

EVALUASI KINERJA KOMPRESOR UDARA 4A-101-J YANG TIDAK OPTIMAL DI PABRIK AMMONIA P-IV PT PUSRI PALEMBANG

Triyono¹, A. Saggaf¹ dan D. Bahrin¹

¹ Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI), Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: triyono@pusri.co.id

ABSTRAK: Pabrik Ammonia P-IV merupakan salah satu pabrik di PT Pusri Palembang yang memproduksi ammonia cair untuk selanjutnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan Urea di pabrik Urea. Beroperasi sejak tahun 1977 dan dioptimalisasi pada tahun 1992, Pabrik Ammonia P-IV memiliki sejumlah peralatan utama untuk memproduksi ammonia cair, salah satunya adalah kompresor udara 4A-101-J yang akan mengkompresi udara sekitar dari tekanan atmosfer menjadi 35,8 kg/cm² (Pullman Kellogg 1977). Sejak bulan Agustus 2023, terjadi penurunan performa kompresor udara 4A-101-J sehingga suplai udara proses ke sistem berkurang yang berdampak penurunan rate operasi pabrik Ammonia P-IV. Dari hasil evaluasi disimpulkan bahwa penyebab utama turunnya performa kompresor udara ini adalah kebocoran pada interstage cooler 4A-130-JC dan harus segera dilakukan perbaikan untuk mengembalikan performa kompresor udara 4A-101-J.

Kata Kunci: Kompresor Udara, Udara Proses, Ammonia Cair, Pusri

ABSTRACT: Ammonia P-IV Plant is one of the factories in PT Pusri Palembang that produces liquid ammonia to be used as raw material for making Urea at the Urea plant. It has been in operation since 1977 and optimized in 1992, has a number of main equipment to produce liquid ammonia, one of which is the 4A-101-J air compressor which will compress the ambient air from atmospheric pressure to 35,8 kg/cm² (Pullman Kellogg 1977). Since August 2023, there has been a decline in the performance of the 4A-101-J air compressor so that the supply of process air to the system has decreased, which has an impact on decreasing the operating rate of the Ammonia P-IV plant. From the results of the evaluation, it was concluded that the main cause of the decline in the performance of this air compressor was a leak in the interstage cooler 4A-130-JC and must be repaired immediately to restore the performance of the 4A-101-J air compressor.

Keywords: Air Compressor, Process Air, Liquid Ammonia, Pusri

PENDAHULUAN

PT Pusri Palembang didirikan sejak tahun 1959 untuk memproduksi pupuk Urea dengan bahan baku ammonia cair yang berasal dari pabrik Ammonia (PT Pupuk Sriwidjaja Palembang 2024). Ammonia, sebagai salah satu bahan kimia sintetis dengan volume terbesar yang diproduksi di dunia, memiliki proses produksi yang rumit dan berbahaya (Pattabathula, V., & Richardson, J. 2016). Ammonia (NH₃) merupakan senyawa yang mengandung Nitrogen (N₂) dan Hidrogen (H₂) dengan perbandingan volume 1 : 3. Unsur Nitrogen (N₂) berasal dari udara yang mengandung 79% N₂ dan 21% O₂ sedangkan unsur Hidrogen (H₂) diproduksi dari bahan baku gas alam yang mengandung 80-90% CH₄ (Methane) (M.W. Kellogg Co. 1976).

Perancangan Pabrik Ammonia P-IV berdasarkan metode Catalytic Reforming bertekanan tinggi dengan bahan baku gas alam, uap air (steam) dan udara. Proses produksi ammonia cair berlangsung melalui empat tahapan yaitu Feed Treating; Synthesis Gas Production; Synthesis Gas Purification dan Ammonia Synthesis (M.W. Kellogg Co. 1976).

Produk samping karbondioksida (CO₂) yang dihasilkan dari unit Stripper 4A-1102-E dikirim ke pabrik Urea untuk diolah sebagai bahan baku, bersamaan dengan produk ammonia cair yang dihasilkan. Untuk kasus pabrik Urea tidak beroperasi atau kurang tonase penyerapan ammonia cair, produk ammonia cair ini dapat disimpan di ammonia storage 4A-4101-F dengan kapasitas 5.000 metrik ton. Ammonia cair yang dihasilkan memiliki kandungan kadar NH₃ minimum 99,5%, kadar air

maksimum 0,5% dan kandungan minyak maksimum 5 ppm (PT Pupuk Sriwidjaja Palembang 2024).

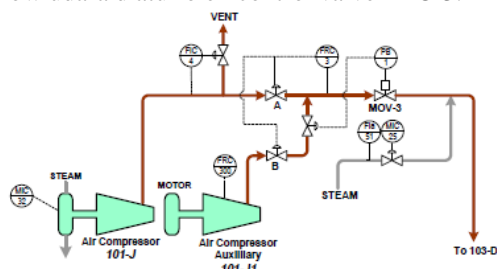
Salah satu peralatan utama di pabrik Ammonia P-IV adalah Kompresor Udara 4A-101-J yang akan mengkompresi udara sekitar dari tekanan atmosfer menjadi 35,8 kg/cm² (Pullman Kellogg 1977). Udara bertekanan yang dihasilkan akan digunakan sebagai udara proses di unit Secondary Reformer 4A-103-D yang membutuhkan unsur oksigen (O₂) dan unit Ammonia Converter 4A-105-D yang membutuhkan unsur nitrogen (N₂). Reaksi yang terjadi di Ammonia Converter adalah $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 + Q$ (M.W. Kellogg Co. 1976).

Kompresor udara 4A-101-J adalah kompresor sentrifugal 2 case (LP case dan HP case) yang digerakkan oleh suatu steam Condensing Turbine berkekuatan 8973 KW pada kecepatan 8950 rpm. Kompresor dibuat oleh GHH (Gute Hoffnugs Huette), sedangkan turbin dibuat oleh AEG-Kanis. Kompresor ini dari tipe Integral Cooled yang didesain untuk beroperasi pada tekanan suction 1,023 kg/cm² dan discharge pada tekanan 35,8 kg/cm².

Udara yang akan masuk kompresor 4A-101-J disaring untuk menghilangkan debu-debu dengan filter 102-L pada suction Low Pressure Case (LP Case). LP Case ada 6 stage (Impeller). Udara yang dikompresi oleh LP Case ini didinginkan di dalam Inter Cooler. Kemudian discharge dari LP Case didinginkan lagi didalam suatu interstage cooler 4A-130-JC hingga suhunya menjadi 41°C, lalu masuk ke High Pressure Case (HP Case). Air yang terbentuk dari pendingin-pendingin ini dibuang ke sewer melalui suatu Level Control (LC) (M.W. Kellogg Co. 1976).

HP Case terdiri dari 6 stage, udara dari LP Case masuk sebagai suction HP Case pada tekanan 11,14 kg/cm². Pada discharge HP Case dilengkapi dengan HTA & LFA (alarm temperatur tinggi dan aliran rendah), untuk mengingatkan bila hal-hal tersebut terjadi. Instrumentasinya dilengkapi dengan bermacam-macam switch untuk memonitor tekanan minyak.

Kecepatan kompresor udara 4A-101-J diatur oleh Governor Turbine yang merespon sinyal dari Manual Indicator Controller (MIC-32) di panel board dengan perubahan kecepatan dari 6265 rpm hingga 9462 rpm. Pada kondisi normal, kecepatan 101-J diatur oleh MIC-32 dan flow udara diatur oleh control valve FRC-3.



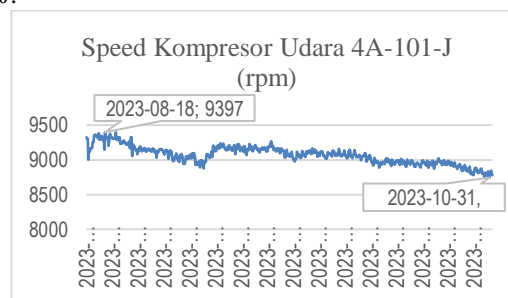
Gambar 1 Aliran udara proses dari Kompresor Udara 4A-101-J ke sistem.

Sejak bulan Agustus 2023, jumlah udara proses yang dikirim dari kompresor 4A-101-J ke Secondary Reformer 4A-103-D melalui FRC-3 menurun seiring dengan menurunnya speed turbin kompresor udara 4A-101-J. Hal ini berdampak tidak maksimalnya rate front end pabrik Ammonia P-IV. Makalah ini disusun sebagai rangkuman *troubleshooting* turunnya performa kompresor udara 4A-101-J pabrik Ammonia P-IV pada triwulan keempat 2023 sehingga bisa kembali lagi ke performa optimalnya.

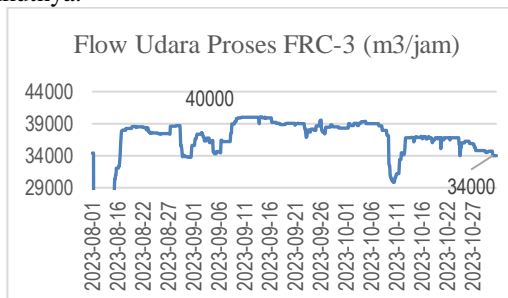
METODE PENELITIAN

Tahapan analisis dilakukan dengan cara melakukan pengumpulan data yang berasal dari data elogsheet panel board atau distributed control system (DCS) dan data elogsheet lapangan serta kajian pustaka dari manual book peralatan.

Dari data yang dikumpulkan, performa kompresor udara 4A-101-J terindikasi mulai turun sejak bulan Agustus 2023 yang terus berlanjut ke bulan berikutnya. Salah satu yang menjadi indikasi adalah tren speed turbin kompresor udara 4A-101-J yang terus mengalami penurunan. Hal ini berdampak berkurangnya flow udara proses via FRC-3 ke sistem melalui unit Secondary Reformer 4A-103-D, sehingga rate operasi pabrik Ammonia P-IV tidak optimal, menyesuaikan dengan kemampuan suplai udara proses dari kompresor 4A-101-J. Bahkan di akhir bulan Oktober 2023, kemampuan rate operasi pabrik Ammonia P-IV maksimal hanya sebesar 75%.



Gambar 2 Tren penurunan speed kompresor udara 4A-101-J dimulai bulan Agustus 2023 dan berlanjut ke bulan berikutnya.



Gambar 3 Tren penurunan flow udara proses dari kompresor udara 4A-101-J ke sistem (periode Agustus-Oktober 2023).

Dilakukan juga kajian pustaka dengan merujuk operating instruction manual terhadap sejumlah kondisi operasi di panel dan lapangan dengan data sebagai berikut:

- ✓ Pembukaan servo piston medium steam (MS) inlet turbin sudah mencapai 50mm, normalnya terbuka 40-45mm dan pembukaan emergency stop valve (ESV) full open.
 - ✓ Secara visual, tidak terdeteksi adanya hal-hal yang abnormal, baik dari sisi kompresor maupun turbin.
 - ✓ Speed kompresor sangat sensitif terhadap perubahan tekanan medium steam. Apabila terjadi penurunan tekanan medium steam di sistem, maka speed kompresor cenderung turun. Berdasarkan pengalaman sebelumnya, penurunan tekanan medium steam di sistem (sampai 39 kg/cm²), tidak serta merta berdampak turunnya speed kompresor 4A-101-J.
 - ✓ Berdasarkan data elogsheet operasi di bulan Juli 2023, pada saat tekanan medium steam inlet berkisar 40,5-41 kg/cm², speed kompresor 4A-101-J masih bisa mencapai 9300rpm.
 - ✓ Speed kompresor ini berhubungan langsung dengan tekanan discharge, jika terjadi kenaikan back pressure di anti surge FIC-4, maka speed kompresor langsung turun, normalnya tidak terjadi penurunan speed, karena back press masih normal di 24-25 kg/cm².
 - ✓ Hasil pengamatan drain interstage cooler di sisi kompresor LP case dalam kondisi kering.
 - ✓ Pembukaan FRC-3 dan MOV-3 (valve discharge) full open dan tidak ada indikasi discharge kompresor tertahan, baik sisi LP case maupun HP case.
- Merujuk kepada kajian pustaka dari manual book peralatan, dilakukan beberapa upaya berupa pengaturan kondisi operasi untuk dapat menaikkan speed kompresor udara 4A-101-J yaitu:
- ✓ Meyakinkan kondisi control valve anti surge FIC-4 posisi tertutup (close) atau tidak leakthrough.
 - ✓ Menukar microfilter control oil yang beroperasi dengan part standby yang bersih dan tidak bocor dan meyakinkan tekanan control oil dalam batasan normal.
 - ✓ Pembersihan atau penggantian filter udara di suction kompresor LP.
 - ✓ Melakukan kalibrasi peralatan instrument pressure gauge (PG) untuk parameter tekanan vacuum outlet steam turbine.
 - ✓ Menaikkan setting output MIC-32 secara perlahan.
 - ✓ Menaikkan setting output handwheel turbine.
 - ✓ Meyakinkan venting valve kompresor LP dan kompresor HP tidak leakthrough ataupun leakout.

Perhitungan Efisiensi

Tabel 1 Kondisi operasi kompresor udara 4A-101-J saat pengambilan data tanggal 2 November 2023

Parameter	Nilai
Tekanan suction LP	-0,02kg/cm ² G = 1,02 kg/cm ² A
Tekanan discharge LP	8,9 kg/cm ² G = 9,9 kg/cm ² A
Temperatur suction LP	36,5°C
Temperatur discharge LP	178°C
Tekanan suction HP	8,8 kg/cm ² G = 9,8 kg/cm ² A
Tekanan discharge HP	29 kg/cm ² G = 30 kg/cm ² A
Temperatur suction HP	42°C
Temperatur discharge HP	244°C
Tekanan first stage turbin	19 kg/cm ²
Tekanan inlet turbin	41 kg/cm ²
Temperatur inlet turbin	390°C
Tekanan exhaust turbin	-0,8 kg/cm ²
Temperatur exhaust turbin	98°C
Tekanan vacuum	-570 mmHg
Tekanan lube oil turbin	3,5 kg/cm ²
Tekanan oil ke governor	5,2 kg/cm ²

Pressure Ratio LP Case 4A-101JLP

$$= \text{Pressure discharge} / \text{pressure suction}$$

$$= 9,9 \text{ kg/cm}^2 \text{ A} / 1,02 \text{ kg/cm}^2 \text{ A} = 9,7$$

Merujuk dokumen M64.2003.2023a, Characteristic Curves for LP-Stage Design Point, GHH Sterkrade, untuk nilai pressure ratio LP Case 9,7 didapat Daya LP senilai 4800 kW.

Pressure Ratio HP Case 4A-101JHP

$$= \text{Pressure discharge} / \text{pressure suction}$$

$$= 30 \text{ kg/cm}^2 \text{ A} / 9,8 \text{ kg/cm}^2 \text{ A} = 3,0$$

Merujuk dokumen M64.2003.2030a, Characteristic Curves for HP-Stage Design Point, GHH Sterkrade, untuk nilai pressure ratio LP Case 3,0 didapat Daya LP senilai 3100 kW.

Merujuk dokumen B-4.3555, First Stage Pressure Graph vs Steam Consumption Graph, untuk first stage pressure turbin 19 kg/cm², yang setara dengan steam flow rate sebesar 55 ton/jam, didapat Daya Turbin senilai 10200 kW.

Efisiensi

$$= \text{Daya LP} + \text{Daya HP} / \text{Daya turbin}$$

$$= (4800 \text{ kW} + 3100 \text{ kW}) / 10200 \text{ kW} = 77,4\%$$

Secara perhitungan, untuk kompresor udara 4A-101-J dengan efisiensi sebesar 77,4% masih dalam kondisi baik (Campbell, JM. 2014).

Dari beberapa hal yang sudah dilakukan tim operasi untuk meyakinkan semua berjalan sesuai standar dan

upaya pengaturan kondisi operasi untuk dapat menaikkan speed kompresor udara 4A-101-J, dengan merujuk kajian pustaka dari manual book peralatan, ternyata speed kompresor udara 4A-101-J belum bisa naik sesuai harapan. Selanjutnya dilakukan identifikasi masalah terhadap sejumlah part peralatan yang berhubungan langsung dengan sistem operasional kompresor udara 4A-101-J. Identifikasi yang didapat di lapangan adalah:

- ✓ secara visual, terdapat semburan air terus menerus yang keluar dari vent stack hot water return di unit Cooling Tower 4O-4204-U.
- ✓ terdapat gelembung udara di piping line hot water return interstage cooler 4A-130-JC kompresor udara 4A-101-J.



Gambar 4 Vent stack hot water return di unit Cooling Tower 4O-4204-U (area kotak merah).

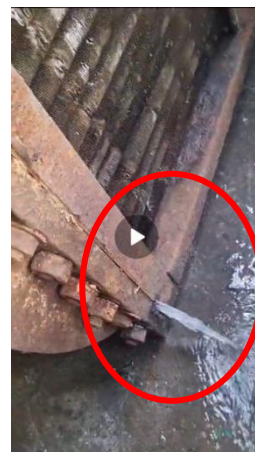


Gambar 5 Fenomena gelembung udara yang keluar dari vent piping line hot water interstage cooler 4A-130-JC.

Dari dua indikasi tersebut di atas, disimpulkan bahwa terjadi kebocoran pada unit interstage cooler 4A-130-JC dan diduga kuat sebagai salah satu penyebab turunnya performa kompresor udara 4A-101-J.

Dugaan ini diperkuat dengan hasil pemeriksaan unit interstage cooler 4A-130-JC pada kesempatan shutdown plant pabrik Ammonia P-IV di minggu ketiga bulan November 2023. Ditemukan adanya bocoran pada gasket cover bawah interstage cooler 4A-130-JC. Dilakukan penggantian unit interstage cooler 4A-130-JC dengan unit

spare milik Ammonia P-III yang sudah diyakinkan dalam kondisi baik dan siap pakai.



Gambar 6 Bocoran pada gasket cover bawah unit interstage cooler 4A-130-JC.



Gambar 7 Persiapan unit interstage cooler 4A-130-JC pengganti milik pabrik Ammonia P-III.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan Pustaka dan Pengaturan Kondisi Operasi

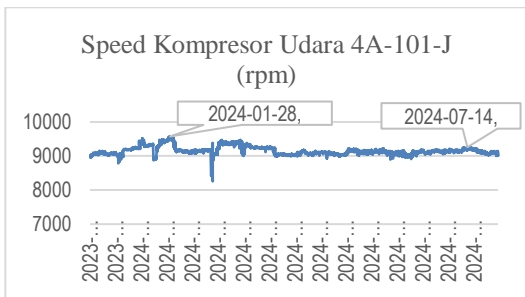
Setelah dilakukan pengaturan kondisi operasi untuk dapat menaikkan speed kompresor udara 4A-101-J dengan merujuk kepada kajian pustaka dari manual book peralatan (M.W. Kellogg Co. 1976), ternyata speed kompresor udara 4A-101-J belum bisa naik sesuai harapan. Dari perhitungan, didapat efisiensi kompresor udara 4A-101-J sebesar 77,4% yang masih dalam kategori kondisi baik (Campbell, JM. 2014).

Penggantian Unit Interstage Cooler 4A-103-JC

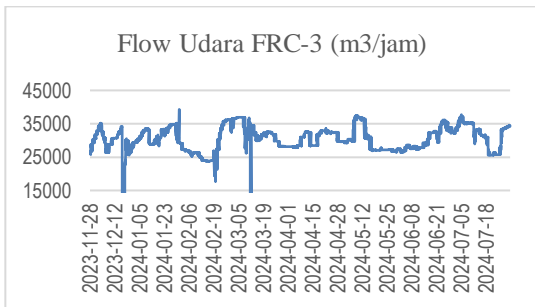
Penggantian unit interstage cooler 4A-130-JC dilakukan pada minggu ketiga bulan November 2023 dengan memanfaatkan kesempatan shutdown pabrik Ammonia P-IV, menggunakan unit spare milik pabrik Ammonia P-III yang sebelumnya sudah dilakukan pembersihan, pemeriksaan dan perbaikan sehingga unit tersebut diyakinkan dalam kondisi baik.

Setelah start up pabrik Ammonia P-IV sesudah penggantian unit interstage cooler 4A-130-JC, kompresor udara 4A-101-J mulai beroperasi dan dilakukan pengamatan terhadap kondisi peralatan serta pengaturan speed kompresor udara 4A-101-J, dengan hasil sebagai berikut:

- ✓ secara visual, tidak terdapat lagi semburan air yang keluar dari vent stack hot water return di unit cooling tower 4O-4204-U.
- ✓ tidak terdapat lagi gelembung udara di piping line hot water interstage cooler 4A-130-JC kompresor udara 4A-101-J.
- ✓ speed kompresor udara 4A-101-J bisa dinaikkan hingga ke 9500rpm.
- ✓



Gambar 8 Speed kompresor udara 4A-101-J bisa dinaikkan sesudah penggantian interstage cooler 4A-130-JC yang bocor di bulan November 2023 (pengambilan data periode November 2023 – Juli 2024).



Gambar 9 Flow udara proses (FRC-3) dari kompresor udara 4A-101-J setelah perbaikan (pengambilan data periode November 2023 – Juli 2024).

Tabel 2 Perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan Kompresor Udara 4A-101-J

Parameter	Sebelum	Sesudah
Speed tertinggi (rpm)	8744	9576
Front End Rate	75%	89%

Turunnya speed kompresor udara 4A-101-J pabrik Ammonia P-IV hingga ke 8700 rpm, kemungkinan besar disebabkan adanya kebocoran pada unit interstage cooler 4A-130-JC. Akibatnya, sejumlah tertentu udara proses yang berasal dari sisi kompresor LP dan dikirim ke sisi kompresor HP setelah melalui interstage cooler 4A-130-JC menjadi berkurang, karena udara proses tersebut

terbawa ke aliran hot water return yang menuju Cooling Tower 4O-4204-U. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya semburan air secara terus menerus yang keluar dari vent stack hot water return di unit cooling tower 4O-4204-U dan adanya gelembung udara di piping line hot water interstage cooler 4A-130-JC kompresor udara 4A-101-J pada saat normal operasi.

Kenaikan speed kompresor udara 4A-101-J ini secara otomatis dapat menaikkan rate front end pabrik Ammonia P-IV hingga ke 89%.

KESIMPULAN

Dari evaluasi dan perbaikan terhadap penurunan performa kompresor udara 4A-101-J pabrik Ammonia P-IV dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Evaluasi terhadap penurunan performa kompresor udara 4A-101-J dilakukan untuk mengembalikan performa optimalnya khususnya parameter speed turbin kompresor udara 4A-101-J.
2. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan metode pengumpulan data yang berasal dari data elogsheet panel board atau distributed control system (DCS) dan data elogsheet lapangan serta kajian pustaka dari manual book peralatan.
3. Upaya pengaturan kondisi operasi dengan merujuk kajian pustaka dari manual book peralatan tidak berhasil menaikkan speed kompresor udara 4A-101-J.
4. Berdasarkan identifikasi peralatan, diketahui terdapat kebocoran gasket cover bottom interstage cooler 4A-130-JC dan sudah dilakukan penggantian.
5. Setelah penggantian unit interstage cooler 4A-130-JC, speed kompresor udara 4A-101-J bisa dinaikkan hingga ke 9500 rpm untuk mendapatkan performa yang optimal.
6. Turunnya speed kompresor udara 4A-101-J pabrik Ammonia P-IV disebabkan adanya kebocoran pada unit interstage cooler 4A-130-JC, sehingga sejumlah udara proses berkurang karena terbawa ke aliran hot water yang menuju Cooling Tower 4O-4204-U dan menaikkan beban (load) sisi kompresor HP.
7. Disarankan untuk menyiapkan kembali spare unit interstage cooler 4A-130-JC yang siap digunakan dalam kondisi baik.
8. Disarankan untuk melakukan pemeriksaan pada turbin kompresor udara 4A-101-J, mengingat jam beroperasi turbin yang sudah melebihi 8000 jam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Anis Saggaf dan Dr. David Bahrin selaku pembimbing penulis, pimpinan dan dosen Program Studi Program Profesi

Insinyur (PPI) Universitas Sriwijaya dan seluruh mahasiswa Angkatan 4 Program Studi Program Profesi Insinyur (PPI) Universitas Sriwijaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, JM. (2014). Gas Conditioning and Processing, Volume 2: The Equipment Modules, Edisi ke-9, Cetakan ke-2, Editor Hubbard, R. dan Snow–McGregor, K., Campbell Petroleum Series, Norman, Oklahoma.
- M.W. Kellogg Company. (1976). Operating Instruction Manual 1000 Metric Ton per Day Ammonia Plant PIV for PT Pupuk Sriwidjaja Industri Petrokimia Palembang.
- Pattabathula, V., & Richardson, J. (2016). Introduction to ammonia production. AChE. <https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2016/september/introduction-ammonia-production>.
- PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. (2024). Laporan Tahunan 2023, Sustain to The Next Level.
- PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. (2024). Dashboard Performa Pabrik Departemen Operasi P-IV. <http://performap4.pusri.co.id>.
- Pullman Kellogg. (1977). Final Job Specifications for 1000 MTPSD Ammonia Plant and Offsite Facilities. Volume III. Division of Pullman Incorporated, Houston, Texas.