kendaraan yang paling penting. Terutama digunakan

untuk memperlambat kendaraan dari kecepatan awal ke kecepatan yang dibutuhkan. Sistem pengereman kendaraan harus dapat mengurangi kecepatan atau berhenti dengan aman di semua kecepatan dalam situasi lurus maupun menikung [11]. Rem menyerap energi kinetik dari objek yang bergerak atau energi potensial yang diberikan objek. Energi yang diserap diubah menjadi energi panas yang kemudian dilepaskan ke lingkungan [12]. Gambar 1 memperlihatkan secara sederhana prinsip kerja rem, perubahan tenaga tersebut diperoleh dari gesekan antara komponen bergerak yang dipasangkan pada roda kendaraan (rotor) dengan kampas rem (brake pad) pada saat kedua komponen ini berkontak.



Gambar 1. Prinsip kerja rem

Pengganti rem tromol biasanya menggunakan *disc brake*, piringan cakram sendiri terdiri dari cakram (*disc*) yang berputar dengan rotor dan didorong bahan gesek dan menjepit cakram. Daya pengereman dihasilkan oleh adanya gesekan antara *pad* dan cakram [4].

Keuntungan *disc brake* diantaranya :

1. Tidak perlu ditambahkan tenaga rem karena tidak terdapat *self energizing effect*. Perbedaan efek pengereman antara kedua roda dapat diminimalisir dan memungkinkan saat dilakukan pengereman rodak menarik ke kiri atau ke kanan.
2. Kampas rem (*brake pad*) mudah diganti karena konstruksi yang sederhana.
3. Efek pengereman konstan menempel pada piringan dan terlempar keluar akibat gaya sentrifugal ketika piringan terkena air.
4. Terbukanya piringan menyebabkan tidak menimbulkan bunyi karena

hampir seluruhnya terhubung dengan udara menyebabkan transfer panas piringan dengan baik dan jarang terjadi gejala *feeding*, efek pengereman yang dihasilkan stabil saat dilakukan pengereman berkecepatan tinggi secara berulang-ulang.

5. Ekspansi panas tidak dapat menyebabkan perubahan dalam regangan dimana kecenderungan keregangan akan bertambah seperti pada rem tromol.

Disc brake pada umumnya terdiri dari komponen-komponen berikut:

1. Brake Pad

Pad terbuat dari campuran serat logam metal dan sedikit serbuk besi. Ada jahitan di *pad* untuk menunjukkan ketebalan *pad*. Ini membuatnya lebih mudah untuk memeriksa keausan gasket. Pada beberapa bantalan rem, pelat logam yang dipasang di sisi piston bantalan rem digunakan untuk mencegah kebisingan saat pengereman [4].



Gambar 2. Brake pad

2. Disc

Secara umum cakram atau piringan lubang yang terbuat dari besi cor dan memberikan fungsi ventilasi dan pendinginan, bantalan ventilasi memiliki masa pakai yang lebih lama dan lebih tahan lama [4].

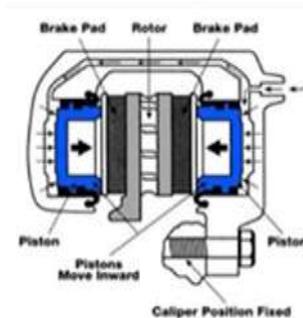


Gambar 3. Disc

3. Caliper

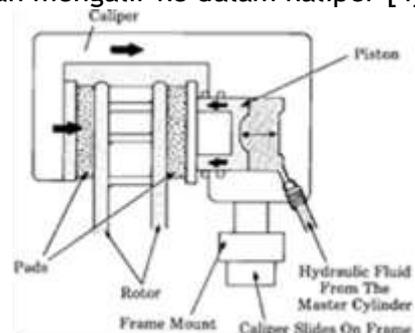
Jenis-jenis rem cakram yang digunakan pada sepeda motor pada umumnya dibedakan berdasarkan jenis kalipernya, yaitu : tipe *fixed caliper* dan tipe *floating caliper*. Pada sebuah kaliper tetap terdapat piston pada kedua cakram

tersebut. Sebagian besar rem cakram jenis ini menggunakan dua buah piston, masing-masing satu pada setiap sisinya. Sebagian lainnya ada yang menggunakan empat buah piston yang masing-masing sisinya menggunakan dua buah piston. Kaliper tersebut dibuat padat dan dipasangkan pada ruas kemudi atau bagian stationer lainnya pada kendaraan. Pada saat dilakukan pengereman yang bergerak hanyalah piston dan padanya saja [4].



Gambar 4. Fixed caliper

Jenis kaliper mengambang hanya menggunakan satu buah piston yang ditempatkan pada sisi dalam cakram. Kaliper tersebut bergerak atau “mengambang” pada bos karet satu atau dua pin penghantar. Bos tersebut menjadikan kaliper mudah bergerak pada saat dilakukan pengereman. Sebagian besar kaliper mengambang menggunakan dua piston pada sisi dalam cakramnya. Apabila dilakukan pengereman, fluida rem akan mengalir ke dalam kaliper [4].



Gambar 5. Floating caliper

Sistem rem cakram dan ada gesekan antara bantalan rem menggunakan disk yang berputar untuk menonaktifkan suara. Fungsi mesin berubah saat kendaraan berjalan kemudian mengubah energi panas menjadi energi kinetik kinetic. Di sisi lain, prinsip kerja rem adalah mengubah Energi

kinetik diubah menjadi energi panas, dimana Akan ada gesekan antara bantalan rem saat pengereman cakram rem dimana menghasilkan panas kemudian dilepaskan ke udara secara bebas.

Panas yang dihasilkan oleh gesekan antara *pad* rem dan piringan rem selama proses pengereman membuat temperatur *pad* dan *disc* naik. *Disc* akan membengkak karena panas yang akan mengurangi gaya pengereman. Rem cakram memiliki batasan manufaktur dalam bentuk dan ukuran. Karena itu perlu tekanan hidrolik tambahan lebih besar agar didapatkan gaya pengereman yang efisien. Bagian ini disebut *booster* rem. Pendorong rem dapat menggandakan tekanan saat pedal ditekan lemah sampai ke kekuatan pengereman yang besar [4].

F. Pemilihan Material

Pemilihan material berperan sangat penting dalam perancangan *disc-brake* kendaraan bermotor. Material yang telah dipilih harus dapat bertahan saat diberikan pembebanan dan memenuhi semua karakteristik material untuk menahan gesekan dan harus dapat bekerja pada kondisi yang berbeda [13], [14]. Tabel 1 menunjukkan material yang digunakan untuk analisa Material *disc-brake* :

1. Gray Cast Iron (GCI)
2. Aluminum Alloy (Al)
3. Stainless Steel (Ss)
4. Titanium Alloy (Ti)

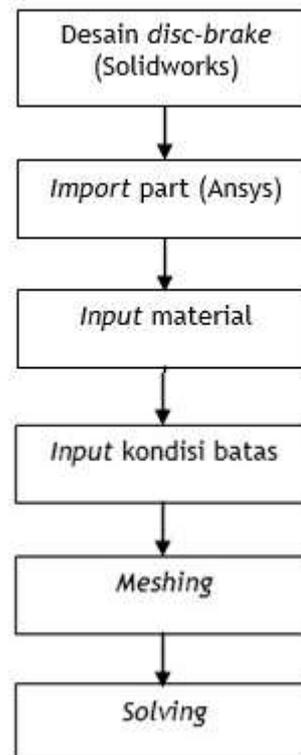
Tabel 1. Material properties [7], [13], [14]

| Material | GCI | Al | SS | TI |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Density (Kg/M ³) | 7800 | 3020 | 7750 | 4420 |
| Compressive Strength (Pa) | 1,293 .10 ⁹ | 4,06 .10 ⁸ | - | 1,3 .10 ⁹ |
| Thermal Conducyivity (w/Mk) | 58 | 237 | 36 | 7,3 |
| Coefficient of Friction (μ) | 0,4 | 1,1 | 0,5 | 0,28 |
| Yield strength (Pa) | 3,2 .10 ⁸ | 2 .10 ⁸ | 2,07 .10 ⁸ | 9,5 .10 ⁸ |
| Ultimate Tensile Strength (Pa) | 2,1 .10 ⁸ | 2,4 .10 ⁸ | 5,86 .10 ⁸ | 10,2 .10 ⁹ |
| Specific Gravity (Kg/M ³) | 7200 | 2660 | - | 4680 |
| Specific Heat (Kj/KgK) | 460 | 910 | 320 | 570 |

METODE PENELITIAN

Agar penelitian dapat terarah, maka dilakukan beberapa tahapan seperti

dijelaskan pada gambar 6 yaitu gambar diagram alir penelitian dibawah ini.

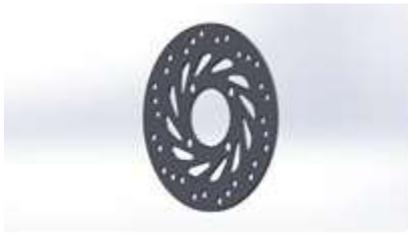


Gambar 6. Diagram alir penelitian

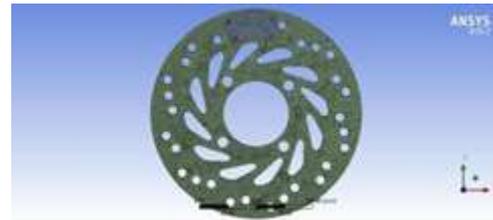
Penelitian ini dilakukan pada komponen rem motor Vario 125 CBS, dengan ukuran diameter kecil 58,3 mm, diameter besar 186 mm, diamter lubang ventilasi 8 mm, dan tebal 3 mm untuk *disc-brake*, seperti yang diperlihatkan gambar 2 dan gambar 3 menunjukkan gambar 3D *disc-brake*. Sedangkan untuk kampas rem memiliki tebal 2 mm, seperti yang diperlihatkan gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan gambar 3D kampas rem.



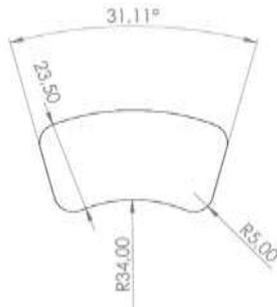
Gambar 7. 2D *disc-brake*



Gambar 8. 3D disc-brake



Gambar 11. Disc-brake setelah proses meshing



Gambar 9. 2D kampas rem



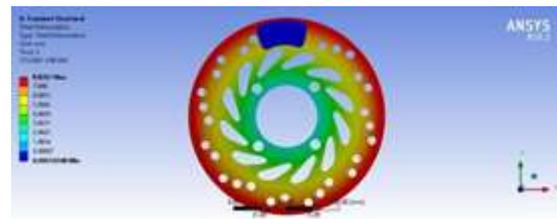
Gambar 10. 3D kampas rem

HASIL DAN PEMBAHASAN

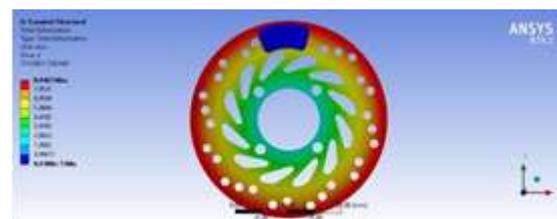
Dalam hasil analisa struktural transient ini kita akan menganalisa semua bahan material untuk mencari nilai total deformation, equivalent elastic strain, dan equivalent stress. Batas kondisi yang digunakan adalah gaya yang menekan pada kampas rem sebesar 1000 N, dan putaran cakram sebesar 20^0 . Gambar 12 sampai 14 menunjukkan hasil nilai analisa *transient structural* dari gray cast iron dimana nilai total *deformation* maksimal yang terjadi di *disc-brake* sebesar 8,4965 mm, untuk nilai *equivalent elastic strain* maksimal sebesar 0,0074392 mm/mm, dan untuk nilai *equivalent stress* 799,27 Mpa.

Penyelesaian pada simulasi transient struktural langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Tahap *pre processing* langkah awal dalam penyelesaian simulasi, pada langkah ini terdiri dari proses pembuatan geometri *disc-brake* dan kampas rem,
2. Tahap *transient structural simulation* untuk menentukan jenis material, dan memasukan batas kondisi, seperti gaya yang digunakan untuk menekan kampas rem, dan menentukan putaran *disc-brake*.
3. Tahap *meshing*, pada tahap ini geometri akan dibagi menjadi bagian-bagian kecil, yang mana semakin kecil ukuran *mesh geometri* maka hasil simulasi akan mendekati nilai sesungguhnya, gambar 11 menunjukkan *disc-brake* setelah dilakukan proses *meshing*.
4. Tahap *soving*, pada tahap ini data-data yang *diinput* tadi akan diolah untuk mendapatkan hasil simulasi.



Gambar 12. Total deformation maksimal GCI



Gambar 13. Equivalent elastic strain maksimal GCI Gambar



14. Equivalent stress maksimal GCI

Gambar 15 sampai 17 menunjukkan hasil nilai analisa *transient structural* dari

aluminium alloy dimana nilai total *deformation* maksimal yang terjadi di *disc-brake* sebesar 8,8267 mm, untuk nilai *equivalent elastic strain* maksimal sebesar 0,012275 mm/mm, dan untuk nilai *equivalent stress* 849,46 Mpa.



Gambar 15. Total deformation maksimal Al

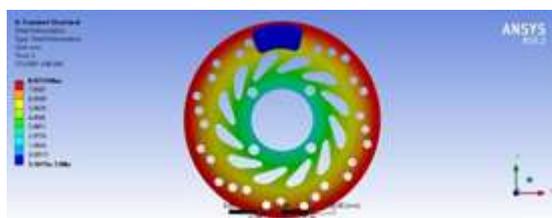


Gambar 16. Equivalent elastic strain maksimal Al



Gambar 17. Equivalent stress maksimal Al

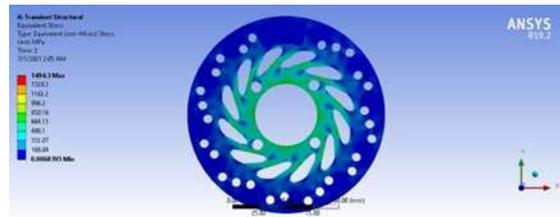
Gambar 18 sampai 20 menunjukkan hasil nilai analisa *transient structural* dari stainless steel dimana nilai total *deformation* maksimal yang terjadi di *disc-brake* sebesar 8,9214 mm, untuk nilai *equivalent elastic strain* maksimal sebesar 0,0079337 mm/mm, dan untuk nilai *equivalent stress* 1494,3 Mpa.



Gambar 18. Total deformation maksimal Ss

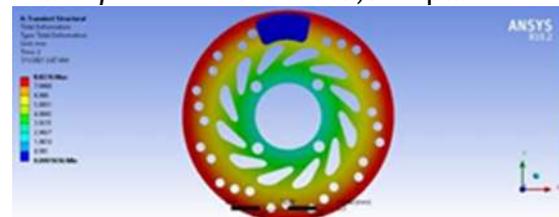


Gambar 19. Equivalent elastic strain maksimal Ss



Gambar 20. Equivalent stress maksimal Ss

Gambar 21 sampai 23 menunjukkan hasil nilai analisa *transient structural* dari titanium alloy dimana nilai total *deformation* maksimal yang terjadi di *disc-brake* sebesar 8,8276 mm, untuk nilai *equivalent elastic strain* maksimal sebesar 0,0098715 mm/mm, dan untuk nilai *equivalent stress* 925,37 Mpa.



Gambar 21. Total deformation maksimal Ti



Gambar 22. Equivalent elastic strain maksimal Ti



Gambar 23. Equivalent stress maksimal Ti

KESIMPULAN

Dari semua hasil nilai analisa *transient struktur*, terlihat bahwa *total deformation* maksimal paling tinggi

terjadi pada material *gray cast iron* sebesar 8,4965 mm. Untuk nilai *equivalent elastic strain* maksimal paling tinggi terjadi pada material *aluminum alloy* sebesar 0,012275 mm/mm. Untuk nilai *equivalent stress* maksimal paling tinggi terjadi pada material *stainless steel* sebesar 1494,3 Mpa.

REFERENSI

- [1] A. A. Dzirkullah and M. K. *, Qomaruddin, "ANALISA GESEKAN Pengereman Hidrolis (Rem Cakram) dan Tromol pada Kendaraan Roda Empat dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga," pp. 667-678, 2017.
- [2] M. M. Elhafid, D. D. Susilo, and P. J. Widodo, "Pengaruh bahan kampas rem terhadap respon getaran pada sistem rem cakram," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 12, no. 1, p. 1, 2017, doi:10.36289/jtmi.v12i1.28.
- [3] A. Day, *Brake System Layout Design*. 2014.
- [4] H. Dadang, "Gaya Tekan Pad Rem Terhadap Disk Rotor pada Kendaraan Mini Buggy," *Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. 1, no. April, pp.29-34, 2016.
- [5] A. Belhocine and M. Bouchetara, "Temperature and thermal stresses of vehicles gray cast brake," *J. Appl. Res. Technol.*, vol. 11, no. 5, pp. 674-682, 2013, doi: 10.1016/S1665-6423(13)71575-X.
- [6] V. Gupta, K. Saini, A. K. Garg, G. Krishan, and O. Parkash, "Comparative Analysis of Disc Brake Model for Different Materials Investigated Under Tragic Situations," *Asian Rev. Mech. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 18-23, 2016.
- [7] K. Sowjanya and S. Suresh, "Structural Analysis of Disc Brake Rotor," vol. 4, no. 7, pp. 2295-2298, 2013.
- [8] P. Pathak, A. Choudhary, and K. .Jain, "Structure & Thermal Analysis of Disk Plate for Two Wheeler Automotive Front Disk Brake," *Int. J. Eng. Sci. Res. Technol.*, vol. 6, no. 11, pp. 315-327, 2017, doi:10.5281/zenodo.573574.
- [9] M. SASIKUMAR, "Design and Thermo-Structural Analysis of Disc Brake," *Int. J. Phys. Appl. Sci.*, vol. 1, no. 03, pp.41-63, 2014.
- [10] K. V and A. Srivastava, "Analytical Comparison of Disc Brakes With Linear and Curved," vol. 5, no. 9, pp. 185-190, 2016.
- [11] A. L. A. Sjarip and A. Suhadi, "Analisis Desain Disc Brake Rotor Pada Kendaraan Roda Empat," *Teknobiz*, vol. 9, no. 3, pp. 36-45, 2019.
- [12] M. Patel, V. Khatod, A. Patel, N. Radadiya, and R. Patel, "Topology Optimization of Disc Brake Rotor," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 9, no.2, pp. 3150-3153, 2019, doi: 10.35940/ijeat.b4437.129219.
- [13] N. K. Konada, K. Naga, and S. Suman, "Academic @ Paper," 2017.
- [14] B. Subbarayudu and G. Kishore, "Design and Analysis of Ventilated Disc Brake," vol. 15, no. 5, pp. 46-59, 2018, doi: 10.9790/1684-1505014659.