



## OPTIMASI ENERGI PADA PRODUKSI SYNGAS DARI R-LNG (REGASIFIED LIQUIFIED NATURAL GAS) MENGGUNAKAN ASPEN HYSYS V.10

**Muhammad Giffary, Nasrul ZA\*, Sulhatun, Lukman Hakim, Muhammad, Leni Maulinda**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh Kampus Utama Cot Teungku Nie Releut, Muara Batu, Aceh Utara-24355

\*Korespondensi: nasrulza@unimal.ac.id

### **Abstrak**

Energi telah menjadi pilar yang sangat diperlukan untuk kemajuan dan perkembangan manusia sepanjang sejarah. Dari peradaban kuno hingga hari ini, kemajuan manusia secara intrinsik terkait dengan evolusi revolusi energi. Pengaruhnya meresap ke dalam setiap aspek eksistensi manusia. Ketika kita memulai era baru aplikasi energi, fokusnya bergeser ke pengembangan dan pemanfaatan sumber daya utama seperti minyak bumi, batu bara, teknologi energi baru, dan gas alam. Salah satu pemanfaatannya adalah memproduksi syngas, sekitar 6 EJ syngas diproduksi secara global setiap tahunnya, yang merupakan hampir 2% energi primer dunia saat ini. Salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi proses dalam produksi syngas adalah software Aspen HYSYS V.10. **Penelitian ini sudah pernah dilakukan dengan proses utama combined reforming menggunakan heater, yang belum pernah dilakukan adalah menggunakan heat exchanger.** Produksi syngas dengan proses utama combined reforming menggunakan dua reaktor utama yaitu primary reformer dan secondary reformer guna untuk meningkatkan konversi metana menjadi hidrogen. Keluaran dari secondary reformer panasnya mencapai 962°C dan akan masuk ke high temperature shift converter untuk mengkonversi karbon monoksida menjadi hidrogen pada suhu 366°C. Pada penelitian sebelumnya, temperatur 962°C akan turun menjadi 366°C menggunakan cooler 1, beban kerja dari cooler 1 sangat berat untuk menurunkan temperatur 962°C menjadi 366°C. Sehingga, terjadi pemborosan konsumsi energi. Maka, didapatkan peluang untuk mengoptimalkan konsumsi energi yang ada dengan cara memanfaatkan panas keluaran dari secondary reformer yang panasnya sampai 962°C ini cukup tinggi untuk memanaskan MIXED FEED dan PROCESS GAS dengan menggunakan heat exchanger. Hal ini terbukti, dengan total konsumsi energi sebelum memanfaatkan panas keluaran secondary reformer sebesar 556.626.015,66 Kj/jam atau 133,56 Gcal/jam dan setelah memanfaatkan panasnya menjadi 460.267.906,06 atau 110 Gcal/jam. Maka, konsumsi energi dapat dioptimalkan menjadi 110 Gcal/jam.

**Kata Kunci:** Aspen HYSYS V.10, combined reforming, heater, heat exchanger, syngas.

## 1. Pendahuluan

Energi telah menjadi pilar yang sangat diperlukan untuk kemajuan dan perkembangan manusia sepanjang sejarah. Dari peradaban kuno hingga hari ini, kemajuan manusia secara intrinsik terkait dengan evolusi revolusi energi. Pengaruhnya meresap ke dalam setiap aspek eksistensi manusia, dari kebutuhan dasar kehidupan hingga sarana transportasi yang memfasilitasi produksi dan kegiatan sehari-hari. Ketika kita memulai era baru aplikasi energi, fokusnya bergeser ke pengembangan dan pemanfaatan sumber daya utama seperti minyak bumi, batu bara, teknologi energi baru, dan gas alam.

Seluruh dunia, gas alam digunakan sebagai sumber daya energi yang efisien dan bersih. Peran gas alam dalam konsumsi gas primer telah meningkat selama beberapa dekade terakhir, meningkat dari 11% pada tahun 1960 menjadi 22% pada tahun 2010. Konsumsi gas alam seperti yang diantisipasi terus meningkat seiring dengan peningkatan kebutuhan ekonomi. Karena nilai kalorinya yang tinggi, efisiensi yang tinggi, dan tingkat polusi yang rendah, gas alam adalah salah satu sumber energi penting. Badan Energi Internasional memperkirakan bahwa permintaan gas alam akan meningkat 1,6% dari 3,4 triliun meter kubik pada tahun 2011 menjadi 5 triliun meter kubik pada tahun 2035. Gas alam mengandung banyak komponen yang berbeda dan bervariasi dari satu sumber ke sumber lainnya. Gas alam adalah bahan baku utama untuk produksi massal beberapa bahan kimia seperti amoniak, metanol, dan dimetil eter. Komposisi gas alam sangat beragam dan tidak sama dari sumber ke sumber. Gas alam terutama terdiri dari metana (75% hingga 90% dari total) dan hidrokarbon seperti etana, propana, dan butana. Air, nitrogen, dan karbon dioksida adalah beberapa pengotor yang tidak diinginkan gas selama adisi. (Sun et al., 2015)

Saat ini, permintaan energi global terus meningkat, dan bahan bakar fosil menyumbang sebagian besar dari permintaan ini. Sumber daya alternatif dan bahan baku yang berkelanjutan sedang dicari karena cadangan tersebut hanya akan bertahan selama beberapa dekade ke depan. R-LNG adalah bahan baku yang menguntungkan untuk produksi *syngas*. Untuk pabrik *syngas*, penggunaan R-

LNG lebih menguntungkan karena memiliki kandungan hidrogen yang tinggi, mudah ditemukan, lebih bersih, lebih efisien termal, dan seringkali lebih murah. Selain itu, R-LNG dapat digunakan secara langsung dalam proses reforming yang efisien untuk menghasilkan hidrogen, yang meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya produksi *syngas*.

**Penelitian ini sudah pernah dilakukan dengan proses utama *combined reforming* menggunakan *heater*, yang belum pernah dilakukan adalah menggunakan *heat exchanger*.** Dengan memanfaatkan Aspen Hysys, penelitian ini akan mencoba mensimulasikan, memahami secara rinci mekanisme kerja antar unit operasi, reaksi yang terjadi, dan komponen – komponen yang terlibat. Selain itu, Penelitian ini akan berfokus pada optimasi energi yang digunakan. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang Proses Produksi *Syngas* dari R-LNG dan dapat mengurangi pemakaian energinya. Selain itu, pemodelan dengan Aspen Hysys akan memberikan panduan yang berguna bagi para praktisi industri tentang cara mengoptimalkan penggunaan energi.

## **2. Metode Penelitian**

Adapun metode penelitian dapat dilihat pada proses dibawah ini :

### **2.1 Alat dan Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah R-LNG dengan temperatur 340°C dan massa *flowrate* 8.117,6 kg/jam, steam dengan temperatur 380°C dan massa *flowrate* 25.221 kg/jam serta udara dengan temperatur 547°C dengan massa *flowrate* 52.678 kg/jam. Sedangkan, alat-alat yang digunakan berupa satu unit laptop Asus TUF, *Software Aspen HYSYS V.10*, *Software Microsoft Word 2016 Plus*, *Software Microsoft Excel 2016 Plus*.

### **2.2 Metode Penelitian**

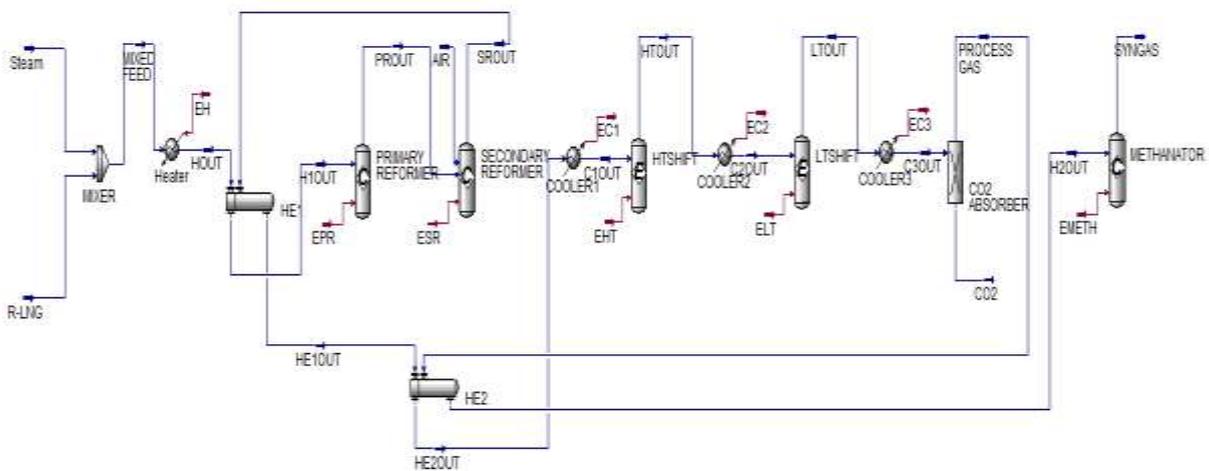
Dilakukan studi literatur dan pengumpulan data untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam simulasi. Selanjutnya menginput komponen metana (CH<sub>4</sub>), air (H<sub>2</sub>O), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), hidrogen (H<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>). Setelah itu, dilakukan pemilihan fluid package Peng-Robinson yang sesuai dengan kondisi simulasi. Kemudian,

dilakukan pemilihan komponen reaksi yang terdiri dari metana, air, karbon monoksida, karbon dioksida, hidrogen, nitrogen dan oksigen. Terakhir, dilakukan penginputan reaksi yang telah diformulasikan berlandaskan studi literatur dengan detail.

Dilakukan penambahan dan penetapan aliran yang akan digunakan dalam simulasi. Selanjutnya, dilakukan penambahan dan penetapan unit operasi yang sesuai dengan kondisi simulasi. Terakhir, menginput kondisi operasi kedalam unit operasi dengan detail. Lalu, menjalankan simulasi hingga status pada Aspen HYSYS V.10 menjadi converged. Proses simulasi harus dilakukan dengan detail agar hasil yang di peroleh akurat dan sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Kemudian, hasil yang diperoleh harus dianalisis dengan seksama.

### 3 Hasil Penelitian

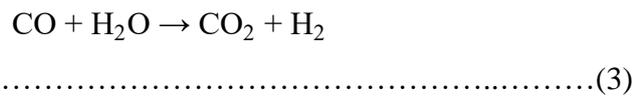
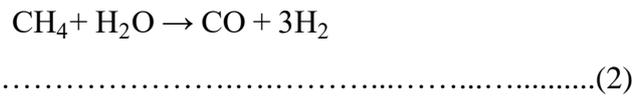
Adapun hasil penelitian dapat dilihat dibawah ini :



**Gambar 1.** Simulasi Produksi Syngas

Penelitian ini didesain menggunakan proses combined reforming dengan menggunakan *Software Aspen Hysys V.10*. Hasil penelitian berupa optimasi energi dari produksi syngas dengan kapasitas produksi 575.000 Ton/Tahun. Proses utama pada penelitian ini terletak di proses reforming pada unit operasi *Primary Reformer* dan *Secondary Reformer* yang dilakukan dengan menggunakan Reaktor Konversi pada *Software Aspen Hysys V.10*.

Penelitian ini dilakukan dengan mereaksikan R-LNG, steam, dan udara untuk menghasilkan syngas berdasarkan reaksi tersebut :



(Setyanto et al., 2022)

Hasil dari mereaksikan campuran gas-gas ini didapatlah syngas dengan komposisi utama hidrogen (H<sub>2</sub>) dan karbon monoksida (CO). Namun, pada penelitian ini komposisi syngas yang ingin dicapai harus sama dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya. Maka, campuran gas-gas tersebut direaksikan lagi di unit *High Temperature Shift Converter* dan *Low Temperature Shift Converter* untuk mengkonversikan karbon monoksida (CO) menjadi hidrogen (H<sub>2</sub>). Keluaran dari *Low Temperature Shift Converter* masih mengandung karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Pada penelitian ini CO<sub>2</sub> ingin dipisahkan dari komposisi syngas, pemisahan CO<sub>2</sub> dilakukan dengan unit CO<sub>2</sub> Absorber. Syngas yang keluar dari CO<sub>2</sub> Absorber masih mengandung sisa-sisa CO dan CO<sub>2</sub>, sehingga masuk ke Methanator untuk mengkonversikan karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi methane (CH<sub>4</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O). Sehingga, pada penelitian ini didapatlah hasil komposisi syngas ditunjukkan pada Tabel 1.

| Komposisi Syngas |                  |        |
|------------------|------------------|--------|
| Methane          | CH <sub>4</sub>  | 1,85%  |
| Water            | H <sub>2</sub> O | 8,04%  |
| Carbon Dioxide   | CO <sub>2</sub>  | 0      |
| Carbon Monoxide  | CO               | 0      |
| Hydrogen         | H <sub>2</sub>   | 74,11% |
| Nitrogen         | N <sub>2</sub>   | 16,00% |
| Oxygen           | O <sub>2</sub>   | 0      |

Pada Tabel 1 hasil komposisi syngas yang dicapai menunjukkan konsentrasi hidrogen yang paling tinggi sebesar 74,11%, diikuti dengan nitrogen sebesar 16%. Hidrogen dan nitrogen mencapai konsentrasi tersebut karena nantinya akan direaksikan menjadi amonia. Sedangkan, karbon dioksida dipisahkan dan karbon monoksida habis direaksikan karena kedua komponen tersebut akan menjadi racun bagi katalis di *syntesa loop*.

**a. Konsumsi Energi Produksi Syngas Menggunakan Heater**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka data yang diperoleh untuk konsumsi energi produksi syngas dengan menggunakan heater dapat dilihat pada Tabel 2.

| Unit Operasi       | Konsumsi Energi (Kj/H) | (Gcal/H)      |
|--------------------|------------------------|---------------|
| Heater I           | 9.876.412,05           | 2,38          |
| Primary Reformer   | 101.053.443,49         | 24,36         |
| Secondary Reformer | 109.843.093,58         | 26,48         |
| Cooler 1           | 187.531.048,80         | 45,21         |
| HT Shift           | 19.054.595,15          | 4,59          |
| Cooler 2           | 68.469.089,41          | 16,51         |
| LT Shift           | 1.299.771,78           | 0,31          |
| Cooler 3           | 18.583.219,17          | 4,48          |
| Heater 2           | 38.302.642,57          | 9,23          |
| Methanator         | 2.612.699,66           | 0,63          |
| <b>Jumlah</b>      | <b>556.626.015,66</b>  | <b>133,56</b> |

Pada Tabel 2 hasil dan data yang diperoleh sebelum pemanfaatan panas menunjukkan produksi syngas dengan kapasitas 575.000 Ton/Tahun membutuhkan energi perjamnya sebesar 556.626.015,66 Kj/jam atau 133,56 Gcal/jam. Dimana, terlihat yang paling tinggi membutuhkan energi yaitu Cooler 1 sebesar 187.531.048,80 Kj/jam atau 45,21 Gcal/jam. Cooler 1 membutuhkan energi sebesar itu karena keluaran dari secondary reformer panasnya mencapai 962°C, sebelum masuk ke *high temperature shift conferters* temperaturnya diturunkan ke 366°C. Sehingga, beban kerja dari cooler 1 cukup berat untuk

menurunkan temperatur 962°C menjadi 366°C. Hal tersebutlah yang menjadi letak terjadinya pemborosan energi, keluaran dari secondary reformer panasnya mencapai 962°C cukup tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk memanaskan mix gas yang lainnya.

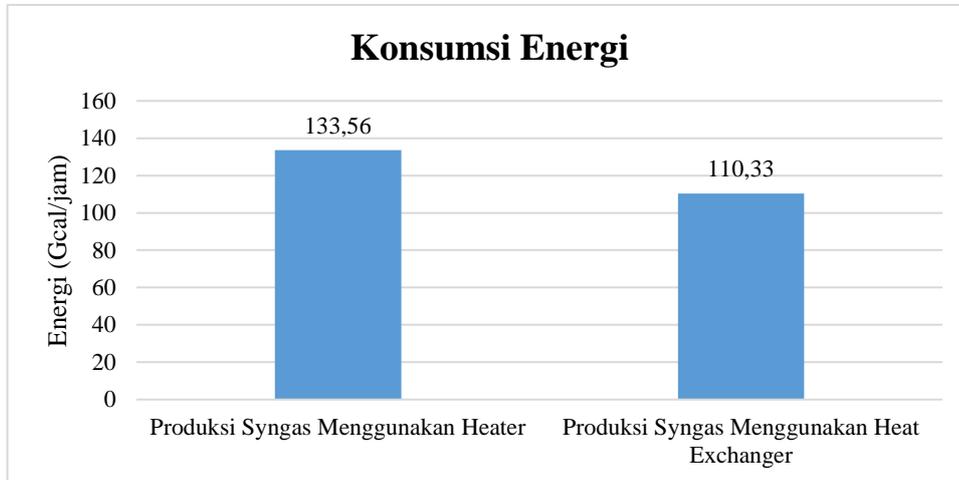
**b. Konsumsi Energi Produksi Syngas Menggunakan *Heat Exchanger***

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka data yang diperoleh untuk konsumsi energi produksi syngas dengan menggunakan *heat exchanger* dapat dilihat pada Tabel 3.

| Unit Operasi       | Konsumsi Energi (Kj/H) | (Gcal/H)      |
|--------------------|------------------------|---------------|
| Primary Reformer   | 101.053.443,49         | 24,36         |
| Secondary Reformer | 109.843.093,58         | 26,48         |
| Cooler 1           | 139.351.993,82         | 33,59         |
| HT Shift           | 19.054.595,15          | 4,59          |
| Cooler 2           | 68.469.089,41          | 16,51         |
| LT Shift           | 1.299.771,78           | 0,31          |
| Cooler 3           | 18.583.219,17          | 4,48          |
| Methanator         | 2.612.699,66           | 0,63          |
| <b>Jumlah</b>      | <b>460.267.906,06</b>  | <b>110,33</b> |

Pada Tabel 3 hasil dan data yang diperoleh setelah pemanfaatan panas menunjukkan produksi syngas dengan kapasitas 575.000 Ton/Tahun membutuhkan energi perjamnya sebesar 460.267.906,06 Kj/jam atau 110,33 Gcal/jam. Terlihat pada Cooler 1 energi yang dibutuhkan sebesar 139.351.993,82 Kj/jam atau 33,59 Gcal/jam. Dimana, terjadi penurunan konsumsi energi setelah pemanfaatan panas keluaran dari secondary reformer. Sehingga, MIXED FEED dan PROCESS GAS tidak lagi dipanaskan oleh heater namun dipanaskan dengan menggunakan *heat exchanger* dengan cara memanfaatkan panas keluaran dari secondary reformer yang mencapai temperatur 962°C. Maka, konsumsi energi produksi syngas dengan kapasitas 575.000 Ton/Tahun dapat dioptimalkan menjadi sebesar 460.267.906,06 Kj/H atau 110,33 Gcal/H. Maka, secara

keseluruhan konsumsi energi pada produksi syngas dapat dioptimalkan ditunjukkan oleh Gambar 2.



**Gambar 2** Grafik Optimasi Konsumsi Energi Produksi Syngas

Gambar 2 menunjukkan terjadi penurunan konsumsi produksi syngas menggunakan *heater* dan produksi syngas menggunakan *heat exchanger*. Konsumsi energi dapat dioptimalkan menjadi 460.267.906,06 Kj/jam atau 110,33 Gcal/jam. Maka, terjadi penurunan konsumsi energi sebesar 23,23 Gcal/H atau 96.358.109,60 Kj/jam. Hal tersebut sangat menguntungkan bagi pabrik karena dengan memanfaatkan proses yang ada dapat menurunkan konsumsi energi produksi syngas sebesar 17,31%.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan simulasi atau pemodelan produksi syngas menggunakan software Aspen HYSYS V.10 dengan menggunakan *heater* dan *heat exchanger* pemanfaatan panas keluaran secondary reformer. Penggunaan *heat exchanger* untuk memanfaatkan panas keluaran dari secondary reformer memberikan manfaat untuk menaikkan temperatur *MIXED FEED* dan *PROCESS GAS* dan meringankan beban kerja dari cooler 1 sehingga tidak ada energi yang terbuang sia-sia. Hasil penelitian menunjukkan konsumsi energi produksi syngas dapat dioptimalkan menjadi 110 Gcal/jam turun sebesar 23,23 Gcal/jam.

Diperlukan analisis lebih lanjut terkait produksi syngas seperti mencoba menggunakan bahan baku lain, penggunaan metode proses yang lain untuk menentukan parameter dan mekanisme proses produksi syngas. Produksi syngas menggunakan *software* Aspen HYSYS V.10 memberikan kontribusi akan pemahan proses yang signifikan. Namun, perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait penggunaan bahan baku alternatif dan optimasi produksi.

## 5. Daftar Pustaka

- Ahmed El-Nagar, R., & Ghanem, A. A. (n.d.). *Syngas Production, Properties, and Its Importance*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89379>
- Aspen Technology, Inc. 1994. *Aspen Hysys*. AspenTech. 1994. [Http://www.aspentech.com/core/aspen-hysys.aspx](http://www.aspentech.com/core/aspen-hysys.aspx)
- Chikkam, C. S., & Srimannarayana Vangala, V. (2019). Ammonia Production using Steam Reforming Process (Plant Design Capacity: 250TPD). In *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development* (Vol. 7). www.ijsrd.com
- Hendryati, N., Sylvia, N., & Bindar, Y. (n.d.). *Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh Tahun 2022*.
- Iaquaniello, G., Antonetti, E., Cucchiella, B., Palo, E., Salladini, A., Guarinoni, A., Lainati, A., & Basini, L. (2012). Natural Gas Catalytic Partial Oxidation: A Way to Syngas and Bulk Chemicals Production. In *Natural Gas - Extraction to End Use*. InTech. <https://doi.org/10.5772/48708>
- Lamb, J. J., Hillestad, M., Rytter, E., Bock, R., Nordgård, A. S. R., Lien, K. M., Burheim, O. S., & Pollet, B. G. (2020). Traditional Routes for Hydrogen Production and Carbon Conversion. In *Hydrogen, Biomass and Bioenergy* (pp. 21–53). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102629-8.00003-7>
- Nwanam, Baridoolenu Rodney, G. Akpa, J., & K. Dagde, K. (2020). Simulation and Optimization of an Ammonia Plant: A Case Study of Indorama Ammonia Plant. *East African Scholars Journal of Engineering and*

*Computer Sciences*, 3(9), 196–204.

<https://doi.org/10.36349/easjecs.2020.v03i09.004>

Setyanto, F. H., Manapa, P. C., & Widayat, W. (2022). Pengaruh Pengurangan Laju Alir Udara Proses pada Unit Secondary Reformer (103-D) terhadap Konsumsi Energi Pada Pabrik Amoniak Pupuk Kaltim 5. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(2), 154–172. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14160>

Sun, C., Wen, B., & Bai, B. (2015). Application of nanoporous graphene membranes in natural gas processing: Molecular simulations of CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>S and CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub> separation. *Chemical Engineering Science*, 138, 616–621. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2015.08.049>

Sunny, A., Solomon, P. A., & Aparna, K. (2016). Syngas production from regasified liquefied natural gas and its simulation using Aspen HYSYS. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 30, 176–181. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2016.02.013>

Yusuf, J., Husin, H., & Marwan, M. (2015). Simulasi Pengaruh Kandungan CO<sub>2</sub> dalam Gas Umpan terhadap Reforming dan Shift Converter Sistem Pabrik Amoniak. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 10(4), 178–187. <https://doi.org/10.23955/rkl.v10i4.3311>