

Upaya Pengendalian *Heat Exchanger* Pada Kilang Minyak Menggunakan Siklus PDCA dan *Seven Tools*

Ridho Muzaik Ramadhan^{*1)}, Lulu Riesta Nugroho²⁾, Zahara Intan Wigathie³⁾,
Felix Rasyada Rafif⁴⁾, dan Danang Setiawan⁵⁾

^{1,2,3,4,5)} Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa
Yogyakarta, 55584

Email: 21522098@students.uui.ac.id, 21522001@students.uui.ac.id, 22522300@students.uui.ac.id,
22522038@students.uui.ac.id, danang.setiawan@uui.ac.id

ABSTRAK

Perusahaan industri minyak merupakan kilang yang digunakan untuk mengolah minyak mentah menjadi bahan bakar, bahan bakar khusus (BBK), dan non bahan bakar (NBBM). *Heat Exchanger* merupakan salah satu komponen pada unit salah satu kilang minyak yang berfungsi untuk memindahkan panas antara dua fluida yang berbeda temperatur dan dipisahkan oleh sekat pemisah. Pengotoran telah menjadi masalah sejak penukar panas ditemukan. Kinerja penukar panas memiliki dampak yang signifikan terhadap keberhasilan proses industri secara keseluruhan. Penelitian bertujuan mengidentifikasi faktor apa yang dapat mempengaruhi kinerja optimal *heat exchanger* dengan menggunakan metode PDCA dan *seven tools*. Berdasarkan hasil pada *Heat Exchanger* semakin mendekati batas bawah kendali pada *control charts* sehingga kinerja pengendalian dapat berdampak pada *fouling* pada *heat exchanger* yang mengakibatkan pertukaran panas tidak optimal karena adanya endapan.

Kata kunci: *Heat Exchanger*, PDCA, *Seven Tools*, *Fouling*, *Poka-Yoke*.

1. Pendahuluan

Indonesia saat ini merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia dan menempati peringkat ke-16 perekonomian terbesar berdasarkan produk domestik bruto (PDB). Seiring dengan pertumbuhan ekonomi yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, terdapat peningkatan permintaan terhadap bahan bakar kendaraan bermotor dalam jumlah yang lebih besar karena meningkatnya jumlah kendaraan bermotor. Indonesia menghadapi tantangan dalam meningkatkan produksi bensin dan solar dalam negeri untuk mengimbangi peningkatan permintaan (Xie & Harjono, 2020). Pembangunan infrastruktur di Indonesia sedang meningkat, dengan beberapa pabrik, perkantoran, dan apartemen yang sedang dibangun. Minyak bumi diperlukan sebagai bahan bakar dan sumber energi di seluruh proses pembangunan. Produk minyak bumi olahan sangat penting baik untuk aplikasi industri maupun kebutuhan manusia sehari-hari. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika permintaan minyak bumi sebagai bahan bakar di Indonesia tetap tinggi setiap tahunnya (Nur'ain & Hidayati, 2021).

Bahan bakar adalah barang penting yang sangat diperlukan dalam kehidupan kita sehari-hari. Bagi pelanggan, bahan bakar sangat penting untuk mobilitas antar kota atau daerah, menggerakkan berbagai metode transportasi seperti sepeda motor, mobil, bus, kereta api, kapal laut, dan lainnya. Kegiatan usaha yang produktif sangat penting untuk mendorong operasional industri, khususnya di pabrik dan perusahaan lain yang merangsang pertumbuhan ekonomi (Risdiyanta, 2015).

Perusahaan industri minyak merupakan fasilitas yang didedikasikan untuk konversi minyak mentah menjadi berbagai produk, antara lain BBM, Bahan Bakar Khusus (BBK), dan Non Bahan Bakar (NBBM). Hal ini dicapai melalui pemanfaatan proses lanjutan seperti Crude Distillation Unit (CDU) dan Residue Catalytic Cracking (RCC). Hydrotrating Unit (HTU), Naphtha Processing Unit (NPU), dan unit lainnya ada di sana. Premium, Peralite, Pertamina, Pertamina Turbo, Solar, Avtur, Liquefied Petroleum Gas (LPG), dan Propylene termasuk di antara produk berkualitas tinggi (Nur'ain & Hidayati, 2021).

Menurut Kementerian ESDM, 2015, Unit RCC terdiri dari Reaktor, Regenerator, Catalyst Cooler, Main Air Blower, Cyclone, Catalyst System, Heat Exchanger, dan CO Boiler. *Heat Exchanger* merupakan salah satu komponen pada unit RCC. Menyesuaikan banyak variabel dengan benar sangat penting untuk mengatur unit RCC. Faktor-faktor proses ini sangat saling terkait, sehingga sulit untuk mengidentifikasi secara cepat potensi pengaruh tertentu.

Heat Exchanger adalah suatu alat penukar panas yang fungsinya untuk memindahkan panas antara dua fluida yang berbeda temperatur dan dipisahkan oleh sekat pemisah. Proses perpindahan panas ini dapat diatur sehingga diperoleh temperatur fluida sesuai kriteria yang diinginkan sehingga tidak ada energi yang terbuang, sehingga pemanfaatan sumber energi yang tersedia benar-benar dapat lebih optimal (Jhonson, 2016). *Heat Exchanger* merupakan alat yang digunakan untuk memanaskan minyak mentah dengan memanfaatkan energi panas dari produk kilang. Minyak mentah diedarkan melalui cangkang sementara produk panas dialirkan melalui tabung. Kinerja penukar panas memiliki dampak yang signifikan terhadap keberhasilan proses industri secara keseluruhan. Kerusakan apa pun, baik mekanis maupun operasional, dapat menyebabkan penghentian total operasi unit di suatu industri (Prasasti et al, 2021).

Berdasarkan pernyataan tersebut, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi permasalahan di atas untuk mengetahui apa yang terjadi pada peralatan dan faktor apa saja yang mempengaruhinya sehingga dapat menentukan rekomendasi perbaikan dan pencegahan untuk menjaga efisiensi.

2. Metode

Metode Jenis penelitian ini menggunakan model *sequential explanatory* yaitu Metode penelitian kombinasi yang menggabungkan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif secara berurutan. Pada tahap pertama, penelitian dilakukan dengan using metode kuantitatif, dan pada tahap kedua, penelitian dilakukan dengan metode kualitatif. (Sugiono, 2013).

Data kuantitatif dalam penelitian ini meliputi data pencapaian suhu dan volume pada *heat exchanger*. Sedangkan data kualitatif yaitu data observasi di dalam bentuk verbal pada *heat exchanger* bulan Februari 2021. Dari data tersebut diperoleh beberapa gambaran masalah yang dihadapi perusahaan, yaitu al produk. Selanjutnya, dilakukan identifikasi penyebab tidak optimalnya pengoperasian alat menggunakan metode PDCA dan *seven tools*.

Menurut Sjarifudin dan Kurnia (2022) Metode Plan-Do-Check-Action (PDCA) adalah strategi sistematis yang memfasilitasi kemajuan menuju tujuan yang diinginkan. Pendekatan PDCA menggabungkan serangkaian instrumen kendali mutu untuk meningkatkan kinerja proses produksi dan meminimalkan tingkat kesalahan produk (Aulia & Murnawan, 2024). Lalu tahapan rangkaian yang digunakan berikutnya adalah *seven tools* yang merupakan instrumen dasar yang digunakan dalam proses pengendalian mutu, meliputi diagram kendali, histogram, lembar periksa, diagram alur, diagram sebar, diagram Pareto, dan *fishbone* diagram (Alfadilah, et al., 2022).



Gambar 1. Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Data pada penelitian ini diperoleh dari data pada *heat* pada salah satu kilang minyak di Indonesia. Hasil data diolah menggunakan siklus PDCA yang terintegrasi dengan *seven tools*. PDCA dan *seven tools* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan batas toleransi cacat atau penyebab masalah pada proses, atau sistem kerja (Albana & Dahdah, 2023).

1. Plan

Pada tahap pertama *plans* digunakan untuk menentukan permasalahan apa yang terjadi pada proses atau sistem kerja alat.

a. Check sheets

Tindakan yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan data pada *heat exchanger*, baik jumlah sampel suhu yang masuk dan suhu keluar serta jumlah aliran pada *shell* dan *tube* sebagai berikut.

Tindakan yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan data pada *heat exchanger*, baik jumlah sampel suhu yang masuk dan suhu keluar serta jumlah aliran pada *shell* dan *tube* sebagai berikut.

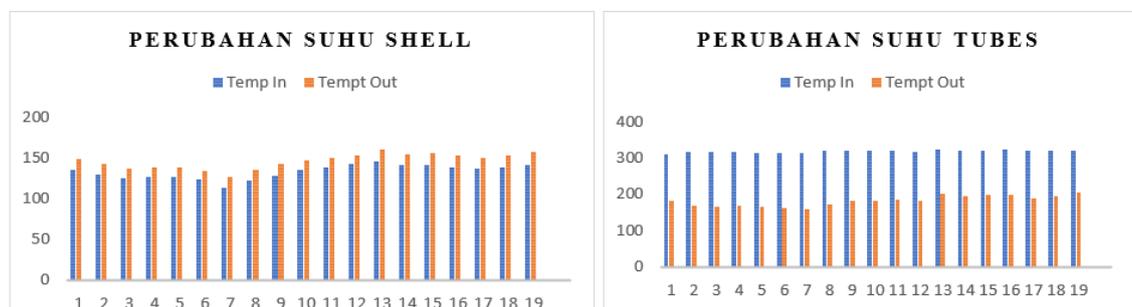
Tabel 1. Data *Shell* dan *Tube* pada *Heat Exchanger*

Heat Exchanger 101						
Periode	Shell (Feeds)			Tube (DCO Product)		
	Temp IN	Temp Out	Flow (Volume)	Temp IN	Temp Out	Flow (Volume)
1	136,1	149,7	353,3	310,4	182,8	44,7
2	129,7	143,1	353,8	316,2	169,5	38,8
3	125,3	136,8	354,0	316,4	166,2	35,7

Heat Exchanger 101						
Periode	Shell (Feeds)			Tube (DCO Product)		
	Temp IN	Temp Out	Flow (Volume)	Temp IN	Temp Out	Flow (Volume)
4	127,2	139,3	353,6	315,4	168,3	37,7
5	126,9	138,3	353,6	311,8	164,9	35,3
6	123,6	134,7	355,6	312,8	161,0	33,1
7	114,3	126,4	359,8	312,9	158,2	37,2
8	122,1	135,5	383,2	318,1	171,5	44,3
9	128,9	143,0	407,2	319,1	180,4	50,4
10	135,1	148,2	429,6	319,5	183,0	50,9
11	138,4	150,7	430	320	185,2	50,9
12	143	153,0	431,1	317,9	180,6	43,5
13	146,5	160,6	429,5	322,4	202,9	49,1
14	141,9	155,2	428,6	319,6	193,3	45,8
15	141,3	156,2	429,9	320,9	199,5	48,1
16	138,8	153,4	429,6	321,3	197,3	51,1

b. *Histogram*

Pada bagian ini, data Histogram akan menunjukkan pergerakan suhu *shell* secara keseluruhan, data menunjukkan pada paruh pertama pergerakan suhu yang tidak stabil, disisi lain Sedangkan menurut setengah grafik berikutnya, jumlah suhu bergerak secara konstan. Sedangkan pada perubahan suhu pada *tubes* menunjukkan perbedaan pergerakan suhu dibandingkan sebelumnya. Suhu yang masuk tidak berubah secara signifikan tetapi di sisi lain suhu yang keluar sama seperti yang terjadi pada *shell*

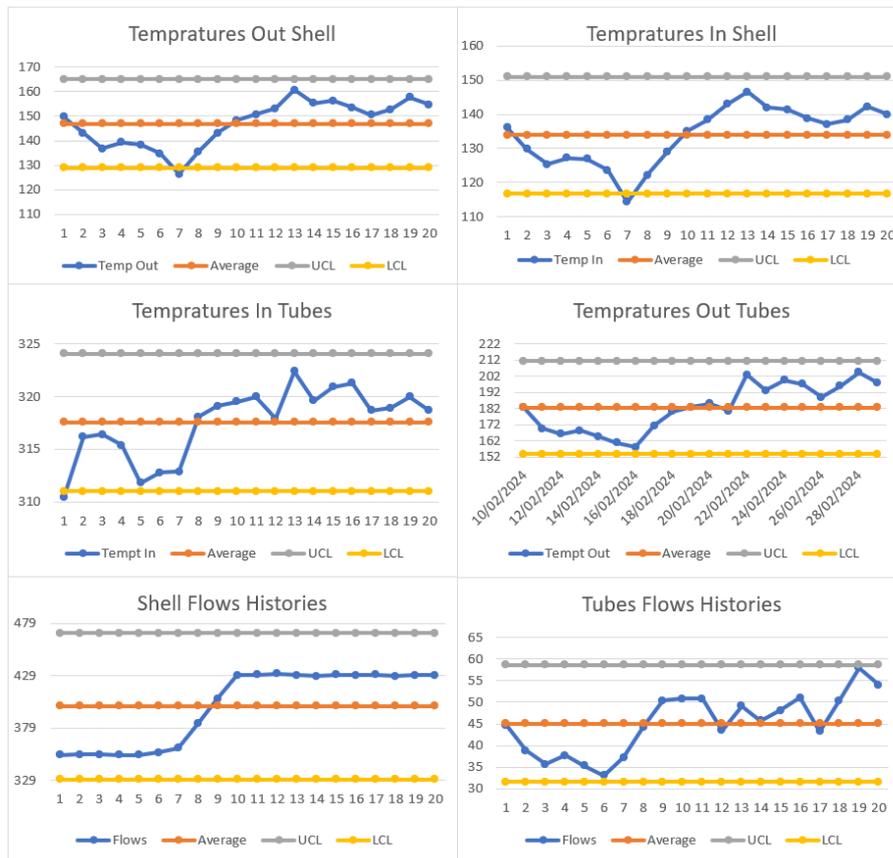


Gambar 2. Data Histogram Perubahan Suhu pada *Shell* dan *Tubes*

c. *Control chart*

Pada tahap ini Melalui *control chart* data *flow shell* dan *tube* yang diperoleh pada *Heat exchanger 15V-101*, sebagian masih di luar batas kendali. grafik yang digunakan bertujuan untuk memeriksa suatu proses atau sistem dari waktu ke waktu (Wardhani & Gustianta,

2021). Data diplot secara kronologis. Garis tengah diagram kendali selalu merupakan mean, dan batas kendali atas dan bawah menunjukkan di mana data tidak boleh keluar dari kendali.



Gambar 3. Control Chart Shell dan Tubes

Terdapat nilai temperatur dan aliran pada *heat exchanger* yang di bawah rata-rata melalui *control charts* dan juga perhitungan nilai rata-rata temperatur masuk dan keluar serta arus yang mengalir pada shell, suhu rata-rata yang masuk ke dalam *shell* adalah 134 derajat dengan nilai batas atas 151 dan juga 117 pada nilai batas bawah, tercatat pada periode ke-2 hingga periode ke-7 menyentuh nilai di bawah rata-rata, bahkan pada tanggal 7 melebihi nilai batas bawah. Hal serupa juga terjadi pada suhu yang keluar dari *shell* dimana suhu rata-rata sebesar 147 derajat, hal ini dipengaruhi oleh pertukaran panas yang kurang optimal. hal ini juga mempengaruhi aliran yang mengalir melalui shell, sebaliknya *tube* pada *heat exchanger* juga mempunyai dampak serupa, di mana *deccant oil* yang mengalir dengan panas yang tinggi namun panasnya kandungan pada *decant oil* tidak mengalami perpindahan panas yang optimal, *decant oil* merupakan produk dengan kandungan yang memiliki banyak endapan butiran halus kalatis FCC. Sehingga kandungan-kandungan yang teradpat didalamnya seperti karbon, hidrogen, dan belerang yang mengendap di dalam tabung, dapat mengubah laju minyak dan juga perpindahan panas dari tabung ke penukar panas, serta dapat menyebabkan terjadinya *fouling*.

d. Menentukan Faktor

Dari analisis yang dilakukan, terdapat beberapa faktor yang mempunyai pengaruh terhadap *heat exchanger* yang terjadi pada proses Produksi.

Tabel 2. Faktor dan akibat

No	Faktor	Permasalahan	Akibat
1.	Mesin	Tidak ada pemeliharaan preventif pada alat.	Kerusakan pada mesin
2.	Pekerja	Kurangnya sosialisasi tentang Standar Operasional Prosedur (SOP).	Prosedur pembersihan yang tidak memadai mengakibatkan akumulasi sedimen, pengotoran, atau korosi
3.	Lingkungan	Residu yang menempel jarang dibersihkan	Kurangnya laju perpindahan panas
4.	Material	Terdapat sedimen/residu yang mengendap di dalam <i>shell</i> dan <i>tube</i> .	Penumpukan sedimen menyebabkan pembatasan aliran volume.

2. Do

Rencana untuk proses perbaikan telah ditetapkan pada langkah sebelumnya. Tahap selanjutnya mengimplementasikan rencana perbaikannya dari tahap sebelumnya. Hal ini bertujuan agar penyempurnaan tersebut dapat dilaksanakan sebaik mungkin untuk memastikan tidak ada waktu produksi yang terbuang.

Tabel 2. Implementasi Area Perbaikan

No	What	Why	Who	Where
1	Tidak ada pemeliharaan preventif pada pompa.	Karena perawatan baru dilakukan ketika pompa mengalami kerusakan.	Maintenance Departement	Area Produksi
2	Kurangnya sosialisasi tentang Standar Operasional Prosedur (SOP).	Karena masih ada pegawai yang tidak peduli dengan sosialisasi.	Personil operasi dan pemeliharaan yang bertanggung jawab pada pengoperasi	Area Produksi
3	Banyak debu dan jarang dibersihkan.	Terletak di tempat terbuka	Personil operasi	Area Produksi
4	Terdapat sedimen/residu yang mengendap di dalam <i>shell</i> dan <i>tube</i> .	Aliran Minyak atau Cairan yang masih mengandung belerang/residu.	Personil operasi dan pemeliharaan	Area Produksi

3. Check

Langkah selanjutnya adalah mengevaluasi tindakan perbaikan pada tahap sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara kondisi sebenarnya dengan target yang ingin dicapai. Hal ini mengacu pada *heat exchanger*. Berdasarkan hasil penerapan metode *Seven Tools*, nilai temperatur yang keluar dibawah rata-rata, disusul dengan aliran yang juga mempunyai nilai di bawah rata-rata, seperti halnya pada *tubes heat exchanger*. Menurut Hendri (2018), hal ini disebabkan adanya *fouling*. Pengotoran telah menjadi masalah sejak penukar panas ditemukan. *Fouling* dapat didefinisikan sebagai terbentuknya lapisan endapan pada permukaan perpindahan panas suatu zat atau senyawa yang tidak diinginkan (Hendri & Lubis, 2018). Pembentukan lapisan endapan ini akan terus bertambah selama *heat exchanger* dioperasikan. Partikel gas yang terbawa dalam aliran gas dapat. Hal ini menyebabkan masalah korosi pada permukaan yang dilalui panas konveksi.

Namun masalah utama abu adalah sedimen. Endapan ini menyebabkan pengotoran pada pipa.

4. Action

Setelah dilakukan pengecekan permasalahan pada Analisa *Heat Exhcanger* pada kilang minyak dapat diminimalkan. Langkah selanjutnya adalah menerapkan standarisasi kerja untuk mencegah permasalahan terulang kembali. Pada dasarnya, tugas atau aktivitas yang terstandarisasi menjamin bahwa setiap proyek diselesaikan secara seragam dan teratur, tanpa memandang siapa pun individu yang mengerjakannya. Ketika pekerjaan distandarisasi, kualitas hasil tetap konstan meskipun operator berpindah-pindah selama proses berlangsung.

Tabel 3. Perubahan Perbaikan

No	Faktor	Perubahan
1	Mesin	Operator harus selalu memeriksa kondisi heat exchanger dan melakukan perawatan preventif seminggu sekali pada seluruh peralatan
2	Pekerja	Kepala bagian departemen harus sering mengawasi kinerja operator produksi
3	Lingkungan	<i>Monitoring</i> sedimen yang ada pada <i>Heat Exchanger</i>
4	Material	Mengecek material dan melengkapi lembar Data kesesuaian kualitas bahan produk

a. Poka-Yoke

Menurut Santamaria (2013), poka-yoke merupakan suatu gagasan yang dibangun secara hati-hati untuk mencegah kesalahan sistem pada saat sistem sedang digunakan. Menurut beberapa penelitian, poka-yoke mirip dengan semut tanpa otak; hal ini memberikan kepercayaan keselamatan kepada konsumen saat menggunakan mesin dan prosedur, sehingga mencegah kecelakaan (Lusiba, 2019). Dalam hal ini salah satu tahap tindakan, kegiatan *heat exchanger* akan melakukan seluruh aktivitas secara rutin dan terus menerus selama tahap tindakan juga Metode Poka-Yoke dengan menambahkan perangkat *Fail-Safe*. Sehingga karyawan dapat lebih memperhatikan *heat exchanger* dengan melihat Perangkat Aman atau *fail-safe devices*.

4. Simpulan

Berdasarkan penerapan metode PDCA dan juga *seven tools* pada proses operasi *heat exchanger* serta hasil penelitian lapangan, maka penulis dapat menyimpulkan pada *heat exchanger* pada salah satu industri kilang minyak bulan Februari 2021 melalui *control charts* pada siklus *Plan* terdapat data yang melewati mendekati batas bawah kendali selama beberapa periode sehingga mempengaruhi kinerja pengendalian pada *heat exchanger* yang mengakibatkan pertukaran panas tidak optimal karena adanya endapan pada kilang tersebut. cangkang dan tabung. Rekomendasi yang dapat dilakukan melaksanakan perawatan pada alat secara rutin dan berkesinambungan dan juga menerapkan Metode Poka-Yoke dengan menambahkan perangkat *Fail-Safe*. Implementasi lain yang perlu dilakukan agar pengendalian kinerja pada *heat exchanger* dapat maksimal antara lain menetapkan komitmen dan kebijakan dalam pengelolaan alat, membentuk divisi pengendalian alat sehingga dapat melakukan pemantauan dan pengawasan secara harian dan mingguan untuk meminimalkan *fouling*, dan meninjau sistem manajemen yang ada.

Daftar Pustaka

- Albana, A., & Dahdah, S. (2023). Improving the Quality of Boiler Feed Water Based on the PDCA Cycle by Integrating Seven Tools. *Daengku: Journal of Humanities and Social Sciences Innovation*, 3(6), 907–915.
- Alfadilah, H., Hadining, A. F., & Hamdani, H. (2022). Pengendalian kualitas produk cacat piece pivot pada PT. Trijaya Teknik Karawang menggunakan seven tool dan analisis kaizen. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1).
- Aulia, D. R., & Murnawan, H. (2024). Pengendalian Kualitas Produk Cacat Jumbo Bag Menggunakan Siklus Pdca (Plan-Do-Check-Act) di PT. XYZ. *Jurnal Inovasi Manajemen, Kewirausahaan, Bisnis dan Digital*, 1(3), 97-111.
- Hendri, Suhengki, & Lubis, A. (2018). PENGARUH FOULING TERHADAP LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA SUPERHEATER BOILER CFB PLTU SEBALANG. *Jurnal Power Plant*, 6(1).
- Jhonson, F. (2016). PENGENDALI TEMPERATUR FLUIDA PADA HEAT EXCHANGER DENGAN MENGGUNAKAN GENERALIZED PREDICTIVE CONTROL (GPC).
- Lusiba, K. (2019). A Roadmap for Improving the Manufacture of Automotive Heat Exchangers through Value Stream Mapping Submitted in fulfilment of the requirements of.
- Nur'ain, H. E., & Hidayati, N. (2021). EVALUASI KINERJA HOT MAIN COLUMN BOTTOMS RAW OIL EXCHANGER (15-E-101) PADA UNIT RESIDUE CATALYTIC CRACKING (RCC).
- Prasasti, T. E., Udjiana, S. S., & Muharram, Y. (2021). Evaluasi Fouling Faktor Terhadap Kinerja Heat Exchanger Pada Gas Cooler Unit Co2 Liquid Plant. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 570-578.
- Risdiyanta, R. (2015). Mengenal Kilang Pengolahan Minyak Bumi (Refinery) di Indonesia. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 5(4).
- Wardhani, R., & Gustianta, E. (2021). SEVEN TOOLS AS THE PROBLEM-SOLVING WAYS TO IMPROVE QUALITY CONTROL. *MECHA JURNAL TEKNIK MESIN*, 3.
- Xie, Y., & Harjono, M. (2020). A review of motor vehicle fuel demand and supply in Indonesia. *Working Paper*, (2020-20).