

TUGAS AKHIR

EFEKTIVITAS KAIN PELAPIS KNALPOT (*EXHAUST WRAP*) DALAM MENGURANGI LAJU KOROSI DAN KURANGNYA ENERGI THERMAL

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau*



OLEH :

ENDI SAPUTRA

18.331.0770

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS KAIN PELAPIS KNALPOT (*EXHAUST WRAP*) DALAM
MENGURANGI LAJU KOROSI DAN KURANGNYA ENERGI
THERMAL**

Disusun Oleh :

ENDI SAPUTRA

18.331.0770

Disetujui Oleh :

Dr. Kurnia Hastuti, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing



Tanggal : 12 Agustus 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

EFEKTIVITAS KAIN PELAPIS KNALPOT (*EXHAUST WRAP*) DALAM MENGURANGI LAJU KOROSI DAN KURANGNYA ENERGI THERMAL

Disusun Oleh :

ENDI SAPUTRA

NPM : 183310770

Disetujui Oleh :

PEMBIMBING

Dr. Kurnia Hastuti, S.T.,M.T.

NIDN: 1008057102

PENGUJI I

PENGUJI II

Dr. Dedikarni, S.T.,M.Sc.

NIDN: 1005047603

Dody Yulianto, S.T.,M.T.

NIDN: 1029057302

Disahkan Oleh :

KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jhonni Rahman, B. Eng., M. Eng., PhD

NIDN: 1009038504

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Endi Saputra

NPM : 183310770

Fakultas/Prodi : Teknik/Program Studi Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Efektivitas Kain Pelapis Knalpot (*Exhaust Wrap*) Dalam Mengurangi Laju Korosi Dan Kurangnya Energi Termal

Menyatakan dengan sebenar-benarnya, bahwa penulisan Tugas Akhir ini adalah hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari karya tulis saya sendiri, baik dari naskah laporan maupun data-data yang tercantum sebagai bagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya tulis milik orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas di daftar pustaka.

Surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan berlaku di Universitas Islam Riau.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam sadar dan kondisi sehat serta tanpa paksaan dari pihak manapun.

Pekanbaru, 08 Agustus 2022



Endi Saputra
NPM 183310401

BIODATA DIRI



Nama lengkap Endi Saputra, lahir di Etang, 10 Juli 1999, merupakan anak kedua dari bapak Imran dan ibu Susilawati. Penulis merupakan berkebangsaan Indonesia dan beragama Islam. Penulis menyelesaikan pendidikan pertama di SDN 006 Batu Belah, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri SATAP Batu Belah pada tahun 2012-2015, lalu melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas 1 Siantan Timur dengan jurusan IPA pada tahun 2015-2018. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan

Perguruan Tinggi Swasta di Universitas Islam Riau Pekanbaru Program Studi Teknik Mesin (S1) tahun 2018-2022. Penulis telah melaksanakan program Kerja Praktek atau magang di PT. Ganessa Riau Sarana, Riau selama 1 bulan pada tahun 2021 dan mengikuti Program Pertukaran Pelajar di Universitas Adi Buana, Surabaya dan Universitas Fajar, Makassar secara Daring pada 2021.

KATA PENGANTAR

Terlebih dahulu penulis mengucapkan terima kasih dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat-nya kepada penulis, shalawat serta salam kita peruntukkan kepada nabi kita Muhammad SAW yang telah banyak mengajarkan ilmu pengetahuan kepada kita sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini berjudul :

“Efektivitas Kain Pelapis Knalpot (*Exhaust Wrap*) Dalam Mengurangi Korosi Dan Kurangnya Energi Thermal”.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, banyak mendapat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, melalui kesempatan ini penulis banyak terima kasih kepada yang terhormat:

1. Orang tua tercinta, yang telah memberikan dorongan lahir dan batin kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Dr.Eng. Muslim.,MT. Yang telah memberikan izin dan kemudahan-kemudahan selama penulis menjadi mahasiswa maupun pada saat penelitian.
3. Ketua prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, bapak Jhoni Rahman ,B.Eng.,M.Eng.,Ph.D yang telah meberikan izin saya untuk mengangkat judul ini.
4. Dr. Kurnia Hastuti ,S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan proposal tugas sarjana ini.
5. Para dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Riau yang telah memberikan bekal ilmu yang sangat berharga kepada penulis selama menjadi mahasiswa.
6. Teman-teman Fakultas Teknik Mesin Universitas Islam Riau angkatan 2018, atas bantuan dan dukungannya. Akhir kata semoga segala bantuan yang diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan penulis mendo'akan semoga Allah SWT memberikahi dengan pahala yang berlimpah ganda.

Sebagai manusia biasa penulis menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran dan kritikan untuk kemajuan sangat diharapkan demi penyempurnaan dimasa yang akan datang.

Pekanbaru, 28 Oktober 2021

Endi Saputra



Dokumen ini adalah Arsip Mlik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

EFEKTIVITAS KAIN PELAPIS KNALPOT (*EXHAUST WRAP*) DALAM MENGURANGI LAJU KOROSI DAN KURANGNYA ENERGI THERMAL

Endi Saputra*, Kurnia Hastuti

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau Jl.

Kaharudin Nasution No. 133 Marpoyan, Pekanbaru, Riau

Email : endiputra@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Knalpot merupakan komponen penting pada kendaraan bermotor dan menjadi satu bagian yang riskan untuk terjadinya korosi karena letaknya di bagian bawah kendaraan sehingga mudah terkontaminasi dengan debu dan kotoran. Selain itu temperatur tinggi semakin memperburuk kondisi ini. Seringkali ditemukan kebocoran pada bagian leher knalpot yang disebabkan korosi. Pada penelitian ini akan digunakan wrap exhaust untuk melapisi knalpot sehingga tidak terkontaminasi dengan air dan kotoran pada saat beroperasi sehingga korosi dapat dikurangi. Selain itu pelapisan juga bertujuan untuk melindungi dinding luar agar tidak terlalu tinggi temperaturnya. Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini akan dilakukan pengujian korosi dan pengukuran temperature untuk mendapatkan perpindahan panas knalpot dengan *exhaust wrap* dan tanpa *exhaust wrap*. Pengujian laju korosi dilakukan pada waktu 72 jam, 144 jam, 216 jam. Cairan H_2SO_4 diberikan untuk mempercepat terjadinya pengkaratan pada pipa knalpot. Pengolahan data pada proses laju korosi ini menggunakan metode kehilangan berat sehingga didapat laju korosi rata-rata tanpa *wrap exhaust* yaitu 0,000819 mmpy dan rata-rata laju korosi dengan *wrap exhaust* yaitu 0,000482 mmpy. Laju perpindahan panas dihitung menggunakan variasi jarak 3km, 4km, dan 5km dengan kecepatan putaran mesin 3500 rpm. Pada dinding yang dilapis memiliki laju perpindahan panas rata-rata pada ketiga variasi adalah 148,612 J/s dan pada pipa knalpot tanpa dilapisi memiliki laju perpindahan panas sebesar 65.431,503 J/s. Penelitian ini mengungkapkan bahwa pelapisan pipa knalpot menggunakan *wrap exhaust* pada pipa knalpot dapat mengurangi korosi sebesar 0,00037 mmpy atau sebesar 41%.

Kata kunci : **Korosi, Laju Perpindahan Panas, Wrap Exhaust, Leher Knalpot**

THE EFFECTIVENESS OF EXHAUST COATING FABRIC (EXHAUST WRAP) IN REDUCING THE RATE OF CORROSION AND LACK OF THERMAL ENERGY

Endi Saputra*, Kurnia Hastuti

Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Riau Islamic University Jl. Kaharudin Nasution No. 133 Marpoyan, Pekanbaru, Riau

Email: endiputra@student.uir.ac.id

ABSTRACT

The exhaust is an important component in motorized vehicles and is a part that is at risk for corrosion because it is located at the bottom of the vehicle so that it is easily contaminated with dust and dirt. In addition, high temperatures further aggravate this condition. Often leaks are found in the neck of the exhaust caused by corrosion. In this study, wrap exhaust will be used to coat the exhaust so that it is not contaminated with water and dirt when operating so that corrosion can be reduced. In addition, the coating also aims to protect the outer wall so that it is not too high in temperature. Therefore, in this study, exhaust heat transfer will also be calculated after being overlaid with wrap exhaust. This research uses experimental methods in both the research of corrosion rate and heat transfer rate. In the corrosion rate study, data were collected from 3 time variations, namely 72 hours, 144 hours, 216 hours by providing liquid H_2SO_4 to accelerate the occurrence of carring in the exhaust pipe either by being coated with exhaust wrap or without being coated with exhaust wrap. Data processing in this corrosion rate process uses the weight loss method, then the average corrosion rate without wrap exhaust is obtained, which is 0.000819 mmpy and the average corrosion rate with wrap exhaust is 0.000482 mmpy. In the study, the heat transfer rate used variations in distance, namely 3km, 4km, and 5km with an engine speed of 3500 rpm. The data on this variation is taken on walls covered with exhaust wrap and without being coated with exhaust wrap. The glazed wall has an average heat transfer rate in all three variations is 148.612 J/s and in the uncoated exhaust pipe it has a heat transfer rate of 65,431,503 J/s. This study reveals that the coating of the exhaust pipe using wrap exhaust on the exhaust pipe can reduce corrosion by 0.00037 mmpy because in this condition when coated, the exhaust pipe is protected from dust and dirt.

Keywords : *Corrosion, Heat Transfer Rate, Exhaust Wrap, Exhaust Neck*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I: PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II: LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Knalpot	5
2.2 Baja Karbon Rendah	8
2.3 Korosi	8
2.3.1 Jenis-jenis Korosi	10
2.3.2 Pengujian Korosi	17
2.3.3 Mekanisme Terjadinya Korosi	19
2.3.4 Syarat-syarat Terbentuknya Korosi	21
2.3.5 Hal-hal Yang Menyebabkan Korosi	23
2.3.6 Upaya Menghindari Korosi	23
2.4 Perlakuan Panas / <i>Heat Treatment</i>	24
2.4.1 Sistem Pembuangan Pada Sepeda Motor.....	24
2.4.2 Dasar Perpindahan Panas.....	25

2.5 Kain Isolasi (Pelapis)	29
2.6 Perhitungan Pengujian Material	36
2.6.1 Laju Korosi	36
2.6.2 Perpindahan Kalor	37

BAB III: METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	39
3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian	40
3.3 Persiapan Penelitian	40
3.4 Variabel Penelitian	42
3.5 Metode Pengambilan Data	43
3.6 Prosedur Pengujian	44
3.7 Metode Analisa Data	45

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kehilangan Berat	46
4.2 Laju Korosi	48
4.2.1 Laju Korosi Pada Material Tanpa <i>Wrap Exhaust</i>	49
4.2.2 Laju Korosi Dengan <i>Wrap Exhaust</i>	50
4.3 Laju Perpindahan Panas	53
4.3.1 Laju Perpindahan Panas Total Pada Knalpot Yang Dilapisi <i>Exhaust Wrap</i>	55
4.3.2 Laju Perpindahan Panas Pada Dinding Tanpa Dilapisi <i>Exhaust</i> <i>Wrap</i>	56
4.3.3 Data Laju Perpindahan Panas Keseluruhan	58
4.3.4 Grafik Data Laju Perpindahan Panas	58

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60

DAFTAR PUSTAKA	56
-----------------------------	----



Dokumen ini adalah Arsip Mlik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Header</i> Knalpot	6
Gambar 2.2 <i>Silincer</i> Knalpot	7
Gambar 2.3 Bagian-bagian Knalpot	7
Gambar 2.4 <i>Pitting corrosion</i>	10
Gambar 2.5 Korosi Erosi	11
Gambar 2.6 Korosi Merata	13
Gambar 2.7 <i>Galvanis corrosion</i>	13
Gambar 2.8 <i>Stress Corrosion</i>	14
Gambar 2.9 Korosi Celah	15
Gambar 2.10 Korosi Mikrobiologi	16
Gambar 2.11 <i>Fatigue Corrosion</i>	17
Gambar 2.12 Mekanisme Terjadinya Korosi	21
Gambar 2.13 Perpindahan Panas Konduksi	25
Gambar 2.14 Kain Pelapis Knalpot	29
Gambar 2.15 Isolasi Rockwool	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 4.1 Grafik Laju Kehilangan Berat	48
Gambar 4.2 Grafik Rata-rata Laju Korosi	52
Gambar 4.3 Pipa Knalpot Yang Dilapisi <i>Exhaust Wrap</i>	54
Gambar 4.4 Pipa Knalpot Tanpa Dilapisi <i>Exhaust Wrap</i>	54
Gambar 4.5 Grafik Laju Perpindahan Panas Pada Knalpot	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Baja AISI 1010	6
Tabel 2.2 Kerusakan Material Oleh Korosi Merata	12
Tabel 2.3 Standart Pembatasan Suhu Pengoperasian	35
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	40
Tabel 3.2 Gambar Alat	41
Tabel 3.3 Gambar Bahan	42
Tabel 3.4 Pengambilan Data Laju Korosi	46
Tabel 3.5 Pengambilan Data Laju Perpindahan Panas	46
Tabel 4.1 Data Kehilangan Berat	47
Tabel 4.2 Data Rata-rata Laju Korosi	52
Tabel 4.3 Data Suhu Pada Dinding Knalpot	53
Tabel 4.4 Data Keseluruhan Perpindahan Panas.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi atau karat merupakan salah satu masalah yang terdapat pada logam. Korosi adalah penurunan mutu pada logam yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan. Logam tidak hanya digunakan pada sarana bangunan saja, akan tetapi banyak digunakan untuk bahan pembuatan transportasi baik laut, darat, maupun udara. Salah satu transportasi yang banyak digunakan masyarakat adalah sepeda motor. Sepeda motor merupakan salah satu kendaraan yang banyak menggunakan bahan logam. Hal ini untuk ketahanan bagi sepeda motor tersebut terutama untuk menahan beban dari pengguna kendaraan dan beban lainnya. Salah satu komponen yang terdapat pada sepeda motor adalah knalpot (Utomo, 2009).

Knalpot merupakan komponen yang ada disemua jenis kendaraan darat, laut maupun udara yang berfungsi untuk membuang hasil pembakaran dari ruang bakar. Knalpot juga harus memiliki ketahanan tinggi terhadap suhu, maka dari itu knalpot terbuat dari bahan logam yang mendukung fungsinya tersebut. Karena adanya perbedaan temperature antara bagian dalam dengan bagian luar dari knalpot saat mesin sedang beroperasi, hal ini dapat memicu timbulnya korosi pada bagian leher knalpot (Afriadi, 2021).

Apabila korosi pada knalpot ini dibiarkan berlangsung lama maka akan timbul kebocoran pada bagian leher knalpot tersebut. Kebocoran pada knalpot akan berpengaruh terhadap pencemaran udara yang ditimbulkan oleh emisi gas buang yang keluar dari knalpot. Selain polusi udara, kebocoran knalpot juga bisa mengakibatkan polusi suara atau dikenal dengan kebisingan. Selain dari dua hal tersebut, knalpot bocor akan membuat sirkulasi pendinginan mesin kurang bekerja, mesin akan menciptakan panas berlebih dan komponen lain akan ikut rusak seperti klep, busi hingga packing knalpot (Nurdiana, dkk, 2015).

Berbagai upaya dilakukan untuk menunda terjadinya korosi pada knalpot. Diantaranya adalah dengan melakukan pelapisan dengan Ni-Cr dan sering membersihkan knalpot dengan mengoleskan oli pada knalpot. Namun demikian pelapisan dengan Ni-Cr memerlukan biaya yang mahal (Ikhwan, 2020).

Pada penelitian ini pencegahan korosi pada knalpot akan dilakukan dengan melapisinya dengan kain pelapis (*exhaust wrap*). Cara ini telah banyak dilakukan namun belum pernah diketahui efektivitasnya dalam perlindungan korosi. Penggunaan kain ini tidak hanya untuk perlindungan korosi namun juga untuk keamanan berkendara.

Dengan dilapisi, temperatur dinding luar knalpot tidak tinggi sehingga relative lebih aman. Pada kesempatan ini akan meneliti seberapa efektif kain pelapis knalpot (*wrap exhaust*) yang digunakan untuk mengurangi korosi dan menghambat energi thermal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat ditentukan adalah sebagai berikut :

1. Seberapa efektifkah kain pelapis knalpot (*wrap exhaust*) dalam mengurangi laju korosi ?
2. Seberapa efektifkah kain pelapis knalpot (*wrap exhaust*) dalam mengurangi laju energi thermal?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan efektivitas kain pelapis knalpot (*wrap exhaust*) dalam mengurangi laju korosi
2. Mendapatlan efektivitas kain pelapis knalpot (*wrap exhaust*) dalam mengurangi laju energi thermal.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah-masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan dilakukan pada bagian leher knalpot.
2. Material knalpot yaitu baja AISI 1010
3. Kain pelapis yang digunakan adalah *exhaust wrap* dengam material *fiberglass*

4. Motor yang digunakan adalah Byson 150cc
5. Pengamatan laju korosi
6. Pengamatan laju perpindahan panas.
7. Penyemprotan H₂SO₄ sebanyak 50ml

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat hasil penelitian ini adalah :

1. Informasi mengenai alternatif lain untuk memperluas penggunaan kain pelapis knalpot (*Exhaust Wrap*).
2. Menjaga keawetan knalpot dalam jangka yang lebih lama.
3. Mengurangi limbah dari logam knalpot dan juga menghemat pengeluaran dalam perawatan knalpot.

1.6 Sistematika penulisan

Penyusunan ini bisa dijadikan Proposal Judul Tugas Akhir terbagi menjadi lima bab secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan landasan teori, meliputi : bahan (material) kain pelapis knalpot sepeda motor dan teori yang relevan dengan penelitian, serta tinjauan pustaka.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini meliputi metode penelitian, waktu dan tempat penelitian, instrumen penelitian dan desain pengujian, populasi, sampel, dan teknik pengambilan sampel, metode pengumpulan data, metode analisis data, dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan analisis data dan pembahasan mengenai pelapisan knalpot menggunakan *exhaust wrap*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini meliputi kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian dan saran-saran yang diharapkan bermanfaat bagi yang berkepentingan.

1. Bagian Penutup

Bagian penutup terdiri dari :

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisi tentang buku-buku, literature-literatur, sumber-sumber berupa jurnal maupun artikel yang berkaitan dengan penelitian.

LAMPIRAN

Lampiran berisi tentang data-data pendukung penelitian, seperti tabel, hasil perhitungan pengujian, dan dokumentasi penelitian lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Knalpot

Exhaust system yang biasa disebut knalpot merupakan salah satu bagian penting yang terdapat pada kendaraan bermotor. Knalpot berfungsi sebagai peredam suara yang dikeluarkan mesin sampai tingkat kebisingan yang di izinkan dengan sedikit mungkin kehilangan atau terjadi penurunan torsi serta daya mesin kendaraan. Knalpot juga berfungsi sebagai aksesoris (mempercantik penampilan kendaraan), meningkatkan tenaga kendaraan dan mengurangi polusi. Gas buang hasil pembakaran bahan bakar dari ruang bakar dikeluarkan melalui knalpot ke udara luar. Bagian dalam knalpot dikonstruksi sedemikian rupa sehingga di samping menampung gas buang, knalpot juga dapat meredam suara (*silencer*). Biasanya panjang dan diameter knalpot sudah tertentu sehingga jika dilakukan perubahan (modifikasi) akan mempengaruhi kemampuan sepeda motor (Nurdina. dkk, 2015).

Modifikasi bagian dalam knalpot banyak dilakukan untuk memperbaiki kualitas gas buang. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi pencemaran dalam bentuk gas-gas buang yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Modifikasi dilakukan dengan menambah bagian yang berfungsi sebagai katalis. Penelitian antara lain dilakukan dengan menambah bahan tembaga dengan variasi temperatur, bahan tembaga dengan bentuk sarang lebah dan variasi kandungan tembaga berlapis mangan.

Pada kendaraan bermotor terdapat energi panas yang terbangun dari hasil pembakaran di dalam ruang bakar. Ledakan bahan bakar yang terjadi dalam ruang bakar memiliki suhu yang tinggi. Terbakarnya campuran bahan bakar akan menghasilkan gas sisa pembakaran yang kemudian gas sisa bersuhu tinggi tersebut dibuang melalui *exhaust manifold* menuju ke knalpot. Ada pula bagian pembuat dari knalpot motor beserta fungsinya adalah sebagai berikut:

1. Header ataupun leher knalpot

Header ataupun leher knalpot ialah bagian yang langsung tersambung dengan mesin alat transportasi. Buat jumlah header terkait dari banyaknya silinder. Umumnya buat motor 4 tak mempunyai lebih dari satu silinder apalagi banyak silinder buat mobil. Peranan penting header merupakan buat penyambung keseluruhan dari sistem knalpot (*full system*) dari sisa hasil pembakaran yang diperoleh mesin buat disalurkan kedalam silencer setelah itu dibuang sesudah melalui prosedur filtrasi dari resonator. Ilustrasi knalpot yang terbuat dari aluminium dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Header knalpot
(Sumber : Yanwar P,2022)

Header knalpot biasanya menggunakan material besi pipa dengan baja AISI 1010, adapun unsur komposisinya seperti pada table 2.1 berikut.

AISI 1010	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Ti	Cu	Nb	V	Al	Fe
	0,106	0,166	0,005	0,05	0,656	0,032	0,052	0,003	0,002	0,022	0,003	0,002	0,028	98,8

Tabel 2.1 Komposisi kimia baja AISI 1010 (%berat)

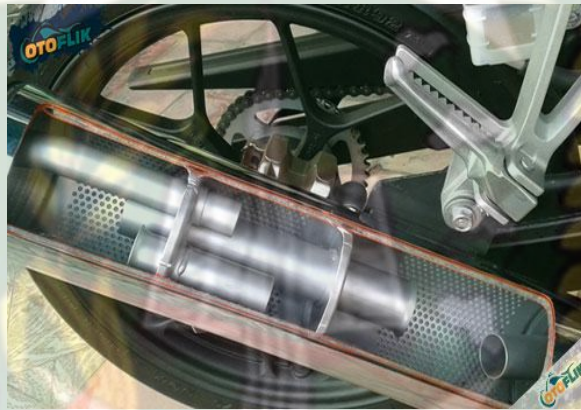
(Sumber : lib.ui.ac.id/file?digital/131553-T-27596-Pengaruh%20derajat-analisis.pdf)

1. Resonator knalpot

Resonator atau sering kita kenal dengan sebutan saringan knalpot. Resonator banyak dimiliki oleh kendaraan bermotor yang berfungsi untuk mengolah bunyi yang bising yang dihasilkan oleh hasil pembakaran mesin.

2. Silencer Knalpot

Silencer juga memiliki fungsi yang hampir mirip dengan resonator, untuk membantu mengurangi suara yang dihasilkan dari hasil pembakaran dari mesin. *Silencer* biasanya diletakan pada bagian ujung knalpot. Pada kendaraan bermotor roda dua biasanya *silencer* juga berisi saringan yang berfungsi sebagai resonator, sedangkan pada roda empat biasanya resonator berada di bagian kolong mobil, sedangkan *silencer* berada terpisah. Ilustrasi *silencer* knalpot dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar : 2.2 Silencer knalpot

(Sumber: <https://enginecutoff.wordpress.com/2016/03/09/jenis-knalpot-motor-berdasarkan/>)

Adapun bagian keseluruhan dari knalpot dapat dilihat dari lustrasi pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 bagian-bagian knalpot

(Yanwar p, 2022)

2.2 Baja Karbon Rendah

Baja (*steel*) adalah paduan antara besi (*Fe*) dan karbon dengan kandungan kurang lebih 1,7%. Produk ini secara teknik dan dinyatakan sebagai baja karbon. Pembuatan baja dapat dilakukan dengan konvertor, dapur Siemen Martin dan dapur listrik. Baja juga dapat dilakukan perlakuan, baik perlakuan panas maupun dingin. Hal ini yang membuat baja karbon rendah banyak digunakan sebagai *gear*, *billet bar*, batang *forging*, lembaran, tabung, dan kawat las.

Pada kendaraan bermotor, terutama pada knalpot yang secara langsung terkena panas yang cukup tinggi akibat dari fungsinya yang sebagai saluran pembuangan sisa pembakaran. Selain terkena panas secara langsung dari fungsinya sebagai saluran sisa pembuangan, knalpot juga sering kontak langsung dengan lingkungan sekitarnya yang akhirnya membuat korosi mudah terjadi. Hal tersebut menyebabkan kerugian bagi penggunaanya. Knalpot yang telah terkorosi dapat berakibat pada konsumsi bahan bakar yang meningkat, dapat mengakibatkan polusi udara atau suara yang makin bising, dan dapat berakibat pada kerusakan pada mesin kendaraan itu sendiri. Selain itu, tampilan pada pipa knalpot yang telah terkorosi kurang menarik di mata pengendara motor itu sendiri. Plat baja karbon rendah AISI 1010 dinilai tepat diperuntukkan sebagai bahan baku knalpot sepeda motor (Pratama Danar Shindi, Arya Mahendra Sakti, 2018).

2.3 Korosi

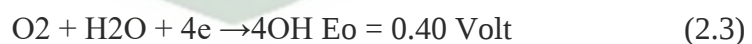
Korosi merupakan kerusakan ataupun degradasi logam dampak reaksi dengan area yang korosif. Korosi bisa pula dimaksud sebagai serangan yang mengganggu logam sebab logam bereaksi dengan cara kimia ataupun elektrokimia dengan lingkungan. Korosi ataupun secara umum lebih diketahui dengan sebutan pengkaratan ialah kejadian kimia pada materi-materi logam diberbagai berbagai situasi lingkungan. pemeriksaan mengenai sistim elektrokimia sudah banyak menolong memaparkan hal korosi ini, yakni respon kimia antara logam dengan zat- zat yang terdapat di sekelilingnya ataupun dengan partikel- partikel lain yang terdapat di dalam matrik logam itu sendiri. Jadi diamati dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya ialah respon logam jadi ion pada permukaan logam yang berkontak langsung dengan area berair serta zat asam.

Apabila ditinjau dari interaksi yang terjalin, korosi merupakan cara memindahkan elektron dari metal ke lingkungannya. Metal berperan selaku sel yang membagikan electron (anoda) serta lingkungan berperan selaku penerima electron (katoda). Sebaliknya penyusutan kualitas yang disebabkan interaksi selaku fisik bukan disebut korosi, tetapi lazim diketahui selaku pengikisan serta keausan. Dengan respon ini beberapa logam hendak hilang, jadi sesuatu senyawa yang lebih normal. Di alam, metal pada biasanya berbentuk senyawa, sebab itu insiden korosi pula bisa dikira selaku insiden kembalinya metal mengarah wujudnya seperti dia terdapat di alam. Serta ini ialah kebalikan dari cara *extractive metallurgy*, yang membersihkan metal dari senyawanya (Academia. Edu, 2017).

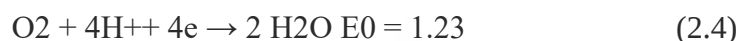
Metode korosi tidak terbebas dari respon elektrokimia. Respon elektrokimia perpindahan elektron-elektron. Perpindahan elektron ialah hasil respon redoks (reduksi-oksidasi). Metode korosi lewat respon elektrokimia mengaitkan respon anodic di wilayah anodic. Respon anodic (oksidasi) diindikasikan lewat kenaikan valensi ataupun produk elektron-elektron. Respon anodic terjalin pada cara korosi metal yaitu:



Cara korosi dari logam Meter merupakan cara oksidasi logam jadi satu ion(n^{+}) dalam pembebasan elektron. Harga dari “n” tergantung dari sifat logam selaku contoh ialah:



Kedua respon menciptakan potensial respon yang positif ($E = 0.84 \text{ Volt}$) membuktikan kalau respon ini bisa terjalin. Bila cara ini dalam atmosfer asam sehingga, cara reaksinya merupakan:



dan potensial reaksinya semakin besar yaitu :

$$E = (0.44 + 1.23) = 1.63 \text{ Volt} \quad (2.5)$$

Dengan tutur lain teknik korosi besi akan lebih mudah terangkai dalam suasana asam. Pada logam yang seragam, salah satu bagian permukaannya dapat jadi anoda dan bagian lapangan yang lain jadi katoda. Mengenai ini bisa saja terangkai karena bisa jadi logam terdiri dari langkah yang berbeda, karena dataran metal dilapisi dengan suasana coating yang berbeda, atau karena di permukaan logam terdapat lebih dari satu bermacam elektrolit. (Academia.Edu, 2017).

2.3.1 Jenis-jenis Korosi

Ada pula jenis-jenis dari korosi antara lain :

1. *Pitting corrosion*

Pitting corrosion merupakan pengkaratan yang berfokus pada satu titik dengan daya khusus. *Pitting corrosion* biasanya berupa lubang-lubang kecil pada permukaan serta umunya rumit ditemui dengan visual inspektion. Korosi ini amat beresiko sebab lubang-lubang kecil tersebut bisa menyebabkan kelihatannya konsentrasi tegangan yang bisa berdampak pada kegagalan pipa. Selanjutnya sketsa *pitting corrosion* bisa diamati pada gambar 2. 4:



Gambar 2.4. *Pitting Corrosion*

(Sumber : Deny Prabowo : 2015)

2. Korosi Erosi

Erosi merupakan cara perusakan pada permukaan logam yang diakibatkan oleh aliran zat alir yang sungguh cepat. Korosi erosi bisa dibedakan pada 3 keadaan:

- a) Situasi gerakan laminar.
- b) Situasi gerakan turbulensi.
- c) Kondisi peronggaan.

Korosi erosi diakibatkan oleh beberapa aspek, yakni:

- a) Transformasi drastis pada garis tengah lubang bor ataupun arah pipa.
- b) Penyekat pada sambungan yang jelek pemasangannya.
- c) Terdapatnya antara yang memungkinkan zat alir mengalir di luar gerakan utama.
- d) Terdapatnya produk korosi ataupun sedimen lain yang mengusik gerakan laminar.

Contoh dari korosi erosi ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Korosi Erosi
(Sumber : Admasmc, 2014)

3. Korosi Merata

Korosi merata merupakan korosi yang terjalin dengan cara berbarengan di semua permukaan logam, oleh sebab itu pada logam yang hadapi korosi menyeluruh hendak terjalin penurunan dimensi yang relatif besar per

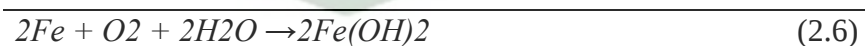
ukuran waktu. Kehilangan langsung dampak korosi menyeluruh berbentuk kehabisan material arsitektur, keselamatan kegiatan serta pencemaran area dampak produk korosi dalam wujud senyawa yang mencemarkan lingkungan. Sebaliknya kerugian tidak langsung antara lain berbentuk penyusutan kapasitas serta kenaikan biaya perawatan (*preventive maintenance*). Kerusakan material yang diakibatkan oleh korosi merata yang ditunjukkan pada Tabel 2.2

Ketahanan Relatif Korosi	Mpy (<i>mill per year</i>)	mm/yr	µm/yr	nm/h
<i>Outstanding</i>	<1	< 0,02	< 25	<2
<i>Excellent</i>	1 -5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 - 10
<i>Good</i>	5 -20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 - 150
<i>Fair</i>	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 - 150
<i>Poor</i>	50 - 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500
<i>Unexceptable</i>	200 +	5 +	5000 +	5000 +

Tabel 2.2 Kerusakan Material oleh Korosi Merata
(Sumber : Fontana, 1896)

Korosi merata yang terjadi pada logam, prosesnya dapat dilihat pada Gambar 2.6

Reaksi yang terjadi adalah :

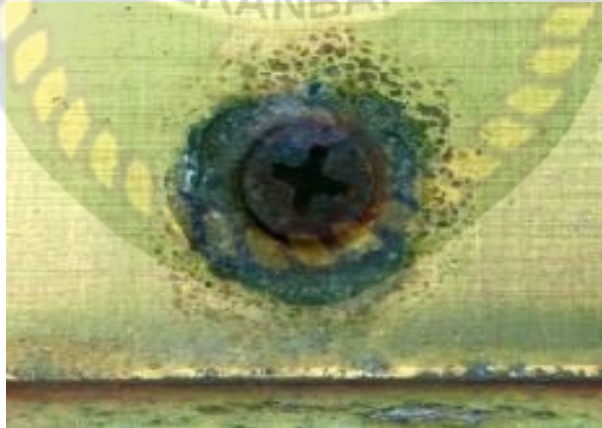




Gambar 2.6. Korosi Merata
(Sumber : Ademasmc, 2014)

4. *Galvanis corrosion* (korosi galvanis)

Korosi galvanik terjadi apabila dua logam yang tidak sama dihubungkan dan berada di lingkungan korosif. Salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sementara logam lainnya akan terlindungi dari serangan korosi. Logam yang mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial yang lebih rendah dan logam yang tidak mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial yang lebih tinggi. Contoh dari korosi galvanik ditunjukkan pada Gambar 2.7



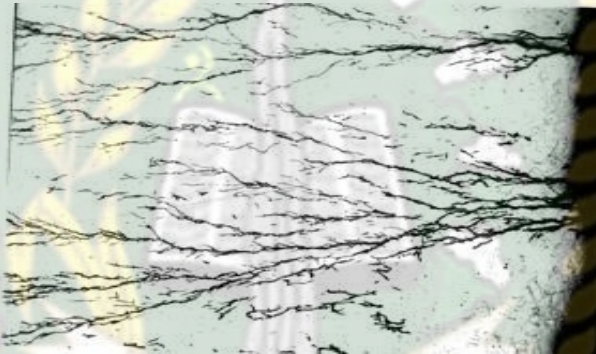
Gambar 2.7. *Galvanis corrosion*
(Sumber : Deny Prabowo, 2015)

5. *Stress Corrosion* (korosi tegangan)

Berlangsung karna butiran logam yang berganti wujud yang terjalin sebab logam yang alami perlakuan spesial serupa diregang, ditekuk, serta lain sebagainya alhasil maka butiran jadi tegang serta mudah bereaksi dengan lingkungan. Korosi ini bisa diatasi dengan metode: (Utomo,2009).

- a) Diberi inhibitor
- b) Bila terdapat logam yang hadapi stress sehingga logam mesti dirileksasi.

Berikut contoh korosi tegangan dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8. *stress corrosion*
(Sumber : Utomo.2009)

6. *Crevice Corrosion* (korosi celah)

Korosi celah merupakan korosi lokal yang terjalin pada antara diantara 2 bagian. Metode terbentuknya korosi antara ini dimulai dengan terbentuknya korosi menyeluruh di luar serta di dalam celah, alhasil terjalin oksidasi logam serta pengurangan zat asam. Pada sesuatu disaat zat asam (O_2) didalam antara habis, sebaliknya diluar celah masih banyak. Akhirnya dataran logam yang berkaitan dengan bagian luar jadi katoda serta permukaan logam didalam jadi anoda alhasil tercipta antara yang terkorosi. Ilustrasi dari korosi antara ditunjukkan pada Gambar 2. 9



Gambar 2.9. Korosi Celah
(Sumber : Ademasmc, 2014)

7. Korosi Mikrobiologi

Korosi yang terjadi karena mikroba. Microorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur, alga dan protozoa. Korosi ini bertanggung jawab terhadap degradasi material di lingkungan. Pengaruh inisiasi atau laju korosi di suatu area, microorganisme umumnya berhubungan dengan permukaan korosi, kemudian menempel pada permukaan logam dalam bentuk lapisan tipis atau biodeposit. Lapisan film tipis atau biofilm. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara (Utomo,2009).

- a) Memilih logam yang tepat buat suatu lingkungan dengan kondisi-kondisinya.
- b) Memberi lapisan penjaga supaya susunan logam aman dari lingkungannya.
- c) Perlindungan dengan cara elektrokimia dengan anoda korban ataupun arus paduan

Berikut dapat dilihat contoh korosi mikrobiologi pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10. Korosi Microbiologi
(Sumber : Utomo, 2009)

8. *Fatigue Corrosion* (korosi lelah)

Korosi ini terjalin sebab pemberian jeratan ataupun kompresi yang melampaui batasan ketentuannya. Kegagalan ini kerap disebut Retak Karat Regangan (RKR) ataupun *stress corrosion cracking*. Sifat tipe retak ini amat otomatis (seketika terjadinya atau *spontaneous*), regangan umumnya bersifat internal yang diakibatkan oleh perlakuan yang diaplikasikan semacam bentukan dingin ataupun menggambarkan sisa hasil pengerjaan (residual) semacam pengelingan ataupun penekanan serta lain-lain. Buat material kuningan tipe KKR disebut *season cracking*, serta pada material *low karbon steel* disebut *caustic embrittlement* (kerapuhan basa), karat ini terjalin sangat cepat dalam hitungan menit, yaitu bila seluruh persyaratan buat terbentuknya karat regangan ini sudah terpenuhi pada suatu momen khusus adalah terdapatnya regangan dalam serta terciptanya situasi korosif yang berkaitan dengan Fokus zat karat (*corrodent*) serta temperatur lingkungan. Ilustrasi dari korosi regangan tegang ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. *fatigue corrosion*
(Sumber : Ademasmc, 2014)

Bersumber pada lingkungannya, korosi bisa dibedakan ke dalam 2 jenis ialah sebagai selanjutnya:

- a) Korosi Lingkungan Gas (*Dry Corrosion*)
- b) Korosi Lingkungan Cairan (*Fluid Corrosion*)

Korosi lingkungan gas bisa terjalin pada area atmosfer ataupun area gas yang lain. Korosi lingkungan larutan bisa terjalin pada lingkungan air ataupun larutan yang lain. Korosi bisa dibedakan bersumber pada temperatur korosif yang melingkungi arsitektur logam. Bersumber pada temperatur korosif ini, korosi dibedakan jadi 2 jenis, ialah:

- a) Korosi Temperatur Tinggi (*High Temperature Corrosion*).
- b) Korosi Lazim atau Temperatur Kamar (*Normal Temperature Corrosion*).

High Temperature Corrosion terjalin pada *burner*, boiler, *reformer*, reaktor, dsb. Korosi tipe ini banyak terjalin dalam atmosfer lingkungan gas.

2.3.2 Pengujian Korosi

Korosi ataupun pengkaratan ialah sesuatu kerusakan ataupun penyusutan mutu sesuatu materi logam yang diakibatkan oleh terbentuknya respon kepada lingkungan. Sebagian ahli beranggapan keterangan cuma berlaku pada logam saja,

namun para insinyur korosi pula terdapat yang mendeskripsikan sebutan korosi berlaku pula untuk material non logam, semacam keramik, plastik, karet. Selaku ilustrasi hancurnya cat karet sebab cahaya surya ataupun terserang materi kimia, mencairnya susunan tungku pembuatan baja, serbuan logam yang keras oleh *metal* yang cair. Laju korosi ialah besarnya abrasi yang terjalin pada sesuatu material yang diklaim dalam era dibagi durasi. Pengetesan laju korosi bisa dicoba dengan 2 metode ialah tata cara elektrokimia serta kehabisan berat.

1. Metode elektrokimia

Tata cara elektrokimia merupakan tata cara mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial subjek sampai diterima laju korosi yang terjalin, tata cara ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana berspekulasi laju itu dengan durasi yang panjang (berspekulasi meski hasil yang terjalin antara satu durasi dengan waktu yang lain berlainan). Kelemahan tata cara ini adalah tidak bisa memvisualkan dengan cara pasti laju korosi yang terjalin dengan cara cermat sebab cuma bisa mengukur laju korosi cuma pada durasi khusus saja, sampai dengan cara umur konsumsi ataupun situasi buat bisa di *treatment* tidak bisa dikenal. Keunggulan tata cara ini merupakan kita langsung bisa mengenali laju korosi pada saat di ukur, hingga durasi pengukuran tidak memakan durasi yang lama. Tata cara elektrokimia ini menggunakan metode yang dilandasi pada Hukum *Faraday* dengan memakai metode sebagai berikut :

$$CR (mpy) = K \frac{ai}{nD}$$

Dimana,

CR = Corrosion Rate (mpy)

K = Constant Factor, mpy = 0,129; $\mu m/yr$ = 3,27 ; mm/yr = 0,000327

a = Atomic weight of metal

i = Current density ($\mu A/cm^2$)

n = number of electron loss

D = Density (g/cm)

2. Metode kehilangan berat

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut:

$$CR (mpy) = \frac{W \times K}{DA_s T}$$

Dimana,

CR = Corrosion rate (mpy)

W = Weight loss (gram)

K = Constanta factor (g/cm^3)

A_s = Surface area (cm^2)

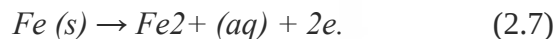
T = Eksposure time(jam)

Tata cara ini merupakan mengukur balik berat awal dari benda uji coba (subjek yang mau diketahui laju korosi yang terjalin padanya), kekurangan berat dari pada berat awal adalah angka kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam metode buat memperoleh laju kehilangan beratnya. Tata cara ini apabila dijalani dengan durasi yang lama serta suistinel bisa dijadikan referensi kepada keadaan tempat subjek diletakkan (bisa dikenal seberapa korosif wilayah itu) pula bisa dijadikan rujukan buat perawatan yang wajib diaplikasikan pada daerah serta situasi tempat subjek itu.

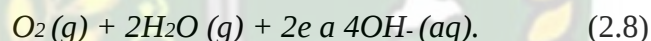
2.3.3 Mekanisme Terjadinya Korosi

Korosi terjadi melalui reaksi redoks, di mana logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen mengalami reduksi. Karat logam pada umumnya berupa oksida dan karbonat. Korosi secara keseluruhan merupakan proses elektrokimia. Pada korosi logam bagian tertentu dari besi sebagai anoda, di mana logam mengalami oksidasi. Pada permukaan logam yang permukaannya miring merupakan daerah yang memiliki potensi karat yang tinggi. Karena permukaan yang miring, akan terjadi

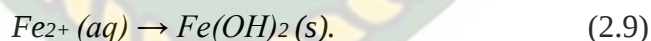
oksidasi logam Fe atau pelarutan atom-atom besi disertai dengan pelepasan elektron. Adapun reaksinya adalah :



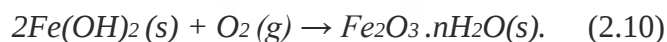
Elektron yang dikirim selama waktu yang dihabiskan untuk melarutkan logam besi (respon oksidasi pada anoda) akan bergerak melalui logam besi. Siklus ini ekuivalen dengan interaksi yang terjadi pada sel *volta*, di mana elektron mengalir melalui sirkuit luar sel *volta* ke daerah katoda, sehingga menimbulkan respons penurunan gas oksigen dari udara. Respons penurunan adalah sebagai berikut:



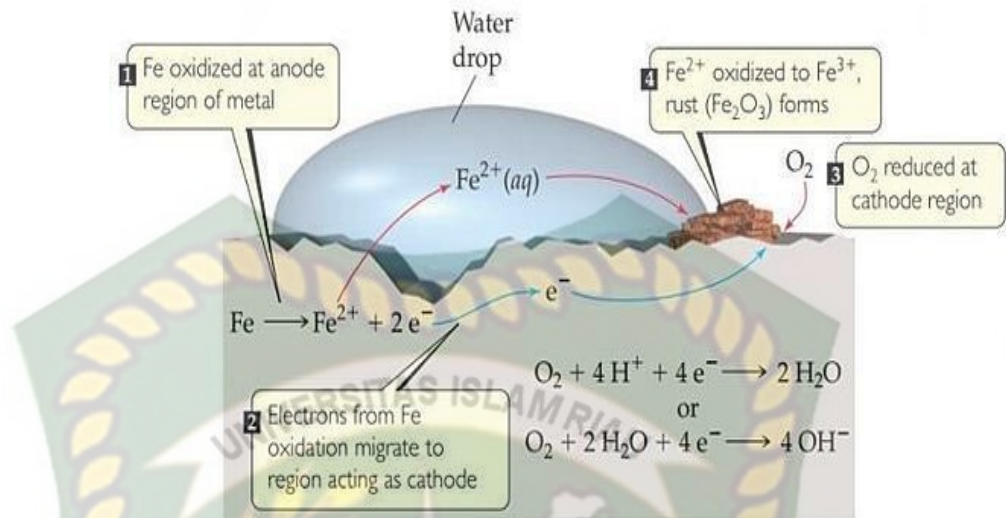
Sementara itu, partikel Fe^{2+} yang terurai dalam tetesan air (akibat reaksi oksidasi) akan bergerak menuju daerah katoda. Jika dikaitkan dengan siklus dalam sel volta, perkembangan partikel besi setara dengan pergerakan partikel sebagai partikel melalui perpanjangan garam dalam sel volta. Partikel Fe^{2+} yang bergerak akan bereaksi dengan partikel OH^- untuk membungkus oksida esensial, khususnya $Fe(OH)_2$. Responsnya adalah:



$Fe(OH)_2$ yang telah dibungkus akan dioksidasi oleh oksigen membentuk karat, responsnya adalah:



Mengingat hal ini, persamaan karat untuk besi adalah $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$. Huruf 'n' dalam atom air menunjukkan jumlah partikel air yang termasuk dan terperangkap dalam siklus konsumsi.



Gambar 2.12 : mekanisme terjadinya korosi

(<https://www.ruangguru.com/blog/pengertian-korosi-dan-faktor-penyebabnya>)

2.3.4 Syarat-syarat Terbentuknya Korosi

Adapun syarat-syarat terbentuknya korosi pada logam adalah sebagai berikut :

1. Anoda

Anoda ialah bagian logam yang berjalan sebagai terminal di mana respons anodik terjadi. Respons anodik adalah respons yang menghasilkan elektron dan mengirimkan partikel positif ke dalam susunan elektrolit. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi itu berlaku sebagai anoda, di mana besi mengalami oksidasi. Elektron yang dibebaskan di anode mengalir ke bagian lain dari besi itu yang bertindak sebagai katode, di mana oksigen tereduksi. Potensial anoda lebih negatif dari katoda sehingga elektron di anoda mengalir melalui kontak metalik ke katoda

Reaksinya adalah sebagai berikut:



2. Katoda

Katoda adalah bagian logam yang berfungsi sebagai terminal yang melalui respons katodik dan menerima elektron dari anoda. Proteksi katoda adalah metode yang ampuh untuk mencegah pemutusan korosi tekanan (putus karena korosi), dengan memutar arah arus korosi untuk membangun kembali elektron yang terpisah dari logam tertentu, yang aman atau tahan sehingga siklus konsumsi pada logam dapat dikurangi. Kerangka asuransi katodik biasanya digunakan untuk melindungi baja, saluran pipa, tangki, timbunan, kapal, tahap menuju laut, dan rumah sumur minyak pedalaman. Reaksinya adalah sebagai berikut:



3. Elektrolit

Elektrolit adalah media yang bersentuhan dengan permukaan logam, baik anoda maupun katoda. Medium ini merupakan tempat pertukaran partikel positif yang terjadi karena adanya respon pada anoda terhadap katoda. Media dapat menyalurkan momentum listrik seperti air dan tanah. Zat elektrolit terlarut merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya korosi plat baja dalam lingkungan air. Di dalam terdapat berbagai jenis zat elektronik terlarut diantaranya NaF , $NaCl$, $NaBr$, NaI , dan Na_2SO_4 dengan jumlah yang bervariasi. Dalam penelitian ini diteliti mengenai pengaruh berbagai jenis zat elektrolit terlarut dengan berbagai konsentrasi dan berbagai daya hantar listrik terhadap laju korosi plat baja. Contohnya adalah pada reaksi elektron dengan H^{+} dalam membentuk molekul H_2 yang berupa gelembung gas sehingga katoda akan terproteksi dari korosi.

4. Penghantar Listrik

Agar aliran listrik mengalir antara katoda dan anoda, harus ada saluran yang dapat mengalirkan aliran listrik atau elektron.

2.3.5 Hal- hal yang Menyebabkan Terbentuknya Korosi

Keadaan yang menimbulkan terbentuknya korosi antara lain (Utomo, 2009):

1. Temperatur, semakin tinggi temperatur sehingga respon kimia bakal terus menjadi cepat sehingga korosi bakal terus menjadi segera terjalin.
2. Kecepatan gerakan, bila kecepatan gerakan terus menjadi cepat sehingga bakal mengganggu susunan film pada logam sehingga akan memusatkan korosi sebab logam akan kehilangan susunan.
3. *pH*, pada *pH* yang maksimal sehingga korosi akan terus menjadi cepat (mikroba). Kandungan Zat asam, terus menjadi besar kandungan zat asam pada sesuatu tempat sehingga respon oksidasi akan mudah terjalin, alhasil akan pengaruhi laju respon korosi.

2.3.6 Upaya Menghindari Korosi

Upaya-upaya dalam menghindari terbentuknya korosi ialah (Utomo, 2009):

Memilah logam yang pas buat sesuatu lingkungan dengan kondisi-kondisinya:

1. Berikan susunan pelindung supaya susunan logam aman dari lingkungannya
2. Memperbaiki lingkungan agar tidak korosif
3. Perlindungan dengan cara elektrokimia dengan anoda korban ataupun arus paduan.

2.4 Perlakuan Panas / *Heat Treatment*

Heat Treatment merupakan cara pemanasan serta pendinginan pada logam buat memperoleh sifat- sifat khusus yang dibutuhkan buat sesuatu arsitektur, misalnya daya (*strength*), kelunakkan (*softness*), memperhalus dimensi biji (Purwaningrum, 2006).

Metode perlakuan panas merupakan suatu cara mengganti sifat logam dengan metode mengganti bentuk mikro lewat cara pemanasan serta pengaturan kecepatan pendinginan dengan ataupun tanpa mengubah aransemen kimia logam yang berhubungan. Tujuan cara perlakuan panas buat menciptakan sifat-sifat logam yang di idamkan. Pergantian sifat metal akibat cara perlakuan panas bisa meliputi totalitas bagian dari logam ataupun beberapa dari logam.

Terdapatnya sifat *alotropic* dari besi menimbulkan timbulnya alterasi bentuk mikro dari bermacam tipe logam. *Alotropik* itu sendiri yakni menggambarkan alih bentuk dari satu wujud lapisan molekul (sel dasar) ke wujud lapisan molekul yang lain. Pada temperatur dibawah 910°C sel satuannya *Body Center Cubic* (BCC), temperatur antara 910°C serta 1392°C sel satuannya *Face Center Cubic* (FCC) sebaliknya temperatur diatas 1392°C sel satuannya berbalik jadi BCC.

2.4.1 Sistem Pembuangan Panas Pada Sepeda Motor

Knalpot merupakan saluran pembuangan gas sisa pembakaran yang digunakan sepeda motor. Gas buang yang berasal dari pembakaran yang digunakan dalam motor bakar akan dengan cepat menuju dalam pipa knapot yang kemudian akan menuju ke mufler/knalpot.

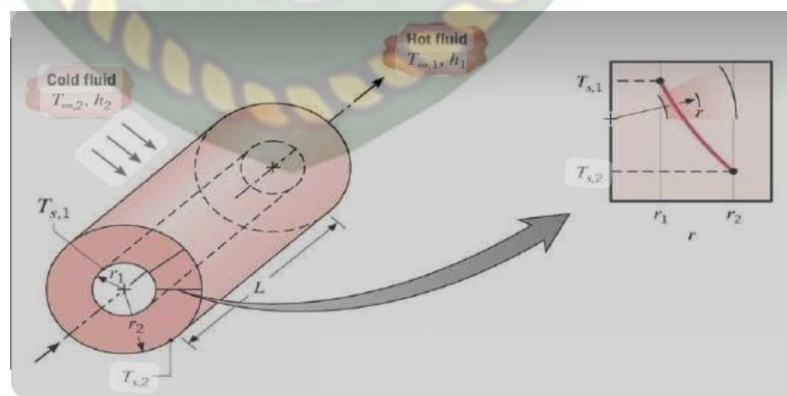
Didalam knalpot ini, gas buang kembali berekspansi seiring menjalannya gelombang tekanan tersebut seluruh bagian dalam knalpot. pada keseluruhan knalpot terdapat perbedaan temperatur sepanjang saluran pembuangan. Ini karena adanya perbedaan luas penampang knalpot, permukaan knalpot, dan bahan pembentuk knalpot.

2.4.2 Dasar Perpindahan Panas

Perpindahan panas ini berhubungan dengan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu dan penyebaran suhu dalam sebuah sistem. Proses perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi.

1. Perpindahan panas konduksi

Konduksi merupakan suatu jenis perpindahan panas yang mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah didalam suatu medium (padat, cair, atau gas) atau antara medium yang berlainan yang saling bersinggungan. Dengan adanya perbedaan temperatur suatu bahan akan energi kinetik pada bahan atom-atom tersebut, sehingga peristiwa konduksi pada zat padat merupakan perpindahan energi dalam (energi dakhil), perpindahan energi tersebut dapat berlangsung dengan tumbukan elastis (*elastic impack*), jika beda suhu yang dipertahankan dengan penambahan dan pembuangan panas pada berbagai titik, maka akan berlangsung aliran panas yang terus menerus di daerah yang lebih panas kedaerah yang lebih dingin. Ilustrasi perpindahan panas dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.13 : Perpindahan Panas Konduksi

(Sumber : <https://images.app.goo.gl/pPf3M8pc4Go9vwuv8>)

Persamaan laju perpindahan panas konduksi biasa sering disebut dengan persamaan Hukum *Fourier* ditulis sebagai berikut :

$$Q_{kond} = \frac{kA\Delta T}{L} \quad (2.13)$$

Dimana :

- Q_{kond} = laju perpindahan panas (W)
- K = konduktivitas thermal ($W/m^{\circ}C$)
- A = luas penampang (m^2)
- $L = \Delta x$ = ketebalan (m)
- ΔT = perbedaan suhu ($^{\circ}C$)

2. Konduksi Panas Dalam Silinder dan Lingkungan

Pertimbangan konduksi panas yang stabil melalui pipa dengan fluida panas, panas akan perlahan menyerap ke luar melalui dinding pipa, dan secara intuitif dapat kita ketahui bahwa bahwa perpindahan panas melalui pipa dalam keadaan normal ke permukaan luar dinding pipa dan tidak ada perpindahan yang signifikan yang terjadi di area lainnya. Dalam keadaan yang stabil, oleh karena itu tidak ada perubahan suhu fluida dalam pipa sepanjang waktu pada setiap titik. Oleh karena itu laju perpindahan panas dalam pipa sama dengan laju temperatur fluida yang ada dalam pipa, dengan kata lain laju perpindahan panas dalam pipa harus konstan, $Q_{cond,cyl} = \text{constan}$.

Perhatikan lapisan silinder berbentuk panjang seperti pipa melingkar dengan menghitung jari-jari dalam (r_1), radius luar (r_2), panjang pipa, serta konduktivitas thermal (k) pipa tersebut. Kedua lapisan silinder tersebut dipertahankan dengan pada suhu T_1 dan T_2 dalam keadaan konstan, dimana tidak ada penghasil panas pada lapisan dan konduktivitas termalnya adalah konstan. Untuk konduktivitas panas satu dimensi melalui silinder berlapis harus

memiliki $T(r)$. Kemudian hukum *fourier* tentang konduktivitas panas melalui lapisan silinder dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_{cond,cyl} = -kA \frac{dT}{dr} \quad (W) \quad (2.14)$$

Dimana $A = 2\pi rL$ adalah area perpindahan panas di lokasi r .

Perhatikanlah bahwa nilai A tergantung pada radius silinder, dan dengan demikian maka bervariasi arah perpindahan panas. Untuk memisahkan variabel pada persamaan diatas, dan integrasi dari $r = r_1$ dimana $T(r_1) = T_1$ ke $r=r_2$ dimana $T(r_2) = T_2$, maka didapat persamaan:

$$\int_{r=r_1}^{r_2} \frac{Q_{cond,cyl}}{A} dr = -\int_{r=r_1}^{r_2} k dT \quad (2.15)$$

Mengganti $A = 2\pi rL$ dan melakukan integrasi memberi :

$$Q_{cond,cyl} = 2\pi Lk \frac{T_1 - T_2}{\ln r_1/r_2} \quad (W) \quad (2.16)$$

Karena $Q_{(cond,cyl)} = \text{constan}$. Persamaan ini dapat disusun ulang sebagai :

$$Q_{cond,cyl} = \frac{T_1 - T_2}{R_{cyl}} \quad (W) \quad (2.17)$$

Dimana :

$$R_{cyl} = \frac{\ln r_1/r_2}{2\pi Lk} \quad (2.18)$$

Untuk ketahanan termal dari lapisan silinder terhadap konduksi panas, atau hanya ketahanan konduksi lapisan silinder.

3. Perpindahan panas konveksi

Perpindahan panas konveksi merupakan proses proses perpindahan panas dengan kerja gabungan pada permukaan padat terhadap cairan atau gas yang bergerak. Disebut konveksi paksa, jika fluida (gas atau cair) bergerak karena adanya gaya dari luar, sedangkan bila gerakan fluida yang terjadi karena adanya perbedaan massa jenis maka perpindahan ini disebut konveksi alami. Persamaan laju perpindahan panas konveksi adalah :

$$Q = hA (T_s - T_{\infty}) \quad (2.19)$$

Dimana :

- Q = laju perpindahan panas (W)
- h = koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
- A = luas penampang (m^2)
- T_s = perbedaan permukaan padat ($^\circ C$)
- T_∞ = perbedaan fluida ($^\circ C$)

4. Perpindahan panas radiasi

Perpindahan radiasi adalah proses perpindahan panas dari suatu media lain akibat perbedaan temperatur tanpa memerlukan media perantara. Peristiwa radiasi akan lebih efektif terjadi pada ruang hampa, berbeda dari perpindahan panas konduksi dan konveksi yang mengharuskan adanya media perpindahan panas. Persamaan laju perpindahan panas radiasi adalah :

$$Q_{rad} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \quad (2.20)$$

Dimana :

- Q_{rad} = laju perpindahan panas radiasi (W)
- ϵ = emisivitas
- σ = konstanta Boltzmann { $5,6 \times 10^{-8} (W/m^2 \cdot K)$ }
- T_s = temperatur benda (K)
- T_{sur} = temperatur lingkungan (K)
- A = luas permukaan perpindahan panas (m^2)

Perpindahan panas yang terjadi pada knalpot motor adalah perpindahan panas konduksi.

2.5 Kain Isolasi (Exhaust Wrap)

Kain pembungkus knalpot atau yang sering kita kenal dengan *exhaust wrap* atau disebut juga sebagai *thermo cool* ini merupakan kain yang berbahan dasar serat *fiber* bukan asbes yang tahan terhadap suhu yang cukup tinggi sehingga tidak terkontaminasi dengan benda yang diselimutinya. Kain ini berfungsi sebagai isolasi yang memiliki kemampuan meredam panas, sehingga panas yang dihasilkan dari suatu material akibat suatu perlakuan tidak akan menembus ke bagian luar kain pelapis ini. Sebagai kain pelapis, kain ini juga memiliki kemampuan dalam mengurangi laju korosi pada pipa knalpot berikut adalah ilustrasi kain pelapis knalpot pada gambar 2.12:



Gambar 2.14. Kain pelapis knalpot

Korosi di bawah isolasi (*CUI*) adalah korosi eksternal karena pengumpulan air di ruang *annulus* antara insulasi dan permukaan logam. Plus, insulasi pipa adalah salah satu tindakan pencegahan keselamatan untuk perpipaan yang dapat mengontrol properti apa pun yang terkait dengan pipa seperti transfer energi, suara, kebocoran, dan lain-lain. *CUI* adalah masalah umum utama di seluruh dunia yang dimiliki oleh semua industri yang menggunakan transportasi pipa. Proses korosi dipahami dengan baik tetapi *cui* sering tidak terdeteksi sampai kerusakannya signifikan (afiq, 2015).

Studi biaya *CUI* telah menunjukkan bahwa 40 hingga 60% dari biaya perawatan pipa disebabkan oleh *CUI* dan sekitar 10% dari total anggaran pemeliharaan dihabiskan untuk memperbaiki kerusakan dari *CUI*. Tingkat korosi adalah tes untuk mengukur penurunan berat badan korosi. Metode ini melibatkan mengekspos sepotong logam atau paduan berat bersih ke lingkungan korosif untuk waktu yang ditentukan diikuti dengan pembersihan untuk menghilangkan produk korosi dan menimbang potongan untuk menentukan penurunan berat badan. Dalam penelitian ini, telah dipilih tiga bahan untuk menguji material tumbukan terhadap tingkat korosi. *CUI* dapat terjadi di bawah semua jenis isolasi tergantung pada jenis logam. Semua logam yang terkorosi ini biasanya diisolasi, dan tergantung pada faktor terkait lainnya. Isolasi dalam perpipaan sebagian besar diterapkan karena konservasi panas, kontrol proses, perlindungan personel, proteksi kebakaran atau alasan lainnya

Oksigen dan air diubah menjadi ion hidroksida ketika keberadaan elektron di lingkungan dengan air atau kelembaban terjadi. Ion hidroksida ini kemudian akan bergabung dengan ion besi untuk membentuk oksida terhidrasi $Fe(OH)_2$. Reaksi selanjutnya membentuk campuran *magnetit* (Fe_3O_4) dan *hematit* (Fe_2O_4). Campuran oksida besi merah-coklat ini berkarat atau dikenal sebagai korosi. Pelapisan adalah penghalang utama antara permukaan baja dan lingkungannya. Karena itu, kondisi lapisan sangat penting. Karena pelapis terdegradasi umumnya tergantung pada usia, semakin tua lapisan, semakin besar kemungkinan *CUI*.

2.5.1 Jenis Isolasi

Tujuan utama dari isolasi pipa adalah untuk mencegah aliran panas dari uap atau pipa air panas ke udara sekitarnya atau dari udara di sekitarnya ke saluran air dingin. Oleh karena itu, penurunan probabilitas salah satu faktor utama korosi yaitu suhu. Bahan isolasi dikategorikan menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. Selular, isolasi terdiri dari sel-sel individu kecil baik yang saling berhubungan atau disegel satu sama lain untuk membentuk struktur seluler. Kaca, plastik, dan karet dapat terdiri dari bahan dasar dan berbagai agen

berbusa digunakan. Insulasi seluler sering diklasifikasikan lebih lanjut sebagai sel terbuka atau sel tertutup. Umumnya, bahan yang memiliki kandungan sel tertutup lebih dari 90% dianggap sebagai bahan sel tertutup.

- b. Berserat, isolasi terdiri dari serat berdiameter kecil yang membagi ruang udara dengan halus. Serat-serat tersebut mungkin organik atau anorganik dan biasanya (tetapi tidak selalu) disatukan oleh pengikat. Serat anorganik yang khas termasuk kaca, wol batu, wol terak, dan silika alumina. Insulasi berserat selanjutnya diklasifikasikan sebagai isolasi berbasis wol atau tekstil. Insulasi berbasis tekstil terdiri dari serat dan benang tenunan dan non-anyaman. Serat dan benang mungkin organik atau anorganik. Bahan-bahan ini kadang-kadang dilengkapi dengan pelapis atau sebagai komposit untuk sifat-sifat tertentu, seperti ketahanan cuaca dan kimia, reflektivitas, dll
- c. Serpihan, isolasi terdiri dari partikel kecil atau serpihan yang secara halus membagi ruang udara. Serpihan ini mungkin atau mungkin tidak terikat bersama. Vermikulit, atau mika yang diperluas, adalah isolasi serpihan.
- d. Rinci, isolasi terdiri dari nodul kecil yang mengandung rongga atau ruang berlubang. Bahan-bahan ini kadang-kadang dianggap sebagai bahan sel terbuka karena gas dapat ditransfer di antara ruang individu. Kalsium silikat dan insulasi perlit yang dibentuk dianggap sebagai isolasi granular.
- e. Reflektif, Insulasi dan perawatan ditambahkan ke permukaan untuk menurunkan pancaran gelombang panjang sehingga mengurangi perpindahan panas

radiasi ke atau dari permukaan. Beberapa sistem isolasi reflektif terdiri dari beberapa lembaran tipis paralel atau foil yang diberi jarak untuk meminimalkan perpindahan panas konvektif. Jaket dan wajah low emittance sering digunakan dalam kombinasi dengan bahan insulasi lainnya.

2.5.2 Isolasi Berdasarkan Suhu

Adapun data isolasi yang telah dilakukan oleh Masri, menghasilkan data sebagai berikut :

KATEGORI	KISARAN SUHU
Kriogenik	(-50 & di bawah/ -45 & di bawah)
Termal - Pendinginan, air dingin, dan di bawah ambien. - Suhu menengah hingga suhu tinggi.	(-50 to +75 / -45 to +23) (+75 to +1200 / +23 to +650)
Refrakter	($\geq +1200$ / $\geq +650$)

Tabel 2.2 Kategori suhu Isolasi
(sumber : Masri, 2012)

Untuk percobaan berdasarkan yang telah dilakukan oleh *Research Officer* (RO) Bapak Masri Asmi Bin Mahed, terdapat 3 jenis insulasi yang telah digunakan untuk percobaan ini.

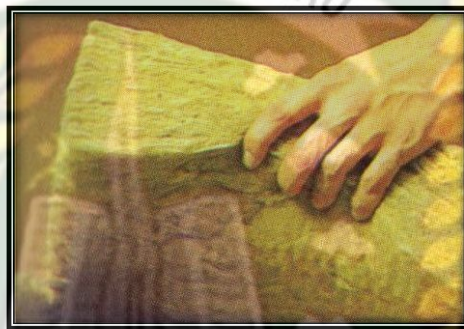
a. Rockwool

Produk isolasi *rockwool* terbuat dari wol batu – campuran batuan diabase vulkanik yang terjadi secara alami. Ini adalah bahan khusus yang memastikan isolasi *rockwool* melindungi terhadap kebisingan yang tidak diinginkan, api, dan memberikan daya tahan yang tak tertandingi tanpa biaya bagi lingkungan. Berdasarkan ASTM C547, *Rockwool* adalah insulasi pipa preformed serat mineral hingga 120°F (93°C). Terbuat dari terak baja (lebih dari 75%) dengan beberapa batuan basal (25% atau kurang). Di beberapa pabrik, terak baja daur ulang membentuk hampir 100% dari konten.

Aplikasi *blow-on* akan menutup rongga dinding yang mirip dengan selulosa yang ditiup basah yang menawarkan layanan isolasi yang unggul dibandingkan dengan *batt*.

Beratnya lebih dari *fiberglass* (Rockwool adalah 1.2 pon per kaki persegi untuk R- 30 versus 0.5 pon untuk fiberglass). Kecil kemungkinannya untuk menjadi mengudara. Rockwool adalah satu-satunya isolasi yang akan menghentikan api.

Adapun ilustrasi dari *Rockwool* dapat dilihat pada gambar dibawah ini sebagai berikut, :



Gambar 2.15 Isolasi Rockwool
(Sumber : Afiq, 2015)

b. Perlite

Insulasi perlite didefinisikan oleh ASTM sebagai insulasi yang terutama terdiri dari pengikat perlit dan silikat yang diperluas. Ini mungkin juga mengandung serat penguat. Pipa Perlite dan Insulasi Blok dicakup oleh ASTM C 610. Standar ini mencakup bahan untuk suhu operasi antara 80°F hingga 1200 °F. Insulasi pipa perlite disuplai sebagai bentuk silinder berongga yang dibagi menjadi setengah atau seperempat bagian atau sebagai segmen melengkung.

Perlite biasanya selesai dengan jaket logam atau kain untuk penampilan dan perlindungan cuaca. Konduktivitas termal maksimum yang ditentukan baik insulasi blok dan pipa adalah 0,48 Btu-in/ (h ft² °F) pada suhu rata-rata 100 °F. Standar ini juga berisi

persyaratan untuk kekuatan lentur (lentur), kekuatan tekan, dan penurunan berat badan dengan jatuh, kadar air, penyusutan linier, penyerapan air setelah penuaan panas, karakteristik pembakaran permukaan, dan kinerja permukaan panas.

Aplikasi khas termasuk perpipaan dan peralatan yang beroperasi pada suhu di atas 250 ° F, tangki, kapal, penukar panas, perpipaan uap, katup dan insulasi pemasangan, *boiler*, ventilasi dan saluran pembuangan. Insulasi *perlite* sering digunakan di mana air yang memasuki sistem isolasi dapat menyebabkan masalah korosi atau masalah proses. Contohnya adalah area pencucian, pengujian banjir, pipa yang berputar dalam suhu, *stainless steel* yang rentan terhadap retak korosi tegangan.



Gambar 2.16 Isolasi Perlit

(Sumber : Afiq, 2015)

c. Kalsium Silikat

Isolasi termal Kalsium Silikat didefinisikan oleh ASTM sebagai isolasi yang terutama terdiri dari hidrous kalsium silikat, dan yang biasanya mengandung serat penguat. Standar ini berisi tiga jenis yang diklasifikasikan terutama berdasarkan suhu dan kepadatan penggunaan maksimum.

Jenis	Maksimum Temperatur dan Densitas
I	Max Temp 1200°F, Max Density 15 pcf
IA	Max Temp 1200°F, Max Density 22 pcf
II	Max Use Temp 1700°F

Tabel 2. Standar ini membatasi suhu pengoperasian antara 80°
 hingga 1700°F.
 (Sumber : ASTM)

Insulasi pipa Kalsium Silikat disuplai sebagai bentuk silinder berongga yang terbelah menjadi dua memanjang atau sebagai segmen melengkung. Bentuk khusus seperti katup atau insulasi pas dapat dibuat dari bagian standar. Kalsium Silikat biasanya diakhiri dengan jaket logam atau kain untuk penampilan dan perlindungan cuaca. Konduktivitas termal maksimum yang ditentukan untuk Tipe 1 adalah 0,41 Btu-in/ (h·ft²·°F) pada suhu rata-rata 100°F. Konduktivitas termal maksimum yang ditentukan untuk Tipe 1A dan Tipe 2 adalah 0,50 Btu-in/ (h ft² °F) pada suhu rata-rata 100 °F.

Standar ini juga berisi persyaratan untuk kekuatan lentur (lentur), kekuatan tekan, penyusutan linier, karakteristik pembakaran permukaan dan kadar air maksimum seperti yang dikirim. Aplikasi khas termasuk perpipaan dan peralatan yang beroperasi pada suhu di atas 250°F, tangki, kapal, penukar panas, perpipaan uap, katup dan insulasi pemasangan, boiler, ventilasi dan saluran pembuangan.

2.6 Perhitungan Pengujian Material

Pada penelitian yang akan dilakukan, berikut beberapa rumus yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil data pada penelitian ini. Adapun perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

2.6.1 Perhitungan Laju Korosi

Untuk perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode kehilangan berat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CR = \frac{W \times K}{D \times A \times T} \quad (2.21)$$

Dimana :

CR = Laju Korosi (mm/y)

W = Massa Yang Hilang (gr)

K = Konstanta ($8,76 \times 10^7$)

D = Massa Jenis Besi (gr/cm^3)

Berat yang hilang (W) :

$$W = \text{berat awal} - \text{berat akhir} \quad (2.22)$$

Luas permukaan (A) :

$$A = [(\pi \times D_{out}) P + (\pi \times D_{in}) P]$$

Untuk mencari luas permukaan pada dinding knalpot, pertama kita harus keliling pada knalpot yang akan berfungsi sebagai lebar dari knalpot apabila kita asumsikan bahwa knalpot itu dibelah, dengan rumus sebagai berikut :

$$K = 2\pi r \quad (2.23)$$

Dimana :

K = keliling knalpot (mm)

Π = konstanta pi (3,14)

r = jari-jari lingkaran (mm)

Kemudian kita mengukur panjang knalpot yang berfungsi sebagai acuan selimut dinding knalpot, adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$A = P \times L \quad (2.24)$$

Dimana :

A = luas permukaan (mm^2)

P = panjang knalpot (mm)

L = lebar knalpot (mm)

Sehingga didapat nilai selimut dinding knalpot.

2.6.2 Perpindahan Kalor

Sesuai dengan Hukum Kedua Thermodinamika, panas akan mengalir secara otomatis dari titik yang bersuhu tinggi ke titik yang bersuhu rendah, maka aliran panas akan menjadi positif bila gradien bersuhu negatif. Sesuai denan hal itu, persamaan dasar untuk konduksi dalam satu dimensi dapat ditulis :

$$Q_{total} = \frac{\Delta T}{\sigma R} \quad (2.25)$$

Dimana :

Q = laju perpindahan panas (J/s)

ΔT = Perubahan Suhu($^{\circ}C$)

σR = thermal resistansi ($^{\circ}C/W$)

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_1 L}} \quad (2.26)$$

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{-2\pi k_1 L}{Q} \int_{T_1}^{T_2} dT \quad (2.27)$$

$$\ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{-2\pi k_1 L}{Q} [T_2 - T_1] \quad (2.28)$$

$$\ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{2\pi kL [T_2 - T_1]}{Q} \quad (2.29)$$

sehingga rumus yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$Q_{total} = \frac{\Delta T}{\sigma R} \quad (2.30)$$

Sehingga :

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi kL}} \quad (2.31)$$

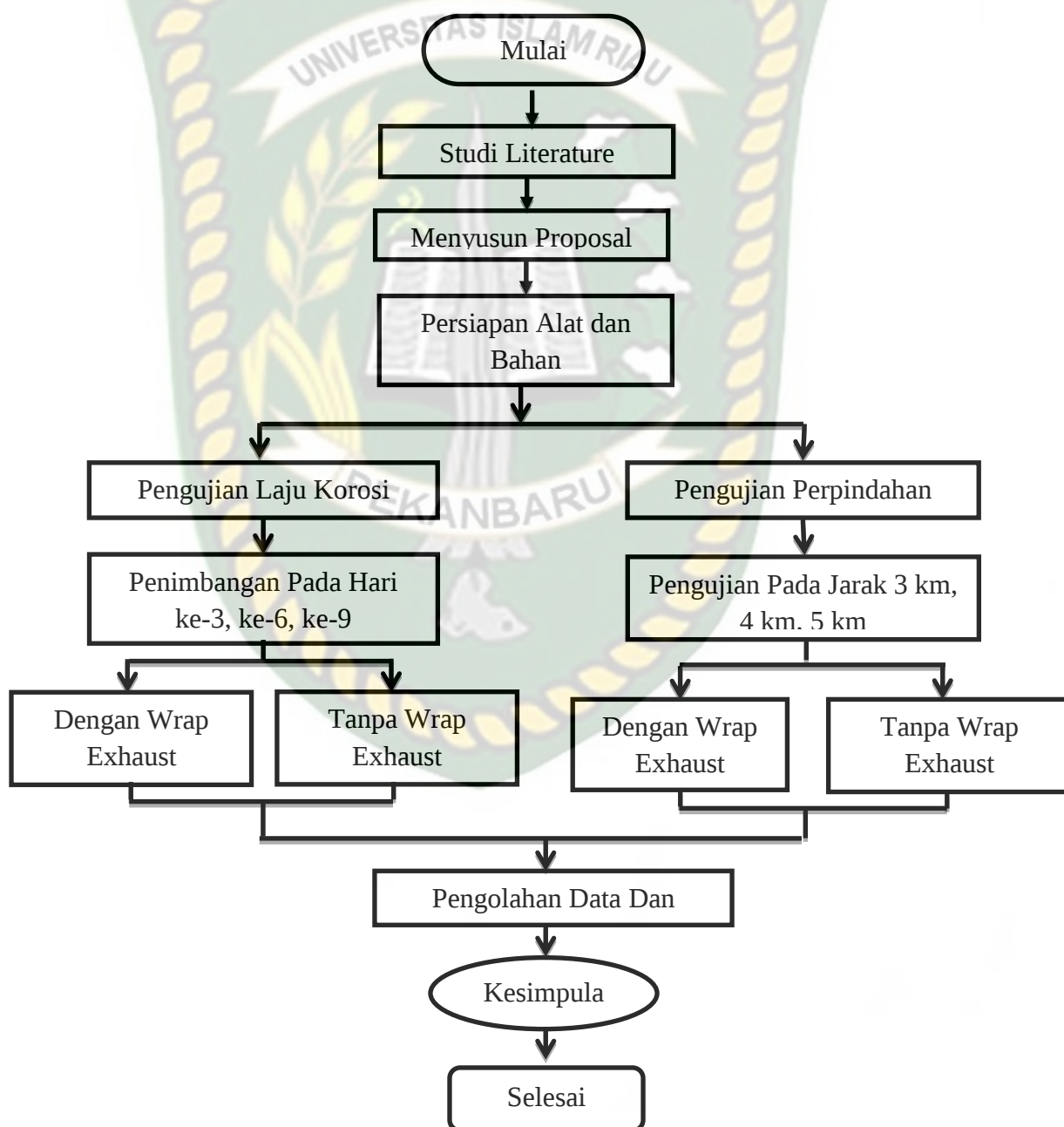
Dari persamaan diatas, maka peneliti bisa mendapatkan hasil laju perpindahan panas total yang terjadi pada kain *exhaust wrap* dan juga pada pipa knalpot.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Menurut penulis, pelaksanaan penelitian ini dilakukan secara berurutan dan sistematis, seperti apa yang digambarkan pada diagram alir dibawah ini. Berikut analisa gambar diagram alir 3.1 :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari Januari 2022 – Juli 2022

No	Kegiatan	Bulan						
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Persiapan :							
	a. Mencari Literatur							
	b. Studi Literatur							
	c. Penyusunan Proposal							
	d. Persiapan Alat Dan Bahan							
2	Pelaksanaan :							
	a. Seminar Proposal							
	b. Pengujian							
3	Penyelesaian :							
	a. Pengolahan Data							
	b. Pembahasan							
	c. Penyusunan Laporan							
	d. Ujian Skripsi							

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

2. Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di tempat sebagai berikut :

- a. Bengkel bapak Arifin, anambas
- b. Laboratorium Universitas Islam Riau

3.3 Persiapan Penelitian

Sebelum memulai pengujian ini, peneliti mempersiapkan semua yang dibutuhkan dalam proses pengujian. Pertama-tama adalah menentukan tempat

pengujian, kemudian membeli alat dan bahan yang dibutuhkan selama proses pengujian berlangsung sampai *finishing*. Setelah pengukuran untuk menentukan jumlah kain pelapis yang dibutuhkan.

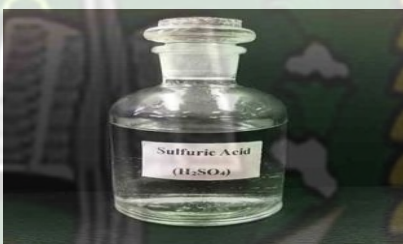
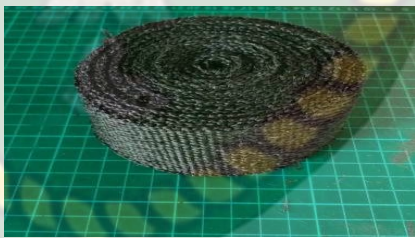
1. Alat

Tabel 3.2 Gambar Alat Penelitian

No	Nama Alat	Gambar	Fungsi
1	Thermogun		Untuk mengukur suhu pada knalpot dan kain pelapis knalpot.
2	Gunting		Untuk memotong kain wrap exhaust dan juga kawat baja.
3	Kawat Baja		Untuk mengikat kain wrap setelah dipasang pada pipa knalpot.
4	Timbangan		Untuk nimbang berat pipa knalpot sebelum dan sesudah pengujian.
5	Kertas Amplas		Untuk membersihkan pipa knalpot setelah dilakukan pengujian.

2. Bahan

Tabel 3.3 Gambar Bahan Penelitian

No	Nama bahan	Gambar	Fungsi
1	Sepeda Motor		Sebagai bahan utama dalam melakukakn pengujian.
2	Knalpot		Sebagai bahan utama dalam pengujian.
3	Cairan H ₂ SO ₄ (asam sulfat)		Sebagai bahan untuk mempercepat laju korosi.
4	Wrap Exhaust		Sebagai bahan untuk penelitian.

3.4 Variabel Penelitian

Variable riset pada dasarnya merupakan seluruh suatu yang berupa apa saja yang ditetapkan peneliti buat dipelajari alhasil didapat data

mengenai perihal itu (Sugiyono, 2011: 60). Dalam riset ini terdapat 2 berbagai variable, ialah:

1. Variabel bebas

Variable bebas merupakan variable yang jadi pemicu timbulnya variable terikat. Variable bebas dalam riset ini *temperature heat* perawatan pada pipa knalpot saat sebelum serta sesudah diberi kain *exhaust wrap*.

2. Variabel Terikat

Variable terikat adalah variable yang dipengaruhi ataupun yang terjadi karena adanya variable bebas. Variable terikat pada riset ini merupakan akibat laju korosi pada leher knalpot saat sebelum dan setelah diberikan kain *exhaust wrap*.

3.5 Metode Pengambilan Data

1. Observasi

Teknik pengumpulan data dan keterangan dengan mengadakan pengamatan langsung pada keadaan yang sebenarnya terjadi dalam suatu perusahaan atau industri kecil terhadap penelitian yang sedang dilakukan.

2. Eksperimen

Suatu metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh variasi laju korosi dan penyerapan panas pada dinding knalpot sepeda motor. Eksperimen ini dilakukan dengan menghitung laju korosi dan perpindahan panas pada pipa knalpot sebelum dilapisi dengan *wrap exhaust* dan kemudian menghitung laju korosi dan perpindahan panas setelah diberikan *wrap exhaust* dengan menyemprotkan cairan penetrasi pada pipa knalpot tersebut untuk mempercepat proses penelitian.

3. Studi Pustaka

Suatu metode penelitian untuk mendapatkan informasi-informasi data yang dibutuhkan sebagai referensi dengan mempelajari dari buku atau jurnal.

3.6 Prosedur Pengujian

1. Prosedur pengambilan data korosi

a. Tanpa *Wrap Exhaust*

- a) Timbang spesimen knalpot sebelum pengujian.
- b) Pasang knalpot pada mesin sepeda motor.
- c) Gunakan motor setiap harinya.
- d) Cek spesimen knalpot setiap 3 hari sekali.
- e) Semprotkan cairan penetrasi setiap hari pada knalpot selama pengujian.
- f) Setelah selesai pengujian, kemudian bersihkan spesimen lalu timbang kembali berat spesimen di akhir pengujian.
- g) Catat hasil yang didapat.

b. Dengan *Wrap Exhaust*

- a) Timbang spesimen knalpot sebelum melakukan pengujian.
- b) Pasang knalpot pada sepeda motor, kemudian balutkan dengan *wrap exhaust*.
- c) Gunakan motor setiap harinya.
- d) Cek spesimen knalpot setiap 3 hari.
- e) Semprotkan cairan penetrasi setiap hari pada knalpot yang dilapisi kain pelapis selama pengujian.
- f) Setelah selesai pengujian, kemudian bersihkan spesimen lalu timbang kembali berat spesimen di akhir pengujian.
- g) Catat hasil yang didapat.

2. Prosedur pengambilan data perpindahan panas

a. Tanpa *Wrap Exhaust*

- a) Hidupkan mesin sepeda motor
- b) Jalankan motor dengan kecepatan 50 – 60 km/jam
- c) Jarak pengujian sejauh 3 km.
- d) Setelah selesai, ukur suhu bagian luar dan dalam pipa knalpot menggunakan thermocouple.
- e) Catat hasil yang didapat.
- f) Lakukan pengujian berulang dengan jarak 4 km dan 5 km.

b. Dengan *Wrap Exhaust*

- a) Balut pipa knalpot dengan *wrap exhaust*.
- b) Hidupkan mesin sepeda motor.
- c) Jalankan motor dengan kecepatan 50 – 60 km/jam.
- d) Jarak pengujian sejauh 3 km.
- e) Setelah selesai, ukur suhu bagian luar dan dalam pipa knalpot menggunakan thermocouple.
- f) Catat hasil yang didapat.
- g) Lakukan pengujian berulang dengan jarak 4 km dan 5 km.

3.7 Metode Analisa Data

Data yang diperoleh dari eksperimen merupakan data mentah yang kemudian dianalisa dan dihitung dengan persamaan-persamaan analisa yang sudah diterangkan dalam landasan teori sehingga memperoleh hasil pada tabel berikut :

1. Table Pengambilan Data

Adapun data yang akan diambil dalam pengujian ini adapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini.

Table 3.4 Pengambilan data laju korosi

Jenis pengujian	Hari ke-	Waktu	Laju Korosi (Mmpy)
Tanpa Kain Pelapis	3	72 Jam	
	6	144 Jam	
	9	216 Jam	
Dengan Kain Pelapis	3	72 Jam	
	6	144 Jam	
	9	216 Jam	

Adapun data yang kita ambil untuk mengetahui laju perpindahan panas dengan kecepatan putaran mesin 3.500 rpm dan jarak tempuh 3 km, 4 km dan 5 km dapat kita lihat pada tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.5 Pengambilan Data Laju Perpindahan Panas

Jenis Pengujian	Pengujian	Jarak	Laju Perpindahan Panas
Tanpa kain Pelapis	Percobaan ke-1	3 km	
	Percobaan ke-2	4 km	
	Percobaan ke-3	5 km	
Dengan Kain Pelapis	Percobaan ke-1	3 km	
	Percobaan ke-2	4 km	
	Percobaan ke-3	5 km	

Berdasarkan tabel data diatas, maka dapat menghitung laju korosi dan laju perpindahan panas yang terjadi pada knalpot apabila dilapisi *exhaust wrap* dan jika tidak dilapisi *exhaust wrap*.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kehilangan Berat

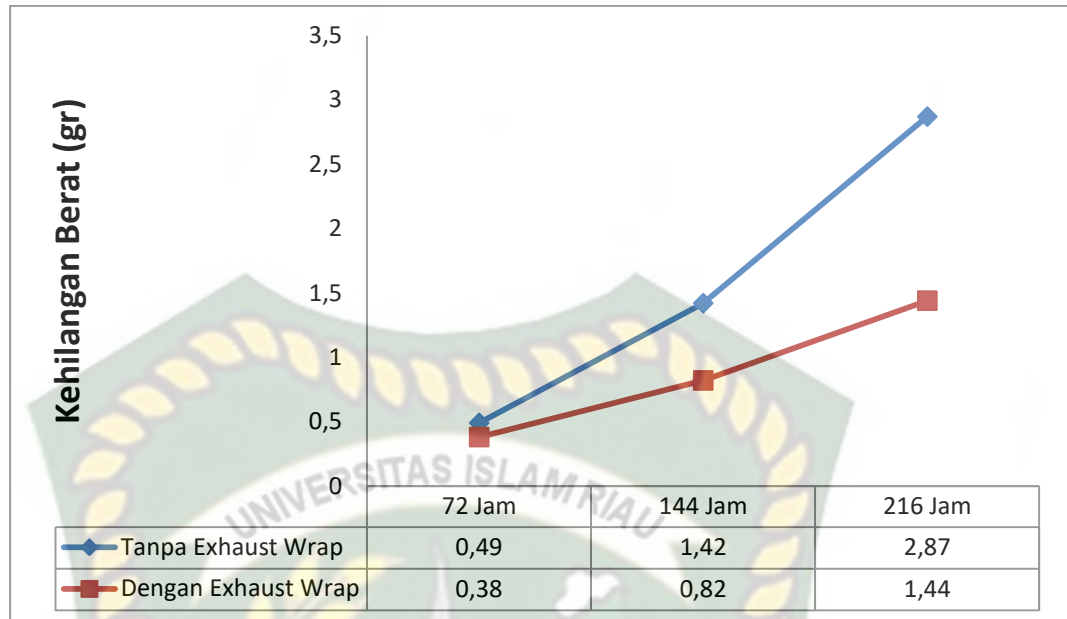
Pengujian korosi dilakukan berdasarkan kehilangan berat. Knalpot telah ditimbang untuk mendapatkan berat awal. Asam sulfat (H_2SO_4) disemprotkan pada awal pengujian dan pada selang waktu yang telah ditetapkan. Pemberian asam sulfat bertujuan untuk memberikan kondisi yang dapat mempercepat laju korosi.

Data berat Kembali diambil setelah 72 jam, 144 jm dan 216 jam. Untuk membandingkan kondisi tanpa *exhaust wrap* (kain pelapis) maka kehilangan berat pada knalpot tanpa *exhaust wrap* dijadikan sebagai data pembanding. Data berat awal dan akhir dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Kehilangan Berat

Jenis pengujian	Percobaan	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Kehilangan berat (gram)
Tanpa Exhaust Wrap	72 Jam	666,93	666,64	0,49
	144 Jam	666,93	665,71	1,42
	216 Jam	666,93	664,26	2,87
Dengan Exhaust Wrap	72 Jam	667,01	666,63	0,38
	144 Jam	667,01	666,19	0,82
	216 Jam	667,01	665,57	1,44

Berdasarkan data pada Tabel 4.1 maka diperoleh kehilangan berat. Data ini kemudian dipergunakan untuk menghitung laju korosi. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode *weight loss* untuk menghitung tingkat laju korosi yang terjadi pada knalpot sepeda motor apabila menggunakan *exhaust wrap* dan apabila tidak menggunakan *exhaust wrap*. Adapun grafik kehilangan berat ini dapat kita lihat dari gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik laju kehilangan berat

Dari grafik diatas kita melihat bahwa kehilangan berat pada knalpot tanpa menggunakan *exhaust wrap* semakin lama semakin meningkat seiring waktu yaitu 0,49 gram pada 72 jam pertama, kemudian pada waktu pengujian 144 jam kehilangan berat yang terjadi yaitu 1,42 gram dan kehilangan berat ini terus meningkat hingga 2,87 gram pada waktu pengujian 216 jam. Sedangkan kehilangan berat pada pipa knalpot yang dilapisi *exhaust wrap* mengalami sedikit pengkorosian yaitu berat yang hilang pada waktu pengujian 72 jam sebanyak 0,38 gram, kemudian pada pengujian 144 jam kehilangan berat yang terjadi hanya 0,82 gram, dan pada waktu pengujian 216 jam meningkat sebanyak 1,44 gram. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kehilangan berat dengan menggunakan *exhaust wrap* tidak setinggi tanpa menggunakan *exhaust wrap*.

4.2 Laju Korosi

Laju korosi pada pnelitian ini menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$CR = \frac{W \times K}{D \times A \times T}$$

Dimana :

CR = Laju Korosi (mm/y)

W = Massa Yang Hilang (gr)

K = Konstanta ($8,76 \times 10^7$)
D = Massa Jenis Besi (gr/cm^3)
A = Luas Permukaan (mm^2)
t = Waktu Pengujian (jam)

Dimana,

Massa jenis besi (D) = $7.850 \text{ g}/\text{mm}^3$ (google.com)

Luas Permukaan yang didapat adalah sebagai berikut :

$$A = [(\pi \times D_{\text{out}}) P + (\pi \times D_{\text{in}}) P]$$

$$A = [(3,14 \times 35) \times 672\text{mm} + (3,14 \times 29,4) \times 672\text{mm}]$$

$$A = 73.800,8 \text{ mm}^2 + 62.036,352 \text{ mm}^2$$

$$A = 135.837,152 \text{ mm}^2$$

4.2.1 Laju Korosi Pada Material Tanpa *Wrap Exhaust*.

1) Waktu pengujian 3 hari (72 jam).

Berat yang hilang (W) :

$$W = \text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}$$

$$W = 666,93 - 666,64$$

$$W = 0,49 \text{ gr}$$

$$CR_1 = \frac{W \times K}{D \times A \times T}$$

$$CR_1 = \frac{0,49 \times 8,76 \times 10^7}{7850 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 135837,152 \times 72}$$

$$CR_1 = 0,000559 \text{ mmpy}$$

2) Waktu pengujian 6 hari (144 jam).

Berat yang hilang (W) :

$$W = \text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}$$

$$W = 666,64 - 665,71$$

$$W = 1,42 \text{ gr}$$

$$CR_2 = \frac{W \times K}{D \times A \times T}$$

$$CR_2 = \frac{1,42 \times 8,76 \times 10^7}{7850 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 135837,152 \times 144}$$

$$CR_2 = 0,000809 \text{ mmpy}$$

3) Waktu pengujian 9 hari (216 jam)

Berat yang hilang (W) :

$$W = \text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}$$

$$W = 665,71 - 6664,26$$

$$W = 2,87 \text{ gr}$$

$$CR_3 = \frac{W \times K}{D \times A \times T}$$

$$CR_3 = \frac{2,87 \times 8,76 \times 10^7}{7850 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 135837,152 \times 216}$$

$$CR_3 = 0,001091 \text{ mmpy}$$

4.2.2 Laju Korosi Dengan Wrap Exhaust

4) Waktu pengujian 3 hari (72 jam)

Berat yang hilang (W) :

$$W = \text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}$$

$$W = 667,01 - 666,63$$

$$W = 0,38 \text{ gr}$$

$$CR_1 = \frac{W \times K}{D \times A \times T}$$

$$CR_1 = \frac{0,38 \times 8,76 \times 10^7}{7850 \frac{gr}{mm^3} \times 135837,152 \times 72}$$

$$CR_1 = 0,000433 \text{ mmpy}$$

5) Berat yang hilang (W) :

$$W = \text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}$$

$$W = 666,63 - 666,19$$

$$W = 0,82 \text{ gr}$$

$$CR_2 = \frac{W \times K}{D \times A \times T}$$

$$CR_2 = \frac{0,82 \times 8,76 \times 10^7}{7850 \frac{gr}{mm^3} \times 135837,152 \times 144}$$

$$CR_2 = 0,000467 \text{ mmpy}$$

6) Berat yang hilang (W) :

$$W = \text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}$$

$$W = 666,19 - 665,57$$

$$W = 1,44 \text{ gr}$$

$$CR_3 = \frac{W \times K}{D \times A \times T}$$

$$CR_3 = \frac{1,44 \times 8,76 \times 10^7}{7850 \frac{gr}{mm^3} \times 135837,152 \times 216}$$

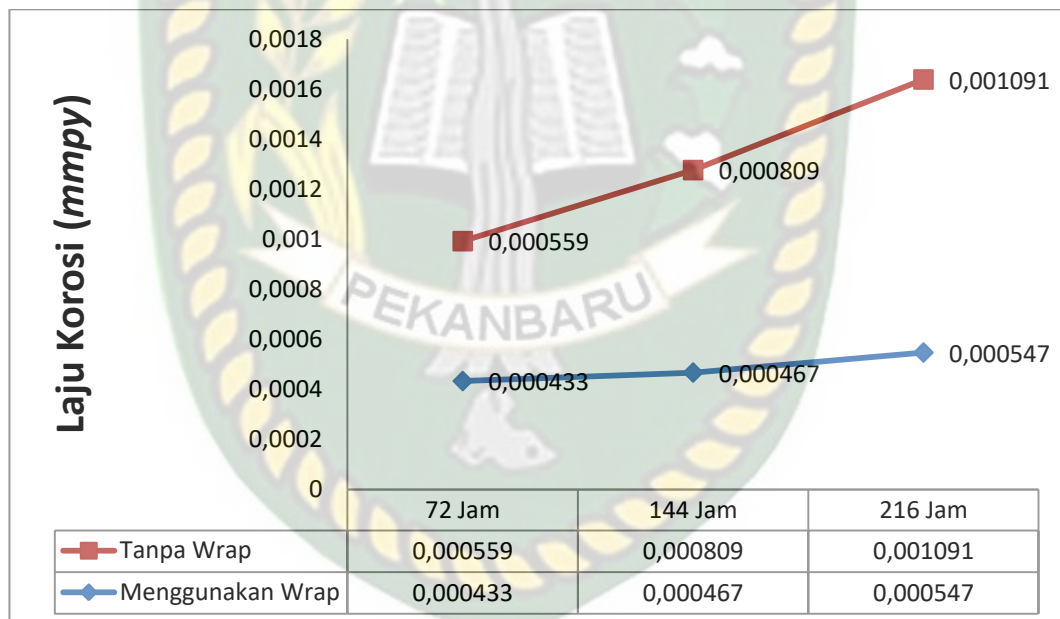
$$CR_3 = 0,000547 \text{ mmpy}$$

Dari perhitungan diatas maka didapat rata-rata laju korosi seperti Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Data Rata-rata Laju Korosi

Jenis pengujian	Percobaan	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Kehilangan berat (gram)	Laju korosi (mmpy)	Rata-rata Laju Korosi (mmpy)
Tanpa Kain Pelapis	Hari ke-3	666,93	666,64	0,49	0,000559	0,000819
	Hari ke-6	666,93	665,71	1,42	0,000809	
	Hari ke-9	666,93	664,26	2,87	0,001091	
Dengan Kain Pelapis	Hari ke-3	667,01	666,63	0,38	0,000433	0,000482
	Hari ke-6	667,01	666,19	0,82	0,000467	
	Hari ke-9	667,01	665,57	1,44	0,000547	

Dari tabel diatas, maka dapat dibuat grafik seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik rata-rata Laju Korosi

Pada grafik diatas dapat kita lihat laju korosi yang terjadi pada knalpot jika tanpa dilapisi dengan *exhaust wrap* memiliki laju korosi sebesar 0,000559 mmpy pada waktu 72 jam, 0,000809 mmpy pada 144 jam dan sebesar 0,001091 mmpy pada pengujian 216 jam. Sedangkan pada knalpot yang dilapisi *exhaust wrap* memiliki rata-rata laju korosi yang lebih sedikit yaitu sebesar 0,000433 mmpy pada 72 jam, 0,000467 mmpy pada 144 jam dan 0,000547 pada 216 jam.

Pelapisan dengan exhaust wrap telah menurunkan laju korosi secara signifikan yaitu sebesar rata-rata 0,0003374 *mmpy* atau sebesar 41%.

4.3 Laju Perpindahan Panas

Pengujian laju perpindahan panas dilakukan dengan melapisi pipa knalpot bagian header knalpot dengan *wrap exhaust* yang berbahan dasar dari kain *fiber*. Pelapisan header knalpot dengan *wrap exhaust* ini bertujuan untuk mengurangi laju korosi, selain itu peneliti juga ingin melihat bagaimana keadaan suhu knalpot ketika dilapisi dengan *wrap exhaust* dan ketika knalpot tidak dilapisi dengan *wrap exhaust*.

Data laju perpindahan panas ini diambil pada jarak 3 km, 4 km, dan 5 km dengan laju *rpm* mesin kisaran 3.500 sampai 4.000 *rpm*. Untuk membandingkan data laju perpindahan panas pipa knalpot ketika dilapisi *wrap exhaust* dan ketika knalpot tidak dilapisi *wrap exhaust* sebagai data pembandingan. Data laju perpindahan panas dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Suhu Pada Dinding Knalpot

Jarak Tempuh	Suhu yang didapat							Waktu Pengujian
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_∞	
3 km	189,4	146,1	218	174,7	230,2	187,8	43,3	196,33
4 km	261,5	215,2	334,3	288,0	224,7	177	46,3	261,78
5 km	265,4	216,4	388,9	340,0	261,3	210,2	48,9	327,23

Ketetangan :

- T_1 = suhu bagian dalam kain pelapis ($^{\circ}\text{C}$)
- T_2 = suhu bagian luar kain pelapis ($^{\circ}\text{C}$)
- T_3 = suhu dinding dalam knalpot yang dilapisi ($^{\circ}\text{C}$)
- T_4 = suhu dinding luar knalpot yang dilapisi ($^{\circ}\text{C}$)
- T_5 = suhu dinding dalam knalpot yang tidak dilapisi ($^{\circ}\text{C}$)
- T_6 = suhu dinding luar knalpot yang tidak dilapisi ($^{\circ}\text{C}$)
- T_∞ = suhu fluida yang keluar dari mesin ($^{\circ}\text{C}$)

Berdasarkan tabel 4.1 maka diperoleh suhu pada dinding knalpot serta temperatur fluida yang keluar dari hasil pembakaran mesin. Dengan menggunakan persamaan berikut, maka dapat dihitung laju perpindahan panas pada setiap kondisi.

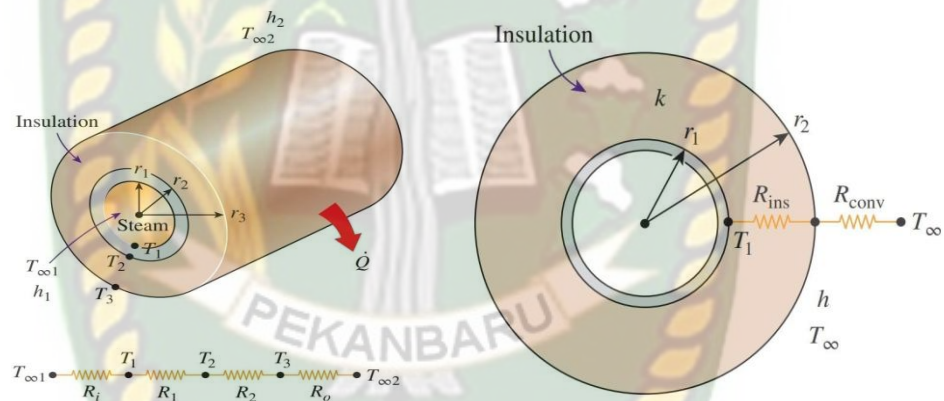
$$Q = \frac{\Delta T}{R}$$

Dimana :

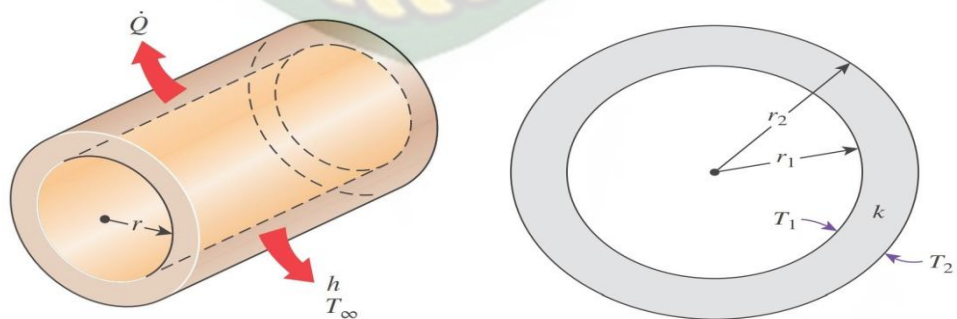
Q = Laju perpindahan panas (J/s)

ΔT = Perubahan Suhu(°C)

R = Thermal resistansi (°C/W)



Gambar 4.3 Pipa Knalpot Yang Dilapisi *Exhaust Wrap*
(Sumber : Cengel, Sixth Edition)



Gambar 4.4 Pipa Knalpot Tanpa Dilapisi *Exhaust Wrap*
(Sumber : Cengel, Sixth Edition)

Dimana ,

k_1 = baja karbon rendah= 57,426 W/m°C (sumber: Kurniawati, 1999)

k_2 = fiberglass = 0,0146 W/m°C (sumber: J.P. Holman, 1993)

Luas permukaan pada pipa knalpot adalah :

1. luas permukaan dalam pipa

$$A_1 = 2\pi r_1 L = 2 \times 3,14 \times (0,0147) \times (0,672) = 0,062 \text{ m}^2$$

2. luas permukaan dinding luar pipa :

$$A_2 = 2\pi r_2 L = 2 \times 3,14 \times (0,0175) \times (0,672) = 0,073 \text{ m}^2$$

3. luas permukaan pada pipa yang dilapisi :

$$A_3 = 2\pi r_3 L = 2 \times 3,14 \times (0,0184) \times (0,672) = 0,077 \text{ m}^2$$

4.3.1 laju perpindahan panas total pada knalpot yang dilapisi wrap exhaust.

$$\begin{aligned}
 1. \quad Q_{total} &= \frac{\Delta T}{\sigma R} = \frac{T_3 - T_2}{\frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi k_2 L} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_1 L}} \\
 &= \frac{(218 - 146,1)^\circ\text{C}}{\ln \frac{0,0184\text{m}}{0,0175\text{m}} + \ln \frac{0,0175\text{m}}{0,0147\text{m}}} \\
 &\quad \frac{2\pi 0,0146 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \cdot 0,672\text{m}}{2\pi 57,426 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \cdot 0,672\text{m}} \\
 &= 88,258 \text{ J/s}
 \end{aligned}$$

Dengan waktu pengujian 196,33 s, maka didapat jumlah kalor yang keluar melalui kain pelapis selama pengujian adalah,

$$\begin{aligned}
 Q_{keluar} &= 88,258 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 196,33\text{s} \\
 &= 17.327,7 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad Q_{total} &= \frac{\Delta T}{\sigma R} = \frac{T_3 - T_2}{\frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi k_2 L} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_1 L}} \\
 &= \frac{(334,3 - 215,2)^\circ\text{C}}{\ln \frac{0,0184\text{m}}{0,0175\text{m}} + \ln \frac{0,0175\text{m}}{0,0147\text{m}}} \\
 &\quad \frac{2\pi 0,0146 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \cdot 0,672\text{m}}{2\pi 57,426 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \cdot 0,672\text{m}}
 \end{aligned}$$

$$= 145,83 \text{ J/s}$$

Dengan waktu pengujian 217 s, maka didapat jumlah kalor yang keluar melalui kain pelapis selama pengujian adalah,

$$\begin{aligned} Q_{keluar} &= 145,83 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 217 \text{s} \\ &= 31.645,11 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad Q_{total} &= \frac{\Delta T}{\sigma R} = \frac{T_3 - T_2}{\frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi k_2 L} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_1 L}} \\ &= \frac{(388,9 - 216,4)^\circ\text{C}}{\ln \frac{0,0184 \text{ m}}{0,0175 \text{ m}} + \ln \frac{0,0175 \text{ m}}{0,0147 \text{ m}}} \\ &\quad \frac{\text{W}}{2\pi 0,0146 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \times 0,672 \text{ m}} \quad \frac{\text{W}}{2\pi 57,426 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \times 0,672 \text{ m}} \\ &= 211,75 \text{ J/s} \end{aligned}$$

Dengan waktu pengujian 327,23 s, maka didapat jumlah kalor yang keluar melalui kain pelapis selama pengujian adalah,

$$\begin{aligned} Q_{keluar} &= 211,75 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 327,23 \text{s} \\ &= 69.300,77 \text{ Joule} \end{aligned}$$

4.3.2 Laju Perpindahan Panas Pada Dinding Tanpa Dilapisi *Wrap Exhaust*

Adapun perhitungan laju perpindahan panas tanpa dilapisi *wrap exhaust* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} 1. \quad Q_{total} &= \frac{\Delta T}{R} = \frac{T_5 - T_6}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_1 L}} \\ &= \frac{(230,2 - 187,8)^\circ\text{C}}{\frac{\ln \frac{0,0175 \text{ m}}{0,0147 \text{ m}}}{2\pi 57,426 \text{ W/m}^\circ\text{C} \times 0,672 \text{ m}}} \end{aligned}$$

$$= 58.934,95 \text{ J/s}$$

Dengan waktu pengujian 196,33 s, maka didapat jumlah kalor yang keluar melalui kain pelapis selama pengujian adalah,

$$\begin{aligned} Q_{\text{keluar}} &= 58.934,95 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 196,33 \text{ s} \\ &= 11.570.698,73 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad Q_{\text{total}} &= \frac{\Delta T}{R} = \frac{T_5 - T_6}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_1 L}} \\ &= \frac{224,7^\circ\text{C} - 177^\circ\text{C}}{\frac{\ln \frac{0,0175 \text{ m}}{0,0147 \text{ m}}}{2\pi 57,426 \text{ W/m}^\circ\text{C} \times 0,672 \text{ m}}} \\ &= 66.301,82 \text{ J/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{keluar}} &= 66.301,82 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 261,78 \text{ s} \\ &= 17.356.490,44 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad Q_{\text{total}} &= \frac{\Delta T}{R} = \frac{T_5 - T_6}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_2 L}} \\ &= \frac{261,3^\circ\text{C} - 210,2^\circ\text{C}}{\frac{\ln \frac{0,0175 \text{ m}}{0,0147 \text{ m}}}{2\pi 57,426 \text{ W/m}^\circ\text{C} \times 0,672 \text{ m}}} \\ &= 71.027,74 \text{ J/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{keluar}} &= 71.027,74 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 327,23 \text{ s} \\ &= 23.242.407,36 \text{ Joule} \end{aligned}$$

4.3.3 Data Laju Perpindahan Panas Keseluruhan

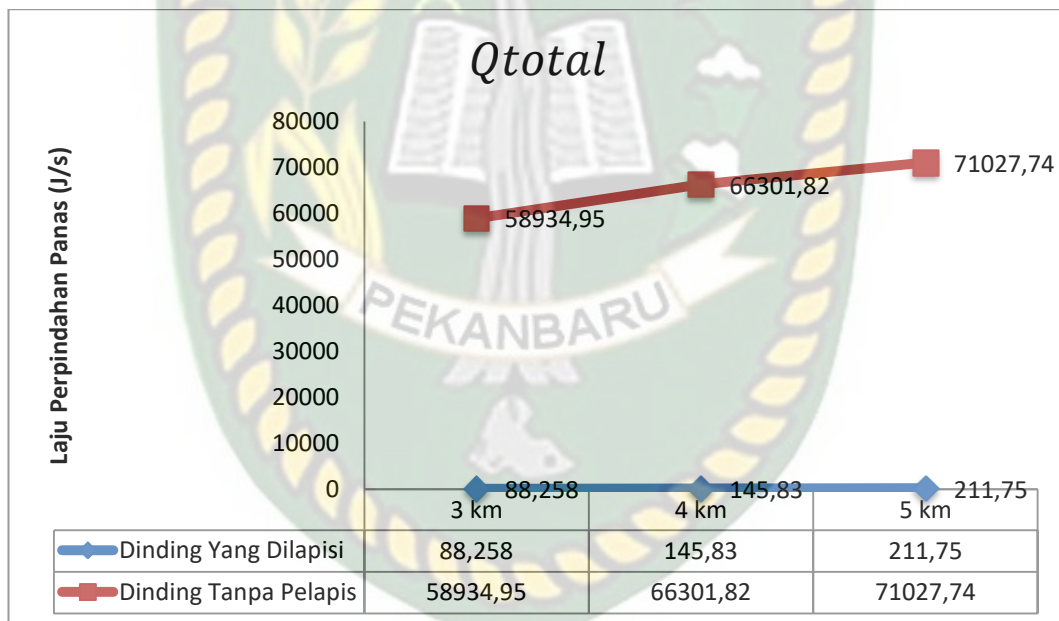
Adapun hasil hasil perpindahan panas pada dinding knalpot dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Data Keseluruhan Perpindahan Panas

Jarak (km)	Dinding Yang Dilapisi (Q_{total})	Dinding Tanpa Pelapis (Q_{total})
3	88,258 J/s	58.934,95 J/s
4	145,83 J/s	66.301,82 J/s
5	211,75 J/s	71.027,74 J/s

4.3.4 Grafik Data Laju Perpindahan Panas

Adapun grafik laju perpindahan panas yang terjadi pada dinding yang dilapisi kain *exhaust wrap* dan tanpa kain pelapis dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.5 Grafik laju perpindahan panas knalpot

Grafik diatas merupakan perpindahan panas yang terjadi pada dinding knalpot dengan konduktivitas thermal sebesar $0,0146 \text{ watt/m}^\circ\text{C}$ untuk kain pelapis dan $57,426 \text{ watt/m}^\circ\text{C}$ untuk konduktivitas pipa knalpot. Perpindahan panas yang terjadi pada knalpot jika dilapisi *exhaust wrap* dan jika tanpa dilapisi *exhaust wrap* dengan jumlah panas yang keluar menembus dinding dan dan kain *exhaust wrap* memiliki perbedaan yang sangat besar, dilihat pada jarak tempuh 3 km sebesar $88,258 \text{ J/s}$ untuk pengujian dengan menggunakan *exhaust wrap* dan

58.934,95 J/s jika tanpa dilapisi *exhaust wrap*. Panas yang keluar akan terus meningkat dengan jarak pengujian yang lebih jauh.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian Efektivitas Kain Pelapis Knalpot Dalam Mengurangi Laju Korosi Dan Kurangnya Energi Thermal ini peneliti dapat menyimpulkan bahwa :

1. Pembalutan pipa knalpot menggunakan *exhaust wrap* telah menurunkan laju korosi dari rata-rata 0,000819 *mmpy* tanpa kain pelapis menjadi 0,000482 *mmpy* setelah dilapis. Pengaruh ini cukup signifikan karena telah menurunkan laju korosi sebesar 41%.
2. Pelapisan knalpot dengan *exhaust wrap* juga telah menurunkan laju perpindahan panas yang diperlihatkan dengan turunnya laju perpindahan panas rata-rata knalpot dengan *exhaust wrap* 65.431,503 *J/s* menjadi 148,612 *J/s* pada knalpot dengan *exhaust wrap*. Penurunan adalah sebesar 65.272,89 *J/s* atau sebesar 99,7%.
3. Penurunan laju korosi disebabkan karena pelapisan dengan *exhaust wrap* telah melindungi knalpot dari debu, air dan kotoran lain yang dapat mempercepat laju korosi.
4. Laju perpindahan panas yang menurun sangat signifikan menunjukan bahwa *exhaust wrap* berfungsi sebagai isolator sehingga knalpot yang dilapis dengan material ini relatif aman bagi pengendara dari terjadinya cedera akibat panas yang sangat tinggi pada knalpot.

5.2 Saran

1. Penggunaan kain pelapis untuk mengurangi laju korosi sangat efisien dipakai pada knalpot motor. Tetapi memiliki kekurangan yaitu kain ini bersifat gatal jika mengenai tubuh karena bahannya yang terbuat dari fiberglass dan juga pada penggunaannya, kita harus menjaga kain tersebut jangan sampai terkena air dalam skala besar seperti hujan dan

banjir karena kain ini bersifat menyerap air dan membuat material bereaksi dengan air tersebut.

2. Pengaplikasian kain *exhaust wrap* ini pada laju perpindahan panas menurut peneliti kurang efektif digunakan karena kain ini meredam kalor yang keluar melalui dinding knalpot yang mengakibatkan knalpot dan suhu mesin lamban turun sehingga memiliki efek samping keausan pada mesin akibat panas yang berlebihan.
3. Penggunaan kain *wrap* ini menurut peneliti lebih efisien diaplikasikan pada pipa-pipa pabrik atau pipa eksternal yang tidak pengaruh terhadap suhu tinggi sehingga kinerja kain ini cukup untuk menjaga tingkat laju korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Febrianka, Novri. — Pengertian Korosil
http://www.academia.edu/6633215/Pengertian_KOROSI (Diakses tanggal 23 Agustus 2021).
- FAUZI, NUR IKHWAN. *Analisa Pengaruh Heat Treatment Dan Krom Terhadap Laju Korosi Pada Leher Knalpot Sepeda Motor*. 2020. PhD Thesis. Universitas Pancasakti Tegal.
- PRATAMA, Sindhi Danar; SAKTI, Arya Mahendra. Analisis Pelapisan Nikel-Krom Terhadap Laju Korosi Pada Knalpot Sepeda Motor. *J. Pendidik. Tek. Mesin*, 2018, 6.03.
- AFRIADI AR, Ade. *Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Laju Korosi pada Knalpot Motor*. 2021. PhD Thesis. Universitas Negeri Padang.
- Adimasmc.2014.11Macam-Macam Korosil
<https://www.slideshare.net/adimasmc/macammacam-korosi> (diakses pada 13Mei 2022)
- Nurdiana, M.Wahyudi, Mahyunis (2015). *Pengukuran Tingkat Kebisingan Knalpot Penampang Oval Secara Simulasi*.Jurnal, Institute Teknologi Medan.
- Pattireuw Kevin J, Rauf F. A, L. R. (2013). Analisis Laju Korosi Pada Baja Karbon Dengan Menggunakan Air Laut Dan H₂ So₄. *Universitas Sam Ratulangi Manado*. <https://doi.org/10.1097/00012272-200209000-00004>.
- RAMADHAN, Teja. *Analisa Aliran Fluida pada Muffler*. 2021. PhD Thesis.
- SURBAKTI, Yani Cordoba. *Analisa Laju Korosi Pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis dengan Metode Kehilangan berat*. 2017. PhD Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- THAMRIN, Ismail; HADI, Surya. Studi Eksperimental Pemanfaatan Temperatur Gas Buang dari Kendaraan Bermotor Roda Dua untuk Pemanas Kotak Makanan (Delivery Box) pada Layanan Pesan Antar. *Jurnal Energi dan Manufaktur Vol*, 2013, 6.2: 95-200.

PURWANINGRUM, Yustiasih. Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Las SMAW Baja A-287 Sebelum dan Sesudah PWHT. *Teknoin*, 2006, 11.3.

PRASETYO, Yanwar; MUKHTAR, Anas. Pengaruh Pola Pelapisan Isolator di Bagian Header Terhadap Temperatur Knalpot Sepeda Motor. *V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article)*, 2022, 7.1: 10-13.

MOH, SANTOSO. *Laju Korosi Pelapisan Krom Dan Nikel Dengan Proses Elektroplating Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Variasi Waktu*. 2020. PhD Thesis. Universitas Pancasakti Tegal.

SOMERS, Bruce R. Introduction to the selection of carbon and low-alloy steels. *ASM International, ASM Handbook.*, 1993, 6: 405-407.

TARIGAN, Kristian; SUHADI, Amin. Pengaruh Jenis Aliran Silencer Muffler Knalpot Terhadap Tingkat Kebisingan Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Roda Empat Kapasitas 1600 Cc. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 2015, 5.2: 71–78-71–78.

PUTRA, Suryanda Pratama Ramadan; AMIN, Bahrul; ANDRIZAL, Andrizar.
PENGARUH PENGGUNAAN BERBAGAI JENIS KNALPOT (MUFFLER)
TERHADAP KUALITAS GAS BUANG DAN TINGKAT KEBISINGAN
PADA MOBIL TOYOTA AVANZA TYPE 1.3 G MANUAL TAHUN
2012. *Automotive Engineering Education Journals*, 2015, 4.2.

JOHN, David A.; ELSBERRY, Drew. Wrap-around heat pipes in humid climates. *ASHRAE J*, 2016, 58: 28-38.

NUGRAHA, Iqbal Satria. PENENTUAN PARAMETER LAJU KOROSI LAPISAN NIKEL-KROM PADA RODA GIGI KENDARAAN BERMOTOR. *Teknosia*, 2021, 15.2: 52-59.