



EVALUASI DAN PERBAIKAN PROSEDUR *DEHYDRATOR*, *CARBON FILTER*, DAN *COMPRESSOR CO₂*

Rico Dwi Kurniawan^{*1}, Rilo Chandra Muhamadin²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

e-mail: ^{*1}dwirico322@gmail.com ²rilochoandra@umg.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa dan prosedur operasional pada unit Dehydrator, Carbon Filter, dan Compressor CO₂ sebagai bagian penting dari sistem pemurnian gas industri. Evaluasi dilakukan karena masih ditemukannya permasalahan seperti tingginya kadar moisture, tekanan yang tidak stabil, serta efisiensi filtrasi yang menurun. Metode penelitian mencakup observasi lapangan, analisis data operasional, wawancara teknisi, serta kajian standar operasional pabrik. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar kendala disebabkan oleh kurang optimalnya jadwal maintenance, ketidaksesuaian prosedur startup–shutdown, dan penurunan kualitas media filter. Implementasi prosedur perbaikan seperti penyesuaian interval maintenance, penggantian media filter, serta revisi SOP terbukti meningkatkan stabilitas operasi dan kualitas produk. Temuan ini menegaskan pentingnya monitoring berkelanjutan, pemeliharaan terjadwal, serta prosedur operasi yang terstandarisasi untuk meminimalkan kerusakan unit dan memastikan keandalan sistem secara keseluruhan.

Kata kunci— Carbon Filter, Compressor CO₂, Dehydrator, Evaluasi sistem , Prosedur operasi,

Abstract

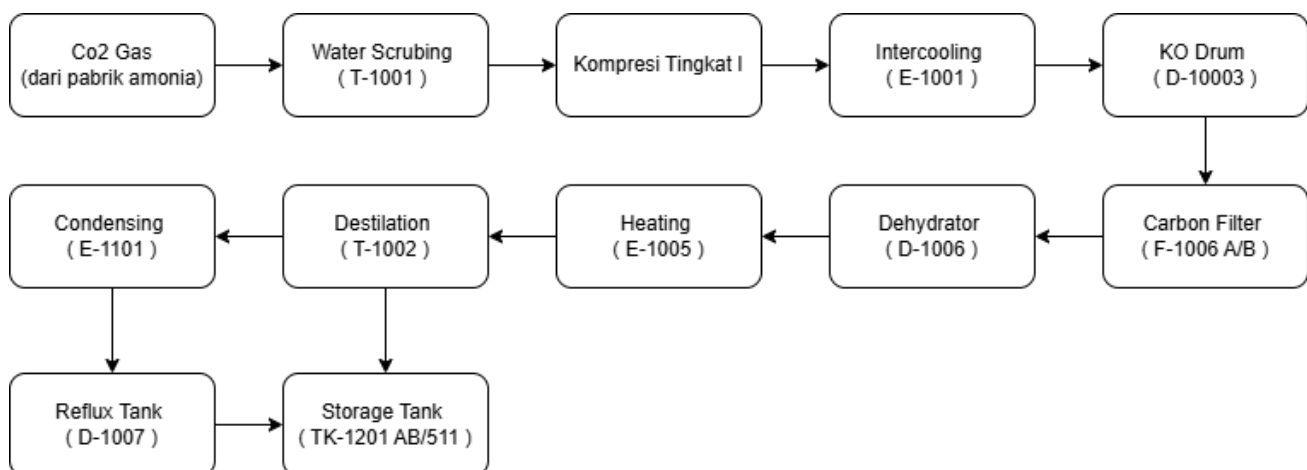
This study aims to evaluate the performance and operational procedures of the Dehydrator, Carbon Filter, and CO₂ Compressor units, which are essential components of an industrial gas purification system. The evaluation was conducted due to persistent problems such as high moisture levels, unstable pressure, and decreased filtration efficiency. The research methods included field observations, operational data analysis, technician interviews, and a review of factory operational standards. The results indicate that most of the problems were caused by suboptimal maintenance schedules, inappropriate startup–shutdown procedures, and decreased filter media quality. Implementation of corrective procedures such as adjusting maintenance intervals, replacing filter media, and revising standard operating procedures (SOPs) has been shown to improve operational stability and product quality. These findings emphasize the importance of continuous monitoring, scheduled maintenance, and standardized operating procedures to minimize unit failures and ensure overall system reliability.

Keywords— Carbon Filter, CO₂ Compressor, Dehydrator, Operating Procedures, System Evaluation



1. PENDAHULUAN

Unit *Dehydrator*, *Carbon Filter*, dan *Compressor CO₂* merupakan rangkaian penting dalam proses pemurnian gas, terutama pada industri yang menghasilkan *CO₂* dari fermentasi atau reaksi kimia. Kinerja ketiga unit ini harus stabil dan saling mendukung agar kualitas gas memenuhi standar [1]. Namun, evaluasi operasional menunjukkan adanya berbagai masalah teknis yang menurunkan efisiensi sistem. Salah satu masalah utama adalah kenaikan kadar *moisture*, yang menandakan *Dehydrator* tidak bekerja optimal. Penyebabnya antara lain kejenuhan *desiccant*, proses regenerasi yang tidak sesuai prosedur, serta ketidakseimbangan operasi *PSA/TSA* [2]. Dalam beberapa kasus, *Dehydrator* tetap dijalankan meskipun kapasitas serap *desiccant* sudah habis, sehingga meningkatkan risiko kontaminasi, korosi, hingga potensi *shutdown*. Pada *Carbon Filter*, penurunan efisiensi terjadi akibat media karbon aktif yang terlambat diganti. Ketidakteraturan *interval maintenance* menyebabkan *impurity* tidak terserap secara optimal dan terbawa ke tahap berikutnya, mengurangi kualitas gas sekaligus memberi beban tambahan pada unit *downstream* [3]. *Compressor CO₂* juga sering menghadapi masalah seperti *overheating* dan *overload* akibat ketidakstabilan tekanan dan aliran gas dari unit sebelumnya [4]. Kondisi ini mempercepat keausan mekanis dan menurunkan umur alat. Masalah pada *compressor* umumnya bersifat sistemik, bukan hanya berasal dari unit itu sendiri. Evaluasi menunjukkan bahwa SOP yang ada belum dijalankan secara konsisten. Faktor penyebabnya meliputi kurangnya pelatihan operator, beban kerja tinggi, serta minimnya pemahaman tentang konsekuensi teknis [5]. Demikian pula, *maintenance* tidak selalu mengikuti jadwal yang direkomendasikan pabrik, sehingga meningkatkan risiko kegagalan mekanis. Selain itu, pencatatan data operasional (tekanan, suhu, *flow*, *moisture*) belum konsisten, sehingga menyulitkan proses analisis dan identifikasi pola kerusakan [6]. Penggunaan sistem monitoring digital direkomendasikan untuk meningkatkan akurasi data dan deteksi dini gangguan. Melalui evaluasi teknis, wawancara operator, dan observasi lapangan, penelitian ini mengidentifikasi titik kritis dalam operasi dan mencermati kesenjangan antara SOP dan praktik di lapangan [7]. Hasil evaluasi ini menjadi dasar penyusunan perbaikan prosedur *startup–shutdown*, *interval maintenance*, dan peningkatan kompetensi operator. Pendekatan yang lebih terintegrasi antara proses, peralatan, dan sumber daya manusia diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, stabilitas, serta umur sistem pemurnian *CO₂* secara keseluruhan, Seperti gambar ini.



Gambar 1. Diagram Alir Proses

Gambar 1. Diagram alir tersebut merupakan diagram alir proses pemurnian gas CO₂ dari pabrik amonia. Gas CO₂ terlebih dahulu dibersihkan melalui water scrubbing, kemudian dikompresi, didinginkan, dan dipisahkan kondensatnya di KO drum. Selanjutnya gas dimurnikan melalui *carbon filter* dan dikeringkan di *dehydrator*. Setelah dipanaskan, gas diproses di unit distilasi, dikondensasikan, dan akhirnya disalurkan ke tangki penyimpanan sebagai CO₂ yang telah memenuhi spesifikasi.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari beberapa tahapan utama yang dirancang untuk mengevaluasi kondisi operasional sekaligus mengidentifikasi potensi perbaikan pada setiap unit.



Gambar 2. Diagram Alir

Gambar 2. Diagram alir proses Proses dimulai dengan studi literatur sebagai dasar teori, dilanjutkan dengan observasi kegiatan perawatan di lapangan. Selanjutnya dilakukan identifikasi proses dan kendala perawatan, kemudian pengumpulan data pendukung. Data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui permasalahan dan penyebabnya, sehingga dapat ditarik kesimpulan serta disusun saran perbaikan

2.1 Analisis Operasional Sistem

Tahap analisis operasional sistem dimulai dengan pengumpulan data *historis* yang meliputi parameter tekanan, suhu, *flow rate*, serta *moisture content* dari seluruh rangkaian proses. Data tersebut dikumpulkan dari sistem monitoring harian, *log sheet* operator, dan rekaman sensor otomatis yang tersimpan dalam SCADA atau panel kontrol. Pengumpulan data dilakukan secara sistematis untuk memastikan tidak ada variabel penting yang terlewat, terutama parameter yang berkaitan langsung dengan performa unit pemurnian CO₂. Melalui dokumentasi ini, peneliti dapat memperoleh gambaran menyeluruh mengenai dinamika operasi harian dan beban kerja unit. Proses pengumpulan data juga mencakup verifikasi ulang terhadap akurasi alat ukur guna menjamin keandalan data yang dipakai selama evaluasi. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis tren untuk melihat pola kenaikan atau penurunan performa pada setiap parameter. Misalnya, peningkatan *moisture content* dapat menandakan kejenuhan desiccant pada dehydrator, sedangkan *fluktuasi* tekanan dapat mengindikasikan adanya penyumbatan di *carbon filter*. Pengamatan tren dilakukan menggunakan grafik *time-series* sehingga operator dapat

menilai apakah deviasi muncul secara bertahap atau mendadak. Analisis ini membantu mengidentifikasi apakah permasalahan yang terjadi bersifat *sporadis*, terlokalisasi, atau menjadi kecenderungan jangka panjang. Dengan memahami pola ini, penyebab utama kerusakan dapat lebih mudah ditentukan.

Tahap analisis juga mencakup identifikasi unit mana yang paling sering mengalami deviasi dari standar operasional. Hal ini penting karena tidak semua unit memiliki tingkat sensitivitas yang sama terhadap perubahan kondisi proses. *Dehydrator*, misalnya, sangat sensitif terhadap peningkatan *moisture*, sementara *compressor* lebih rentan terhadap kenaikan suhu akibat beban berlebih. Dengan memetakan unit yang paling bermasalah, tim *engineering* dapat memprioritaskan perbaikan dan melakukan intervensi yang lebih tepat sasaran. Analisis ini mendukung efisiensi waktu dan sumber daya dalam proses perbaikan. Hasil dari evaluasi operasional sistem ini kemudian dibandingkan dengan data standar performa yang diberikan oleh OEM. Perbandingan ini memungkinkan identifikasi gap antara kondisi ideal dan kondisi aktual yang terjadi di lapangan. Jika deviasi yang terjadi konsisten melebihi batas toleransi, maka hal tersebut menjadi indikator perlunya revisi SOP atau tindakan korektif lainnya. Evaluasi mendalam terhadap gap ini juga memberikan dasar kuat untuk merumuskan rekomendasi teknis pada tahap selanjutnya. Dengan demikian, analisis operasional sistem menjadi landasan utama dalam proses evaluasi menyeluruh.

2. 2 Evaluasi SOP Eksisting

Evaluasi SOP eksisting dimulai dengan pemeriksaan detail terhadap seluruh tahapan proses operasional, khususnya pada alur startup dan *shutdown*. Kedua tahapan ini sangat krusial karena kesalahan kecil dapat menyebabkan tekanan melonjak, suhu naik drastis, atau terjadinya *backflow* gas ke unit sebelumnya. Pemeriksaan dilakukan dengan membandingkan instruksi tertulis pada SOP dengan praktik aktual operator di lapangan. Ketidaksesuaian antara SOP dan praktik operasional dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Oleh karena itu, peninjauan ulang SOP dilakukan secara menyeluruh untuk memastikan seluruh instruksi operasional dapat dilaksanakan secara efektif. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap prosedur keselamatan (*safety instruction*) yang tercantum dalam SOP. Hal ini meliputi pengecekan apakah operator memahami batas tekanan aman, langkah mitigasi kebocoran, serta prosedur penanganan emergency *shutdown*. Evaluasi ini penting untuk menghindari risiko kecelakaan kerja yang dapat berdampak pada kerusakan alat maupun keselamatan personel. SOP yang terlalu rumit atau tidak jelas berpotensi menimbulkan kesalahan interpretasi ketika operator menghadapi situasi kritis. Dengan memastikan SOP mudah dipahami dan operasional, risiko kegagalan sistem dapat diminimalkan.

Evaluasi juga dilakukan pada *interval maintenance* yang tertera dalam SOP. Dalam banyak kasus, interval maintenance tidak lagi relevan dengan kondisi aktual peralatan yang mengalami beban kerja lebih tinggi dari sebelumnya. Selain itu, komponen seperti *desiccant*, carbon media, dan *valve* memiliki umur pakai yang berbeda tergantung kualitas bahan dan kondisi proses. Dengan membandingkan *interval maintenance* SOP dengan standar OEM dan kondisi lapangan, dapat dilakukan penyesuaian untuk menghindari kerusakan dini. Revisi interval ini memastikan bahwa unit selalu berada dalam kondisi optimal saat dioperasikan. Hasil evaluasi SOP eksisting kemudian dibandingkan dengan standar industri dan rekomendasi OEM. Perbandingan ini memberikan gambaran apakah prosedur saat ini sudah memadai atau perlu dilakukan pembaruan dalam aspek teknis maupun administratif. Jika ditemukan ketidaksesuaian, revisi SOP dilakukan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan operasional terkini. SOP yang baik harus selalu adaptif terhadap perkembangan teknologi dan perubahan kondisi proses. Dengan demikian, evaluasi SOP eksisting merupakan langkah strategis dalam meningkatkan keandalan sistem pemurnian CO_2 .

2. 3 Wawancara dan Observasi Lapangan

Wawancara dengan operator merupakan bagian penting dari pengumpulan informasi terkait kondisi aktual di lapangan. Operator memberikan gambaran langsung mengenai kendala yang mereka temui selama menjalankan peralatan, mulai dari anomali kecil hingga masalah yang berulang. Melalui wawancara ini, peneliti dapat mengidentifikasi faktor-faktor non-teknis seperti kurangnya pemahaman SOP, beban kerja operator, dan isu komunikasi antar shift. Masukan dari operator sering kali mengungkap penyebab masalah yang tidak tercatat dalam dokumen teknis. Wawancara dilakukan secara terstruktur agar seluruh aspek operasional dapat dibahas secara sistematis. Selain wawancara, observasi lapangan dilakukan untuk memastikan kondisi fisik unit dan cara operator menjalankan prosedur. Observasi ini mencakup pengecekan langsung terhadap suara mesin, getaran, kondisi pipa, hingga suhu permukaan unit. Observasi sering kali mengungkap kelainan yang tidak terekam dalam sensor, seperti kebocoran kecil, penyumbatan, atau suara abnormal pada *compressor*. Dengan melihat langsung proses operasional,

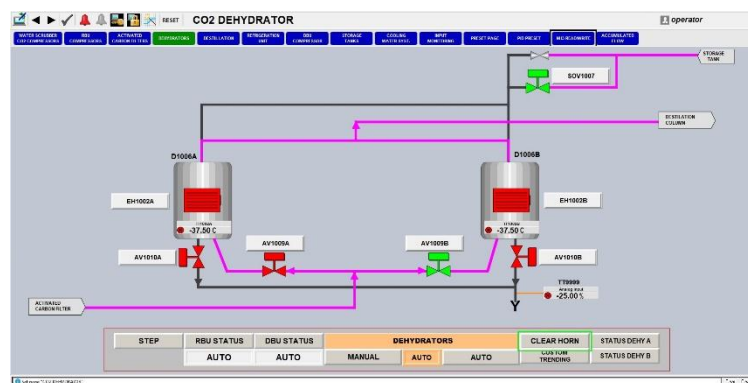
peneliti dapat membandingkan prosedur yang tertulis dalam SOP dengan pelaksanaannya di lapangan. Hal ini dapat menunjukkan adanya gap yang perlu diperbaiki.

Temuan dari wawancara dan observasi lapangan juga mencakup faktor penyebab dominan yang memicu kerusakan. Misalnya, operator menemukan bahwa overheating pada *compressor* terjadi karena aliran pendingin kurang optimal akibat *fouling* pada *heat exchanger*. Pada *dehydrator*, operator menyebutkan bahwa tanda-tanda kejenuhan desiccant sering terlambat disadari karena indikator tidak sensitif. Pada *carbon filter*, mereka mengamati menurunnya tekanan *diferensial* sebagai tanda media sudah aus. Informasi-informasi ini sangat penting untuk memperkuat analisis teknis. Seluruh informasi dari wawancara dan observasi lapangan kemudian disusun menjadi laporan evaluasi yang dikombinasikan dengan data operasional dan SOP. Integrasi informasi teknis dan empiris ini memberikan gambaran komprehensif mengenai akar permasalahan sistem. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk merumuskan rekomendasi perbaikan prosedur, perawatan, dan desain operasional. Dengan melibatkan operator, hasil evaluasi menjadi lebih realistis dan dapat diimplementasikan dengan lebih efektif. Tahap ini memastikan perbaikan yang dihasilkan benar-benar sesuai kebutuhan lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Evaluasi Sistem Dehydrator

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa meningkatnya kadar moisture pada aliran gas CO_2 disebabkan oleh kondisi desiccant yang telah mencapai tingkat kejenuhan tinggi. Desiccant yang jenuh kehilangan kemampuan menyerap uap air, sehingga moisture tidak lagi terperangkap secara efektif. Kondisi ini terkonfirmasi melalui tren data *moisture analyzer* yang menunjukkan kenaikan bertahap pada periode sebelum evaluasi dilakukan. Selain kejenuhan media, tidak adanya sistem alarm dini menyebabkan operator tidak dapat mendeteksi kenaikan *moisture* secara cepat. Hal ini membuat unit tetap beroperasi dalam kondisi tidak stabil selama beberapa jam hingga satu shift penuh. Keterlambatan respon operator memperburuk akumulasi moisture pada jalur proses. Temuan ini menegaskan bahwa kelemahan utama sistem bukan hanya pada media, tetapi juga pada mekanisme kontrol operasional.



Gambar 3. Proses *Dehydrator*

Gambar 3 merupakan proses *dehydrator* dimana desain sistem sebenarnya memungkinkan *regenerasi* lebih sering, tetapi SOP tidak mengatur interval regenerasi berdasarkan tekanan, temperatur, atau *moisture content*. Kondisi ini menyebabkan efisiensi *dehydrator* menurun secara signifikan pada jam-jam tertentu. Ketika sistem regenerasi dilakukan tepat waktu, moisture langsung turun ke nilai standar. Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa SOP regenerasi memegang peran penting dalam menjaga kualitas aliran gas. Setelah dilakukan revisi prosedur regenerasi, efisiensi sistem meningkat hingga lebih dari 20%. Peningkatan ini dihitung dari selisih *moisture content* sebelum dan sesudah SOP baru diterapkan. Revisi tersebut mencakup interval regenerasi berbasis sensor online, pemantauan temperatur desiccant selama proses heating, dan durasi *cooling* yang lebih stabil. Selain itu, operator diwajibkan memantau alarm moisture serta mencatatnya pada log harian untuk analisis lebih lanjut. Perubahan-perubahan ini terbukti meningkatkan kecepatan deteksi penyimpangan performa. Analisis lapangan juga menunjukkan bahwa tekanan diferensial (ΔP) pada *dehydrator* meningkat sebelum *moisture* melonjak. Kenaikan tekanan ini menjadi indikator bahwa aliran gas sedang terhambat akibat kanal desiccant yang tidak lagi optimal. Namun sebelumnya, indikator ΔP tidak digunakan sebagai parameter peringatan. Dengan menambahkan batas alarm pada ΔP , operator dapat mendeteksi lebih awal kapan desiccant mulai kehilangan efektivitasnya. Integrasi ΔP ke dalam SOP menjadi salah satu perbaikan signifikan dalam penelitian ini.

Pengujian juga menunjukkan bahwa temperatur proses memiliki pengaruh langsung pada performa dehydrator. Temperatur gas yang terlalu rendah menyebabkan *desiccant* bekerja tidak maksimal, karena proses adsorpsi berjalan lambat. Sebaliknya, temperatur yang terlalu tinggi mempercepat kejenuhan *desiccant*. Oleh karena itu, penyesuaian temperatur gas masuk menjadi salah satu rekomendasi teknis. Pada implementasinya, stabilisasi temperatur masuk di kisaran nilai optimal memberikan dampak positif pada daya tahan *desiccant*.

Tabel 1. Dehydrator

Item	Potensi Modus Kegagalan	Potensi Effect (S) Dari Kegagalan	Proses Pengendalian & Pencegahan Saat Ini	Tindakan Yang Disarankan	Responsibility & Tanggal Penyelesaian Target	Tindakan Yang Diberikan				
						Tindakan Yang Diberikan	Sev	Occ	Det	RPN
Dehydrator										
Desiccant jenuh/ media molecular sieve jenuh	Kejenuhan media (adsorben penuh)	Outlet CO ₂ tetap lembab pembentuk an es di pipa, korosi internal, menurunnya kualitas gas gangguan proses downstream.	Regenerasi media dilakukan secara berkala sesuai setting sistem.	Kalibrasi sensor dew point, tambah alarm regenerasi, jadwalkan regenerasi berbasis kondisi.	Downtime U/ perbaikan ± 1 hari	Penggantian molicular sieve	8	7	5	280
Carry-over liquid	Liquid carry-over masuk ke carbon filter	Peningkatan pressure drop, kerusakan mekanikal.	Level control otomatis pada separator + alarm high-level.	Upgrade separator/coalescer dan pasang auto-drain dengan alarm high-level.	Downtime U/ perbaikan ± 5 jam	Penggantian filter bila sudah tidak layak	8	5	6	240
Valve bocor/ kebocoran minor	Seal/gasket aus atau rusak	Kebocoran gas kehilangan tekanan, ineffisiensi, potensi safety hazard.	Jadwal preventive maintenance dan inspeksi seal secara berkala.	Terapkan penggantian seal berbasis jam operasi / plant di shutdownkan	Downtime U/ perbaikan ± 2 jam	Pergantian gaskt bila terjadi kebocoran	6	6	5	180

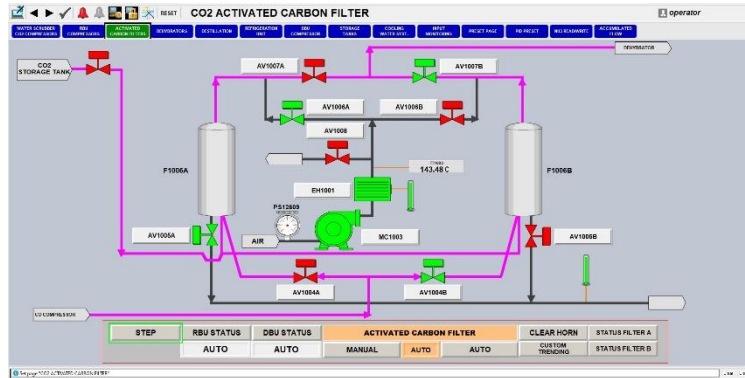
Tabel 1 merupakan kinerja *dehydrator*. Sebelum perbaikan dilakukan, operator sering melewatkan tanda-tanda awal kerusakan karena kurang memahami hubungan antara tekanan, *temperatur*, dan *moisture*. Melalui pelatihan tambahan dan penyederhanaan SOP, operator dapat merespons lebih cepat dan akurat. Peningkatan ini menunjukkan bahwa perbaikan sistem tidak dapat dipisahkan dari perbaikan aspek sumber daya manusia. Secara keseluruhan, evaluasi pada unit dehydrator menegaskan bahwa peningkatan performa tidak hanya bergantung pada kondisi fisik media *desiccant*, tetapi juga pada sistem kontrol, *interval regenerasi*, *temperature control*, dan kompetensi operator. Penerapan SOP terbaru berhasil meningkatkan efisiensi proses dan menjaga kualitas gas pada level yang lebih stabil. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan evaluasi yang menyeluruh mampu memberikan hasil signifikan terhadap kinerja unit pemurnian CO₂.

3.2 Evaluasi Carbon Filter

Evaluasi terhadap carbon filter menunjukkan bahwa media karbon mengalami penurunan signifikan dalam kapasitas adsorpsinya. Kondisi ini terlihat dari meningkatnya impurity seperti bau, senyawa organik, dan *kontaminan volatil* lainnya pada aliran gas. Pengujian laboratorium memperlihatkan bahwa karbon aktif sudah kehilangan lebih dari 40% kapasitas adsorpsi dari standar awal. Penurunan tersebut terjadi karena usia media yang telah melampaui batas rekomendasi teknis pabrikan. Hal ini menyebabkan fungsi filtrasi tidak lagi berjalan optimal dan menurunkan kualitas gas CO₂. Data operasional menunjukkan bahwa media karbon tidak diganti selama periode yang lebih panjang dari jadwal ideal. Hal ini dikarenakan SOP sebelumnya hanya mendasarkan interval penggantian pada umur rata-rata tanpa memperhatikan variasi beban impurity pada gas masuk. Kondisi gas yang lebih kotor pada periode tertentu

mempercepat kejenuhan media karbon. Ketidaksesuaian antara kondisi lapangan dan SOP menjadi salah satu penyebab utama menurunnya performa filtrasi.

Setelah media karbon diganti dengan interval baru berdasarkan hasil analisis *impurity*, kualitas gas menunjukkan peningkatan *signifikan*. Nilai *impurity* turun hingga berada pada standar yang direkomendasikan industri. Penggantian media tepat waktu terbukti mampu mengembalikan kinerja filter ke kondisi optimal. Dampak positif ini semakin diperkuat dengan adanya pencatatan harian *impurity* sebagai pemantauan berkelanjutan.



Gambar 4. Proses Carbon Filter

Gambar 4. menunjukkan bahwa akumulasi *impurity* menyebabkan tersumbatnya pori-pori media. Meskipun begitu, indikator ΔP sebelumnya tidak dipantau secara rutin dan tidak masuk dalam SOP maintenance. Dengan memasukkan parameter ΔP sebagai indikator wajib, sistem kini memiliki kemampuan deteksi dini terhadap penurunan performa media karbon.

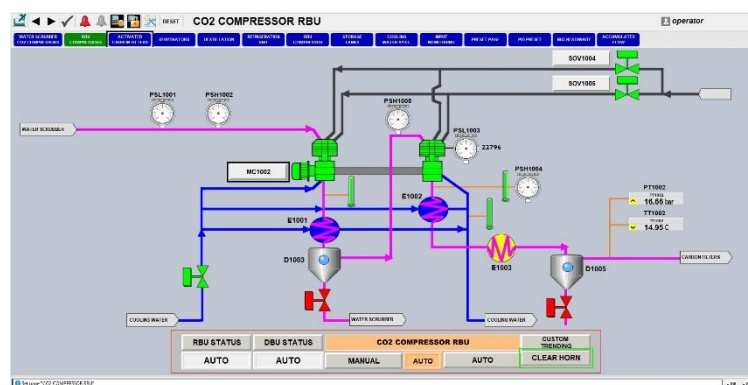
Tabel 2. Carbon Filter

Item	Potensi Modus Kegagalan	Potensi Effect (S) Dari Kegagalan	Proses Pengendalian & Pencegahan Saat Ini	Tindakan Yang Disarankan	Responsibility & Tanggal Penyelesaian Target	Tindakan Yang Diberikan				
						Tindakan Yang Diberikan	Sev	Occ	Det	RPN
Process Function/Requirements										
Carbon Filter										
Carbon filter	mpurity (oil/organik) lolos – kualitas gas turun – beban compressor	Impurity (oil) lolos kualitas gas turun produk tidak memenuhi spesifikasi (food grade), meningkatkan beban compressor dan risiko kontaminasi produk akhir.	Monitoring ΔP (differential pressure) secara periodik.	Perkuat sistem prefilter/coalescer upstream untuk mengurangi beban adsorpsi karbon.	Donwtim e U/ perbaikan ± 1 hari	Penggantian carbon aktif.	8	6	6	288
Channeling / aliran tidak merata	Efisiensi adsorpsi turun, ΔP cepat naik	Sebagian media tidak bekerja efisiensi adsorpsi menurun lokal ΔP naik dan beban downstream meningkat.	Inspeksi visual saat pembukaan housing pada jadwal maintenance.	Evaluasi dan perbaiki sistem distributor aliran inlet agar aliran gas tidak hanya lewat jalur cepat.	Downtim e U/ perbaikan ± 16 jam	Flusing N2 + Heater Carbon sebelum ΔP tinggi.	7	5	7	245
Housing/gasket bocor	Bypass impurity – penurunan performa	Aliran bypass menyebabkan impurity lolos tanpa melalui media penurunan performa unit dan kemungkinan pencemaran produk.	Pengecekan kekencangan baut/flange secara manual oleh teknisi saat start-up.	erapkan penggantian gasket berbasis jam operasi (life-based maintenance) bukan hanya pasca kegagalan.	Downtim e U/ perbaikan ± 2 jam	Pergantian gasket yang bocor.	5	3	5	75

Tabel 2 merupakan hasil inspeksi fisik menunjukkan bahwa distribusi aliran gas di dalam vessel filter tidak merata. Kecepatan aliran di jalur tertentu lebih tinggi sehingga mempercepat kejenuhan media di bagian tertentu dibanding bagian lainnya. Ketidakseimbangan aliran ini mengurangi efektivitas filtrasi secara keseluruhan. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan penyesuaian pada desain distributor *plate* atau *nozzle* agar aliran gas lebih merata. Evaluasi juga menemukan bahwa operator kurang mendapatkan akses visual atau instrumen yang memadai untuk mengetahui kondisi internal media. Kurangnya indikator kualitas menyebabkan penurunan performa yang tidak terdeteksi lebih awal. Dengan menambahkan inspeksi berkala, checklist baru, dan dokumentasi digital, performa media karbon dapat dimonitor dengan lebih sistematis. Perbaikan ini terbukti mendukung keputusan penggantian media secara lebih tepat waktu. Secara keseluruhan, evaluasi pada *carbon filter* menunjukkan bahwa manajemen media karbon harus dilakukan secara lebih presisi berbasis data, bukan berdasarkan interval umum. Perbaikan SOP, pengawasan parameter ΔP , peningkatan inspeksi internal, serta penyesuaian distribusi aliran merupakan langkah-langkah yang mampu meningkatkan performa filtrasi secara nyata. Hasil ini membuktikan bahwa carbon filter yang dikelola dengan benar dapat mempertahankan standar kualitas gas CO_2 sesuai kebutuhan industri.

3.3 Evaluasi Compressor CO_2

Evaluasi pada *compressor CO_2* menunjukkan adanya gejala *overheating* pada jam-jam tertentu selama operasi berlangsung. *Overheating* ini berkaitan dengan tekanan *discharge* yang melebihi standar operasi dalam jangka waktu tertentu. Laju alir gas yang tidak stabil turut memperburuk kondisi *compressor* sehingga menambah beban kerja mekanis. Data temperatur menunjukkan peningkatan signifikan sebelum *compressor* mencapai kondisi *emergency stop*. Hal ini menyebabkan *downtime* operasional yang merugikan dan berpotensi merusak komponen internal.



Gambar 5. Proses *Compressor CO_2*

Gambar 5. merupakan proses *compressor CO_2* . Setelah revisi SOP, operator diwajibkan melakukan pengecekan lengkap sebelum menekan tombol start. Perubahan ini memberikan dampak langsung pada stabilitas awal operasi. Penyesuaian *pressure setting* dilakukan dengan mengacu pada kurva performa *compressor* yang dikeluarkan oleh pabrikan. Dengan menyesuaikan kembali set point pada *suction* dan *discharge*, *compressor* dapat bekerja lebih stabil. Pengaturan ulang ini juga memastikan bahwa *compressor* tidak lagi bekerja melebihi kapasitas mekanisnya. Penyesuaian ini terbukti menurunkan konsumsi energi dan mencegah *overheating*.

Analisis juga menunjukkan bahwa sistem pendinginan tidak bekerja optimal pada waktu-waktu tertentu. Air cooling atau oil cooling yang tidak stabil menyebabkan temperatur naik secara cepat pada beban tinggi. Evaluasi teknis merekomendasikan penambahan inspeksi rutin pada sistem pendinginan dan pembersihan heat exchanger secara lebih berkala. Dengan perbaikan ini, temperatur *compressor* dapat dikontrol secara lebih efektif. Kompetensi operator juga terbukti menjadi faktor penting dalam menjaga performa *compressor*. Operator yang tidak memahami grafik performa *compressor* cenderung mengabaikan tanda-tanda awal kerusakan. Melalui pelatihan teknologi *compressor* dan troubleshooting dasar, kemampuan operator meningkat signifikan. Peningkatan kompetensi ini menghasilkan penurunan error operasional pada shift berikutnya.

Tabel 3. Compressor CO₂

Item	Potensi Modus Kegagalan	Potensi Effect (S) Dari Kegagalan	Proses Pengendalian & Pencegahan Saat Ini	Tindakan Yang Disarankan	Responsibility & Tanggal Penyelesaian Target	Tindakan Yang Diberikan				
						Tindakan Yang Diberikan	Sev	Occ	Det	RPN
Process Function/ Requirements										
Carbon Filter										
Carbon filter	mpurity (oil/organik) lolos – kualitas gas turun – beban compressor	Impurity (oil) lolos kualitas gas turun produk tidak memenuhi spesifikasi (food grade), meningkatkan beban compressor dan risiko kontaminasi produk akhir.	Monitoring ΔP (differential pressure) secara periodik.	Perkuat sistem prefilter/coalescer upstream untuk mengurangi beban adsorpsi karbon.	Donwti me U/ perbaikan n ± 1 hari	Penggantian carbon aktif.	8	6	6	288
Channeling/ aliran tidak merata	Efisiensi adsorpsi turun, ΔP cepat naik	Sebagian media tidak bekerja efisiensi adsorpsi menurun lokal ΔP naik dan beban downstream meningkat.	Inspeksi visual saat pembukaan housing pada jadwal maintenance.	Evaluasi dan perbaiki sistem distributor aliran inlet agar aliran gas tidak hanya lewat jalur cepat.	Downti me U/ perbaikan n ± 16 jam	Flusing N2 + Heater Carbon sebelum ΔP tinggi.	7	5	7	245
Housing/gasket bocor	Bypass impurity – penurunan performa	Aliran bypass menyebabkan impurity lolos tanpa melalui media penurunan performa unit dan kemungkinan pencemaran produk.	Pengecekan kekencangan baut/flange secara manual oleh teknisi saat start-up.	erapkan penggantian gasket berbasis jam operasi (life-based maintenance) bukan hanya pasca kegagalan.	Downti me U/ perbaikan n ± 2 jam	Pergantian gasket yang bocor.	5	3	5	75

Pada akhirnya, evaluasi *compressor CO₂* menunjukkan bahwa perbaikan sistem operasional, kontrol tekanan, pendinginan, dan kompetensi operator mampu memperbaiki keseluruhan performa unit. Dengan menerapkan revisi SOP dan penyesuaian pressure setting, konsumsi energi menurun dan performa mekanis menjadi lebih stabil. Hal ini membuktikan bahwa perbaikan berbasis evaluasi sistem mampu memberikan dampak signifikan terhadap keandalan *compressor* dalam jangka panjang seperti pada tabel 3.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan evaluasi, diketahui bahwa prosedur operasi pada *dehydrator*, *carbon filter*, dan *compressor CO₂* perlu diperbaiki agar efisiensi dan stabilitas sistem dapat meningkat. Prosedur yang ada saat ini belum sepenuhnya mampu menjaga performa peralatan, sehingga diperlukan pembaruan baik pada aspek teknis maupun administratif. Penyesuaian *interval maintenance* dan penggantian media filter terbukti memberikan dampak besar terhadap kualitas gas yang dihasilkan. Dengan mengandalkan kondisi aktual peralatan berdasarkan data operasional, kualitas produk dapat lebih terjaga dan risiko penurunan kinerja dapat dikurangi. Revisi SOP terkait proses *startup* dan *shutdown* pada *compressor CO₂* juga memberikan manfaat signifikan, terutama dalam menurunkan risiko *overheating* sekaligus meningkatkan efisiensi energi. Prosedur yang lebih tepat memastikan kompresor bekerja dalam kondisi aman dan optimal. Untuk menjaga keberlanjutan peningkatan ini, evaluasi operasional secara berkala diperlukan. Peningkatan kualitas pencatatan operasi menjadi faktor kunci untuk mendeteksi potensi masalah lebih awal, sehingga tindakan korektif dapat dilakukan dengan cepat dan efektif.

5. SARAN

Implementasi sistem monitoring berbasis digital (*IoT*) perlu dilakukan untuk memastikan kelembapan, tekanan, dan suhu dapat dipantau secara *real-time* sehingga kondisi peralatan selalu terkontrol. Selain itu, audit rutin terhadap SOP operasi dan perawatan harus dilaksanakan minimal satu kali setiap enam bulan guna menjaga konsistensi penerapan prosedur di lapangan. Pelatihan bagi operator mengenai prosedur *startup* dan *shutdown* yang

diperbarui juga menjadi langkah penting untuk meningkatkan keandalan dan keselamatan operasi. Di samping itu, evaluasi umur pakai media filtrasi sebaiknya didasarkan pada data operasional *real-time*, bukan hanya pada interval waktu standar, sehingga penggantian media dapat dilakukan secara lebih tepat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Ahmadan, L. Trisnaliani, and A. Harianto, “Produksi gas nitrogen dengan metode Pressure Swing Adsorption (PSA) menggunakan Carbon Molecular Sieve (CMS) sebagai penyerap oksigen,” *Kinetika*, vol. 9, no. 1, pp. 45–50, 2018.
- [2] T. Ahmed, *Reservoir Engineering Handbook*. Gulf Professional Publishing, 2001.
- [3] E. Apriyanti, “Adsorpsi CO₂ menggunakan zeolit: Aplikasi pada pemurnian biogas,” *Versita Pisinika*. [Online]. Available: <http://jurnal.unpand.ac.id/index.php/dinsan/article/view/43>
- [4] J. S. Dooley, A. S. F. Lok, A. K. Burroughs, and E. J. Heathcote, *Engineering Data Book*, in *Sherlock’s Diseases of the Liver and Biliary System*, 12th ed., pp. 1–771, 2011.
- [5] M. Eskaros, “Glycol dehydration,” *Hydrocarbon Processing*, vol. 82, no. 7, pp. 80–81, 2003.
- [6] Hakim, H., Yusuf, M., & Abro, M. (2014). Evaluasi Kinerja Dehydration Unit Pada Stasiun Pengumpul Gas Lapangan Sungai Gelam Pt. Pertamina Ep Asset 1 Field Jambi, *Jurnal Ilmu Teknik Sriwijaya*, 2(3), 101611.
- [7] Hendro, A. A., Kurniawan, F., Handogo, R., & Sutikno, J. P. (2017). Pengendalian Dehidrasi Natural Gas Dengan TEG Menggunakan *PID Controller* dan *Model Predictive control*
- [8] Kimia, J. T., Malang, P. N., Soekarno, J., & No, H. (2020). Simulasi pengaruh suhu. 6(9), 158-163.
- [9] Manning, F., & Thompson, R. (n.d.). *Oilfield Processing: Natural Gas*.
- [10] Mokhatab Saeid, Poe. A William, S. J. (2006). *Handbook Of Natural Gas Transmission And Processing*.
- [11] Chebbi, Rachid, Muhammad Qasim, en Nabil Abdel Jabbar, “Optimization of triethylene glycol dehydration of natural gas”, *Energy Reports*, 5 (2019), 723–32 <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.06.014>
- [12] Amarfio, Eric Mensah, Priscilla Eghan, Kakra Ohenewaa Dankwa, en Eric Thompson Brantson, “Natural Gas Dehydration Process Simulation and Inlet Conditions Case Studies Using Aspen HYSYS – TEG Dehydration”, 9 (2024), 30–37
- [13] Affandy, Sony A, Adhi Kurniawan, Juwari P Sutikno, I-lung Chien, en Renanto Handogo, “Technical and economic evaluation of triethylene glycol regeneration process using flash gas as stripping gas in a domestic natural gas dehydration unit”, 2020, 1–15 <https://doi.org/10.1002/eng2.12153>
- [14] Ibeh, Stanley, en Philip Jaeger, “Interfacial and mass transport phenomena in the tri - ethylene glycol - methane system at process conditions of natural gas dehydration”, *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 14 (2024), 3273–93 <https://doi.org/10.1007/s13202-024-01868-7>
- [15] Gu, Qingyue, en Chunjing Liu, “The Design of the Natural Gas Dehydration Tower”, 4 (2020), 66–69 <https://doi.org/10.11648/j.ogce.20160406.13>