



Analisa Risiko Kegagalan *Fuel Filter* pada Komatsu Excavator PC70-8 Dengan *Failure Mode and Effects Analysis*

Rizky Maulana^{1*}, Gun Gun Ramdhan Gunadi¹, dan Minto Rahayu¹

¹Program Studi Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstrak

Penelitian ini berkonsentrasi pada risiko kegagalan fuel filter Komatsu excavator PC70-8 yang berjenis common rail injection system. Dengan tujuan mengurangi risiko kegagalan fuel filter pada sistem. Metode yang digunakan berupa langkah standar FMEA dan bantuan analisa sebab akibat secara Ishikawa diagram untuk kegagalan tersebut. Hasil menunjukan penyebab kegagalan berupa man, material, method, machine dan mileu. Risiko kegagalan sesuai metode FMEA yaitu, jumlah bahan bakar, Mutu bahan bakar dan kondisi tangki bahan bakar. Tindakan yang perlu diusahakan adalah selalu mengisi bahan bakar tepat waktu, memelihara kualitas bahan bakar dan menjaga kebersihan tangki bahan bakar.

Kata-kata kunci: Excavator PC70-8, Fuel filter, Common rail, FMEA, Ishikawa diagram

Abstract

This study concentrates risk of failure on the Komatsu excavator PC70-8 fuel filter diversified common rail injection system. The study aims to reducing a potential failure of fuel filter in the system. This method used in the form of standard FMEA steps and support to cause-effect analysis of Ishikawa diagram for the failure. The results show the cause failure is man, material method, machine and mileu. Risk of failure according FMEA method i.e. the amount of fuel, the quality of the fuel and the condition of the fuel tank. Actions that need to be taken are always refuel on time, maintain fuel quality and keep the fuel tank clean.

Keywords: Excavator PC70-8, Fuel filter, Common rail, FMEA, Ishikawa diagram

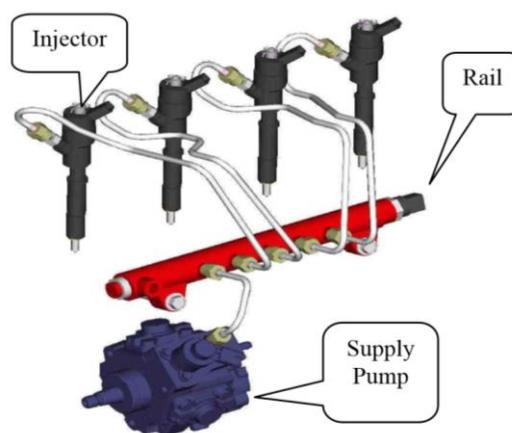
* Corresponding author E-mail address: rizkymaulana203@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Instansi X merupakan sebuah lembaga pengelola alat-alat berat. 22 alat berat yang dikelola oleh Instansi X berupa *excavator*. Jenis *excavator* yang sering dioperasikan adalah Komatsu *excavator* PC70-8 sesuai metoda kerja, keandalan dan kemampuannya. Biaya operasi untuk bahan bakar, oli dan *sparepart* akan diperhitungkan selama beroperasi.

Engine Komatsu SAA4D95LE-5 merupakan tenaga penggerak utama Komatsu *excavator* PC70-8 jenis *common rail injection system*. *Parts* yang lebih presisi daripada *engine* konvensional digunakan untuk *engine* Komatsu SAA4D95LE-5. Pemeliharaan komponen dan fluida *excavator* dilakukan agar usia *parts* lebih optimum. Tindakan perawatan juga diterapkan untuk mencegah kerusakan *excavator* PC70-8.

Common rail injection system memiliki potensi tertinggi diantara berbagai sistem injeksi, menampilkan injeksi bertekanan tinggi dan tingkat kebebasan yang tinggi untuk waktu injeksi. Laporan operator menyatakan bahwa mesin *excavator* beroperasi tidak lancar seperti tersesdat - sendat. Setelah dilaksanakan perbaikan oleh para mekanik, kegagalan terletak pada bagian *fuel filter*. Petugas pemeliharaan juga mengatakan kegagalan *fuel filter* terjadi pada mesin yang sering beroperasi. Karenanya, perlu dikurangi risiko kegagalan *fuel filter* supaya operasi tetap lancar dan masalah ini tidak terjadi lagi.



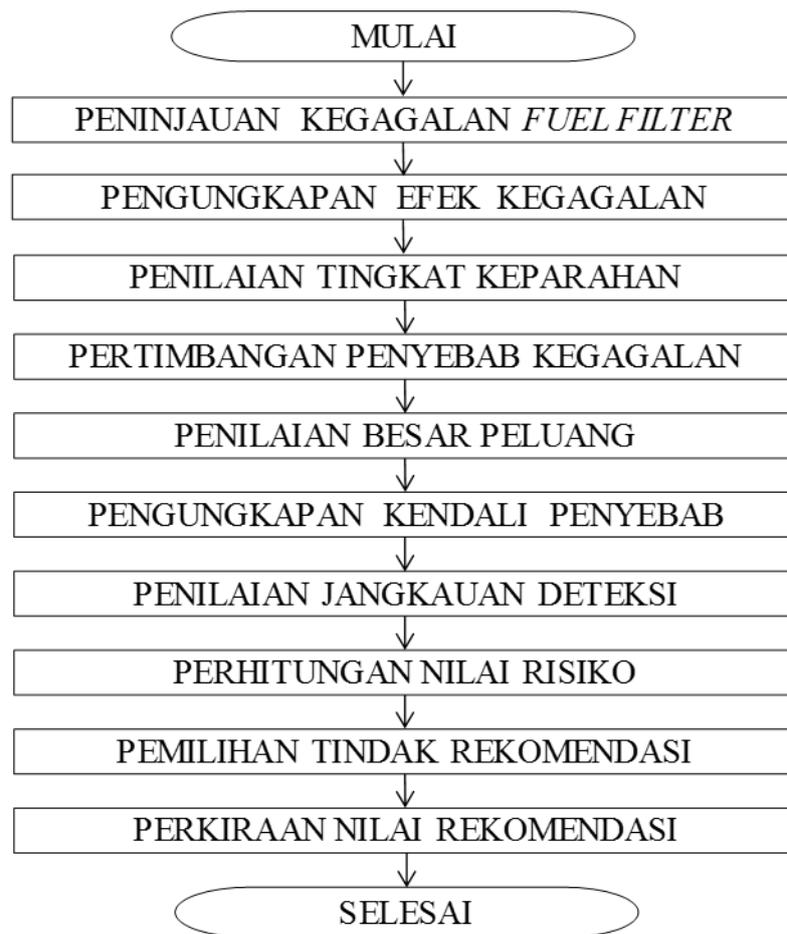
Gambar1. Common rail fuel system

Failure Mode and Effect Analysis dan Ishikawa diagram dapat memfasilitasi keputusan yang lebih baik, memberikan jaminan yang lebih besar untuk menghadapi risiko potensial, dan dapat memengaruhi tingkat pengawasan proses maupun produk. FMEA adalah teknik analisis (*paper test*) yang menggabungkan ilmu pengetahuan dan pengalaman orang dalam menentukan kegagalan yang diperkirakan dari suatu produk atau proses dan rencana untuk eliminasinya. Pada intinya FMEA adalah kegiatan yang dapat dilaksanakan sebelum terjadi kegagalan “*before the event*” suatu sistem dan berguna untuk mengurangi kemungkinan dari suatu kegagalan agar tidak berulang. Tujuan pelaksanaan FMEA adalah mencegah risiko terjadi pada kegagalan *fuel filter* berikutnya. Adapun definisi risiko sesuai standar ISO 31000 adalah dampak dari ketidakpastian terhadap pencapaian obyektif. Dampak menurut standar ISO adalah deviasi dari apa yang diharapkan, bisa bersifat positif atau negatif. Risiko berhubungan dengan ketidakpastian ini terjadi oleh karena kurang atau tidak tersedianya cukup informasi tentang apa yang akan terjadi.

Ishikawa diagram merupakan metode manajemen risiko reaktif dengan menentukan penyebab potensial dari suatu masalah untuk menemukan akar penyebab masalah melalui sesi *brainstorming*. Supaya persoalan dapat diselesaikan dengan benar, tentu akar penyebab masalah tersebut haruslah jelas. *Root Cause* adalah kerusakan mendasar atau kegagalan suatu proses yang, ketika diselesaikan, mencegah terulangnya masalah. Manfaat Ishikawa diagram diantaranya mudah dibaca untuk diagram hubungan sebab akibat sehingga metode ini digunakan untuk identifikasi penyebab masalah yang berpengaruh, meningkatkan produktivitas, dan meningkatkan komunikasi internal maupun eksternal. Dalam industri manufaktur umumnya menggunakan kategori 5M yaitu *Man, Methods, Machine, Materials* dan *Mileu*.

Dengan adanya studi yang membahas tentang analisa risiko kegagalan dengan metode FMEA, maka pada penelitian kali ini, penulis tertarik untuk menganalisa risiko kegagalan *fuel filter* yang terdapat pada Komatsu *excavator* PC70-8. Hal yang menjadi dasar penerapan FMEA adalah karena banyak parameter yang digunakan dibanding metode lain untuk mengukur risiko suatu kegagalan. tujuan penulis melakukan penelitian ini adalah untuk memprediksi usaha yang harus dilaksanakan untuk persoalan tersebut.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Tahapan penelitian serupa dengan 10 tahapan dalam metode *Failure Mode and Effect Analysis*. Data penelitian berdasarkan Komatsu *excavator* PC70-8 yang dioperasikan pada Instansi X. Penelitian dilaksanakan sesuai catatan kegagalan *fuel filter excavator* Komatsu PC70-8 pada Instansi. Akar masalah kemungkinan kegagalan *fuel filter* bersumber dari artikel atau jurnal lain sesuai metode Ishikawa diagram. Kemudian persoalan itu ditanyakan kepada pihak pengelola *excavator* untuk identifikasi penyebab kegagalan *fuel filter*. Sedangkan penyebab potensial kesalahan dikatakan bagaimana kesalahan dapat terjadi, digambarkan dari segala sesuatu yang bisa diperbaiki atau dikontrol untuk kegagalan *fuel filter* Komatsu *excavator* PC70-8.

Keparahan yang diterima terhadap kelangsungan proses selanjutnya dan secara tidak langsung juga merugikan misalnya jadwal *overhaul* lebih cepat adalah gambaran tingkat keparahan. Seberapa sering kemungkinan penyebab kegagalan terjadi akan berdampak pada ketentuan nilai tingkat kejadian (*occurance*). Nilai deteksi adalah cara kendali (*current process control*) yang dapat dijangkau untuk mencegah kegagalan komponen. *Severity*, *Occurance* dan *Detection* dinilai dengan rentang angka 1 sampai 10 yang tertera pada buku FMEA. Angka risiko prioritas atau RPN adalah semacam parameter untuk selisih kesamaan dengan RPN keseluruhan yang dirubah lebih baik setelah tindakan telah direkomendasikan.

Berikut ini adalah rumus untuk persamaan angka risiko prioritas yang teridentifikasi.

$$(RPN = S \times O \times D)$$

Setelah itu memberikan solusi yang dianjurkan agar RPN berkurang. Pilihan tindakan berupa rekomendasi dimaksud supaya risiko penyebab kegagalan *fuel filter* bisa terkendali. Rekomendasi diutamakan untuk angka RPN tertinggi. Keterangan pada seluruh rekomendasi akan dijelaskan agar indikator keberhasilan dapat terpenuhi. Terakhir memprediksi nilai akibat suatu rekomendasi yang dilaksanakan secara maksimal. Perkiraan juga mencakup waktu dikerjakan untuk sebuah tindak rekomendasi. Perkalian nilai keparahan, peluang dan deteksi yang baru digambarkan sebagai pengurangan angka risiko prioritas penyebab kesalahan potensial.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk Kegagalan *Fuel Filter Excavator Komatsu PC70-8*

Pada tanggal 16 Maret 2022 terjadi kegagalan *fuel filter excavator* Komatsu PC70-8. Bentuk kegagalan kejadian ini yaitu komponen *fuel prefilter* atau pada diesel *engine* Caterpillar disebut *primary fuel filter*. *Fuel prefilter* adalah Komatsu *genuine parts* dengan *part number* 600-319-4110 dan perkiraan harga Rp.1.069.500. Bentuk kegagalan yang dialami *fuel prefilter* adalah buntu dengan catatan waktu 3664 jam operasi.

Fungsi *primary fuel filter* antara lain untuk menyaring kotoran yang lebih besar dari *main fuel filter* pada bahan bakar. Pengaruh *fuel prefilter* yang tersumbat akan berdampak langsung pada *fuel system* saat pengoperasian *excavator* sebab *filter* tersebut tidak punya *bypass valve*. Bila kejadian ini dibiarkan begitu saja, maka kerusakan merambat komponen yang lain hingga keharusan *overhaul* secepatnya.

Efek yang pertama yaitu beban (tekanan) pembakaran yang diterima piston disalurkan pada *rod journal* di mana pada beberapa kasus menghasilkan beban *bending* pada *fillet* melebihi 689 Mpa (100,000 psi). Ketika pembakaran terjadi pada semua *cylinder*, Setiap *rod journal* menerima beban yang berbeda, tetapi kesemua *rod journal* harus bergerak seirama dengan yang lainnya. Masalahnya adalah tekanan tiap *cylinder* tidak sama yang disebabkan *fuel prefilter* tersumbat.

Efek kedua adalah pembakaran juga berpengaruh terhadap hasil gas buang Komatsu *excavator* PC70-8. *Engine* Komatsu SAA4D95LE-5 memonitor emisi gas buang pada proses pembakaran. Ini terlihat pada *eco gauge* yang ditampilkan monitor dalam *cabin operator*. *Eco gauge* merupakan sebuah *gauge* yang melindungi lingkungan dari emisi gas buang sisa pembakaran. *Eco gauge* memperingati hasil untuk setiap emisi gas buang.

Dalam kondisi yang sesuai dengan pedoman penggunaan *excavator* Komatsu PC70-8 menyatakan bahwa setiap 500 jam *fuel prefilter* harus diganti. Kondisi yang sesungguhnya terjadi *fuel prefilter* baru dipakai selama 280 jam operasi. Itu berarti perkiraan kerugian *fuel prefilter* dengan harga asli Rp.1.069.500 adalah Rp.470.580. Berdasarkan keparahan yang ditanggung efek tersebut maka tingkat *severity* pada *prefilter* buntu termasuk kategori 9 yang berbahaya dan pencemaran lingkungan dengan tanda-tanda peringatan.

$$(\Delta t = 500 - 280 = 120 \text{jam})$$

Risiko Kegagalan *Fuel Filter Excavator Komatsu PC70-8*

Kemungkinan kegagalan fuel filter

Berikut kategori 5M yang menyebabkan *fuel prefilter* buntu :

- 1) Faktor Manusia
Hal ini terjadi akibat cara memasang *fuel prefilter* karena perbaikan atau semacamnya yang tidak sesuai prosedur. Buku pedoman *excavator* Komatsu PC70-8 melarang untuk pengisian *fuel prefilter* yang baru. Pengisian cairan apapun kedalam *filter* sebelum dipasang akan berakibat cairan tersebut tetap kotor. Kotoran yang terlewat atau tidak mendapatkan filtrasi akan berdampak kerusakan.
- 2) Faktor Metode
Hal ini terjadi akibat degradasi bahan bakar yang disebabkan mesin beroperasi secara *overheat*. Bahan bakar berasal dari minyak bumi berbentuk cairan yang disebut minyak mentah. Semakin tinggi temperatur bahan bakar minyak, emulsi minyak itu semakin tidak stabil. Karena tidak semua bahan bakar disemprotkan oleh *nozzle*, sebagian besar bahan bakar yang kandungan minyak dan airnya tidak stabil akan kembali ke tangki dan bersirkulasi ulang dalam kondisi kotor.
- 3) Faktor Material
Hal ini terjadi ketika menggunakan bahan bakar dengan mutu yang rendah. Minyak mentah yang berasal dari daerah / kawasan berbeda mempunyai sifat karakteristik yang berbeda pula. Kandungan unsur pada bahan bakar harus dijaga supaya tidak menimbulkan perubahan karakteristik. Kotoran dalam tangki dapat diakibatkan karena perubahan kandungan unsur tersebut antara lain bertambahnya kandungan sulfur bahan bakar minyak.
- 4) Faktor Mesin
Hal ini terjadi akibat kondisi tangki bahan bakar yang tidak bersih. Seiring bertambahnya jam operasi mesin, maka kebersihan tangki bahan bakar memburuk disebabkan adanya endapan kotoran atau air. Kondisi tersebut akan berakibat bahan bakar dan kotoran bercampur dan berdampak buruk pada mutu bahan bakar. Ditambah lagi jika terdapat sisa-sisa air dalam tangki bahan bakar. Sifat asam yang disebabkan unsur belerang pada bahan bakar minyak jika bercampur dengan air akan terbentuk emulsi yang berupa lumpur.

5) Faktor Lingkungan

Hal ini terjadi akibat jumlah bahan bakar dalam tangki yang sedikit pada kondisi sekitar tertentu. Apabila jumlah bahan bakar berkurang maka volume udara dalam tangki akan bertambah, seperti penambahan kandungan uap air jenuh. Embun adalah perubahan uap air jenuh menjadi titik air dalam kondisi lingkungan tertentu, terutama saat malam hari. Kontaminasi dapat disebabkan karena keberadaan air dalam tangki misalnya pembentukan lumpur.

Potensial kesalahan kegagalan

Hasil urutan faktor kemungkinan yang teridentifikasi yaitu lingkungan, material, dan mesin. Berikut ini tiga kendali penyebab potensial kesalahan *fuel prefilter* buntu yaitu:

1. Keadaan jumlah bahan bakar pada tangki

Hanya *excavator* yang beroperasi dilaksanakan pengisian bahan bakar. Selesai operasi, bahan bakar diisi esok hari saat operasi berikutnya. Peluang kemungkinan terjadi 'tinggi' karena terdapat saat-saat jumlah bahan bakar sedikit waktu malam hari. Kriteria pendeteksian 'sedang' karena terdapat kendali untuk tidak membiarkan tangki kosong.

2. Kesalahan menggunakan mutu bahan bakar

Bahan bakar jenis Pertamina DEX disimpan kedalam drum pengisian sebagai pasokan bahan bakar untuk seluruh alat berat. Bahan bakar akan diisi memakai pompa elektrik dari tempat penyimpanan. Peluang kemungkinan ini 'sedang' karena karakteristik dipengaruhi penyimpanan bahan bakar. Kriteria terdeteksi 'sedang' karena berusaha menyediakan bahan bakar yang bersih.

3. Kebersihan tangki bahan bakar tidak terjaga

Setiap tahun sekali dilaksanakan servis rutin oleh ATPM Komatsu dengan jenis kegiatan *periodical service*. Terkadang perawatan juga dilaksanakan korektif oleh mekanik setelah ada laporan dari operator. Peluang kemungkinan 'sedang' karena peluang untuk gagal masih ada pada beberapa waktu. Kriteria pendeteksian 'sedang tinggi' karena program perawatan yang teratur tidak demikian.

*Risiko kegagalan fuel filter*Tabel 2. Perhitungan risiko dari kegagalan *fuel filter*

No	Failure Mode	Severity (S)	Potential cause	Occurance (O)	Current control	Detection (D)	RPN
1	Fuel prefilter buntu	9	Kesalahan mutu bahan bakar dalam tangki	6	Membeli sesuai standar dengan pompa elektrik	5	270
2			Kondisi kebersihan tangki bahan bakar	5	Melakukan perawatan tangki secara rutin	4	180
3			Keadaan jumlah bahan bakar dalam tangki	8	Menyediakan seluruh jumlah bahan bakar mesin	5	360

Usaha Meminimalisir Risiko Kegagalan

Berikut ini rekomendasi yang dibutuhkan untuk mengurangi angka risiko prioritas dari kegagalan:

- 1) Mengisi bahan bakar *excavator* harus dilaksanakan setiap selesai operasi untuk menghindari terjadinya kondensasi udara seperti embun dalam tangki. Jumlah bahan bakar dalam tangki harus sudah terisi untuk menghindari udara masuk ke dalam tangki yang disebabkan masih terdapat ruang kosong pada tangki disaat malam hari.
- 2) Kandungan sulfur untuk jenis bahan bakar pertama DEX cukup sesuai digunakan *excavator* Komatsu PC-70. Sulfur yang disarankan dalam buku manual *excavator* adalah kurang dari 0.5%. Bahan bakar yang digunakan memiliki batasan sulfur maksimal 0.3% dengan catatan umum. Sesuai publikasi yang diedarkan Pertamina mengenai catatan untuk angka sulfur yaitu pemeliharaan secara baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, air, bahan bakar lain, dll).

- 3) Perawatan pada tangki diperlukan untuk meminimalisir terjebaknya material asing dalam tangki. Material yang tidak diinginkan seperti air atau kotoran dapat menimbulkan kontaminasi pada bahan bakar. Sesuai pedoman milik *excavator* Komatsu PC70-8 bahwa tangki dapat dibersihkan untuk menghindari hal tersebut.

Tabel 3. Prediksi angka risiko

No	Failure Mode	Severity (S)	Recommended Mitigating Action	Occurance (O)	Action Taken To Date	Detection (D)	RPN
1			Mengisi bahan bakar penuh selesai beroperasi	4	Lakukan drain setelah 10 menit pengisian atau sebelum memulai	2	72
2	Fuel prefilter buntu	9	Mengondisikan penyimpanan bahan bakar	3	Inspeksi tempat penyimpanan minimal setiap bulan	3	81
3			Melakukan perawatan terhadap tangki	2	Setiap <i>condition monitoring</i> , 3 bulan atau 250 jam sekali	2	36

Beberapa hal yang dipertimbangkan untuk setiap waktu rekomendasi :

1. Setiap selesai beroperasi akan dilaksanakan pengisian bahan bakar baru, maka sisa kotoran yang terendap dalam tangki tadi harus dikeluarkan. Drainase wajib dilaksanakan supaya kotoran tadi tidak bercampur kembali. Dalam pedoman penggunaan *excavator* Komatsu PC70-8 untuk drainase bahan bakar dilaksanakan setiap 10 menit usai pengisian atau ketika akan beroperasi.
2. Tujuan inspeksi tangki penyimpanan bahan bakar adalah untuk memastikan mutu bahan bakar yang digunakan pada *excavator* Komatsu PC70-8 terjamin. Diantara syarat API standar 653 tentang *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction* meliputi pemeriksaan korosi pada tangki. Korosi disekitar eksternal maupun internal pada tangki bisa terjadi karena kontaminasi minyak dan air atau pengaruh lingkungan sekitar. Inspeksi minimal satu bulan sekali harus diperhatikan untuk mencegah adanya karat yang timbul pada tangki penyimpanan.
3. Perawatan berkala seperti membersihkan tangki bahan bakar harus dilaksanakan secara tepat waktu. Penentuan jadwal perawatan *excavator* disesuaikan dengan hitungan hari karena tidak setiap hari *excavator* akan beroperasi. Tujuan perawatan yang dilaksanakan secara rutin untuk mencegah terjadi kegagalan komponen. Apabila perawatan secara disiplin dilaksanakan maka usia komponen dapat menjadi lebih optimum.

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bentuk kegagalan pada *fuel filter* Komatsu *excavator* PC70-8 yaitu komponen *fuel prefilter* yang tersumbat dengan selisih waktu 44% lebih cepat dari biasanya atau sekitar 120 jam. Hasil yang ditunjukkan dalam perhitungan risiko penyebab kegagalan maka risiko yang diutamakan sebesar 360 RPN terkait pengaruh lingkungan dengan jumlah bahan bakar dalam tangki. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa usaha untuk meminimalisir risiko yaitu memastikan bahan bakar terisi penuh tiap selesai beroperasi, mengondisikan penyimpanan bahan bakar supaya terjamin, melakukan perawatan atau pembersihan terhadap tangki secara berkala.

Sebagai pertimbangan, sebaiknya diterapkan langkah usaha hasil rekomendasi yang dibuat sesuai dengan metode *Failure Mode Effect Analysis* supaya masalah *fuel filter* Komatsu *excavator* PC70-8 terselesaikan. Silahkan uji coba semua *cause* untuk dapat mengetahui jika penyebab kegagalan merupakan *main root cause* pada masalah *fuel filter excavator* Komatsu PC70-8 yang terbukti.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Instansi X pemilik *excavator* Komatsu PC70-8 atas data yang diberikan atau dukungannya pada kegiatan ilmiah ini. Terimakasih juga kepada *author* dan penyelenggara Semnas Mesin PNJ tahun 2022. Semoga artikel ini dapat bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

REFERENSI

1. Besterfield, Dale H., et al. *Total Quality Management Revised Edition: For Anna University, 3/e*. Pearson Education India, 2014.
2. Hisprastin, Yasaarah, and Ida Musfiroh. "Ishikawa diagram dan failure mode effect analysis (FMEA) sebagai metode yang sering digunakan dalam manajemen risiko mutu di Industri." *Majalah Farmasetika*, 6.1 (2021): 1-9.
3. Andry, Nofrizal, and Y. Ady Prashetya. "Pengaruh suhu dan salinity terhadap kestabilan emulsi minyak mentah indonesia." *Jurnal Teknik Kimia Universitas Diponegoro* (2011): 1-9.
4. Sailon, Sailon. "Penanggulangan kontaminasi dan degradasi minyak pelumas pada mesin." *Austenit* 1.02 (2009): 58-62.
5. Tanaka, Masaki, et al. "Development of 4D95 engine series meeting tier3." *Komatsu technical report* 53 (2007): 1.