Terbit online pada laman web jurnal
http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm

JURNAL Teknik Mesin

Vol. 18 No. 1 (2025) 105 - 110 ISSN Media Elektronik: 2655-5670

Identifikasi *Root Cause* Produk *Ng Master Cylinder*

Lazuardi Allan Suryawan[1], Boni Sena[2], Achmad Azis Rahmanto[3]
[1]Teknik Mesin,Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
[1]2110631150122@student.unsika.ac.id, [2]boni.sena@ft.unsika.ac.id, [3]azizahmadelskm@gmail.com

Abstract

The braking system is a vital component in vehicles, functioning to reduce speed or bring the vehicle to a safe stop. However, this system often encounters various technical issues that compromise its performance. This study aims to identify and analyze the primary causes of braking system failures, with a particular focus on the master cylinder. The method used involves literature review and case analysis of vehicle brake failures exhibiting reduced braking performance. Data were collected from workshop reports and technical inspections. The analysis revealed that brake fluid leaks in the hydraulic lines, master cylinder, or brake calipers lead to reduced hydraulic pressure, resulting in ineffective braking. Additionally, wear on brake pads and discs, overheating (fading), as well as corrosion and fluid contamination, further deteriorate system performance. Damage to the master cylinder—such as leakage, wear, and contamination—has a significant impact on braking failure. In conclusion, regular inspection and maintenance of braking components, especially the master cylinder, are essential to ensure driving safety and optimal system performance.

Keywords: Braking system, fluid leakage, master cylinder, fading, corrosion, routine maintenance.

Abstrak

Sistem pengereman merupakan komponen vital dalam kendaraan yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan secara aman. Namun, sistem ini sering mengalami berbagai permasalahan teknis yang dapat menurunkan kinerjanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab utama kerusakan pada sistem pengereman, khususnya pada *master cylinder*. Metode yang digunakan adalah studi literatur dan analisis kasus kerusakan pada kendaraan dengan gejala penurunan kinerja rem. Data dikumpulkan dari laporan bengkel dan hasil inspeksi teknis. Hasil analisis menunjukkan bahwa kebocoran fluida rem pada saluran hidraulis, *master cylinder*, atau kaliper rem menyebabkan penurunan tekanan hidraulis, sehingga pengereman menjadi tidak efektif. Selain itu, keausan bantalan dan cakram rem, pemanasan berlebih *(fading)*, serta korosi dan kontaminasi fluida rem turut memperburuk performa sistem. Kerusakan pada master cylinder, seperti kebocoran, keausan, dan kontaminasi, terbukti berpengaruh besar terhadap kegagalan sistem pengereman. Kesimpulannya, pemeriksaan dan perawatan rutin terhadap komponen pengereman, khususnya *master cylinder*, sangat penting untuk menjamin keselamatan berkendara dan kinerja sistem yang optimal.

Kata kunci: Sistem pengereman, kebocoran fluida, master cylinder, fading, korosi, perawatan rutin.

1. Pendahuluan

Pengendara sepeda motor menghadapi risiko cedera serius atau fatal yang tinggi saat terjadi kecelakaan. Salah satu kesulitan utama adalah pengereman, yang seringkali menyebabkan kehilangan kontrol atau stabilitas ketika digunakan sebagai langkah evasif. Proses pengereman pada sepeda motor memerlukan perhatian terhadap jarak dan kecepatan untuk memastikan perlambatan sesuai dengan prinsip kinematika, sehingga gaya kejutan dapat terhindari [1]. Sistem pengereman dalam kendaraan sangat penting untuk mengontrol kecepatan dengan mengubah energi kinetik menjadi energi termal. Rem cakram lebih unggul dibanding rem tromol, terutama pada kendaraan berperforma tinggi.

Namun, fenomena *brake fade* yang disebabkan oleh panas berlebih membatasi suhu maksimal kerja sistem pengereman. Desainer harus memastikan suhu tersebut terjaga, meskipun pengereman mendadak pada kecepatan tinggi tetap dapat menyebabkan suhu yang sangat tinggi [2]. Efektivitas sistem pengereman sangat krusial untuk mencegah kecelakaan dan melindungi nyawa, mengingat sebagian besar kecelakaan kendaraan disebabkan oleh kegagalan

pada sistem pengereman dan sasis. Salah satu masalah utama yang ditemukan adalah kebocoran pada *TMC* (*Master Cylinder*), yang dapat berisiko menyebabkan kecelakaan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemeriksaan rutin terhadap kinerja TMC, mengingat kebocoran sering terjadi pada tubuh TMC atau seal yang digunakan dalam perakitan piston [3]. Sistem pengereman pada kendaraan sangat penting untuk keselamatan, karena sebagian besar kendaraan menggunakan sistem rem tromol S-cam, salah satu nya truk sehingga memerlukan perawatan rutin. Salah satu masalah utama adalah kebocoran yang dapat mengurangi efektivitas pengereman.

Kebocoran dalam sistem rem udara mengurangi tekanan maksimum dan memperpanjang waktu pengereman, sehingga meningkatkan jarak berhenti. Kebocoran dapat dianalisis berdasarkan lokasi dan ukuran, di mana ukuran kebocoran lebih mempengaruhi tekanan rem. Selain itu, sistem deteksi kebocoran dapat diterapkan dengan menggunakan tabel pencarian sederhana berdasarkan pengukuran tekanan rem dan tekanan suplai [4]. Industri otomotif memiliki peran penting dalam pengembangan ekonomi nasional, sebab kinerja pengereman menjadi indikator utama yang memengaruhi keselamatan berkendara dan lalu lintas. Namun, banyak kecelakaan terjadi akibat jarak pengereman panjang atau selip saat pengereman darurat.

Oleh karena itu, salah satu komponen vital dalam sistem pengereman adalah silinder master rem, yang memiliki lubang kompensasi untuk mengatur aliran cairan rem. Selain itu, kualitas pemrosesan lubang ini, terutama posisi dan ukurannya, sangat memengaruhi performa rem. Jika lubang tersebut tidak sesuai, maka tekanan ruang rem dapat meningkat lambat, memperpanjang jarak pengereman, dan mengganggu pengembalian pedal rem, sehingga membahayakan keselamatan pengemudi [5]. Korosi-*stiction* pada sistem pengereman otomotif, yang terjadi dalam kondisi statis di lingkungan agresif, dapat menyebabkan adhesi kuat antara bantalan rem dan cakram besi cor abu-abu. Akibatnya, kinerja dan keandalan sistem pengereman terganggu. Oleh karena itu, memahami komposisi material gesekan menjadi penting untuk menganalisis pengaruh sifat kimia dan fisiknya terhadap korosi-stiction.

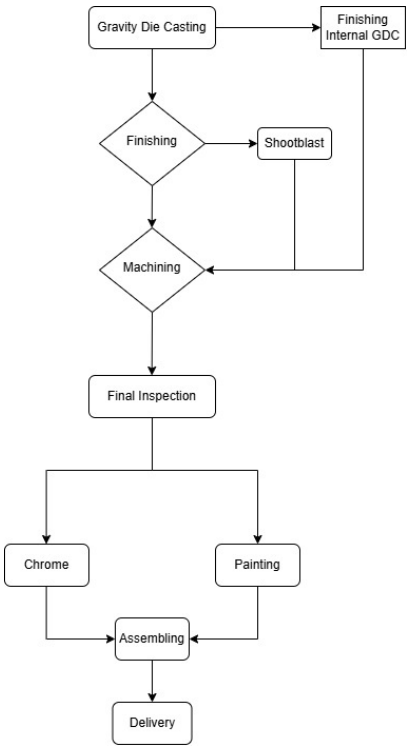
Selain itu, metode pengujian seperti polarisasi *potentiodinamik* dan *spektroskopi impedansi elektrokimia* dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah ini. Sebagai langkah pencegahan, pemilihan material yang tepat, kontrol kondisi antarmuka bantalan-cakram, dan penerapan aditif atau perlakuan permukaan khusus diperlukan untuk mengurangi risiko korosi-stiction [6]. Industri otomotif terus mencari solusi inovatif untuk meningkatkan keselamatan dan daya tahan cakram rem yang rentan terhadap korosi dan keausan. Masalah ini memicu emisi debu berbahaya, sehingga penanganannya menjadi prioritas dalam memenuhi standar emisi yang semakin ketat. Perkembangan teknologi pelapisan dikaji untuk meningkatkan ketahanan cakram rem, termasuk interaksi pelapis dengan sistem otomotif dan evaluasi teknologi tradisional serta alternatif baru [7]. Fenomena stiction pada rem kendaraan diteliti dengan fokus pada korosi. Bantalan rem organik bebas asbes yang mengandung tembaga ternyata mempercepat korosi pada cakram besi tuang, dibandingkan dengan bantalan keramik inert.

Tembaga yang terkandung dalam bantalan larut dan kemudian mengendap kembali di cakram, sebagaimana dibuktikan melalui analisis elektrokimia, mikroskop elektron, serta spektroskopi. Selain itu, geometri lapisan tipis dan juga peran tembaga sebagai aditif diidentifikasi sebagai faktor utama dalam proses korosi [8]. Optimasi jalur alat pada mesin *CNC* penting karena dapat mengurangi biaya manufaktur dan meningkatkan efisiensi. Untuk itu, digunakan perangkat lunak *CAM* yang bertujuan untuk mensimulasikan tiga skema jalur alat: longitudinal, diametral, dan sejajar permukaan, dengan metode referensi absolut dan inkremental.

Dari hasilnya, diketahui bahwa skema sejajar permukaan menghasilkan waktu pemrosesan paling optimal dan biaya manufaktur paling ekonomis. Oleh karena itu, optimasi jalur alat terbukti mampu mempersingkat waktu pemesinan, mengurangi biaya, serta tetap menjaga kualitas produk [9]. Permasalahan pada master cylinder mesin disebabkan oleh kebocoran, kerak, korosi, kerusakan mekanis, kontaminasi fluida, pemanasan berlebih, serta desain atau material yang buruk. Sebagai contoh, kebocoran dan kerak dapat mengganggu kinerja, sementara kerusakan mekanis dan kontaminasi fluida memperburuk masalah. Lebih lanjut, masalah utama terletak pada proses penglubangan dalam machining, yang sering menimbulkan cacat (*NG*) seperti lubang tidak sesuai diameter, tidak simetris, atau permukaan kasar. Oleh karena itu, analisis dilakukan untuk menemukan penyebab dan solusi guna mengurangi *NG* dalam produksi.

2. Metode Penelitian

Pada tahap awal proses di bagian *Gravity Die Casting* (GDC), bahan baku berupa *ingot* (batang logam padat) terlebih dahulu dikirim untuk menjalani proses peleburan. Ingot dilebur di dalam *Holly Melter* hingga mencapai kondisi cair, kemudian logam cair tersebut dipindahkan menggunakan *carrier* menuju *holding furnace* (*Holly Mesy*) yang tersedia di setiap jalur produksi. Selanjutnya, logam cair dituangkan ke dalam cetakan (*die casting*) untuk dibentuk sesuai dengan desain yang diinginkan. Pada tahap ini, material masih berada dalam kondisi menyatu. Setelah proses pendinginan, hasil cetakan dipisahkan berdasarkan bentuk dan fungsinya untuk tahap proses selanjutnya.



Gambar 1. Flowchart

2.1 *Master Cylinder* dalam Sistem Rem Hidrolik

Master cylinder merupakan komponen kunci dalam sistem rem hidrolik kendaraan, yang berfungsi mengubah tekanan mekanis dari pedal rem menjadi tekanan hidrolik. Tekanan hidrolik ini kemudian dialirkan melalui pipa-pipa rem menuju kaliper rem di setiap roda. Komponen utama dari master cylinder meliputi reservoir tank yang berfungsi menampung minyak rem, serta piston dan silinder yang bertugas menghasilkan tekanan hidrolik. Secara konstruksi, bodi silinder biasanya terintegrasi dengan oil reservoir tank di bagian atas, dan umumnya terbuat dari bahan cast iron atau aluminium alloy [10].

Rencana Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis, rencana perbaikannya adalah dengan menggunakan kamera monitor kecil. Alat ini memudahkan operator dalam memeriksa kekasaran lubang dalam, mendeteksi lubang kecil yang sulit terlihat dan berpotensi menyebabkan kebocoran, serta mencegah terjadinya karat yang dapat mengakibatkan material *NG*, seperti pada Gambar 2.

Gambar 6. Kamera pengecek lubang

2.2 Metode Root Cause Analysis (RCA)

Metode Root Cause Analysis (RCA) digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan teknis yang terjadi pada sistem rem, khususnya pada komponen master cylinder. RCA merupakan pendekatan sistematis yang bertujuan untuk mengatasi permasalahan secara tuntas dan mencegah terulangnya kembali kegagalan serupa di masa mendatang. Adapun tahapan dalam penerapan metode RCA adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah:
   Menentukan jenis non-conformity (NG) yang terjadi, seperti ketidaksesuaian diameter lubang, permukaan yang kasar, atau kesalahan dalam pengoperasian mesin.
2. Pengumpulan Data:
   Menghimpun informasi melalui inspeksi langsung, wawancara dengan operator, serta analisis data historis proses produksi.
2. Analisis Penyebab Utama:
   Menggunakan diagram fishbone (diagram tulang ikan) untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya produk cacat.
3. Penentuan Akar Masalah:
   Mengaplikasikan metode 5 Why untuk menelusuri penyebab mendasar dari permasalahan yang teridentifikasi.
4. Pengembangan Solusi:
   Merumuskan tindakan korektif seperti kalibrasi peralatan secara berkala, penggantian alat potong, serta pelatihan ulang bagi operator.
5. Implementasi dan Evaluasi:
   Penerapkan solusi yang telah dirancang, memantau tingkat cacat produk (NG rate) setelah perbaikan, dan mengevaluasi efektivitas tindakan untuk meningkatkan kualitas produk serta efisiensi proses produksi.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini membahas hasil observasi dan analisis terhadap proses *Gravity Die Casting* (GDC), mulai dari peleburan ingot hingga pencetakan logam cair. Fokus utama ditujukan pada kualitas proses produksi serta identifikasi potensi permasalahan yang dapat memengaruhi hasil akhir. Temuan ini menjadi dasar

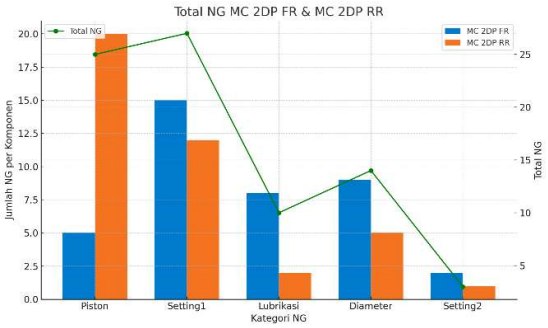
dalam mengevaluasi efisiensi proses dan menentukan langkah perbaikan.

Tabel 1. analisa pengambilan data

Keterangan penyebab NG	MC 2DP FR	MC 2DP RR	Total NG
Piston Kasar	4	19	23
Setting Cavity	14	7	21
Lub. Union Miring	7	0	7
Dia piston +/-	8	4	12
Setting Program	1	0	1

Berdasarkan data Tabel 1.Jumlah barang NG pada proses machining yang diperoleh selama periode 29 Januari hingga 2 Februari 2024, dapat terlihat bahwa terdapat variasi jumlah produk NG (Not Good) setiap harinya. Gambar tersebut menunjukkan tren fluktuatif yang mencerminkan adanya potensi masalah dalam proses produksi.

Setelah data tersebut dianalisis, tahapan selanjutnya adalah mengidentifikasi faktor penyebab utama timbulnya NG, baik dari segi mesin, operator, maupun metode kerja, guna dilakukan perbaikan dan pencegahan lebih sebagai mana ditampilkan pada Gambar 2.



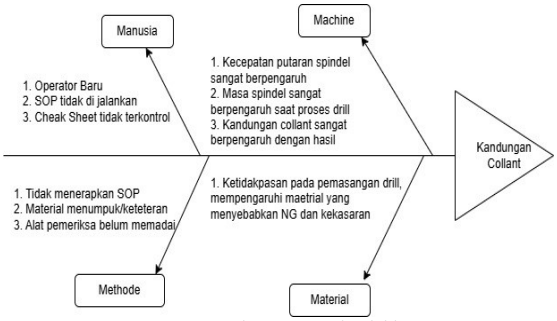
Gambar 2. Grafik Total NG MC

Grafik menunjukkan jumlah *Non-Good* (NG) pada komponen Master Cylinder (MC) tipe 2DP untuk bagian *Front Right* (FR) dan *Rear Right* (RR) berdasarkan lima kategori penyebab cacat, yaitu: Piston, Setting1, Lubrikasi, Diameter, dan Setting2.

- Komponen Piston mencatat NG tertinggi pada MC 2DP RR sebesar 20 unit, dibandingkan MC 2DP FR yang hanya 5 unit. Hal ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian signifikan pada bagian belakang sistem pengereman.
- Kategori Setting1 juga menunjukkan jumlah NG yang tinggi, yaitu 15 unit pada MC 2DP FR dan 12 unit pada MC 2DP RR, mengindikasikan potensi masalah pada parameter proses atau pengaturan mesin saat produksi awal.
- Pada Lubrikasi dan Diameter, jumlah NG relatif lebih rendah namun masih signifikan, dengan kecenderungan lebih banyak terjadi pada MC 2DP FR.
- Setting2 memiliki jumlah NG paling rendah untuk kedua jenis, yaitu 2 unit pada FR dan 1 unit pada RR, yang dapat dianggap sebagai masalah minor.

Total NG ditampilkan sebagai garis tren hijau, menggambarkan akumulasi NG dari kedua jenis MC. Terlihat bahwa Piston dan Setting1 merupakan penyumbang cacat terbesar, sehingga perlu menjadi prioritas dalam analisis akar masalah dan tindakan perbaikan.

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa *NG* tertinggi di machining yaitu di piston kasar, yang dapat menyebabkan kelolosan produk NG. untuk mengetahui permasalahan tersebut maka perlu di lakukan Analisa, berikut diantaranya :



Gambar 3. Metode Fishbone

Dari Gambar 3 faktor yang menyebabkan NG terdapat pada mesin, yaitu :

1. Spindel/mata bor:

   Putaran spindle memengaruhi pengeboran, dengan kecepatan lebih tinggi untuk aluminium dibanding baja. Lubang kecil membutuhkan 2000–3000 *RPM*, sedangkan lubang besar 1000–2000 *RPM*. Keausan dan suhu tinggi pada mata bor mempercepat kerusakan, terutama jika cairan pendingin tidak stabil. Kecepatan juga bergantung pada diameter mata bor.

2. Settingan Mesin:

   Kesalahan setting pada mesin sering terjadi, seperti salah ukuran diameter, lubang tidak center, atau pengaturan *lot* nomor material yang keliru. Hal ini memengaruhi kecepatan putaran spindle, sehingga lubang piston menjadi kasar atau diameternya terlalu besar.

3. *Coolant*:

   Kandungan *coolant* sangat memengaruhi proses mesin. *Coolant* yang buruk dapat menyebabkan *overheating*, yang berdampak pada deformasi bahan aluminium, penurunan kualitas permukaan, dan risiko patahnya alat potong. Kurangnya pelumasan yang efektif juga meningkatkan risiko keausan alat karena gesekan berlebih. Selain itu, *coolant* yang terkontaminasi

gram kasar atau halus dapat merusak kualitas permukaan material, sehingga berpotensi membuat material menjadi *NG*.

4. Tidak menerapkan *SOP* dan alat kurang memadai:

   Kurangnya pemahaman operator terhadap *SOP*, terutama pada operator baru, sering menyebabkan material *NG* atau kelolosan material. Selain itu, tekanan waktu untuk memenuhi target produksi dapat mendorong operator mengabaikan *SOP* demi mempercepat proses, yang berdampak pada kualitas produk dan keausan alat. Alat yang kurang memadai juga memengaruhi pengecekan material, sehingga operator menjadi kurang teliti dan berisiko menghasilkan barang *NG* atau material lolos tanpa standar kualitas yang sesuai

Untuk mengurangi terjadinya *NG*, dilakukan pengecekan mingguan terhadap kualitas produk, dengan fokus pada pemeriksaan sistem pendingin, kondisi alat, dan kelengkapan proses produksi, serta memastikan tidak ada kontaminasi yang dapat mempengaruhi hasil akhir.

Tabel 2. Pengecekan Mingguan

No	Item yang Dicek	Metode Pengecekan	Frekuensi
1.	Tekanan Angin	Manometer, pastikan sesuai standar	1x setiap istirahat
2.	Instalasi Angin (Selang, Neple, Valve)	Inspeksi visual, uji kebocoran (air sabun/sensor)	1x setiap istirahat
3.	Level Lubrication Oil	Cek indikator level, pastikan cukup dan tidak bocor	1x setiap istirahat
4.	Level Coolant	Periksa tangki, pastikan bebas kontaminasi	1x setiap istirahat
5.	Instalasi Pompa Hidrolik	Inspeksi visual dan uji tekanan	1x per shift
6.	Tekanan Hidrolik	Pressure gauge, pastikan dalam batas aman	1x per shift
7.	Level Oil Hidrolik	Indikator level, cek warna dan kejernihan	1x per shift
8.	Tombol Emergency	Uji fungsi tekan, pastikan respons normal	1x per shift
9.	Door Lock	Uji buka-tutup, pastikan mekanisme lancar	1x per shift
10.	Viskositas Cutting Oil	Uji viskositas/tetes, pastikan sesuai standar	1x per shift

4. Kesimpulan

Permasalahan pada komponen master cylinder memiliki dampak signifikan terhadap keselamatan operasional kendaraan, mengingat perannya yang krusial dalam sistem pengereman hidrolik. Kerusakan pada komponen ini umumnya disebabkan oleh kebocoran fluida rem, keausan mekanis, korosi, serta kurangnya pelaksanaan perawatan secara berkala. Secara teknis, faktor-faktor seperti kebocoran pada seal atau piston, akumulasi endapan (kerak), dan kontaminasi fluida rem dapat mengakibatkan penurunan efisiensi sistem pengereman dan meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan.

Dalam konteks proses manufaktur, tingginya jumlah produk Not Good (NG) pada master cylinder dapat ditelusuri ke beberapa akar penyebab utama, antara lain: keausan pada alat potong (seperti mata bor), pengaturan parameter mesin yang tidak sesuai, kualitas cairan pendingin (coolant) yang buruk, serta ketidaksesuaian terhadap prosedur operasi standar (SOP). Penggunaan coolant yang tidak optimal dan kesalahan dalam setting mesin berkontribusi terhadap peningkatan suhu proses, deformasi material, serta percepatan keausan alat. Selain itu, tekanan produksi yang tinggi serta kurangnya pemahaman atau kedisiplinan terhadap SOP turut berdampak negatif terhadap kualitas akhir produk.

Daftar Rujukan

[1] Anang Suryana, et al., 2022. Automatic gas control system in the motorcycle braking process with the concept of non-uniform slowing down motion. *Fidelity: Jurnal Teknik Elektro*, 2(3), pp.51–56.

[2] Towoju, O., 2019. Braking pattern impact on brake fade in an automobile brake system. *Journal of Engineering Sciences*, 2(2), pp.11–16.

[3] Ditya, D.J. and Fitri, S.P., 2023. Performance simulation of hybrid refrigeration system using eutectic salt PCM for eco reefer container. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1166(1).

[4] Ramarathnam, S., Dhar, S., Darbha, S. and Rajagopal, K.R., 2009. Development of a model for an air brake system with leaks. *Proceedings of the American Control Conference*, (September 2016), pp.1134–1139.

[5] Zhao, C., Ding, H., Cao, G. and Hou, H., 2021. Research on automatic detection technology for the compensation hole shape and position parameters of a brake master cylinder. *Advances in Mechanical Engineering*, 13(7), pp.1–16.

[6] Motta, M., Fedrizzi, L. and Andreatta, F., 2023. Corrosion stiction in automotive braking systems. *Materials (Basel)*, 16(10).

[7] Krishnanunni, S., Paul, J. and Prakash, R.S., 2024. Coating solutions for enhancing automotive brake disc durability against corrosion and wear—A review. *Engineering Research Express*, 6(2).

[8] Tigane, R., et al., 2021. On the local corrosion in a thin layer of electrolyte separating two materials: Specific aspects and their contribution to pad-to-disk stiction in automobile brake system. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 25(3), pp.895–904.

[9] Susilawati, A., Atmadio, N., Siswanto, H. and History, P., 2018. Tool path optimization and cost analysis for manufacturing process of master cylinder piston of motorcycle brake. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science Engineering*, 55(55), pp.1–5.

[10] Zhao, C., Ding, H., Cao, G. and Zhang, Y., 2021. A new method for detecting compensation hole parameters of automobile brake master cylinder based on machine vision. *Journal of Advanced Transportation*, 2021.