

IMPLEMENTASI PENGELOLAAN SDA BERKELANJUTAN

PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD
B E T A R A | 2 0 2 1



IMPLEMENTASI PENGELOLAAN SDA BERKELANJUTAN

PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD BETARA | 2021

PENULIS :

Alvin Reginald

Hans Trisakti Swediarto

Juanito Reky Tatontos

Ambariyanto

Winardi Dwi Nugroho

Denny Nugroho Sugianto

Dessy Ariyanti

Diana Nur Afifah

Elinna Putri H

Sekar Mayang Meidiana Yasmin

IMPLEMENTASI PENGELOLAAN SDA BERKELANJUTAN

**PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD
BETARA | 2021**

PENULIS :

Alvin Reginald
Hans Trisakti Swediarto
Juanito Reky Tatontos
Ambariyanto
Winardi Dwi Nugraha
Denny Nugroho Sugianto
Dessy Ariyanti
Diana Nur Afifah
Elinna Putri Handayani
Sekar Mayang Meidiana Yasmin

ISBN : 978-979-097-814-0

PENERBIT :

UNDIP PRESS

UPT PERPUSTAKAAN DAN PERCETAKAN UNDIP

ALAMAT : JL. PROF. SOEDARTO, SH., TEMBALANG,
SEMARANG

NO. TELP : 024 - 7465403

EMAIL : UNDIPPRESS@GMAIL.COM

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, berkat rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan buku berjudul 'Implementasi Pengelolaan SDA Berkelanjutan Petrochina International Jabung LTD - Betara 2021'.

Buku ini berisi uraian program-program efisiensi energi, reduksi emisi, konservasi air, pengurangan limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3), dan pemanfaatan limbah non-B3. Dalam buku ini disampaikan strategi Petrochina International Jabung LTD - Betara yang berkaitan langsung dalam program lingkungan yang berkelanjutan. Setiap kegiatan yang dilakukan, merupakan upaya yang memiliki nilai ekonomi, tetapi juga mengangkat aspek ramah lingkungan, *safety*, dan juga efisiensi proses. Semoga buku ini bermanfaat bagi berbagai pihak, terutama pihak pengelola kawasan.

Kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam kajian ini, juga dalam penyusunan buku ini. Oleh karena itu, setiap masukan dan saran bagi kemajuan dan kebaikan isi buku ini sangat kami hargai.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	1
DAFTAR ISI	2
DAFTAR GAMBAR.....	3
DAFTAR TABEL	5
SELAYANG PANDANG	8
EFISIENSI ENERGI	10
PENURUNAN EMISI.....	29
EFISIENSI AIR.....	48
PENURUNAN BEBAN AIR LIMBAH	62
PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH B3.....	76
PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH NON B3	86
PUNUTUP	97
DAFTAR PUSTAKA.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Total Pemakaian Energi Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021.....	11
Gambar 2. Diagram Intensitas Pemakaian Energi di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021.....	12
Gambar 3. Proses <i>Amine Exchanger</i> Memanaskan dan Mendinginkan Fluida..	16
Gambar 4. Proses dalam Program Penambahan Condensate Stripper Pre-Heater pada Condensate Stripper.....	19
Gambar 5. Program Pemanfaatan Panas Gas Buang pada Thermal Oxidizer.....	20
Gambar 6. Program Penambahan <i>Preheater</i> di Inlet Separator sebagai Alat Pertukaran Panas.....	22
Gambar 7. Program Optimalisasi Sistem Regenerasi pada <i>Molsieve</i> dan <i>Memguard Dryer</i>	24
Gambar 8. Diagram Total Penggunaan Air Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021.....	49
Gambar 9. Diagram Intensitas Pemakaian Air di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021.....	50
Gambar 10. Proses Penggunaan Kembali Air Dewatering Drilling untuk Aktivitas Rig	52
Gambar 11. Dokumentasi kegiatan Program Penggunaan Kembali Air Dewatering Drilling untuk Aktivitas Rig	53
Gambar 12. Proses Program Injeksi Produced Water untuk Pressure Maintenance.....	54
Gambar 13. Dokumentasi Program Injeksi Produced Water untuk Pressure Maintenance.....	55
Gambar 14. Proses Program Well Treatment (Acidizing).....	58
Gambar 15. Dokumentasi Program Pemanfaatan Air Byproduct Reverse Osmosis (RO) ke Fire Water Tank.....	59

Gambar 16. Diagram Total Air Limbah yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD – Betara tahun 2017 – 2021.....	63
Gambar 17. Diagram Intensitas Penurunan Beban Air Limbah di Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021	64
Gambar 18. Dokumentasi Kegiatan Program Penggunaan Kembali Air <i>Dewatering Drilling</i> untuk Aktivitas di Rig.....	70
Gambar 19. Dokumentasi Program Pemanfaatan Air Byproduct RO ke Fire Water Tank.....	73
Gambar 20. Diagram Total Limbah B3 yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021	78
Gambar 21. Diagram Intensitas Limbah B3 Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021.....	79
Gambar 22. Dokumentasi Program Modifikasi dengan Penambahan Roda pada Penggerak Tuas di <i>Waste Heat Recovery Unit</i> (WHRU) untuk Mengurangi Limbah B3.....	81
Gambar 23. Dokumentasi Program Penggantian Lampu Neon dengan Lampu Hemat Energi.....	83
Gambar 24. Diagram Total limbah non B3 yang dihasilkan di Area Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021.....	87
Gambar 25. Diagram Intensitas Limbah Non B3 Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021	88
Gambar 26. Dokumentasi Program Pemanfaatan Drum Metal Bekas Non B3 untuk Flare Deck di Setiap Lokasi Pengeboran.....	90
Gambar 27. Dokumentasi Program Pemanfaatan Limbah Kantin untuk Kegiatan Pakan Ternak dalam Budidaya Larva <i>Hermetia Illucens</i>	92
Gambar 28. Dokumentasi Program Pengurangan Penggunaan Air Minum Kemasan dengan Tumbler.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rincian Total Pemakaian Energi Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021.....	11
Tabel 2. Rincian Intensitas Pemakaian Energi di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021	12
Tabel 3. Normalisasi Hasil Absolut Program Amine Exchanger Memanaskan dan Mendinginkan Fluida Tahun 2017 - 2021	16
Tabel 4. Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan Condensate Stripper Pre-Heater pada Condensate Stripper Tahun 2017 - 2021	18
Tabel 5. Normalisasi Hasil Absolut Program Pemanfaatan Panas Gas Buang pada Thermal Oxidizer Tahun 2017 - 2021	21
Tabel 6. Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan Preheater di Inlet Separator sebagai Alat Pertukaran Panas Tahun 2017 - 2021	23
Tabel 7. Normalisasi Hasil Absolut Program Optimalisasi Sistem Regenerasi pada Molsieve dan Memguard Dryer 2017 - 2021.....	25
Tabel 8. Normalisasi Hasil Absolut Program Penggunaan Solar Cell untuk Remote Terminal Unit (RTU) 2017 - 2021.....	26
Tabel 9. Rincian Total Emisi yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021	31
Tabel 10. Rincian Intensitas Penurunan Emisi di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021	33
Tabel 11. Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan Inlet Separator Preheater sebagai Pertukaran Panas Tahun 2017 - 2021	35
Tabel 12. Normalisasi Hasil Absolut Program Amine Exchanger Memanaskan dan Mendinginkan Fluida Tahun 2017 - 2021.....	38
Tabel 13. Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan <i>Condensate Stripper</i> <i>Pre-Heater</i> pada <i>Condensate Stripper</i> Tahun 2017 - 2021	39
Tabel 14. Normalisasi Hasil Absolut Program Integrated Oxidizer Exchanger untuk Mendaur Ulang Exceed Gas Tahun 2017 - 2021	41

Tabel 15. Normalisasi Hasil Absolut Program Optimalisasi Sistem Regenerasi pada Molsieve dan Memguard Dryer Tahun 2017 - 2021	43
Tabel 16. Normalisasi Hasil Absolut Program Penggunaan Solar Cell untuk Remote Terminal Unit (RTU) 2017 - 2021.....	45
Tabel 17. Rincian Total Penggunaan Air Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021.....	49
Tabel 18. Rincian Intensitas Pemakaian Air di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021	50
Tabel 19. Normalisasi Hasil Absolut Program Penggunaan Kembali Air Dewatering Drilling untuk Aktivitas di Rig Tahun 2017 - 2021.....	53
Tabel 20. Normalisasi Hasil Absolut Program Injeksi Produced Water untuk Pressure Maintenance Tahun 2017 - 2021	55
Tabel 21. Normalisasi Hasil Absolut Program Well Treatment (Acidizing) Tahun 2017 - 2021	58
Tabel 22. Normalisasi Hasil Absolut Program Pemanfaatan Air Byproduct Reverse Osmosis (RO) ke Fire Water Tank Tahun 2017 - 2021	60
Tabel 23. Rincian Total Air Limbah yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD – Betara tahun 2017 – 2021	63
Tabel 24. Rincian Intensitas Penurunan Beban Air Limbah di Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021.....	64
Tabel 25. Rekap Hasil Absolut Program Penggunaan Kembali Air Dewatering Drilling untuk Aktivitas di Rig Tahun 2017 - 2021	69
Tabel 26. Rekap Hasil Absolut program Injeksi Produced Water untuk Pressure Maintenance Tahun 2017 - 2021.....	71
Tabel 27. Rekap Hasil Absolut Program Pemanfaatan Air Byproduct Reverse Osmosis (RO) ke Fire Water Tank tahun 2017 – 2021	74
Tabel 28. Rincian Total Limbah B3 yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021	78
Tabel 29. Rincian Intensitas Limbah B3 Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021	79

Tabel 30. Normalisasi Hasil Absolut Modifikasi dengan Penambahan Roda pada Penggerak Tuas di Waste Heat Recovery Unit (WHRU) untuk Mengurangi Limbah B3 Tahun 2017 - 2021.....	82
Tabel 31. Normalisasi Hasil Absolut Program Penggantian Lampu Neon dengan Lampu Hemat Energi Tahun 2017 - 2021	84
Tabel 32. Rincian Total limbah non B3 yang dihasilkan di Area Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021.....	87
Tabel 33. Rincian Intensitas Limbah Non B3 Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021	88
Tabel 34. Normalisasi Hasil Absolut Program Pemanfaatan Drum Metal Bekas Non B3 untuk Flare Deck di Setiap Lokasi Pengeboran Tahun 2017 - 2021	91
Tabel 35. Normalisasi Hasil Absolut Program Pemanfaatan Limbah Kantin untuk Kegiatan Pakan Ternak dalam Budidaya Larva <i>Hermetia Illucens</i> Tahun 2017 - 2021	93
Tabel 36. Normalisasi Hasil Absolut Program Pengurangan Sampah Kertas degan Print Bolak – Balik Tahun 2017 - 2021	94
Tabel 37. Normalisasi Hasil Absolut Program Pengurangan Penggunaan Air Minum Kemasan dengan Tumblr Tahun 2017 - 2021.....	95

SELAYANG PANDANG

Petrochina International Jabung LTD adalah perusahaan yang ditunjuk sebagai operator eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas alam di area *onshore dan offshore* Jabung, Provinsi Jambi. PetroChina International Jabung LTD saat ini telah memiliki dua *plant* besar yaitu *Betara Gas Plant (BGP)* yang berlokasi di Kecamatan Betara, Kabupaten Tanjung Jabung Barat, dan *North Geragai Fractionation (NGF)* yang terletak di Kecamatan Geragai, Kabupaten Tanjung Jabung Timur.

Petrochina International Jabung LTD - Betara beroperasi untuk memproduksi gas dari ladang disekitar wilayah Jabung Barat. Petrochina International Jabung LTD – Betara mulai didirikan pada tahun 2003 dan beroperasi mulai bulan Juni 2005. Produk gas yang dihasilkan dipasok ke pasar domestik dan diekspor ke luar negeri seperti ke Singapura.

Petrochina International Jabung LTD - Betara dapat mengirimkan produk ke pasar domestik dan luar negeri hingga mencapai 48,955.23 *Million Standard Cubic Feet* gas mentah, 3,433.13 mbbl kondensat dan 9,267.86 *Million Standard Cubic Feet* gas propana dan butana.



EFISIENSI ENERGI

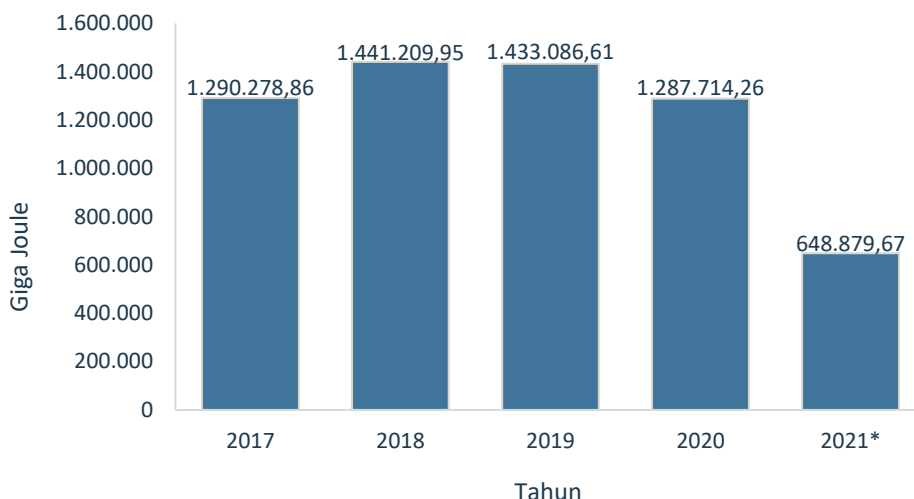


EFISIENSI ENERGI

Aktivitas produksi di industri tidak dapat terlepas dari penggunaan energi listrik. Kenaikan harga energi yang terus terjadi akan berdampak langsung pada biaya produksi. Oleh karena itu, memerlukan perhatian khusus dan manajemen penggunaan listrik agar penggunaannya efisien. Area Petrochina International Jabung LTD - Betara telah mengidentifikasi pemakaian energi yang terdiri dari listrik dari PLN, Biosolar B30 dan Pemakaian *Solar Cell*. Petrochina International Jabung LTD – Betara juga melakukan berbagai kegiatan atau program dalam upaya mengefisienkan penggunaan energi pada proses produksi.

Sebagai perusahaan yang mengedepankan aspek keberlanjutan, Petrochina International Jabung LTD – Betara berkomitmen untuk menjaga keberlanjutan lingkungan melalui upaya – upaya efisiensi energi. Program efisiensi energi difokuskan kepada kegiatan pemanfaatan gas buang dan penggunaan *solar cell* sebagai *renewable energy*. Selain itu, perusahaan telah membuat kebijakan, menyediakan dana, dan menunjuk tim khusus untuk mengkoordinasikan implementasi program efisiensi energi. Tim ini memiliki latar belakang pendidikan dan pelatihan yang relevan dengan efisiensi energi.

Total penggunaan energi di Petrochina International Jabung LTD – Betara berasal dari proses produksi, fasilitas pendukung, dan fasilitas kegiatan lainnya. Total pemakaian energi di Area Petrochina International Jabung LTD - Betara tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Diagram Total Pemakaian Energi Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

Tabel 1. Rincian Total Pemakaian Energi Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

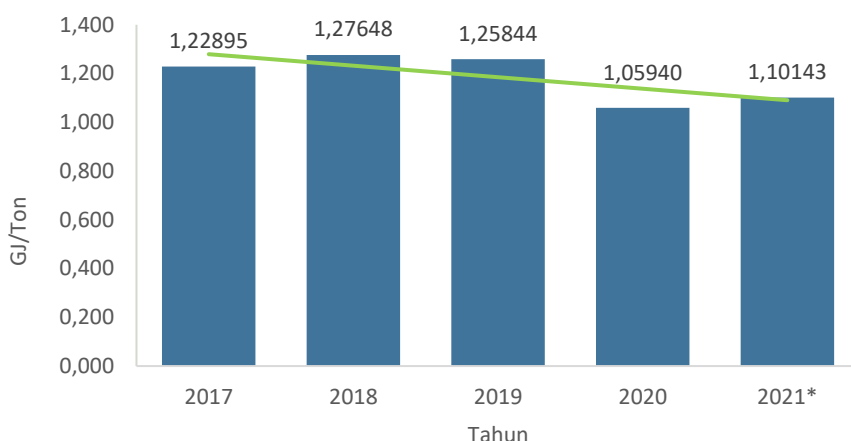
	Tahun					Satuan
	2017	2018	2019	2020	2021*	
Total Pemakaian Energi	1.290.278,86	1.441.209,95	1.433.086,61	1.287.714,26	648.879,67	GJ
a) Proses produksi	1.052.881,48	1.152.368,20	1.129.242,94	1.128.224,61	567.750,91	GJ
b) Fasilitas pendukung	227.807,44	279.251,81	294.534,13	150.980,94	76.143,38	GJ
c) Kegiatan lain-lain	9.589,93	9.589,93	9.309,55	8.508,70	4.985,37	GJ

* Data hingga Juni 2021

Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1 terlihat total pemakaian energi di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara yang mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya jumlah produksi, namun pada tahun 2020 pemakain energi

mengalami penurunan. Perlu diketahui bahwa data pada tahun 2021 merupakan data pada periode bulan Januari hingga bulan Juni 2021.

Di samping itu, intensitas penggunaan energi yang tinggi, juga menambah jumlah emisi dari proses produksi. Hal ini tentu menjadi perhatian perusahaan untuk semakin peduli terhadap lingkungan. Intensitas pemakaian energi di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Grafik 2 dan Tabel 2.



Gambar 2. Diagram Intensitas Pemakaian Energi di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021

Tabel 2. Rincian Intensitas Pemakaian Energi di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021

Intensitas Pemakaian Energi	Tahun					Satuan
	2017	2018	2019	2020	2021*	
a) Proses produksi	1,00284	1,02065	0,99162	0,92819	0,96372	GJ/Ton
b) Proses produksi + Fasilitas pendukung	1,22895	1,27648	1,25844	1,05940	1,10143	GJ/Ton

*Data hingga Juni 2021

**Intensitas energi adalah total pemakaian energi dibagi total produksi

Dapat dilihat dari Gambar 2 dan Tabel 2 bahwa intensitas pemakaian energi bersifat fluktuatif. Pada tahun 2017 intensitas pemakaian energi sebesar 1,22895 GJ/Ton, tahun 2018 meningkat menjadi 1,27648 GJ/Ton, tahun 2019 mengalami penurunan intensitas pemakaian energi menjadi 1,25844 GJ/Ton, lalu pada tahun 2020 kembali mengalami penurunan intensitas pemakaian energi menjadi 1,05940 GJ/Ton, sedangkan pada tahun 2021 sebesar 1,10143 GJ/Ton (periode Januari - Juni).

PROGRAM - PROGRAM EFISIENSI ENERGI

PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD | BETARA

1

- *Amine Exchanger*, Memanaskan dan Mendinginkan Fluida untuk Mengurangi Penggunaan *Hot Oil* dan *Saving Energy* (untuk Menjaga Kualitas Sales Gas)

2

- Penambahan *Condensate Stripper Pre-Heater* pada *Condensate Stripper* untuk Membantu Pemisahan antara Hidrokarbon Berat dengan Hidrokarbon Ringan

3

- Pemanfaatan Panas Gas Buang pada *Thermal Oxidizer* sebagai Pengganti *Electric/Fuel Gas Heater* dalam Memanaskan *Hot Oil*

4

- Penambahan *Preheater* di Inlet Separator sebagai Alat Pertukaran Panas

5

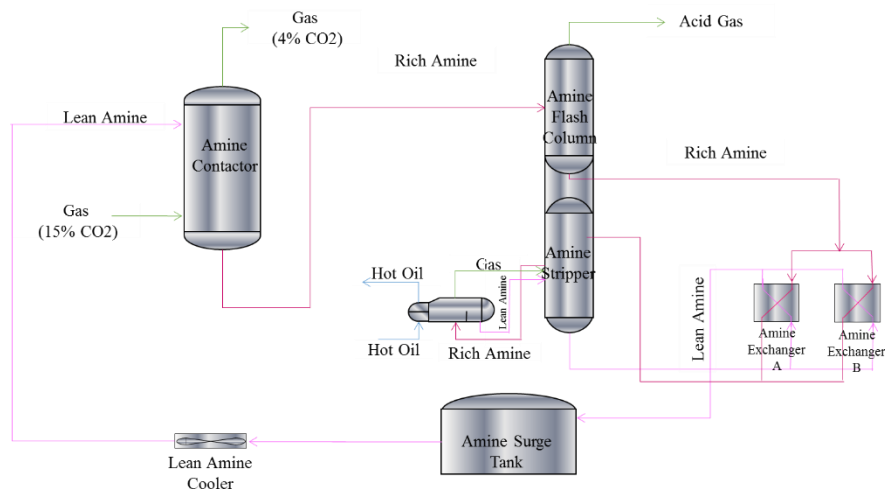
- Optimalisasi Sistem Regenerasi pada *Molsieve* dan *Memguard Dryer*

6

- Penggunaan *Solar Cell* untuk *Remote Terminal Unit* (RTU) untuk Mengumpulkan Data - Data Suhu, *Pressure*, *Flowrate*, Status Sumur, dan *Remote Shutdown*

1. *Amine Exchanger*, Memanaskan dan Mendinginkan Fluida untuk Mengurangi Penggunaan *Hot Oil* dan *Saving Energy* (untuk Menjaga Kualitas *Sales Gas*)

Amine system adalah salah satu unit pemurnian gas di Betara Gas Plant *Operating System* dengan menurunkan CO₂ rata-rata dari 15% menjadi 4%. Proses penyerapan CO₂ oleh *amine* terjadi di *amine contactor* secara *counter current*. *Amine* yang keluar dari *amine contactor* dinamakan *rich amine* yang kaya akan CO₂. *Rich amine* akan dialirkan ke proses regenerasi untuk memisahkan *amine* dan CO₂ pada kondisi temperatur tinggi dan tekanan rendah. Tujuan dari proses regenerasi adalah untuk memurnikan *rich amine* (kandungan CO₂ tinggi) menjadi *lean amine* (kandungan CO₂ rendah) sehingga dapat digunakan kembali untuk penyerapan CO₂. Proses regenerasi ini terjadi di *amine flash column* dan *amine stripper*. Pada *amine flash column* CO₂ yang terikat oleh *amine* akan terlepas dan akan keluar menjadi produk dengan kualitas baik yang dinamakan *acid gas*. *Bottom product* dari *flash column* (*rich amine*) akan dialirkan ke *amine stripper* untuk dimurnikan pada temperature tinggi. Dalam upaya meningkatkan temperatur *rich amine* dilakukan pertukaran panas di *amine exchanger*. Dimana *rich amine* merupakan fluida dingin dan *lean amine* merupakan fluida panas. Dalam rangka mengefisiensikan energi, Petrochina International Jabung LTD – Betara menggunakan *amine exchanger* untuk mengurangi penggunaan *hot oil* untuk mengefisiensikan penggunaan energi serta menjaga kualitas produk gas yang dihasilkan.



Gambar 3. Proses *Amine Exchanger* Memanaskan dan Mendinginkan Fluida

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan penghematan penggunaan energi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 6.303,22 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program *Amine Exchanger*, Memanaskan dan Mendinginkan Fluida untuk Mengurangi Penggunaan *Hot Oil* dan *Saving Energy* (Untuk Menjaga Kualitas Sales Gas) 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Normalisasi Hasil Absolut Program *Amine Exchanger* Memanaskan dan Mendinginkan Fluida Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	45,647.66	45,821.87	45,908.98	46,034.76	22,765.82	GJ
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	0,0434780	0,0405844	0,0403141	0,0378727	0,0386433	GJ/TOE

*Data hingga Juni 2021

2. Penambahan *Condensate Stripper Pre-Heater* pada *Condensate Stripper* untuk Membantu Pemisahan antara Hidrokarbon Berat dengan Hidrokarbon Ringan

Salah satu unit yang dimiliki di Betara *Gas Plant Operating System* yaitu unit separator 3 fasa. Pada unit ini terjadi pemisahan tiga fasa yaitu kondensat, gas dan *oily water*. Kondensat akan dialirkan menuju *condensate stripper* untuk dilakukan pemisahan antara fraksi berat dan fraksi ringan. Gas akan dialirkan menuju proses pemisahan CO₂ dan *NGL Recovery*, sedangkan *oily water* akan dialirkan menuju *produce water treatment*. Kondensat dari inlet separator sebelum dialirkan menuju *condensate stripper* dialirkan terlebih dahulu menuju *pre-heater* yang bertujuan untuk menaikkan *temperature feed* sehingga mempermudah terjadinya proses pemisahan. Pertukaran panas yang terjadi di *condensate stripper pre-heater feed* bertujuan untuk menaikkan *temperature feed* dan menurunkan *temperature bottom* produk sehingga mengurangi penggunaan *cooler* dalam proses pendinginan *bottom* produk. Dalam program mengefisienkan energi, Petrochina International Jabung LTD - Betara menambahkan *condensate stripper pre-heater* untuk membantu pemisahan antara hidrokarbon berat dengan hidrokarbon ringan.

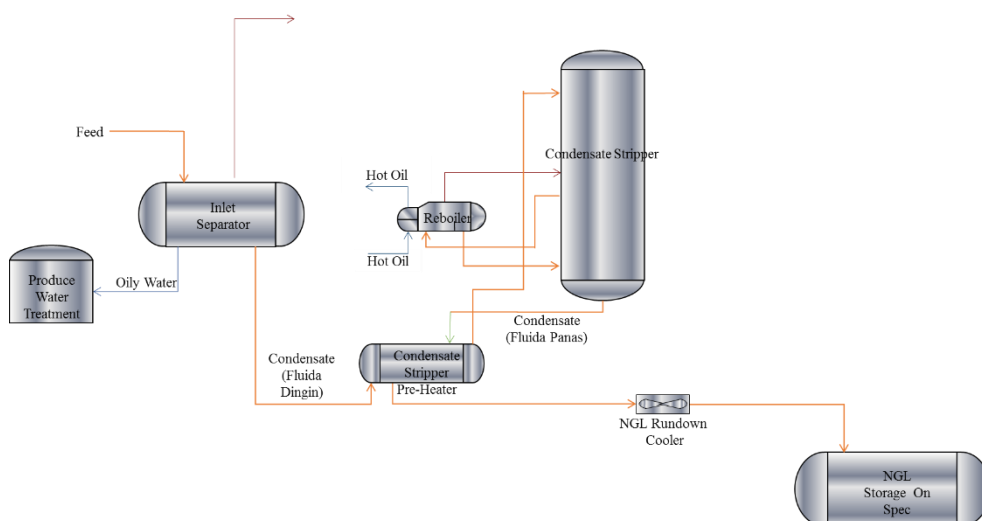
Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan penghematan penggunaan energi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 35.239,91 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan *Condensate Stripper Pre-Heater* pada *Condensate Stripper* untuk Membantu Pemisahan antara Hidrokarbon berat dengan Hidrokarbon Ringan 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan *Condensate Stripper Pre-Heater* pada *Condensate Stripper* Tahun 2017 - 2021

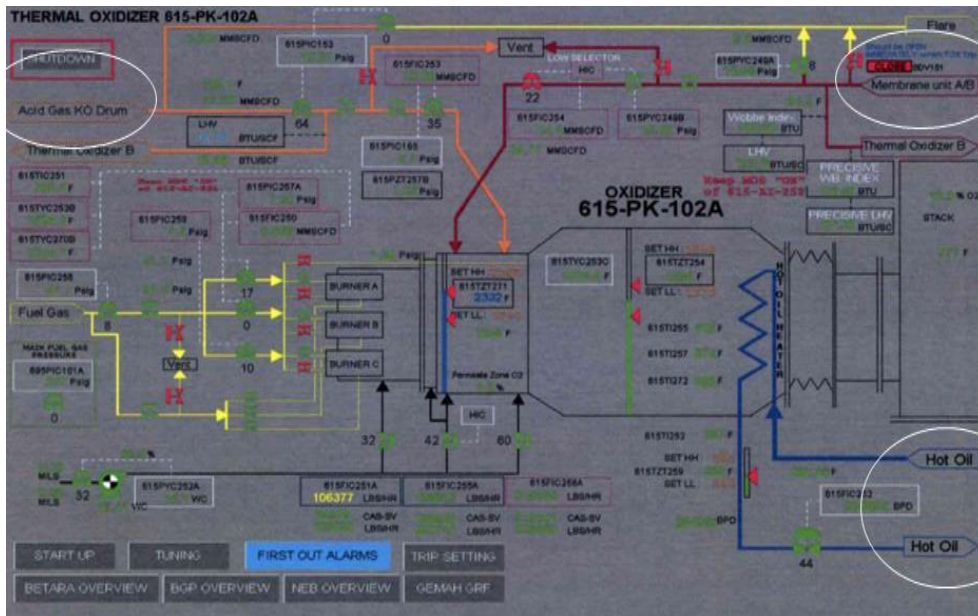
	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	254,673.2 0	256,040.9 2	256,666.7 7	257,369.9 7	127,278.5 9	GJ
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	0,2425683	0,2267752	0,2253873	0,2117377	0,2160461	GJ/TOE

*Data hingga Juni 2021



Gambar 4. Proses dalam Program Penambahan *Condensate Stripper Pre-Heater* pada *Condensate Stripper*

TOX merupakan perangkat pembakaran yang mengontrol senyawa organik (VOC, CO, dan HAP) yang mudah menguap dengan mengubah menjadi CO₂ dan H₂O melalui penggunaan panas. Dalam proses, TOX menghasilkan gas buang (*flue gas*). Dalam rangka melakukan program efisiensi energi, area Petrochina International Jabung LTD – Betara memanfaatkan gas buang pada *Thermal Oxidizer* sebagai pengganti *electric heater* yang digunakan untuk memanaskan *hot oil*.



Gambar 5. Program Pemanfaatan Panas Gas Buang pada *Thermal Oxidizer*

Program ini diterapkan sejak tahun 2018 dengan tujuan penghematan penggunaan energi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 17.095,14 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Pemanfaatan Panas Gas Buang pada *Thermal Oxidizer* sebagai Pengganti *Electric* atau *Fuel Gas Heater* dalam Memanaskan *Hot Oil* 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 5.

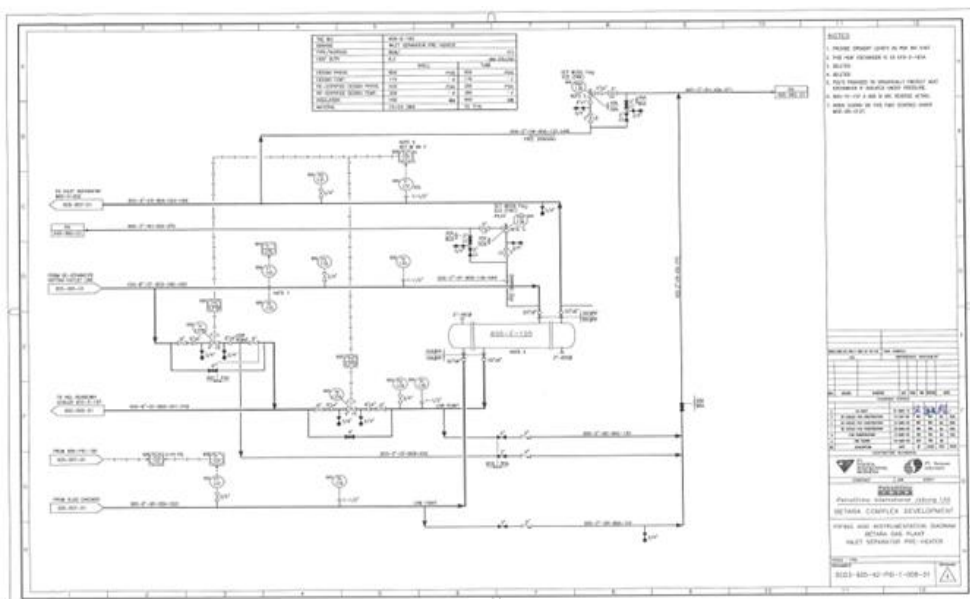
Tabel 5. Normalisasi Hasil Absolut Program Pemanfaatan Panas Gas Buang pada Thermal Oxidizer Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut		114,569.00	119,885.83	125,545.67	61,743.77	GJ
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi		0,1014737	0,1052756	0,1032862	0,1048055	GJ/TOE

*Data hingga Juni 2021

4. Penambahan *Preheater* di Inlet Separator sebagai Alat Pertukaran Panas

Gas buang yang mengandung CO₂ berupa *Permeate Gas* dari unit membran dan *Acid Gas* dari unit *amine* yang perlu dibakar terlebih dahulu kandungan Hidrokarbonnya sebelum dibuang ke atmosfer. Pembakaran gas buang ini dilakukan di *Thermal Oxidizer* dan menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran gas buang digunakan untuk memanaskan *hot oil*. Dalam rangka melaksanakan efisiensi energi, Petrochina International Jabung LTD – Betara melakukan penambahan *Preheater* di Inlet Separator sebagai Alat Pertukaran Panas.



Gambar 6. Program Penambahan *Preheater* di Inlet Separator sebagai Alat Pertukaran Panas

Program ini diterapkan sejak tahun 2018 dengan tujuan penghematan penggunaan energi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 710,18 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan *Preheater* di Inlet Separator sebagai Alat Pertukaran Panas 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan *Preheater* di Inlet Separator sebagai Alat Pertukaran Panas Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut		5,152.88	5,172.50	5,186.67	2,564.99	GJ
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi		0,0045639	0,0045421	0,0042671	0,0043539	GJ/TOE

*Data hingga Juni 2021

Waste Heat Recovery Unit (WHRU) merupakan alat yang digunakan untuk mengambil energi panas dari *turbine exhaust gas* untuk regenerasi gas yang dibutuhkan pada proses produksi. WHRU mempunyai dua *heating coils* yang terpisah, satu untuk regenerasi *memguard* dan yang lainnya untuk regenerasi *molsieve*. Gas Regenerasi masuk ke WHRU didalam coil-coil tersebut dan kemudian masuk ke *memguard* dan *molsieve* untuk dilakukan proses regenerasi yang kemudian dapat mengurangi impuritas didalam gas. Dalam rangka melakukan efisiensi energi, Petrochina International Jabung LTD - Betara memanfaatkan panas gas buang dari pembakaran di turbin (WHRU) untuk mengurangi impuritas di dalam gas lewat sistem regenerasi pada *Molsieve* dan *Memguard Dryer*.



Program ini diterapkan sejak tahun 2020 dengan tujuan penghematan penggunaan energi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 698,28 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Optimalisasi Sistem Regenerasi pada Molsieve dan Memguard Dryer 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Normalisasi Hasil Absolut Program Optimalisasi Sistem Regenerasi pada Molsieve dan Memguard Dryer 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut				5,099.81	2,522.04	GJ
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi				0,0041956	0,0042810	GJ/TOE

*Data hingga Juni 2021

6. Penggunaan *Solar Cell* untuk *Remote Terminal Unit* (RTU) untuk Mengumpulkan Data-data Suhu, *Pressure*, *Flowrate*, Status Sumur dan *Remote Shutdown*

RTU merupakan salah satu bagian dari sistem kontrol jarak jauh yang dapat ditempatkan pada objek yang dikontrol maupun jauh dari master station. RTU berfungsi sebagai pengambil informasi dari sensor-sensor dan peralatan di lapangan, kemudian dapat data yang diperoleh ditransmisikan ke *master station* ke suatu jaringan komunikasi tertentu. RTU membutuhkan energi listrik dalam penggunaannya.

Program ini diterapkan sejak tahun 2018 dengan tujuan penghematan penggunaan energi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 199 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Penggunaan *Solar Cell* untuk *Remote Terminal Unit* (RTU) 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Normalisasi Hasil Absolut Program Penggunaan *Solar Cell* untuk *Remote Terminal Unit* (RTU) 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut		1,222.76	1,481.56	1,741.76	718.60	GJ
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi		0,0010830	0,0013010	0,0014329	0,0012198	GJ/TOE

*Data hingga Juni 2021

PENURUNAN EMISI

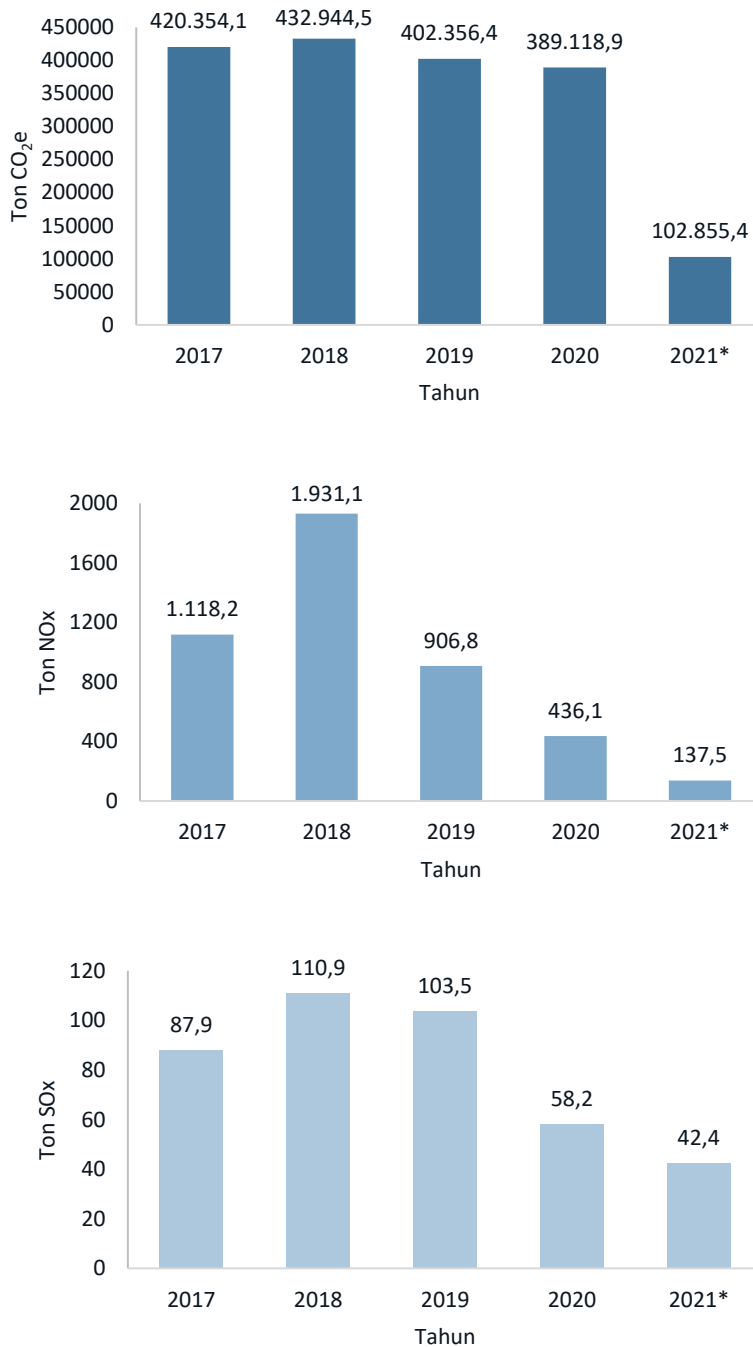


PENURUNAN EMISI

Seluruh aktivitas produksi di Area Petrochina International Jabung LTD - Betara juga menghasilkan produk samping yang jumlahnya harus diperhatikan sehingga tidak berdampak buruk pada lingkungan, salah satunya adalah lepasan emisi. Di dalam proses penyediaan, distribusi maupun pemanfaatan energi, selalu melibatkan proses pembakaran yang pada akhirnya menjadi sumber emisi gas-gas rumah kaca. Pengendalian emisi terutama emisi gas rumah kaca (GRK) menjadi isu penting terkait dengan fenomena pemanasan global yang kian nyata dirasakan. Hal ini memicu timbulnya iklim ekstrim di seluruh dunia.

Sebagai perusahaan yang mengedepankan aspek keberlanjutan, Petrochina International Jabung LTD - Betara berkomitmen untuk menjaga keberlanjutan lingkungan melalui penurunan emisi dan melakukan upaya-upaya penurunan emisi. Perusahaan telah membuat kebijakan, menyediakan dana, dan menunjuk tim khusus untuk mengkoordinasikan implementasi program penurunan emisi. Tim ini memiliki latar belakang pendidikan dan pelatihan yang relevan dengan penurunan emisi.

Total penurunan emisi di Petrochina International Jabung LTD - Betara berasal dari proses produksi, fasilitas pendukung, dan fasilitas kegiatan lainnya. Total emisi yang dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Gambar 8 dan Tabel 9.



Gambar 8. Diagram Total Emisi yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

Tabel 9. Rincian Total Emisi yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

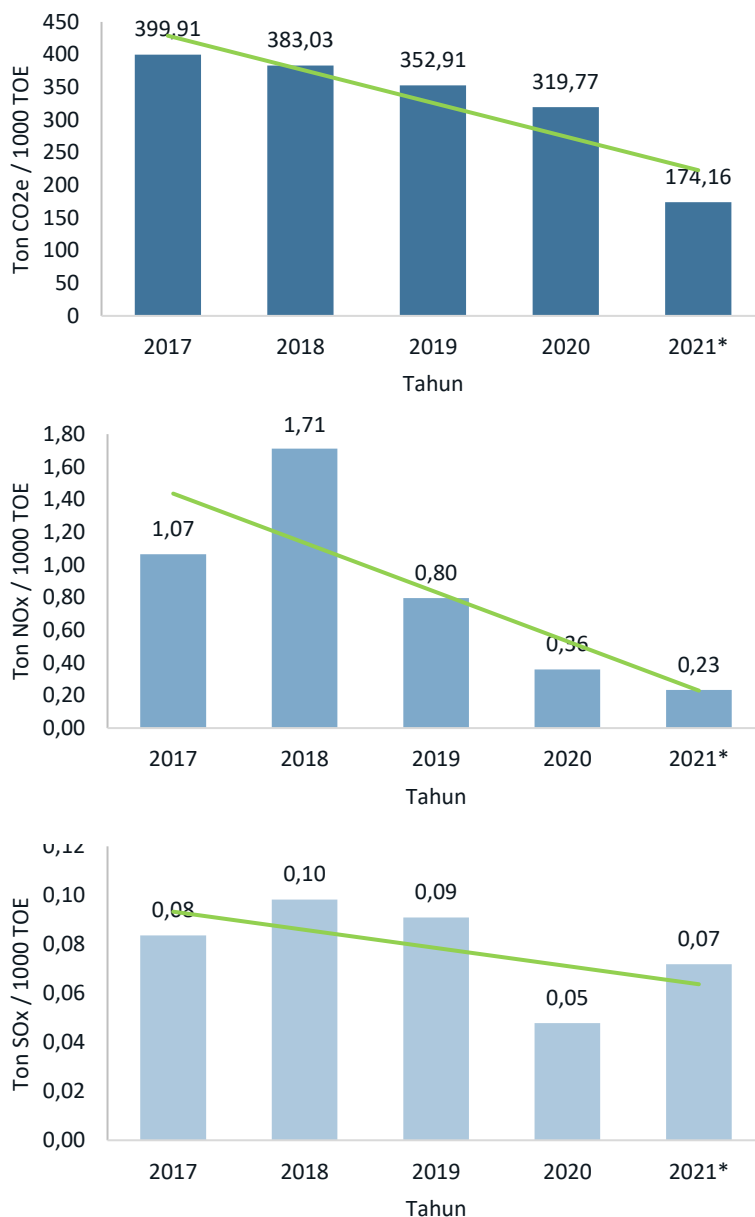
	Parameter	Tahun ke-					Satuan
		2017	2018	2019	2020	2021*	
Total Beban Emisi yang Dihasilkan	CO₂e	420.354,1	432.944,5	402.356,4	389.118,9	102.855,4	Ton CO ₂ e
	NO_x	1.118,2	1.931,1	906,8	436,1	137,5	Ton NO _x
	SO_x	87,9	110,9	103,5	58,2	42,4	Ton SO _x
a) Proses Produksi	CO₂e	402.915	411.768	379.977	377.386	96.902,05	Ton CO ₂ e
	NO_x	1.116,8	1.928,8	906,0	435,3	136,5	Ton NO _x
	SO_x	87,8	110,8	103,5	58,2	42,3	Ton SO _x
b) Fasilitas Penunjang	CO₂e	16.955,86	20.693,89	21.910,27	11.304,25	5.702,30	Ton CO ₂ e
	NO_x	1,33	2,19	0,83	0,64	0,63	Ton NO _x
	SO_x	0,06	0,17	0,03	0,01	0,04	Ton SO _x
c) Kegiatan lain lain	CO₂e	482,84	482,84	468,73	428,41	251,01	Ton CO ₂ e
	NO_x	0,00	0,03	0,01	0,17	0,38	Ton NO _x
	SO_x	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	Ton SO _x

* Data hingga Juni 2021

Berdasarkan Gambar 8 dan Tabel 9 terlihat total emisi yang dihasilkan Petrochina International Jabung LTD – Betara bersifat fluktuatif. Pada tahun 2018 emisi yang dihasilkan mengalami kenaikan dan pada tahun 2019 hingga 2021 mengalami penurunan. Perlu diketahui bahwa data pada tahun 2021 merupakan data pada periode bulan Januari hingga bulan Juni 2021.

Di samping itu, perusahaan juga telah melakukan perhitungan intensitas emisi yang dihasilkan di masing-masing area kerja. Intensitas emisi yang dihasilkan

di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Gambar 9 dan Tabel 10.



Gambar 9. Diagram Intensitas Emsisi yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021

Tabel 10. Rincian Intensitas Penurunan Emisi di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021

Intensitas Emisi yang Dihasilkan**		Tahun					Satuan
		2017	2018	2019	2020	2021*	
Proses Produksi	CO ₂ e	383,76	364,70	333,67	310,47	164,48	Ton CO ₂ e / 1000TOE
	NO _x	1,06	1,71	0,80	0,36	0,23	Ton NO _x / 1000TOE
	SO _x	0,08	0,10	0,09	0,05	0,07	Ton SO _x / 1000TOE
Proses Produksi + Fasilitas Penunjang	CO ₂ e	399,91	383,03	352,91	319,77	174,16	Ton CO ₂ e / 1000TOE
	NO _x	1,07	1,71	0,80	0,36	0,23	Ton NO _x / 1000TOE
	SO _x	0,08	0,10	0,09	0,05	0,07	Ton SO _x / 1000TOE

*Data hingga Juni 2021

**Intensitas emisi yang dihasilkan adalah total emisi yang dihasilkan dibagi total produksi

Dapat dilihat dari Gambar 9 dan Tabel 10 bahwa intensitas emii yang dihasilkan bersifat fluktuatif. Pada tahun 2017 intensitas emisi yang dihasilkan sebesar $1,07 \times 10^{-3}$ Ton Nox/ TOE dan $8,4 \times 10^{-5}$ Ton Sox/ TOE, tahun. Kemudian pada tahun 2019 mengalami penurunan yang signifikan menjadi $0,8 \times 10^{-3}$ Ton Nox/ TOE dan $9,1 \times 10^{-5}$ Ton Sox/ TOE, lalu pada tahun 2020 kembali mengalami penurunan menjadi $0,36 \times 10^{-3}$ Ton Nox/ TOE dan $4,8 \times 10^{-5}$ Ton Sox/ TOE. Pada tahun 2021 sebesar $0,23 \times 10^{-3}$ Ton Nox/ TOE dan $7,2 \times 10^{-5}$ Ton Sox/ TOE (periode Januari - Juni).

PROGRAM – PROGRAM
PENURUNAN EMISI
PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD |
BETARA

1

- Penambahan Inlet Separator *Pre Heater* sebagai Pertukaran Panas

2

- *Amine Exchanger*, Memanaskan dan Mendinginkan Fluida untuk Mengurangi Penggunaan *Hot Oil* dan *Saving Energy* (untuk Menjaga Kualitas *Sales Gas*)

3

- *Recycle NGL Off Spec* dari *Condensate Stripper* ke *Inlet Separator*

4

- *Integrated Oxidizer Exchanger* untuk Mendaur Ulang *Exceed Gas*

5

- Optimalisasi Sistem Regenerasi pada *Molsieve* dan *Memguard Dryer*

6

- Penggunaan *Solar Cell* untuk *Remote Terminal Unit* (RTU) untuk Mengumpulkan Data - Data Suhu, *Pressure*, *Flowrate*, Status Sumur, dan *Remote Shutdown*

1. Penambahan Inlet Separator *Pre Heater* sebagai Pertukaran Panas

Pertukaran panas yang terjadi di *Inlet Separator Pre-heater* berasal dari *liquid HP Slug Catcher*, *LP Slug Catcher*, dan beberapa *recycle line* (fluida dingin) dengan NGL dari *bottom De-ethanizer* (fluida panas). Pertukaran panas ini bertujuan untuk menaikkan *temperature* fluida dingin dan menurunkan *temperature* fluida panas. Tujuan penambahan *Inlet Separator Pre-Heater* yaitu untuk membantu optimasi kinerja *Inlet Separator* dalam memisahkan Gas, Kondensat, dan Air.

Program ini diterapkan sejak tahun 2018 dengan tujuan untuk menurunkan emisi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 710,2 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan *Inlet Separator Preheater* sebagai Pertukaran Panas 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Normalisasi Hasil Absolut *Program Penambahan Inlet Separator Preheater* sebagai Pertukaran Panas Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut		259,43	260,42	261,13	129,26	Ton CO ₂ eq

Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi		2,3 x 10 ⁻⁴	2,3 x 10 ⁻⁴	2,1 x 10 ⁻⁴	2,2 x 10 ⁻⁴	Ton CO ₂ eq /TOE

*Data hingga Juni 2021

2. *Amine Exchanger*, Memanaskan dan Mendinginkan Fluida untuk Mengurangi Penggunaan *Hot Oil* dan *Saving Energy* (untuk Menjaga Kualitas *Sales Gas*)

Amine sistem adalah salah satu unit pemurnian gas di Betara Gas Plant *Operating System* dengan menurunkan CO₂ rata-rata dari 15% menjadi 4%. Proses penyerapan CO₂ oleh *amine* terjadi di *Amine Contactor* secara *counter current*. *Amine* yang keluar dari *Amine Contactor* dinamakan *Rich Amine* yang kaya akan CO₂. *Rich Amine* akan dialirkan ke proses regenerasi untuk memisahkan *amine* dan CO₂ pada kondisi temperatur tinggi dan tekanan rendah. Tujuan dari proses regenerasi adalah untuk memurnikan *Rich Amine* (kandungan CO₂ tinggi) menjadi *Lean Amine* (kandungan CO₂ rendah) sehingga dapat digunakan kembali untuk penyerapan CO₂. Proses regenerasi ini terjadi di *Amine Flash Column* dan *Amine Stripper*. Pada *Amine Flash Column* CO₂ yang terikat oleh *amine* akan terlepas dan akan keluar menjadi top produk yang dinamakan Acid Gas. *Bottom* produk dari *Flash Column* (*Rich Amine*) akan dialirkan ke *Amine Stripper*. Sebelum masuk ke *Amine Stripper*, *Rich Amine* dan *Lean Amine* bertukar panas di *Amine Exchanger* untuk membantu menaikkan temperatur *Rich Amine* yang akan masuk ke *Amine Stripper*, dimana *Lean Amine* merupakan *bottom produk* (fluida panas) yang didapatkan dari pemisahan *Rich Amine* di *Amine Stripper*.

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan untuk menurunkan emisi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 6.303,27 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program *Amine Exchanger*, Memanaskan dan Mendinginkan Fluida untuk Mengurangi Penggunaan *Hot Oil* dan *Saving Energy* (untuk Menjaga Kualitas *Sales Gas*) 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Normalisasi Hasil Absolut Program Amine Exchanger Memanaskan dan Mendinginkan Fluida Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut (GRK)	2.298	2.307	2.311	2.318	1.146	Ton CO ₂ eq
Hasil Absolut (Konvensional)	$6,67 \times 10^{-2}$	$6,69 \times 10^{-2}$	$6,71 \times 10^{-2}$	$6,73 \times 10^{-2}$	$3,33 \times 10^{-2}$	Ton SO _x
	6,28	6,30	6,32	6,32	6,33	Ton NO _x
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi (GRK)	$2,19 \times 10^{-3}$	$2,04 \times 10^{-3}$	$2,03 \times 10^{-3}$	$1,91 \times 10^{-3}$	$1,95 \times 10^{-3}$	Ton CO ₂ eq/TOE
Normalisasi (Konvensional)	$6,36 \times 10^{-8}$	$5,93 \times 10^{-8}$	$5,89 \times 10^{-8}$	$5,54 \times 10^{-8}$	$5,65 \times 10^{-8}$	Ton SO _x /TOE
	$5,98 \times 10^{-6}$	$5,58 \times 10^{-6}$	$5,55 \times 10^{-6}$	$5,20 \times 10^{-6}$	$10,75 \times 10^{-6}$	Ton NO _x / TOE

*Data hingga Juni 2021

3. Recycle NGL Off Spec dari Condensate Stripper ke Inlet Separator

Program ini dilakukan dengan menambahkan sistem *Recycle NGL Off spec* dari *Condensate Stripper* ke *Inlet Separator* untuk memisahkan kandungan C_2 sebagai produk dari kondensat fraksi berat, yang sebelumnya *NGL Offspec* ini di bakar dengan menggunakan *flare* yang kini didaur ulang kedalam proses.

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan untuk menurunkan emisi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 1.325,73 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan *Recycle NGL Off Spec* dari *Condensate Stripper* ke *Inlet Separator* 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Normalisasi Hasil Absolut Program Penambahan *Condensate Stripper* *Pre-Heater* pada *Condensate Stripper* Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut (GRK)	5.204	25.436	29.717	12.127	2.808	Ton CO ₂ eq
Hasil Absolut (Konvensional)	0,151	0,738	0,863	0,352	0,082	Ton SO _x
	14,2	69,5	81,2	33,1	7,7	Ton NO _x
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi (GRK)	4,9 x 10 ⁻³	22,5 x 10 ⁻³	26,1 x 10 ⁻³	9,9 x 10 ⁻³	4,7 x 10 ⁻³	Ton CO ₂
		3	3			eq/TOE
	1,4 x 10 ⁻⁷	6,5 x 10 ⁻⁷	7,6 x 10 ⁻⁷	2,9 x 10 ⁻⁷	1,4 x 10 ⁻⁷	Ton SO _x /TOE

Normalisasi (Konvensional)	13,5 x 10 ⁻⁶	61,5 x 10 ⁻⁶	71,3 x 10 ⁻⁶	27,3 x 10 ⁻⁶	13 x 10 ⁻⁶	Ton NO _x / TOE
---------------------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------	---------------------------

*Data hingga Juni 2021

4. Integrated Oxidizer Exchanger untuk Mendaur Ulang Exceed Gas

Gas buang yang mengandung CO₂ berupa *Permeate gas* dari unit Membran dan *Acid Gas* dari unit *Amine* perlu dibakar terlebih dahulu kandungan Hidrokarbonnya sebelum dibuang ke atmosfer. Pembakaran gas buang ini dilakukan di Oxidizer dan menghasilkan panas, panas yang dihasilkan dari proses pembakaran gas buang digunakan untuk memanaskan hot oil.

Program ini diterapkan sejak tahun 2020 dengan tujuan untuk menurunkan emisi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 1.455 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program *Integrated Oxidizer Exchanger* untuk Mendaur Ulang *Exceed Gas* 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Normalisasi Hasil Absolut Program Integrated Oxidizer Exchanger
untuk Mendaur Ulang Exceed Gas Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut (GRK)				6.352	3.107	Ton CO ₂ eq
Hasil Absolut (Konvensional)				0,18	0,090	Ton SO _x
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi (GRK)				5,23 x 10 ⁻³	5,27 x 10 ⁻³	Ton CO ₂ eq/TOE
				1,5 x 10 ⁻⁷	1,5 x 10 ⁻⁷	Ton SO _x /TOE

Normalisasi**(Konvensional)**14,28 x 10⁻⁶14,41 x 10⁻⁶Ton NO_x/TOE

l)

*Data hingga Juni 2021

5. Optimalisasi Sistem Regenerasi pada *Molsieve* dan *Memguard Dryer*

Optimalisasi Sistem Regenerasi pada *Molsieve* dan *Memguard Dryer* adalah pengurangan impurities gas buang. Sistem ini bekerja dengan cara meregenasi gas menjadi energi panas yang dikeluarkan dari *turbine exhaust* gas melalui dua *heating coils* yang terpisah yaitu *memguard dryer* dan *molsieve*. Sehingga impurities gas dari *Turbin Exhaust Gas* yang telah diregenerasi di dalam *Memguard Dryer* dan *Molsieve* dapat berkurang yang selanjutnya dapat dimanfaatkan menjadi energi panas.

Program ini diterapkan sejak tahun 2020 dengan tujuan untuk menurunkan emisi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 698 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Optimalisasi Sistem Regenerasi pada *Molsieve* dan *Memguard Dryer* 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Normalisasi Hasil Absolut Program Optimalisasi Sistem Regenerasi pada *Molsieve* dan *Memguard Dryer* Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut (GRK)				257	127	Ton CO ₂ eq
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi (GRK)				0,21 x 10 ⁻³	0,22 x 10 ⁻³	Ton CO ₂ eq/TOE

*Data hingga Juni 2021

6. Penggunaan *Solar Cell* untuk *Remote Terminal Unit* (RTU) untuk Mengumpulkan Data - Data Suhu, *Pressure*, *Flowrate*, Status Sumur, dan *Remote Shutdown*

RTU merupakan salah satu bagian dari sistem kontrol jarak jauh yang dapat ditempatkan pada objek yang dikontrol. RTU berfungsi sebagai pengambil informasi dari sensor-sensor dan peralatan di lapangan, kemudian data yang diperoleh ditransmisikan ke master station ke suatu jaringan komunikasi tertentu.

Program ini diterapkan sejak tahun 2018 dengan tujuan untuk menurunkan emisi. Pada tahun 2021, program ini berhasil menghemat anggaran dana sebanyak 199 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Penggunaan *Solar Cell* untuk *Remote Terminal Unit* (RTU) 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Normalisasi Hasil Absolut Program Penggunaan Solar Cell untuk *Remote Terminal Unit* (RTU) 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut (GRK)		62	75	88	36	Ton CO ₂ eq
Hasil Absolut (Konvensional)		0,0018	0,002,2	0,0025	0,0011	Ton SO _x
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE

Normalisasi (GRK)	0,5 x 10 ⁻⁴	0,7 x 10 ⁻⁴	0,7 x 10 ⁻⁴	0,6 x 10 ⁻⁴	Ton CO ₂ eq/TOE
Normalisasi (Konvensional)	1,6 x 10 ⁻⁹	1,9 x 10 ⁻⁹	2,1 x 10 ⁻⁹	1,8 x 10 ⁻⁹	Ton SO _x /TOE
	1,5 x 10 ⁻⁷	1,8 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁷	1,7 x 10 ⁻⁷	Ton NO _x /TOE

*Data hingga Juni 2021

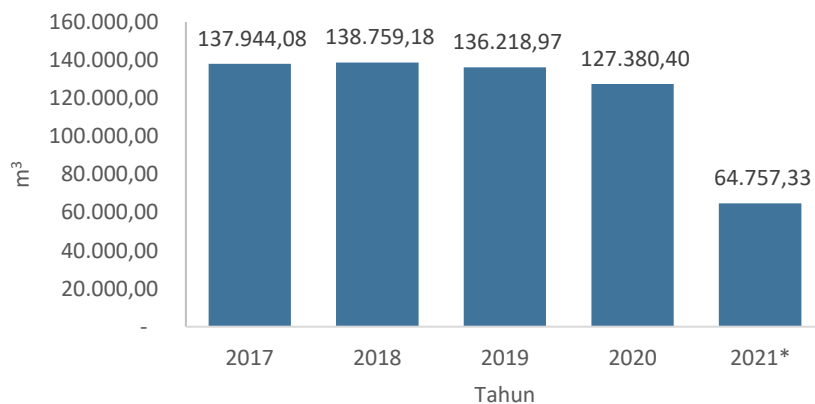
EFISIENSI AIR



EFISIENSI AIR

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang berdampak langsung kepada kesejahteraan fisik, sosial dan ekonomi masyarakat. Kegiatan perusahaan pun tidak terlepas dari penggunaan air untuk kebutuhan produksi dan kegiatan pendukung. Oleh karena itu, diperlukan program efisiensi air sebagai salah satu komitmen perusahaan untuk mengimplementasikan kebijakan dalam pengelolaan sumber daya alam keberlanjutan. Bila ini dilakukan terus menerus akan diperoleh manfaat yang besar bagi perusahaan baik dan lingkungan.

Total penggunaan air di Petrochina International Jabung LTD - Betara berasal dari proses produksi, fasilitas pendukung, dan fasilitas kegiatan lainnya. Total penggunaan air di Area Petrochina International Jabung LTD - Betara tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Gambar 10 dan Tabel 17.



Gambar 10. Diagram Total Penggunaan Air Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

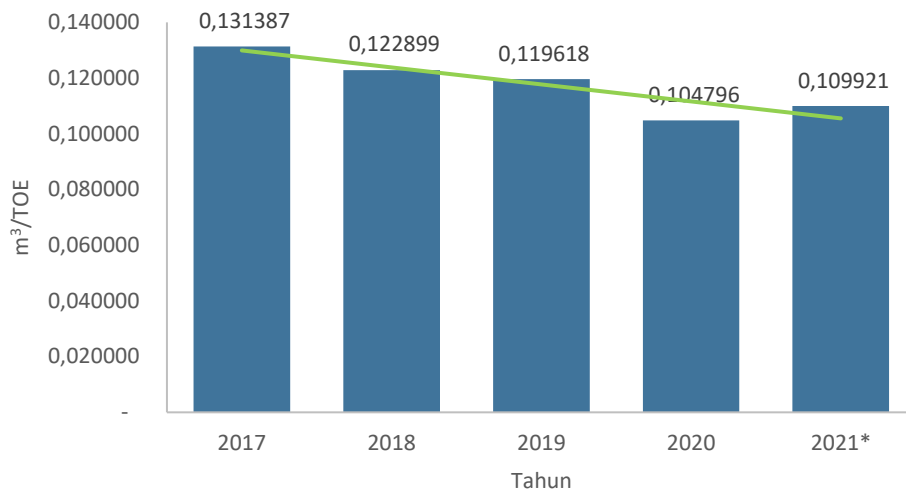
Tabel 17. Rincian Total Penggunaan Air Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

	Tahun					Satuan
	2017	2018	2019	2020	2021*	
Total Penggunaan Air	137.944,08	138.759,18	136.218,97	127.380,40	64.757,33	m ³
a) Proses produksi	98.315,00	92.716,00	93.867,00	90.778,00	43.111,00	m ³
b) Fasilitas kegiatan lain-lain	25.143,52	31.472,03	28.047,56	23.226,14	14.846,14	m ³

* Data hingga Juni 2021

Berdasarkan Gambar 10 dan Tabel 17 terlihat total penggunaan air dari Petrochina International Jabung LTD - Betara mengalami penurunan. Perlu diketahui bahwa data pada tahun 2021 merupakan data pada periode bulan Januari hingga bulan Juni 2021.

Di samping itu, perusahaan juga telah melakukan perhitungan intensitas penggunaan air di masing-masing area kerja. Intensitas penggunaan air merupakan parameter untuk menilai tingkat penurunan penggunaan air. Semakin rendah nilai intensitas penggunaan air, maka semakin efisien penggunaan air. Dapat dilihat pada Gambar 11 dan Tabel 18 bahwa intensitas penggunaan air Petrochina International Jabung LTD - Betara tahun 2017 – 2021 mengalami penurunan.



Gambar 11. Diagram Intensitas Pemakaian Air di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021

Tabel 18. Rincian Intensitas Pemakaian Air di Area Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021

Intensitas pemakaian air**	Tahun					Satuan
	2017	2018	2019	2020	2021*	
a) Proses Produksi	$9,36 \times 10^{-2}$	$8,21 \times 10^{-2}$	$8,24 \times 10^{-2}$	$7,46 \times 10^{-2}$	$7,31 \times 10^{-2}$	m³/TOE
b) Proses Produksi + Fasilitas Penunjang	$10,7 \times 10^{-2}$	$9,5 \times 10^{-2}$	$9,49 \times 10^{-2}$	$8,56 \times 10^{-2}$	$8,47 \times 10^{-2}$	m³/TOE
c) Proses Produksi + Fasilitas Penunjang + Lain-Lain	$13,14 \times 10^{-2}$	$12,29 \times 10^{-2}$	$11,96 \times 10^{-2}$	$10,48 \times 10^{-2}$	$10,9 \times 10^{-2}$	m³/TOE

*Data hingga Juni 2021

**Intensitas pemakaian air adalah total pemakaian air dibagi total produksi

PROGRAM - PROGRAM
EFISIENSI AIR
PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD |
BETARA

1

- Penggunaan Kembali Air *Dewatering Drilling* untuk Aktivitas di Rig

2

- Injeksi *Produced Water* Untuk *Pressure Maintenance*

3

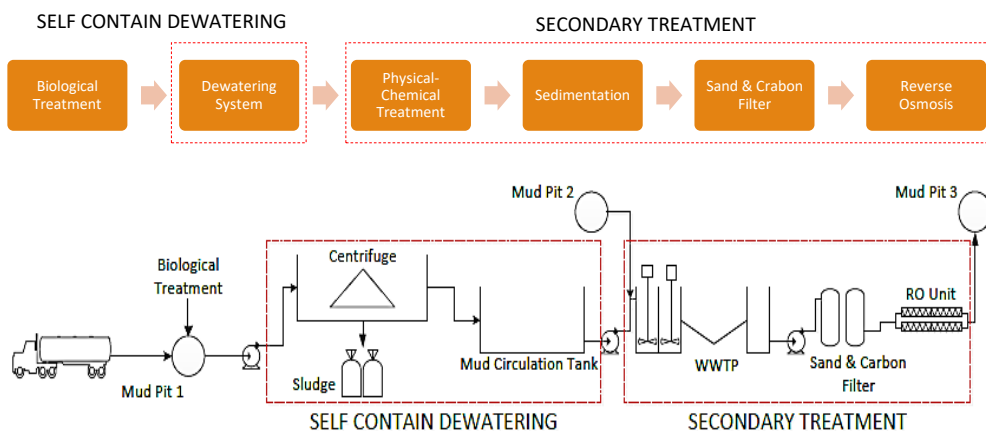
- *Well Treatment (Acidizing)*

4

- Pemanfaatan Air *Byproduct Reverse Osmosis (RO)* ke *Fire Water Tank*

1. Penggunaan Kembali Air *Dewatering Drilling* untuk Aktivitas di Rig

Dalam proses produksi, pada saat Operasi *Drilling* dan *Workover* akan menghasilkan limbah cair. Limbah cair tersebut ditampung sementara di *Mud Pit* #1 yang dilapisi HDPE. Kemudian diolah melalui proses *dewatering* dan dilanjutkan dengan proses purifikasi yang output nya sesuai dengan baku lingkungan seperti yang diatur dalam PERMEN LH NO.19 TH 2010. Air hasil olahan diuji di Laboratorium yang telah bersertifikasi KAN guna mengetahui kualitas air sesuai dengan baku mutu lingkungan. Air olahan yang sudah sesuai dengan baku mutu lingkungan digunakan kembali untuk operasional Rig.



Gambar 12. Proses Penggunaan Kembali Air *Dewatering Drilling* untuk Aktivitas Rig



Gambar 13. Dokumentasi kegiatan Program Penggunaan Kembali Air
Dewatering Drilling untuk Aktivitas Rig

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 yang bertujuan sebagai upaya pemanfaatan kembali air buangan pengeboran untuk pembuatan lumpur. Berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 kurang lebih sebanyak 91,4 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Program Penggunaan Kembali Air Dewatering Drilling 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 19.

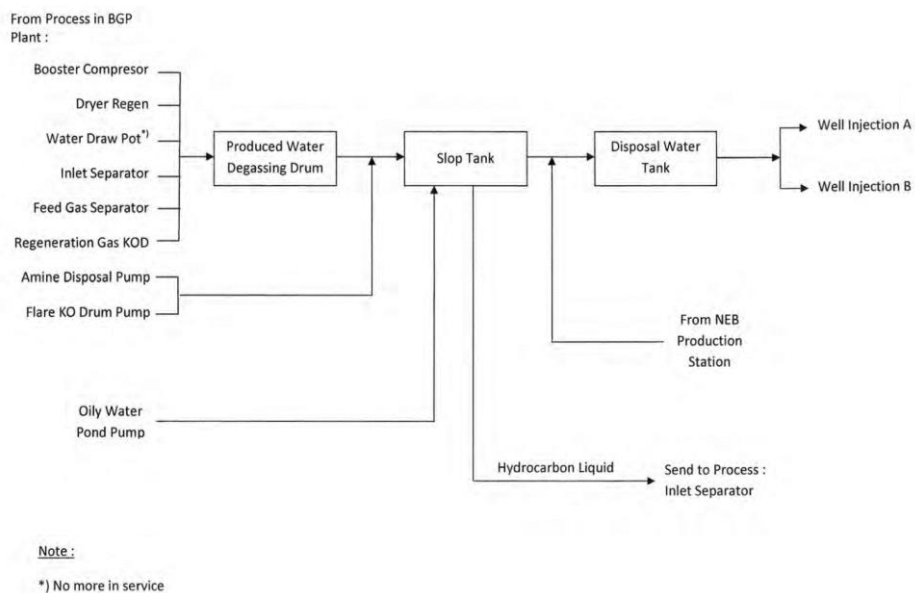
Tabel 19. Normalisasi Hasil Absolut Program Penggunaan Kembali Air
Dewatering Drilling untuk Aktivitas di Rig Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	62.223	22.875	24.860	37.567	11.124	m ³
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	5,93 x 10 ⁻²	2,03 x 10 ⁻²	2,18 x 10 ⁻²	3,09 x 10 ⁻²	1,89 x 10 ⁻²	m ³ /TOE

*Data hingga Juni 2021

2. Injeksi *Produced Water* untuk *Pressure Maintenance*

Dalam proses produksi, *produced water* diolah dengan cara filtering sehingga memenuhi parameter *oil content* yang ditetapkan dari Lingkungan hidup, kemudian diinjeksikan ke sumur makmur *water* injeksi (MK#03, MK#8, MK#10 L/S, MK#10D dan MK#21) untuk menjaga tekanan sumur sumur yang hidup di daerah Makmur *Field*, air yang diinjeksikan tersebut besar peluang akan terproduksi lagi dengan membawa minyak yang ada di pori batuan *reservoir* melalui sumur yang hidup dilapangan tersebut.



Gambar 14. Proses Program Injeksi Produced Water untuk Pressure Maintenance



Gambar 15. Dokumentasi Program Injeksi Produced Water untuk Pressure Maintenance

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan untuk menghindari pembuangan *produced water* ke lingkungan agar tidak terjadi pencemaran. Berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 kurang lebih sebanyak 343 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut program Injeksi Produced Water 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20. Normalisasi Hasil Absolut Program Injeksi *Produced Water* untuk *Pressure Maintenance* Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	164.230	251.422	195.587	165.597	41.744	m ³
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	15,64 x 10 ⁻²	22,27 x 10 ⁻²	17,17 x 10 ⁻²	13,62 x 10 ⁻²	7,08 x 10 ⁻²	m ³ /TOE

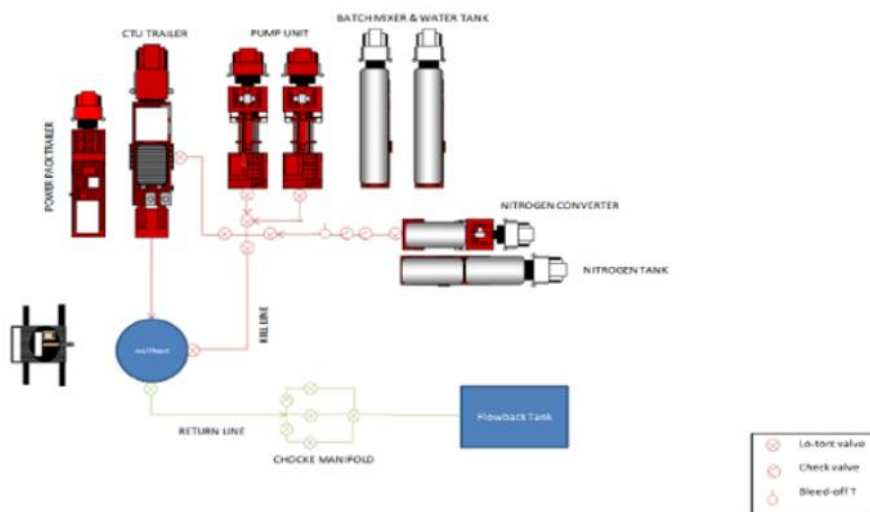
*Data hingga Juni 2021

3. Well Treatment (Acidizing)

Scale Clean Out adalah program penginjeksian HCl dengan menggunakan *coiled tubing* ke *spot scale* didalam tubing yang bertujuan untuk menghilangkan gangguan produksi tersebut (*scale*) sehingga diharapkan produksi dapat meningkat. Dapat dilihat pada Gambar 16 air terproduksi (*reservoir water*) ditampung di *water tank*. Air ini digunakan sebagai fluida sirkulasi setelah dilakukan *soaking* HCl untuk menghilangkan *scale* dan mencegah korosi akibat injeksi HCL didalam tubing.

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 yang bertujuan meningkatkan efisiensi penggunaan water produced untuk menunjang kebutuhan acidizing. Berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 kurang lebih sebanyak 92,9 ribu rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut program *Well Treatment (Acidizing)* 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 21.



Gambar 16. Proses Program *Well Treatment (Acidizing)*Tabel 21. Normalisasi Hasil Absolut Program *Well Treatment (Acidizing)* Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	56	164	17	96	11	m ³
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	5,33 x 10 ⁻⁵	14,5 x 10 ⁻⁵	1,48 x 10 ⁻⁵	7,86 x 10 ⁻⁵	1,91 x 10 ⁻⁵	m ³ /TOE

*Data hingga Juni 2021

4. Pemanfaatan Air *Byproduct Reverse Osmosis (RO)* ke *Fire Water Tank*

Dalam upaya mengurangi volume penggunaan air tanah (TDS tinggi) RO membran didesain dengan memiliki *recycle* dimana air *reject*/residu pada *2nd pass* akan dikembalikan ke *Fire Tank* yang merupakan tempat penampungan dari penyaringan air tahap awal (keluaran Multimedia Filter). Air dari *Fire Tank* digunakan sebagai *utility water* di *Betara Gas Plant* yang kemudian masuk kembali ke sistem RO membran. *Recycle*-nya dikirim ke *Fire Water Tank* (695-T-105) sebesar 2.0 - 7.0 GPM, residunya dikirim ke *Disposal Water Tank* (660-T-102) sebesar ± 7.0 GPM, dan *permeate*-nya dikirim ke *Treated Water Tank* (695-T-106) sebesar ± 20.0 GPM.



Gambar 17. Dokumentasi Program Pemanfaatan Air *Byproduct Reverse Osmosis (RO)* ke *Fire Water Tank*

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan untuk mengurangi penggunaan air tanah dengan cara menggunakan air reject atau residu kembali pada second pass ke *Fire Water Tank*. Berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 kurang lebih sebanyak 17,4 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut program Pemanfaatan Air *Byproduct Reverse Osmosis* (RO) ke *Fire Water Tank* 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Normalisasi Hasil Absolut Program Pemanfaatan Air *Byproduct Reverse Osmosis* (RO) ke *Fire Water Tank* Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	7.393	10.487	5.366	7.430	2.124	m ³
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	7,04 x 10 ⁻³	9,29 x 10 ⁻³	4,71 x 10 ⁻³	6,11 x 10 ⁻³	3,6 x 10 ⁻³	m ³ /TOE

*Data hingga Juni 2021

PENURUNAN BEBAN AIR LIMBAH

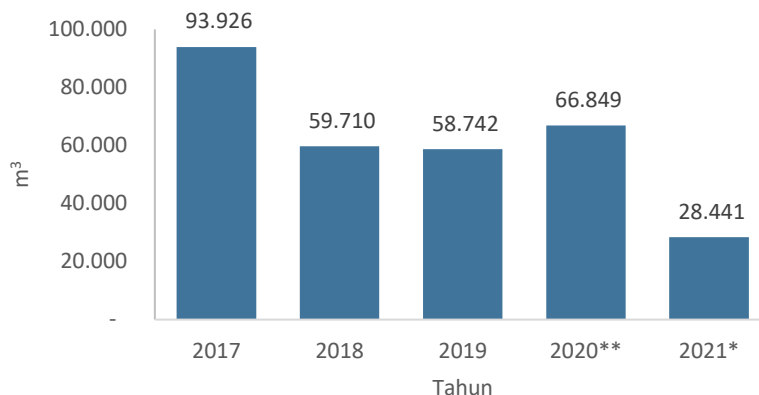


PENURUNAN BEBAN AIR LIMBAH

Beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau limbah. Besarnya beban pencemaran ini sangat mempengaruhi kualitas air dan dapat menjadi indikator tercemar atau tidaknya suatu perairan. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk meminimalkan pencemaran air. Bila ini dilakukan terus menerus akan diperoleh manfaat yang besar bagi perusahaan baik bagi perusahaan dan lingkungan.

Sebagai Perusahaan yang mengedepankan aspek keberlanjutan, Petrochina International Jabung LTD - Betara berkomitmen untuk menjaga keberlanjutan lingkungan melalui penurunan beban pencemar air. Perusahaan telah membuat kebijakan, menyediakan dana, dan menunjuk tim khusus untuk mengkoordinasikan implementasi program penurunan beban pencemar air. Tim ini memiliki latar belakang pendidikan dan pelatihan yang relevan dengan beban pencemar air. Prinsip pengurangan beban air limbah di Petrochina International Jabung LTD - Betara yaitu dengan melakukan penggunaan kembali air buangan.

Total air limbah yang dihasilkan oleh Petrochina International Jabung LTD – Betara berasal dari proses produksi, fasilitas pendukung, dan kegiatan lainnya. Total air limbah yang dihasilkan di Petrochina International Jabung LTD – Betara tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Gambar 18 dan Tabel 23.



Gambar 18. Diagram Total Air Limbah yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD – Betara tahun 2017 – 2021

Tabel 23. Rincian Total Air Limbah yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD – Betara tahun 2017 – 2021

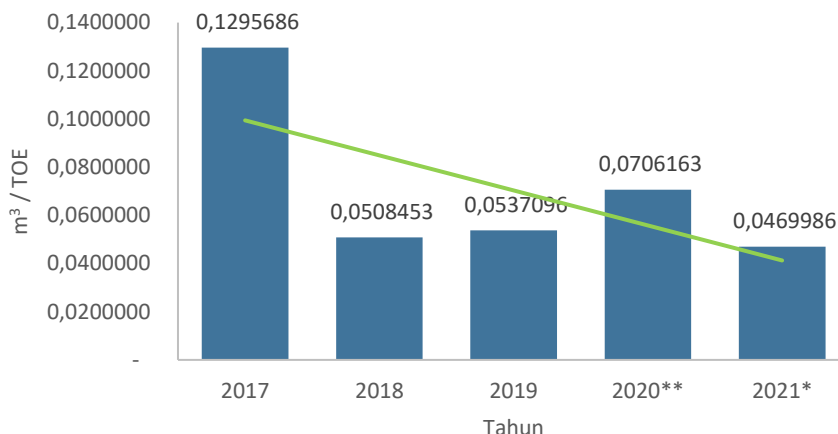
	Tahun					Satuan
	2017	2018	2019	2020	2021*	
Total Air Limbah	93.926	59.710	58.742	66.849	28.441	m ³
a) Proses Produksi	62.223	22.875	24.860	37.567	11.124	m ³
b) Fasilitas Penunjang	11.588	11.657	11.444	10.701	5.440	m ³
c) Kegiatan lain-lain	20.115	25.178	22.438	18.581	11.877	m ³

* Data hingga Juni 2021

Berdasarkan Gambar 18 dan Tabel 23 terlihat total air limbah dari Petrochina International Jabung LTD – Betara fluktuatif. Perlu diketahui bahwa data pada tahun 2021 merupakan data pada periode bulan Januari hingga bulan Juni 2021.

Di samping itu, perusahaan juga telah melakukan perhitungan intensitas beban pencemar air limbah. Dapat dilihat pada Grafik 19 dan Tabel 24 bahwa

intensitas air limbah yang dihasilkan Petrochina International Jabung LTD – Betara mengalami penurunan.



Gambar 19. Diagram Intensitas Penurunan Beban Air Limbah di Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

Tabel 24. Rincian Intensitas Penurunan Beban Air Limbah di Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

	Tahun					Satuan
	2017	2018	2019	2020	2021*	
Intensitas air limbah yang dihasilkan**	0,129	0,051	0,054	0,071	0,047	m³ / TOE
a) Proses Produksi	0,059	0,02	0,022	0,031	0,019	m³ / TOE
b) Produksi + Fasilitas Penunjang	0,07	0,03	0,032	0,039	0,028	m³ / TOE
c) Produksi + Fasilitas Penunjang + Lain-Lain	0,089	0,053	0,051	0,055	0,048	m³ / TOE

*Data hingga Juni 2021

**Intensitas air limbah yang dihasilkan adalah total air limbah dibagi total produksi

PROGRAM - PROGRAM

PENURUNAN BEBAN PENCEMAR AIR

PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD | BETARA

1

- Penggunaan Kembali Air *Dewatering Drilling* untuk Aktivitas di Rig

2

- Injeksi *Produced Water* Untuk *Pressure Maintenance*

3

- Pemanfaatan Air *Byproduct Reverse Osmosis (RO)* ke *Fire Water Tank*

1. Penggunaan Kembali Air *Dewatering Drilling* untuk Aktivitas di Rig

Dalam proses produksi, pada saat *Operasi Drilling* dan *Workover* akan menghasilkan limbah cair. Limbah cair tersebut ditampung sementara di Mud Pit #1 yang dilapisi HDPE. Kemudian diolah melalui proses dewatering dan dilanjutkan dengan proses purifikasi yang output nya sesuai dengan baku lingkungan seperti yang diatur dalam PERMEN LH NO.19 TH 2010. Air hasil olahan diuji di Laboratorium yang telah bersertifikasi KAN guna mengetahui kualitas air sesuai dengan baku mutu lingkungan. Air olahan yang sudah sesuai dengan baku mutu lingkungan akan digunakan kembali untuk operasional Rig. Jenis beban pencemar pada limbah cair tersebut berupa TDS, Sulfida sebagai H_2S , Total Ammonia, COD, Minyak dan lemak, dan Total Fenol.

Total Dissolved Solids (TDS) adalah semua benda padat yang terlarut seperti mineral, garam, logam, serta kation-anion yang terlarut di air. Benda-benda padat tersebut berasal dari sumber organik seperti lumpur, plankton, serta limbah industri dan kotoran. Keberadaan TDS dalam konsentrasi tinggi di badan air dapat menyebabkan terjadinya pencemaran dan kematian terhadap organisme air. TDS yang tinggi akan mengurangi kemampuan badan air dalam menjaga ekosistem air.

Pada air limbah, sulfida merupakan hasil pembusukan zat organik berupa hidrogen sulfida (H_2S). Hidrogen sulfida berasal dari mikroorganisme pembusuk dari zat-zat organik bersifat racun terhadap ganggang dan

mikroorganisme lainnya. Hasil pembusukan zat-zat organik tersebut menimbulkan bau busuk yang tidak menyenangkan pada lingkungan sekitarnya.

Amoniak (NH_3) dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH_3 dan NH_4^+). Amonia bebas (NH_3) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH dan suhu. Konsentrasi ammonia yang tinggi pada permukaan air akan menyebabkan kematian ikan yang terdapat pada perairan tersebut. Keasaman air atau nilai pH nya sangat mempengaruhi apakah jumlah ammonia yang akan bersifat racun atau tidak. Pengaruh pH terhadap toksitas ammonia ditunjukkan dengan keadaan pada kondisi pH rendah akan bersifat racun bila jumlah ammonia banyak, sedangkan pada pH tinggi hanya dengan jumlah ammonia yang rendah pun sudah akan bersifat racun.

COD merupakan kebutuhan oksigen kimia untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. COD menjadi angka sumber pencemaran bagi zat-zat organik secara alamiah dan dapat dioksidasi dengan proses mikrobiologis yang menyebabkan oksigen terlarut berkurang didalam air. Konsentrasi COD yang tinggi dalam badan air menunjukkan bahwa adanya tingginya bahan pencemar organik yang dapat menimbulkan berbagai macam penyakit untuk manusia. Selain itu, menyebabkan kandungan oksigen terlarut didalam badan air menjadi rendah, bahkan habis. Faktor ini dapat mengakibatkan oksigen sebagai sumber kehidupan bagi makhluk yang berada

didalam air seperti hewan dan tumbuhan air tidak dapat terpenuhi sehingga makhluk air tersebut bisa terancam mati dan tidak dapat berkembang biak dengan baik.

Minyak dan lemak dalam air Limbah atau yang lebih dikenal sebagai *Oil and Grease* adalah kumpulan senyawa yang menutupi material yang terlarut di dalam air yang dalam hal ini adalah air limbah. Parameter ini masuk ke dalam parameter baku mutu limbah dikarenakan kandungan minyak dan lemak dalam air tergolong berbahaya untuk kehidupan akuatik maupun manusia. Kandungan dalam minyak dan lemak terdiri dari senyawa lipid, senyawa ester, alkohol, dan senyawa volatil lainnya. Senyawa senyawa ini merupakan senyawa yang tidak larut dalam air dan rata-rata memiliki massa jenis yang lebih ringan dari air sehingga senyawa - senyawa ini mengapung diatas permukaan air. Meski minyak dan air secara teoritis tidak dapat menyatu karena sifat kepolarannya yang berbeda, namun keduanya dapat membentuk suatu emulsi yang dapat menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam air serta mencegah terlarutnya oksigen di dalam air.

Limbah fenol tergolong limbah berbahaya, bersifat racun dan korosif. Apabila mencemari perairan dapat menimbulkan rasa dan bau tidak sedap, serta pada nilai konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kematian organisme di perairan tersebut. Selain itu apabila terminum dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia.

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan sebagai upaya mengurangi air buangan produksi. Berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 kurang lebih sebanyak 12,1 juta rupiah.

Rekap Hasil Absolut program Program Penggunaan Kembali Air *Dewatering Drilling* untuk Aktivitas di Rig 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 25.

Tabel 25. Rekap Hasil Absolut Program Penggunaan Kembali Air Dewatering Drilling untuk Aktivitas di Rig Tahun 2017 - 2021

		2017	2018	2019	2020	2021*
Hasil Absolut (Ton)	TDS	5107,14	1.878	2040,46	3083,42	913,03
	Sulfida sebagai H ₂ S	0,15	0	0,06	0,09	0,03
	Total Ammonia	0,72	0	0,29	0,43	0,13
	COD	463,99	171	185,38	280,13	82,95
	Minyak & Lemak	1,49	1	0,6	0,9	0,27
	Total Fenol	0,06	0	0,03	0,04	0,01
	Total Produksi (TOE)	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127

*Data hingga Juni 2021



Gambar 20. Dokumentasi Kegiatan Program Penggunaan Kembali Air
Dewatering Drilling untuk Aktivitas di Rig

2. Injeksi *Produced Water* untuk *Pressure Maintenance*

Dalam proses produksi, *produced water* diolah dengan cara menyaring sehingga memenuhi parameter *oil content* yang ditetapkan dari Kementerian Lingkungan Hidup, kemudian diinjeksikan ke sumur makmur (MK#03, MK#8, MK#10 L/S, MK#10D dan MK#21) untuk menjaga tekanan sumur-sumur yang hidup di daerah Makmur *Field*. Air yang diinjeksikan tersebut berpeluang besar untuk terproduksi kembali dengan membawa minyak yang ada di pori batuan reservoir melalui sumur yang hidup dilapangan tersebut.

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan untuk menghindari pembuangan *produced water* ke lingkungan agar tidak terjadi pencemaran. Berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 kurang lebih sebanyak 343 juta rupiah.

Rekap Hasil Absolut program Injeksi *Produced Water* untuk *Pressure Maintenance* 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26. Rekap Hasil Absolut program Injeksi *Produced Water* untuk *Pressure Maintenance* Tahun 2017 - 2021

		2017	2018	2019	2020	2021*
Hasil Absolut (Ton)	TDS	31,204	47,770	37,162	31,463	7,931
	Kandungan Minyak	32,846	50,284	39,117	33,119	8,349
	Phenol	0,714	1,094	0,851	0,720	0,182
Total Produksi (TOE)		1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127

*Data hingga Juni 2021

3. Pemanfaatan Air *Byproduct* RO ke *Fire Water Tank*

Dalam upaya mengurangi volume penggunaan air tanah (TDS tinggi) RO membran didesain dengan memiliki *recycle* dimana air *reject* atau residu pada *2nd pass* akan dikembalikan ke *Fire Tank* yang merupakan tempat penampungan dari penyaringan air tahap awal (keluaran Multimedia Filter). Air dari *Fire Tank* digunakan sebagai *utility water* di *Betara Gas Plant* yang kemudian akan masuk kembali ke sistem RO membran. *Recycle*-nya dikirim ke *Fire Water Tank* (695-T-105) sebesar 2.0 - 7.0 GPM, residunya akan dikirim ke *Disposal Water Tank* (660-T-102) sebesar ± 7.0 GPM, dan *permeate*-nya akan dikirim ke *Treated Water Tank* (695-T-106) sebesar ± 20.0 GPM.



Gambar 21. Dokumentasi Program Pemanfaatan Air *Byproduct* RO ke *Fire Water Tank*

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan untuk mengurangi penggunaan air tanah dengan cara menggunakan air *reject* atau residu kembali pada *second pass* ke *Fire Water Tank*. Berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 kurang lebih sebanyak 17,4 juta rupiah.

Rekap Hasil Absolut Program Pemanfaatan Air *Byproduct Reverse Osmosis* (RO) ke *Fire Water Tank* tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Rekap Hasil Absolut Program Pemanfaatan Air *Byproduct Reverse Osmosis* (RO) ke *Fire Water Tank* tahun 2017 – 2021

		2017	2018	2019	2020	2021*
Hasil Absolut (Ton)	TDS	0,813	1,154	0,590	0,817	0,234
	Chromium	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Nitrite	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Sulfat	0,170	0,241	0,123	0,171	0,049
	Zinc	0,010	0,014	0,007	0,010	0,003
Total Produksi (TOE)		1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127

*Data hingga Juni 2021



PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH B3



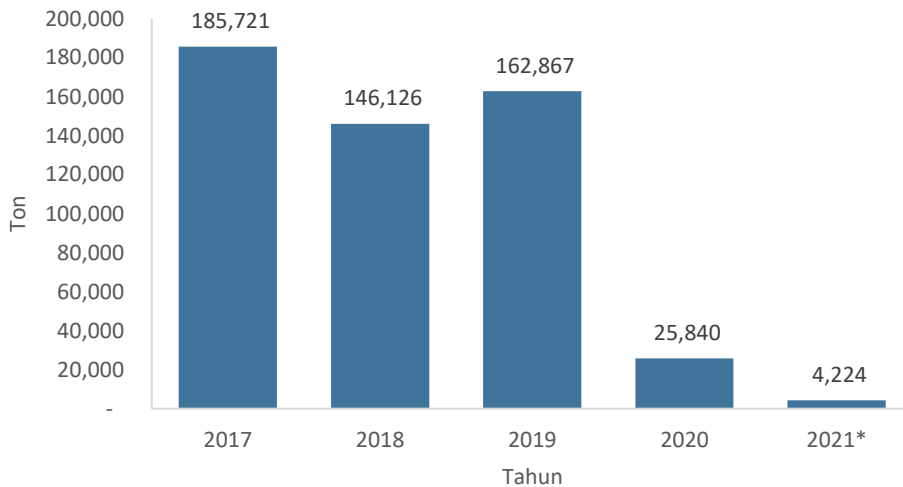
PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH B3

Suatu limbah digolongkan sebagai limbah B3 bila mengandung bahan berbahaya atau beracun yang sifat dan konsentrasinya, baik langsung maupun tidak langsung, dapat merusak atau mencemarkan lingkungan hidup atau membahayakan kesehatan manusia. Pengelolaan limbah B3 dapat dimulai dari minimasi di sumber, penyimpanan di TPS, pengangkutan, pengumpulan, pemanfaatan, pengolahan, dan terakhir penimbunan. Didalam pengelolaan limbah B3 tersebut cara untuk menekan jumlah limbah B3 yaitu mengupayakan pengurangan dan pemanfaatan limbah.

Sebagai Perusahaan yang mengedepankan aspek keberlanjutan, Petrochina International Jabung LTD - Betara berkomitmen untuk menjaga keberlanjutan lingkungan melalui pemanfaatan dan pengurangan limbah B3. Perusahaan telah membuat kebijakan, menyediakan dana, dan menunjuk tim khusus untuk mengkoordinasikan implementasi program pemanfaatan dan pengurangan limbah B3. Tim ini memiliki latar belakang pendidikan dan pelatihan yang relevan dengan program pemanfaatan dan pengurangan limbah B3.

Limbah B3 yang dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara bersumber dari proses produksi, fasilitas penunjang, dan kegiatan lainnya. Total limbah B3 yang dihasilkan Petrochina

International Jabung LTD - Betara tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Gambar 22 dan Tabel 28.



Gambar 22. Diagram Total Limbah B3 yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

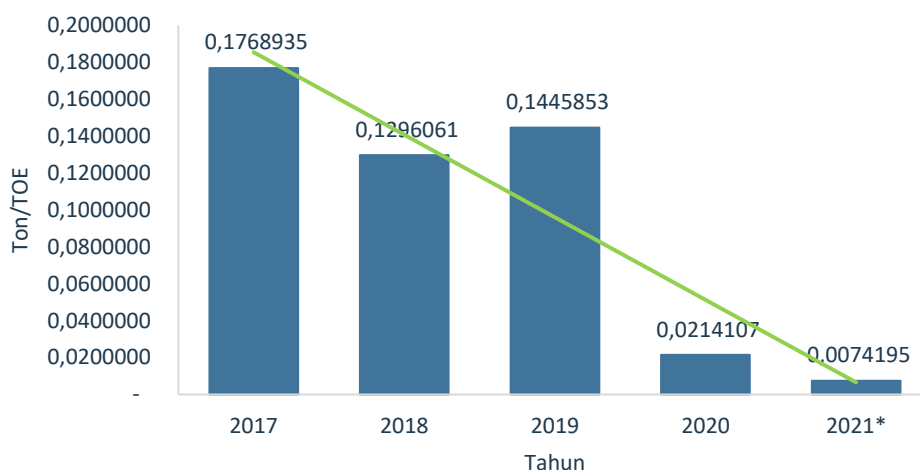
Tabel 28. Rincian Total Limbah B3 yang Dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

	Tahun					Satuan
	2017	2018	2019	2020	2021*	
Total Limbah B3	185,721	146,332	164,651	26,025	4,371	Ton
a) Proses Produksi	185,721	146,126	162,867	25,840	4,224	Ton
b) Fasilitas Penunjang	-	0,206	1,769	0,015	-	Ton
c) Kegiatan lain-lain	-	-	0,015	0,170	0,147	Ton

* Data hingga Juni 2021

Berdasarkan Gambar 22 dan Tabel 28 terlihat total limbah B3 dari Petrochina International Jabung LTD - Betara bersifat fluktuatif. Perlu diketahui bahwa data pada tahun 2021 merupakan data pada periode bulan Januari hingga bulan Juni 2021.

Di samping itu, perusahaan juga telah melakukan perhitungan intensitas limbah B3. Dapat dilihat pada grafik dan tabel dibawah bahwa intensitas limbah B3 Petrochina International Jabung LTD – Betara mengalami penurunan. Intensitas Limbah B3 di Petrochina International Jabung LTD - Betara tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Gambar 23 dan Tabel 29.



Gambar 23. Diagram Intensitas Limbah B3 Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

Tabel 29. Rincian Intensitas Limbah B3 Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

Intensitas Limbah B3**	Tahun					Satuan
	2017	2018	2019	2020	2021*	
a) Proses Produksi	0,177	0,129	0,143	0,021	0,007	Ton / TOE
b) Proses Produksi + Fasilitas Penunjang + Kegiatan Lain-lain	0,177	0,130	0,144	0,021	0,007	Ton / TOE

*Data hingga Juni 2021

**Intensitas limbah B3 yang dihasilkan adalah total limbah B3 dibagi total produksi

PROGRAM - PROGRAM
PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN
LIMBAH B3
PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD |
BETARA

1

-
- Modifikasi Dengan Penambahan Roda Pada Penggerak Tuas di Waste Heat Recovery Unit (WHRU) Untuk Mengurangi Limbah B3

2

-
- Penggantian Lampu Neon Dengan Lampu Hemat Energi

1. Modifikasi dengan Penambahan Roda pada Penggerak Tuas di *Waste Heat Recovery Unit (WHRU)* untuk Mengurangi Limbah B3

Petrochina International Jabung LTD – Betara melakukan beberapa upaya pengurangan limbah B3. Salah satunya adalah melalui Program Modifikasi Dengan Penambahan Roda Pada Penggerak Tuas di WHRU. Modifikasi ini bertujuan untuk mengurangi ceceran oli yang dihasilkan dari WHRU sehingga penggunaan majun untuk membersihkan ceceran oli tersebut dapat berkurang. Program ini merupakan tindakan preventif untuk mengantisipasi timbulan limbah B3 majun bekas. Dengan adanya program ini, maka dapat dilakukan pencegahan timbulan limbah B3 majun bekas.



Gambar 24. Dokumentasi Program Modifikasi dengan Penambahan Roda pada Penggerak Tuas di *Waste Heat Recovery Unit (WHRU)* untuk Mengurangi Limbah B3

Program ini diterapkan sejak tahun 2017 dengan tujuan untuk mengurangi jumlah timbulan limbah B3. Berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 kurang lebih sebanyak 486.923,40 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut Modifikasi dengan Penambahan Roda pada Penggerak Tuas di *Waste Heat Recovery Unit* (WHRU) untuk Mengurangi Limbah B3 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 30.

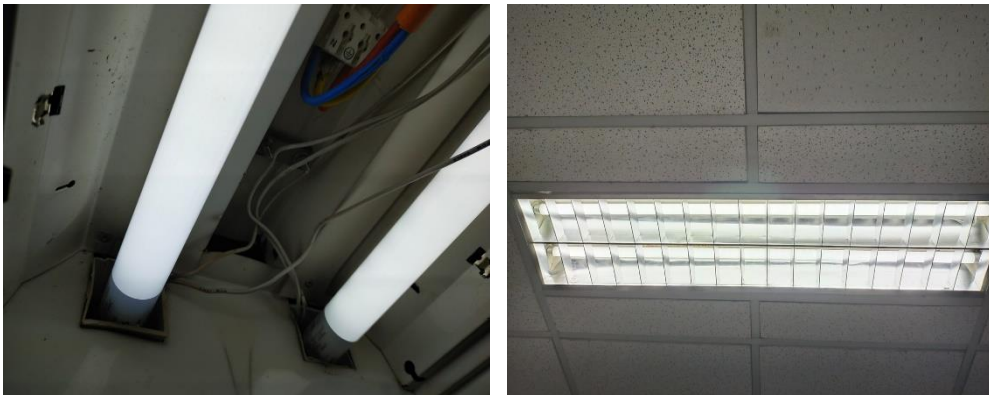
Tabel 30. Normalisasi Hasil Absolut Modifikasi dengan Penambahan Roda pada Penggerak Tuas di *Waste Heat Recovery Unit* (WHRU) untuk Mengurangi Limbah B3 Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	0,0360	0,0360	0,0360	0,0360	0,0180	Ton
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	$3,4 \times 10^{-8}$	$3,2 \times 10^{-8}$	$3,2 \times 10^{-8}$	$3,0 \times 10^{-8}$	$3,1 \times 10^{-8}$	Ton/ TOE

*Data hingga Juni 2021

2. Penggantian Lampu Neon Dengan Lampu Hemat Energi

Lampu LED merupakan lamput hemat energi yang dapat digunakan untuk menggantikan Lampu TL yang selama ini masih banyak digunakan. Di Petrochina International Jabung LTD - Betara sebelum tahun 2019 masih menggunakan Lampu TL sebagai penerangan area tersebut. Lampu LED yang digunakan oleh Petrochina International Jabung LTD – Betara menggunakan teknologi terbaru sehingga memiliki durabilitas yang lebih baik dan dapat bertahan dalam kurun waktu yang lebih lama dibandingkan Lampu TL . Dengan demikian, limbah B3 Lampu TL bekas dapat berkurang.



Gambar 25. Dokumentasi Program Penggantian Lampu Neon dengan Lampu Hemat Energi

Program ini diterapkan sejak tahun 2019 dengan tujuan untuk mengurangi jumlah timbulan limbah B3. Berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 kurang lebih sebanyak 33.937.496,50 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut program Penggantian Lampu Neon dengan Lampu Hemat Energi 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 31.

Tabel 31. Normalisasi Hasil Absolut Program Penggantian Lampu Neon dengan Lampu Hemat Energi Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut			0,0462	0,1261	0,2336	Ton
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi			4,1 x 10 ⁻⁸	10,4 x 10 ⁻⁸	39,7 x 10 ⁻⁸	Ton/TOE

*Data hingga Juni 2021

PENGURANGAN
DAN
PEMANFAATAN
LIMBAH NON B3



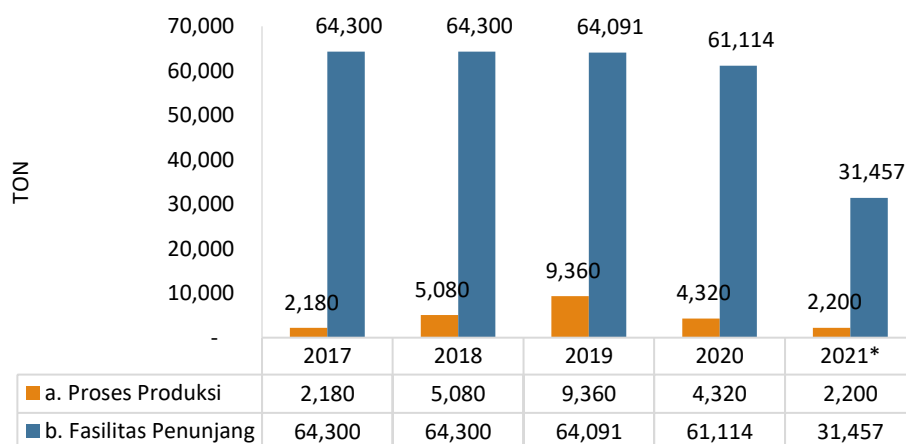
PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH NON B3

Inisiatif perusahaan dalam menjaga keberlanjutan lingkungan untuk mencegah dan meminimalkan dampak yang ditimbulkan dari kegiatan operasional diterapkan melalui pengelolaan limbah. Perusahaan telah mengkategorikan limbah yang ditimbulkan dari kegiatan operasional menjadi dua, yaitu limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) dan limbah padat non bahan beracun dan berbahaya (non-B3).

Sebagai Perusahaan yang mengedepankan aspek keberlanjutan, Petrochina International Jabung LTD - Betara berkomitmen untuk menjaga keberlanjutan lingkungan melalui pemanfaatan dan pengurangan limbah non B3. Perusahaan telah membuat kebijakan, menyediakan dana, dan menunjuk tim khusus untuk mengkoordinasikan implementasi program pemanfaatan dan pengurangan limbah non B3. Tim ini memiliki latar belakang pendidikan dan pelatihan yang relevan dengan program pemanfaatan dan pengurangan limbah non B3.

Limbah padat non B3 yang dihasilkan Petrochina International Jabung LTD - Betara bersumber dari proses produksi, fasilitas penunjang, dan kegiatan lainnya. Pengelolaan limbah padat non B3 dilakukan dengan mengutamakan prinsip 3R, yaitu *reduce*, *reuse*, dan

recycle dimana limbah dikumpulkan sesuai dengan jenisnya, dicatat, dan didaur ulang untuk komposting. Total limbah non B3 yang dihasilkan di Area Petrochina International Jabung LTD - Betara tahun 2017 – 2021 dapat dilihat pada Gambar 26 dan Tabel 32.



Gambar 26. Diagram Total limbah non B3 yang dihasilkan di Area Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

Tabel 32. Rincian Total limbah non B3 yang dihasilkan di Area Petrochina International Jabung LTD - Betara Tahun 2017 – 2021

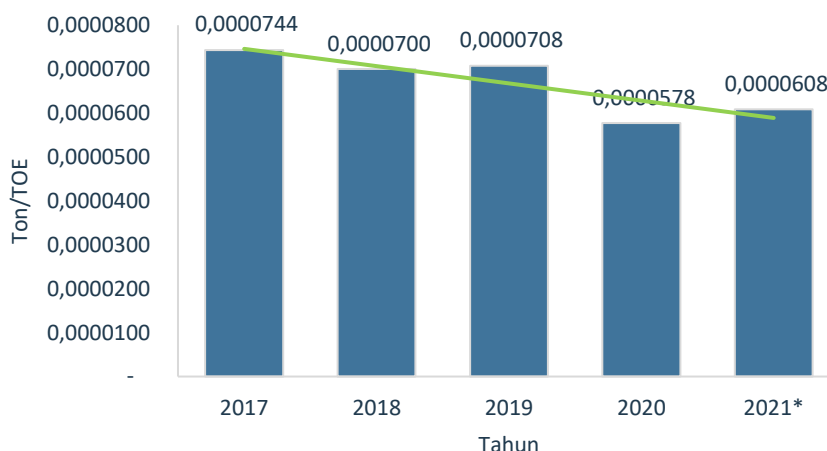
	Tahun					Satuan
	2017	2018	2019	2020	2021*	
Total Limbah Non B3	78,085	79,066	80,607	70,196	35,846	Ton
a) Proses Produksi	2,180	5,080	9,360	4,320	2,200	Ton
b) Fasilitas Penunjang	11,605	9,686	7,156	4,762	2,189	Ton
c) Kegiatan lain lain	64,300	64,300	64,091	61,114	31,457	Ton

* Data hingga Juni 2021

Berdasarkan Gambar 26 dan Tabel 32 terlihat total limbah non B3 dari Petrochina International Jabung LTD - Betara bersifat fluktuatif. Perlu diketahui

bahwa data pada tahun 2021 merupakan data pada periode bulan Januari hingga bulan Juni 2021.

Di samping itu, perusahaan juga telah melakukan perhitungan intensitas limbah non B3. Dapat dilihat pada Grafik 27 dan Tabel 33 bahwa intensitas limbah non B3 Petrochina International Jabung LTD – Betara tahun 2017 – 2021 mengalami penurunan.



Gambar 27. Diagram Intensitas Limbah Non B3 Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021

Tabel 33. Rincian Intensitas Limbah Non B3 Petrochina International Jabung LTD – Betara Tahun 2017 – 2021

Intensitas Limbah Non B3**	Tahun					Sat.
	2017	2018	2019	2020	2021*	
a) Proses Produksi	$2,1 \times 10^{-6}$	$4,5 \times 10^{-6}$	$8,2 \times 10^{-6}$	$3,6 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-6}$	Ton/TOE
b) Proses Produksi + Fasilitas Penunjang	$74,4 \times 10^{-6}$	$70,0 \times 10^{-6}$	$0,8 \times 10^{-6}$	$57,8 \times 10^{-6}$	$60,8 \times 10^{-6}$	Ton/TOE

*Data hingga Juni 2021

**Intensitas limbah B3 yang dihasilkan adalah total limbah B3 dibagi total produksi

PROGRAM - PROGRAM
PEMANFAATAN LIMBAH NON B3
PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD |
BETARA

1

- Pemanfaatan Drum Metal Bekas Non B3 untuk *Flare Deck* di Setiap Lokasi Pengeboran

2

- Pemanfaatan Limbah Kantin untuk Kegiatan Pakan Ternak dalam Budidaya Larva *Hermetia Illucens*

3

- Pengurangan (*Reduce*) Sampah Kertas dengan Print Bolak-Balik

4

- Inisiatif Pengurangan (*Reduce*) Penggunaan Air Minum Kemasan dengan *Tumblr*

1. Pemanfaatan Drum Metal Bekas Non B3 Untuk *Flare Deck* di Setiap Lokasi Pengeboran

Upaya mengurangi jumlah timbunan sampah dengan memanfaatkan kembali drum bekas sebagai *flare deck*. Program ini diterapkan mulai dari tahun 2017 di setiap lokasi pengeboran dan berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 sebanyak 26, 4 juta rupiah.



Gambar 28. Dokumentasi Program Pemanfaatan Drum Metal Bekas Non B3 untuk Flare Deck di Setiap Lokasi Pengeboran

Normalisasi Hasil Absolut program Pemanfaatan Drum Metal Bekas Non B3 untuk *Flare Deck* di Setiap Lokasi Pengeboran 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 34.

Tabel 34. Normalisasi Hasil Absolut Program Pemanfaatan Drum Metal Bekas Non B3 untuk *Flare Deck* di Setiap Lokasi Pengeboran Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	2,18	5,08	9,36	4,32	2,2	Ton
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	$0,208 \times 10^{-5}$	$0,450 \times 10^{-5}$	$0,822 \times 10^{-5}$	$0,355 \times 10^{-5}$	$0,373 \times 10^{-5}$	Ton/TOE

*Data hingga Juni 2021

2. Pemanfaatan Limbah Kantin untuk Kegiatan Pakan Ternak dalam Budidaya Larva *Hermetia Illucens*

Upaya pengolahan sampah organik dari limbah kantin menjadi pakan ternak dengan memanfaatkan larva *Hermetia Illucens*. Program ini bertujuan untuk mengurangi timbulan sampah makanan. Diterapkan mulai dari tahun 2017 dan berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 sebanyak 0,6 juta rupiah.



Gambar 29. Dokumentasi Program Pemanfaatan Limbah Kantin untuk Kegiatan Pakan Ternak dalam Budidaya Larva *Hermetia Illucens*

Normalisasi Hasil Absolut program Pemanfaatan Limbah Kantin untuk Kegiatan Pakan Ternak dalam Budidaya Larva *Hermetia Illucens* 5 Tahun Terakhir dapat dilihat pada Tabel 35.

Tabel 35. Normalisasi Hasil Absolut Program Pemanfaatan Limbah Kantin untuk Kegiatan Pakan Ternak dalam Budidaya Larva *Hermetia Illucens* Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	64,3	64,3	64,091	61,114	31,457	Ton
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	$6,12 \times 10^{-5}$	$5,70 \times 10^{-5}$	$5,63 \times 10^{-5}$	$5,03 \times 10^{-5}$	$5,34 \times 10^{-5}$	Ton/ TOE

*Data hingga Juni 2021

3. Pengurangan (*Reduce*) Sampah Kertas dengan *Print Bolak-Balik*

Upaya mengurangi jumlah timbulan sampah kertas dengan melakukan *print* bolak-balik. Program ini bertujuan untuk menghemat sumber daya alam yang akan digunakan sehingga sampah yang dihasilkan berkurang. Diterapkan mulai dari tahun 2017 dan berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 sebanyak 5,1 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut program Pengurangan Sampah Kertas dengan *Print Bolak – Balik* 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 36.

Tabel 36. Normalisasi Hasil Absolut Program Pengurangan Sampah Kertas dengan *Print Bolak – Balik* Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	1,905438	1,466265	1,0355	0,862332	0,431166	Ton
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	$0,18 \times 10^{-5}$	$0,13 \times 10^{-5}$	$0,09 \times 10^{-5}$	$0,07 \times 10^{-5}$	$0,07 \times 10^{-5}$	Ton/TOE

*Data hingga Juni 2021

4. Inisiatif Pengurangan (*Reduce*) Penggunaan Air Minum Kemasan dengan *Tumblr*

Upaya mengurangi jumlah timbulan sampah anorganik dari minuman kemasan dengan menggunakan *tumblr*. Program ini bertujuan untuk mengurangi jumlah timbulan sampah yang dihasilkan. Diterapkan mulai dari tahun 2017 dan berhasil menghemat anggaran dana pada tahun 2021 sebanyak 21 juta rupiah.

Normalisasi Hasil Absolut program Pengurangan Penggunaan Air Minum Kemasan dengan *Tumblr* 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 37.

Tabel 37. Normalisasi Hasil Absolut Program Pengurangan Penggunaan Air Minum Kemasan dengan *Tumblr* Tahun 2017 - 2021

	2017	2018	2019	2020	2021*	Satuan
Hasil Absolut	2,3	1,48	2,1	2,22	1,75	Ton
Total Produksi	1.049.903	1.129.052	1.138.781	1.215.513	589.127	TOE
Normalisasi	$0,22 \times 10^{-5}$	$0,13 \times 10^{-5}$	$0,18 \times 10^{-5}$	$0,18 \times 10^{-5}$	$0,30 \times 10^{-5}$	Ton/ TOE

*Data hingga Juni 2021



Gambar 30. Dokumentasi Program Pengurangan Penggunaan Air Minum
Kemasan dengan Tumbler

PENUTUP

Dengan tersusunnya Buku Implementasi Pengelolaan SDA Berkelanjutan Petrochina International Jabung LTD - Betara ini semoga dapat membantu Petrochina International Jabung LTD - Betara dalam meningkatkan transparansi dan demokratisasi upaya pengelolaan lingkungan.

Dalam kesempatan ini, sekali lagi penulis menyampaikan terima kasih atas kepercayaan yang diberikan untuk menyusun buku ini. Harapan kami, buku ini dapat memberi manfaat kepada pihak pengelola kawasan dan pembaca.

Penulis

DAFTAR PUSTAKA

- Ilman, Nur Ilyas, Winardi Dwi Nugraha, Sri Sumiyati. 2013. Penurunan Kadar TDS Pada Limbah Tahu Dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Biofilter Kerikil Hasil Letusan Gunung Merapi Dalam Bentuk Random. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rahmi, M Tambunan. 2019. Penentuan Kadar Sulfida Pada Air Limbah Outlet Di PDAM Tirtanadi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Cemara Medan Spektrofotometer DR 3900. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Panjaitan, Rikardo. 2019. Analisa Kadar Amonia (NH_3) Pada Air Limbah Domestik Di IPAL PDAM Tirtanadi Cemara. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sitanggang, Basatalenta. 2019. Penentuan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Air Sungai Percut Di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Secara Spektrofotometri Uv-Visible. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Safir, Valencia Maharani. 2017. Studi Literatur: Pengolahan Minyak dan Lemak Limbah Industri. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

ISBN 978-979-097-814-0



9 789790 978140