
ANALISIS FAKTOR PENGOLAHAN, PENGEMASAN, DAN PENGIRIMAN TERHADAP HARGA JASA PENGELOLAAN LIMBAH MERKURI

Kosario Mohammad Kautsar¹, Edison Cholia Sembiring², Sugiarto Cokroatmojo³
Universitas Sahid, Jakarta
kosario.m.kautsar@gmail.com¹, doktorcholia@gmail.com², sugiharto.hse@gmail.com³

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana pengolahan, pengemasan, dan pengiriman mempengaruhi harga layanan pengelolaan limbah merkuri, mengidentifikasi faktor paling dominan. Metodologi dalam penelitian ini menggunakan desain kuantitatif dengan analisis regresi Partial Least Squares (PLS) menggunakan Smart PLS 4.1.0.9. Data dikumpulkan dari empat operasi hulu minyak dan gas di Indonesia pada 2010-2022 untuk mengidentifikasi faktor dominan yang mempengaruhi harga jasa. Pengumpulan data pengelolaan limbah merkuri dilakukan di empat lokasi, dengan populasi awal 16 data unik sesuai kontrak, yang kemudian bertambah menjadi 43 setelah disesuaikan dengan periode pelaksanaan dan masa berlaku kontrak. Hasil analisis menunjukkan bahwa mengindikasikan pengolahan, pengemasan, dan pengiriman memiliki nilai-p kurang dari 0,05, yang menunjukkan semuanya mempengaruhi harga layanan secara signifikan. Di antara faktor tersebut, pengolahan memiliki t-statistik tertinggi sebesar 16,47, menjadikannya prediktor paling dominan terhadap layanan pengelolaan limbah merkuri.
Kata Kunci: **Pengolahan, Pengemasan, Pengiriman, Harga, Limbah Merkuri**

ABSTRACT

This study aims to analyze how processing, packaging, and shipping affect the price of mercury waste management services, identifying the most dominant factors. The methodology in this study uses a quantitative design with Partial Least Squares (PLS) regression analysis using Smart PLS 4.1.0.9. Data were collected from four upstream oil and gas operations in Indonesia in 2010-2022 to identify the dominant factors that affect service prices. Mercury waste management data collection was carried out in four locations, with an initial population of 16 unique data according to the contract, which then increased to 43 after being adjusted for the implementation period and contract validity period. The results of the analysis show that indicating processing, packaging, and shipping have a p-value of less than 0.05, indicating that all significantly affect service prices. Among these factors, processing has the highest t-statistic of 16.47, making it the most dominant predictor of mercury waste management services.
Keywords: Processing, Packaging, Shipping, Pricing, Mercury Waste

PENDAHULUAN

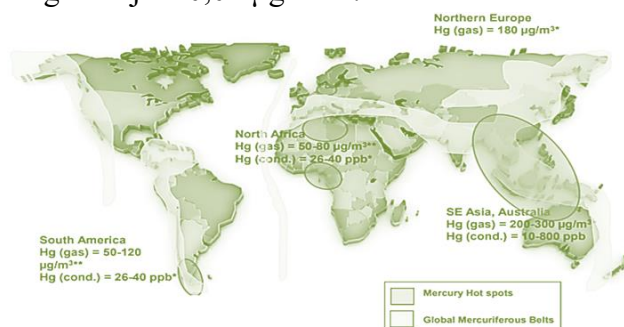
Merkuri merupakan logam yang biasa ditemukan berbentuk cair sehingga dikenal sebagai air raksa. Karena beracun, sulit terurai, dan terakumulasi dalam tubuh, sifatnya membahayakan kesehatan dan lingkungan. Keberadaannya di alam, bisa ditemukan di udara, tanah, air hingga dasar laut termasuk dalam rongga batuan reservoir minyak dan

gas bumi. Kegiatan yang memproduksi migas memiliki potensi sebagai pencemar merkuri terhadap lingkungan sekitarnya.

Berdasarkan penelitian (Maxson, 2019) yang dipaparkan dalam *International Conference on Mercury as a Global Pollutant* ke-14, akumulasi sebaran merkuri dalam batuan banyak ditemukan di kawasan Asia Tenggara yang membentang hingga Australia. Meningkatnya kegiatan produksi hulu migas di kawasan tersebut menjadikan penilaian risiko paparan merkuri terhadap manusia dan lingkungan semakin meningkat pula. Paparan merkuri pada manusia dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada sistem saraf, respirasi, pencernaan, imunitas, hati, ginjal, dan kulit (Rischer, Murray, & Prince, 2002).

Kecelakaan fasilitas di Skikda, Aljazair pada tahun 1957 disebabkan keberadaan merkuri di fasilitas penukar panas (*heat exchanger*) mengakibatkan semua fasilitas pengolahan gas alam cair (*liquefied natural gas*, disingkat LNG) harus dilengkapi dengan unit penyisihan merkuri (*mercury removal unit*, disingkat MRU) sebelum proses pencairan gas alam dilakukan (Carnell & Row, 2012).

Secara ekonomi, keberadaan merkuri sebagai pengotor dapat mempengaruhi kualitas produk. Hal tersebut akan berdampak pada harga gas dari dua sudut yaitu kadar pengotor atau tingkat keasaman gas yang merupakan ukuran dari laju korosivitas gas terhadap fasilitas produksi serta penyimpanan dan pengangkutannya (Ogwo, Mbeledogu, & Nwokedi, 2007). Menurut (Kidnay & Parish, 2006), merkuri adalah salah satu pengotor yang bisa mempengaruhi harga jual gas pipa atau LNG. Biasanya, tingkat merkuri dalam gas pipa harus dikurangi menjadi $0,01 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.



Gambar 1. Sebaran geografis kadar merkuri dari kegiatan usaha hulu minyak dan gas bumi dunia
Sumber: (Maxson, 2019)

Untuk mencapai spesifikasi penjualan gas pipa dan LNG, merkuri akan disisihkan dan tertahan di MRU sampai kondisi jenuh, dan dilakukan penggantian media MRU pada saat perawatan rutin fasilitas produksi dilakukan. Merkuri juga dapat ditemukan pada minyak bumi dan kondensat, yang akan terakumulasi di tangki penyimpanan sebelum dilakukan pengiriman kepada pembeli. Keberadaannya akan menurunkan mutu dan menyebabkan pengurangan harga jualnya.

Mengacu kepada Undang-undang Nomor 11 Tahun 2017 tentang Pengesahan *Minamata Convention on Mercury* (Konvensi Minamata Mengenai Merkuri) (Indonesia, Undang-undang Nomor 11 Tahun 2017, 2017), kemudian merujuk kepada Undang-undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja yang diturunkan ke dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan tata laksananya mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah B3, merkuri yang tertahan pada media MRU ataupun minyak yang mengendap di tangki penyimpanan tergolong limbah B3 dan harus dikelola secara spesifik. Pedoman teknis Konvensi Basel (United Nations Environment Programme, 1989) menetapkan keberadaan unsur ataupun senyawa merkuri, limbah yang mengandung unsur ataupun senyawa merkuri, dan limbah yang terkontaminasi unsur ataupun senyawa merkuri dikategorikan sebagai **limbah merkuri**.

Pengelolaan limbah merkuri dilakukan mengendalikan dampak terhadap kesehatan lingkungan kerja dan sekitarnya, juga untuk penataan peraturan, menjaga kehandalan fasilitas produksi dan menjaga kualitas spesifikasi produk. (Rahman & Thalib, 2018)

Limbah merkuri umumnya dihasilkan dilakkan kegiatan pemeliharaan yang mengganti media MRU yang sudah jenuh ataupun menguras endapan di dasar tangki penyimpanan untuk dikelola lebih lanjut. Kemampuan fasilitas yang ada di Indonesia saat ini hanya mampu mengolah limbah merkuri hingga konsentrasi 260 mg/kg (w/w) dengan teknologi solidifikasi dan *landfill*.

Untuk limbah merkuri dengan konsentrasi di atas 260 mg/kg (w/w), dapat diekspor ke fasilitas pengolahan di Jepang, Belanda, German, Swiss, Inggris ataupun Australia untuk diolah untuk tujuan pembuangan yang ramah lingkungan.

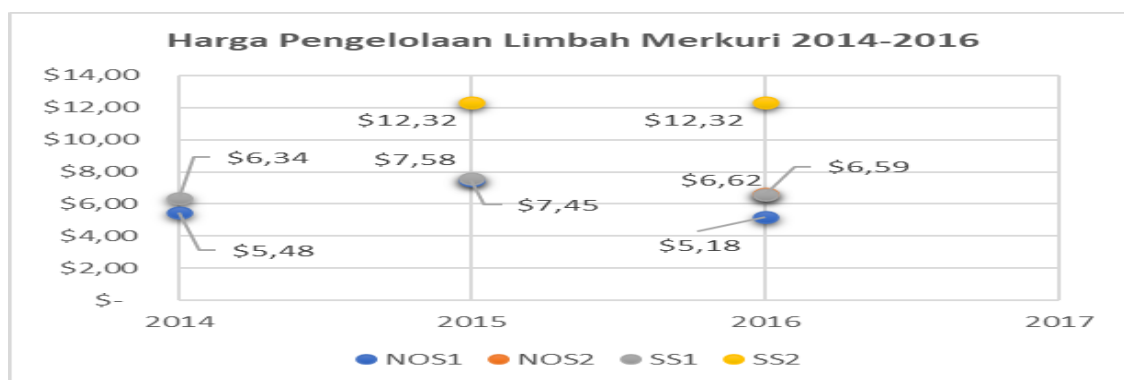
Seluruh rangkaian kegiatan jasa pengelolaan limbah merkuri terdiri atas kegiatan pengemasan (*packaging*) sejak dihasilkan, pengiriman (*shipment*) ke fasilitas pengolahan limbah merkuri untuk kemudian dilakukan pengolahan dengan tujuan pemusnahan ramah lingkungan sesuai pengaturan Pasal 11 dalam Konvensi Minamata (United Nations Environment Programme, 2019; Rachman, 2016).

Beragamnya harga jasa pengelolaan limbah merkuri yang harus dibayarkan kegiatan usaha hulu migas sebagai pelanggan sepanjang tahun 2014 hingga 2016, seperti data pada Tabel 1 dengan pola sebaran pada grafik di Gambar 2, menjadi sesuatu yang menarik untuk diteliti lebih jauh. Terlebih harga jasa pengelolaan limbah merkuri yang harus dibayarkan di dua lokasi berdekatan pada tahun 2016 dalam rentang panjang hingga lebih dari dua kali lipat (5,16 hingga 12,32-dolar Amerika Serikat per kilogram limbah merkuri yang dikemas). (Saleh, 2017)

Tabel 1. Perbedaan Harga Pengelolaan Limbah Mengandung Merkuri dalam Kurun Waktu Tahun 2014-2016 Dalam Satuan Dollar Amerika Serikat per Kilogram

No	Lokasi	Tahun		
		2014	2015	2016
1.	Lepas Pantai Natuna 1 (NOS_1)	5,48	7,45	5,18
2.	Lepas Pantai Natuna 2 (NOS_2)	-	-	6,62
3.	Darat Sumatera Selatan 1 (SS_1)	5,58	7,58	5,46
4.	Darat Sumatera Selatan 2 (SS_2)	-	12,32	12,32

Sumber: (Hasil Analisis, 2022)



Gambar 2. Grafik Perbedaan Harga Pengelolaan Limbah Merkuri yang Harus Dibayarkan
Sumber: (Hasil Analisis, 2022)

Tabel 2. Perhitungan Normalitas Data Harga Per Kilogram Pengelolaan Limbah Merkuri yang Dikemas Tahun 2014-2016

No.	x	f	z	$F_{(z)}$	$S_{(z)}$	$S_{(z)} - F_{(z)}$
1	7,45	1	0,425835	0,665	0,111	0,554
2	5,18	1	-0,11605	0,454	0,222	0,232
3	6,62	1	0,227701	0,590	0,333	0,257
4	7,58	1	0,456868	0,676	0,444	0,232
5	5,46	1	-0,04921	0,480	0,556	0,075
6	16,64	2	2,61963	0,996	0,778	0,218
7	5,48	1	-0,04443	0,482	0,889	0,407
8	5,58	1	-0,02056	0,492	1,000	0,508

Sumber: (Analisis Data, 2024)

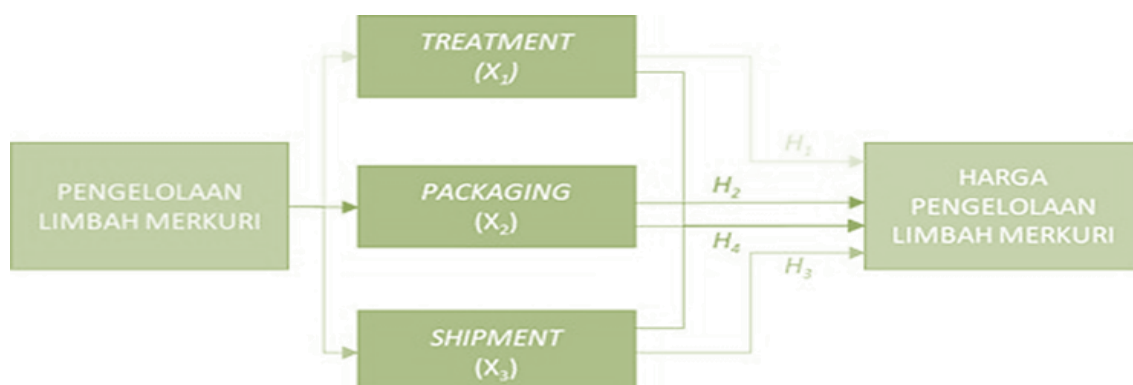
Keterangan:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 5,666 & L_v &= 0,554 \\ SD &= 4,189 & L_t &= 0,295 \end{aligned}$$

Dari analisis statistik di tahap awal, hasil Uji Normalitas Data Liliefors pada Tabel 2 diperoleh nilai $L_v > L_t$. Dapat disimpulkan bahwa harga pengelolaan limbah merkuri tidak terdistribusi normal. Keberagaman harga yang harus dibayarkan untuk jasa

pengelolaan limbah merkuri menjadi menarik untuk dikaji penyebabnya, faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan harga tersebut dan seberapa signifikan pengaruhnya. Berdasarkan pendahuluan, penelitian sebelumnya, dan kerangka konseptual di atas, hipotesis berikut dirumuskan:

- H₁ : Harga pengolahan (*treatment*) mempengaruhi pembentukan harga pengelolaan limbah merkuri.
- H₂ : Harga pengemasan (*packaging*) limbah mempengaruhi pembentukan harga pengelolaan limbah merkuri.
- H₃ : Harga pengiriman (*shipment*) akan mempengaruhi pembentukan harga pengelolaan limbah.
- H₄ : Harga pengolahan (*treatment*), pengemasan (*packaging*), dan pengiriman (*shipment*) mempengaruhi pembentukan harga pengelolaan limbah merkuri.



Gambar 3. Kerangka Pemikiran Penelitian Pengelolaan Limbah Merkuri

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif, mengumpulkan data dari empat operasi hulu minyak dan gas di Indonesia selama periode 2010-2022. Metodologi yang digunakan adalah analisis regresi partial least squares (PLS) dengan aplikasi Smart PLS 4.1.0.9 untuk mengidentifikasi faktor yang paling dominan mempengaruhi harga jasa tersebut. Kegiatan pengumpulan data pengelolaan limbah merkuri dilakukan di empat lokasi, dengan populasi 16 data unik sesuai kontrak yang berlaku. Setelah dicacah sesuai tata waktu pelaksanaannya dan masa berlaku kontrak jasa pengelolaan, populasi menjadi 43. Data dikumpulkan secara retrospektif dari catatan internal perusahaan dan database industri, mencakup informasi mengenai aktivitas pengolahan, pengemasan, dan pengiriman limbah. Analisis dilakukan menggunakan PLS regression untuk mengevaluasi pengaruh relatif dari pengolahan, pengemasan, dan pengiriman terhadap harga jasa pengelolaan limbah merkuri. Pemrosesan data termasuk evaluasi hipotesis statistik dan pengujian model regresi untuk memvalidasi pengaruh variabel independen

terhadap variabel dependen. Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan wawasan mengenai faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi harga layanan pengelolaan limbah merkuri, dengan menekankan pada dominasi faktor pengolahan sebagai prediktor utama.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Statistik Deskriptif

Dari hasil sensus di lokasi penelitian, perhitungan rata-rata harga pengelolaan limbah merkuri bisa didekatkan dengan perhitungan langsung atau dengan perhitungan tahunan. Perhitungan langsung akan memperoleh harga sebesar USD 8,34/kg, dengan harga tertinggi sebesar USD 16,88/kg di Natuna Offshore 2 untuk periode 2020-2022, sedangkan hargaterendah sebesar US\$5,01/kg di Natuna Offshore 2.

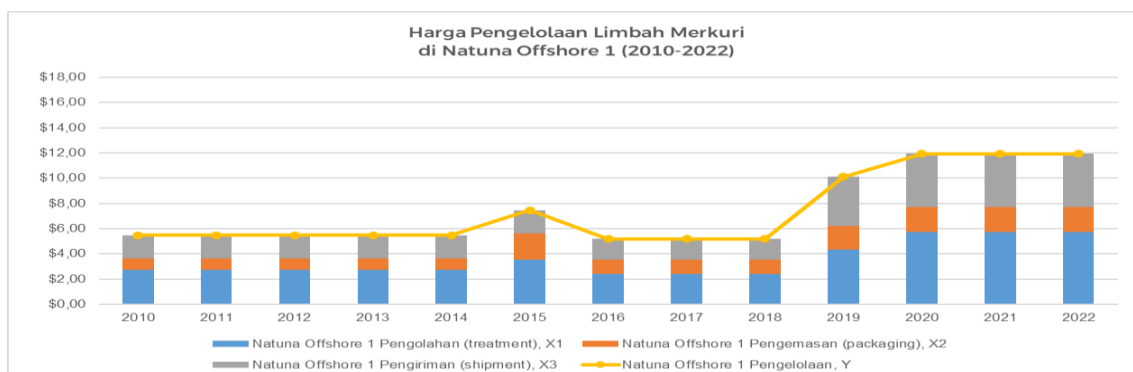
Tabel 3. Statistik deskriptif kegiatan pengelolaan limbah merkuri di kegiatan usaha hulu minyak dan gas bumi periode 2010-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

Parameter	Pengolahan (<i>treatment</i>), X_1	Pengemasan (<i>packaging</i>), X_2	Pengiriman (<i>shipment</i>), X_3	Pengelolaan, Y
<i>Average</i>	3,84	1,62	2,87	8,34
<i>Maximum</i>	9,63	3,16	6,38	16,88
<i>Minimum</i>	2,40	0,91	1,25	5,01
<i>Std Deviation</i>	1,98	0,76	1,77	3,33

Berdasarkan sensus di masing-masing lokasi timbunan merkuri sepanjang 2010 hingga 2022 akan dideskripsikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Kegiatan pengelolaan limbah merkuri di Natuna Offshore 1 periode 2010-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

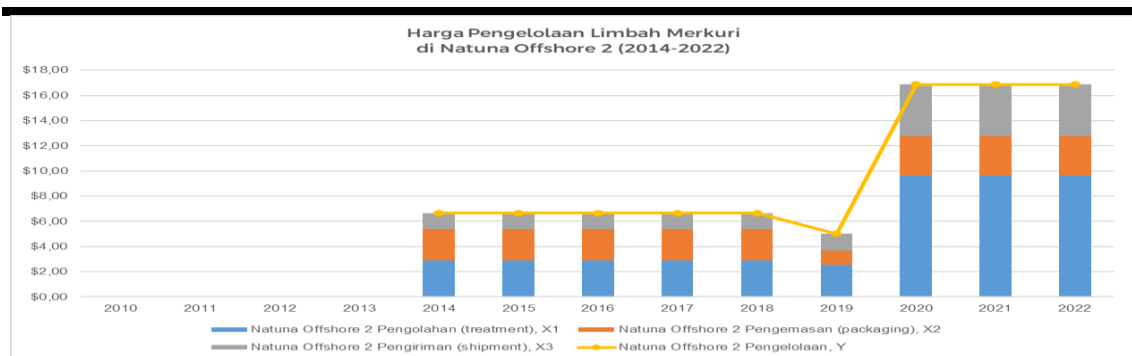
No	Tahun	Natuna Offshore 1			
		Pengolahan (<i>treatment</i>), X_1	Pengemasan (<i>packaging</i>), X_2	Pengiriman (<i>shipment</i>), X_3	Pengelolaan, Y
1	2010	2,72	0,92	1,84	5,48
2	2011	2,72	0,92	1,84	5,48
3	2012	2,72	0,92	1,84	5,48
4	2013	2,72	0,92	1,84	5,48
5	2014	2,72	0,92	1,84	5,48
6	2015	3,55	2,08	1,82	7,45
7	2016	2,40	1,14	1,64	5,18
8	2017	2,40	1,14	1,64	5,18
9	2018	2,40	1,14	1,64	5,18
10	2019	4,32	1,9	3,88	10,10
11	2020	5,75	1,96	4,23	11,94
12	2021	5,75	1,96	4,23	11,94
13	2022	5,75	1,96	4,23	11,94
<i>Average</i>		3,53	1,38	2,50	7,41
<i>Maximum</i>		5,75	2,08	4,23	11,94
<i>Minimum</i>		2,40	0,92	1,64	5,18
<i>Std Deviation</i>		1,32	0,48	1,10	2,81



Gambar 4. Harga pengelolaan limbah merkuri di Natuna Offshore 1 periode 2010-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

Tabel 5. Kegiatan pengelolaan limbah merkuri di Natuna Offshore 2 periode 2014-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

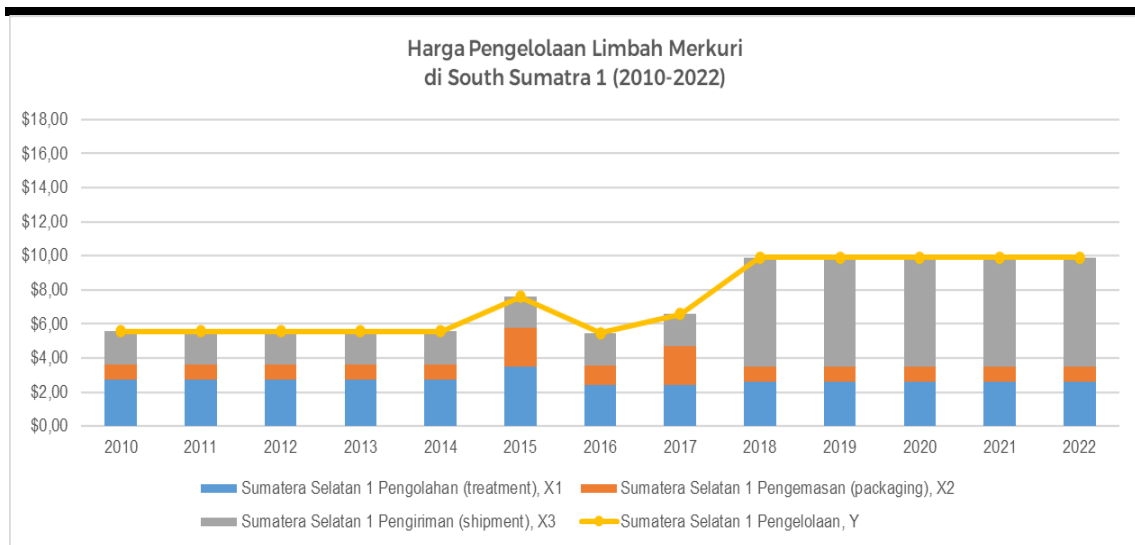
No	Tahun	Natuna Offshore 2			
		Pengolahan (treatment), X_1	Pengemasan (packaging), X_2	Pengiriman (shipment), X_3	Pengelolaan, Y
1	2010	-	-	-	-
2	2011	-	-	-	-
3	2012	-	-	-	-
4	2013	-	-	-	-
5	2014	2,89	2,51	1,25	6,65
6	2015	2,89	2,51	1,25	6,65
7	2016	2,89	2,51	1,25	6,65
8	2017	2,89	2,51	1,25	6,65
9	2018	2,89	2,51	1,25	6,65
10	2019	2,56	1,10	1,35	5,01
11	2020	9,63	3,16	4,09	16,88
12	2021	9,63	3,16	4,09	16,88
13	2022	9,63	3,16	4,09	16,88
	Average	5,10	2,57	2,21	9,88
	Maximum	9,63	3,16	4,09	16,88
	Minimum	2,56	1,10	1,25	5,01
	Std Deviation	3,20	0,60	1,33	4,98



Gambar 5. Harga pengelolaan limbah merkuri di Natuna Offshore 2 periode 2014-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

Tabel 6. Kegiatan pengelolaan limbah merkuri di Sumatra Selatan periode 2010-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

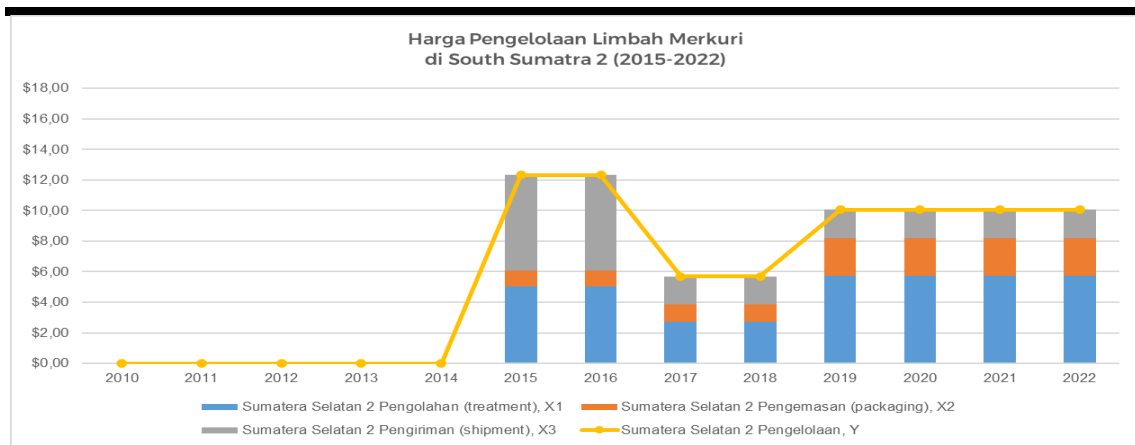
No	Tahun	Sumatera Selatan 1			
		Pengolahan (treatment), X_1	Pengemasan (packaging), X_2	Pengiriman (shipment), X_3	Pengelolaan, Y
1	2010	2,72	0,92	1,94	5,58
2	2011	2,72	0,92	1,94	5,58
3	2012	2,72	0,92	1,94	5,58
4	2013	2,72	0,92	1,94	5,58
5	2014	2,72	0,92	1,94	5,58
6	2015	3,51	2,24	1,83	7,58
7	2016	2,40	1,14	1,92	5,46
8	2017	2,40	2,27	1,92	6,59
9	2018	2,60	0,91	6,38	9,89
10	2019	2,60	0,91	6,38	9,89
11	2020	2,60	0,91	6,38	9,89
12	2021	2,60	0,91	6,38	9,89
13	2022	2,60	0,91	6,38	9,89
Average		2,69	1,14	3,64	7,46
Maximum		3,51	2,27	6,38	9,89
Minimum		2,40	0,91	1,83	5,46
Std Deviation		0,26	0,48	2,17	2,00



Gambar 6. Harga pengelolaan limbah merkuri di Sumatera Selatan 1 periode 2010-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

Tabel 7. Kegiatan pengelolaan limbah merkuri di Sumatra Selatan 2 periode 2015-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

No	Tahun	Sumatera Selatan 2			
		Pengolahan (treatment), X_1	Pengemasan (packaging), X_2	Pengiriman (shipment), X_3	Pengelolaan, Y
1	2010	0	0	0	0
2	2011	0	0	0	0
3	2012	0	0	0	0
4	2013	0	0	0	0
5	2014		0	0	0
6	2015	5,05	1,02	6,26	12,33
7	2016	5,05	1,02	6,26	12,33
8	2017	2,7	1,13	1,87	5,7
9	2018	2,7	1,13	1,87	5,7
10	2019	5,75	2,44	1,87	10,06
11	2020	5,75	2,44	1,87	10,06
12	2021	5,75	2,44	1,87	10,06
13	2022	5,75	2,44	1,87	10,06
	Average	2,96	1,08	1,83	5,87
	Maximum	5,75	2,44	6,26	12,33
	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00
	Std Deviation	2,54	1,01	2,08	5,01

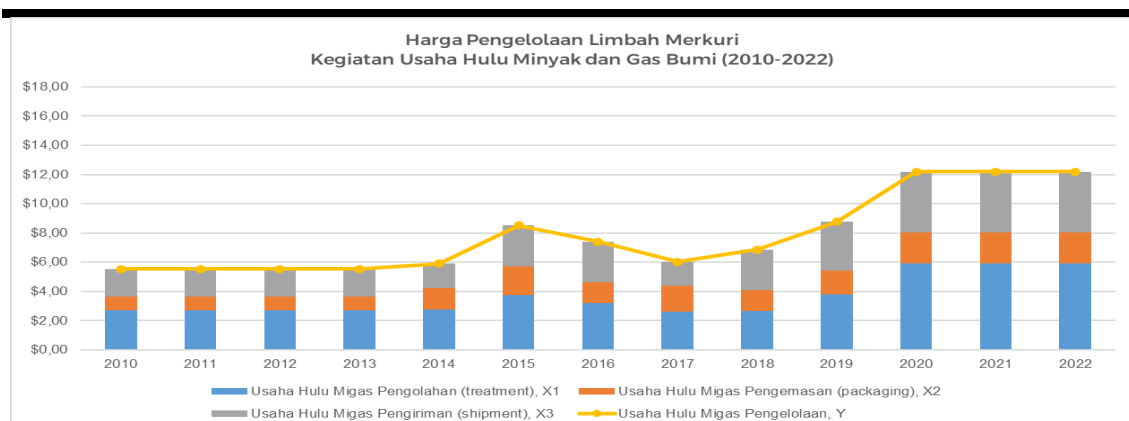


Gambar 7. Harga pengelolaan limbah merkuri di Sumatera Selatan 2 periode 2015-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

Berdasarkan sensus di masing-masing lokasi timbunan merkuri sepanjang 2010 hingga 2022, akan diperoleh harga rata-rata tahun atas jasa pengelolaan limbah merkuri di kegiatan usaha hulu migas yang berbeda dengan pendekatan perhitungan langsung dan dijabarkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 8. Kegiatan pengelolaan limbah merkuri di kegiatan usaha hulu migas periode 2010-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

No	Tahun	Usaha Hulu Migas			
		Pengolahan (treatment), X_1	Pengemasan (packaging), X_2	Pengiriman (shipment), X_3	Pengelolaan, Y
1	2010	2,72	0,92	1,89	5,53
2	2011	2,72	0,92	1,89	5,53
3	2012	2,72	0,92	1,89	5,53
4	2013	2,72	0,92	1,89	5,53
5	2014	2,78	1,45	1,68	5,90
6	2015	3,75	1,96	2,79	8,50
7	2016	3,19	1,45	2,77	7,41
8	2017	2,60	1,76	1,67	6,03
9	2018	2,65	1,42	2,79	6,86
10	2019	3,81	1,59	3,37	8,77
11	2020	5,93	2,12	4,14	12,19
12	2021	5,93	2,12	4,14	12,19
13	2022	5,93	2,12	4,14	12,19
Average		3,65	1,51	2,70	7,86
Maximum		5,93	2,12	4,14	12,19
Minimum		2,60	0,92	1,67	5,53
Std Deviation		1,31	0,46	0,94	2,60

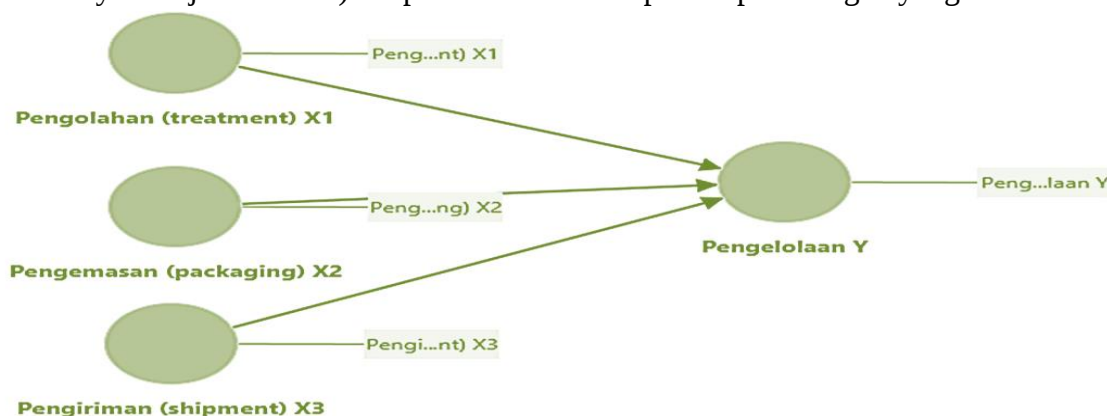


Gambar 8. Harga pengelolaan limbah merkuri di kegiatan usaha hulu migas periode 2015-2022 dalam satuan Dollar Amerika Serikat per kilogram

Saat kegiatan pengelolaan limbah merkuri pertama kali dilakukan di Natuna Offshore 2 tahun 2014 dan Sumatera Selatan 2 tahun 2015 terjadi lonjakan harga pengelolaan, kemudian terjadi normalisasi, dan harga mulai meningkat sejak 2018 dan stabil sejak tahun 2020.

Unit Analisis

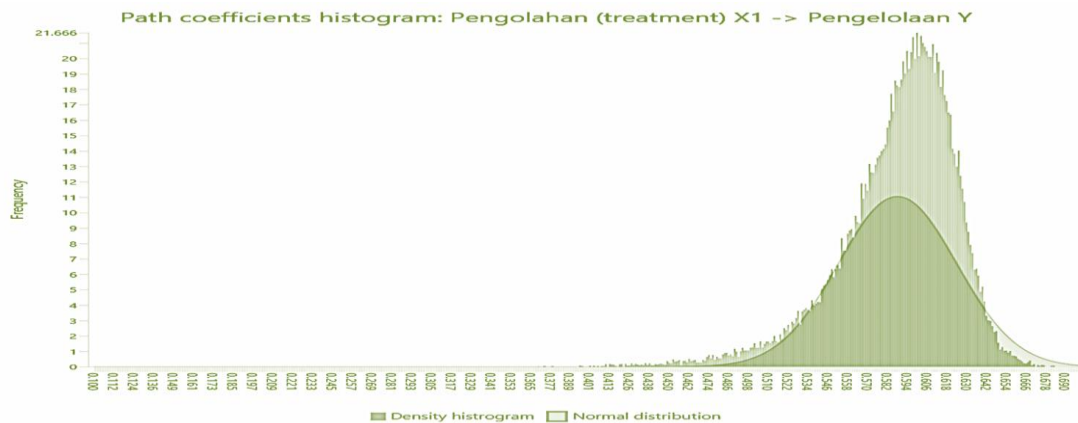
Untuk mengetahui apakah harga pengolahan (*treatment*), pengemasan (*packaging*), dan pengiriman (*shipment*) mempengaruhi pembentukan harga pengelolaan limbah merkuri, dilakukan melalui pengujian regresi PLS menggunakan aplikasi Smart PLS 4.1.0.9. Karena keterbatasan data (*unique* = 16 dan sesudah diinterpolasi sesuai masa berlakunya menjadi 43 data) tetap tidak bisa mendapatkan perhitungan yang memadai.



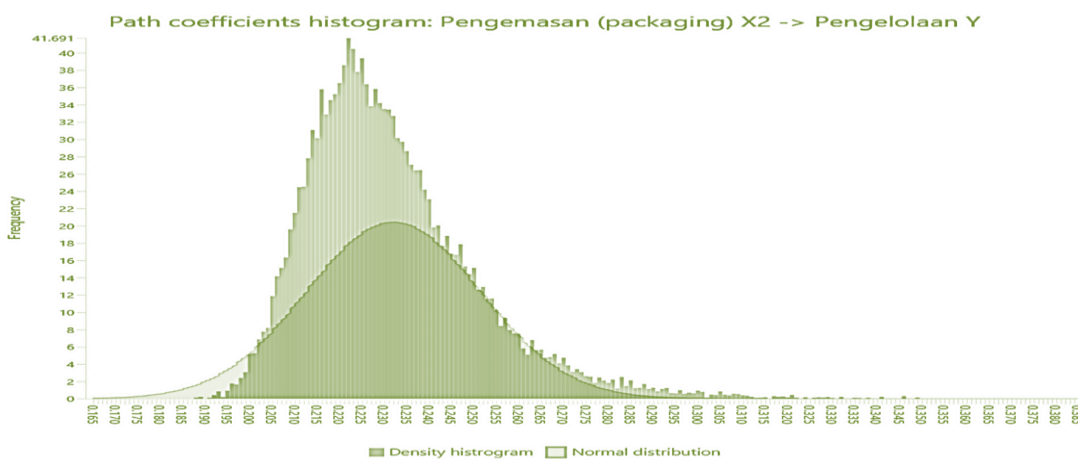
Gambar 9. Penggunaan aplikasi **Smart PLS 4.1.0.9**, kalkulasi dengan **bootstrapping** dan penambahan sub-data sebanyak 50.000

Kelebihan penggunaan aplikasi seperti ini, bisa ditambahkan variabel laten (sub data), dimana saat dilakukan *bootstrapping* ditetapkan dengan penambahan 50.000 data

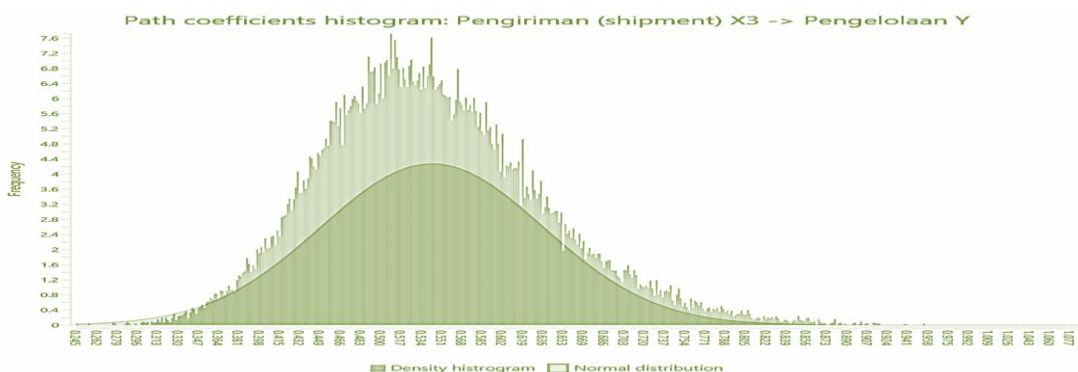
sehingga bisa diperoleh hasil normalisasi yang dapat digambarkan dengan histogram berikut ini.



Gambar 10. Histogram dan Kemencengan Pengolahan (X_1) terhadap Pengelolaan (Y)



Gambar 11. Histogram dan Kemencengan Pengemasan (X_2) terhadap Pengelolaan (Y)



Gambar 12. Histogram dan Kemencengan Pengiriman (X_3) terhadap Pengelolaan (Y)

Tabel 9. Hasil simulasi regresi PLS menggunakan aplikasi Smart PLS 4.1.0.9

	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation	T statistics (O/STDEV)	P values
Pengolahan (treatment) X1->Pengelolaan Y	0,594623272	0,588216615	0,036096299	16,47324752	5,68434E-14
Pengemasan (packaging) X2->Pengelolaan Y	0,228922412	0,232070297	0,019533653	11,71938551	5,68434E-14
Pengiriman (shipment) X3->Pengelolaan Y	0,532161508	0,542544785	0,093478138	5,692898045	1,25644E-08

Karena variabel bebas (X_1 , X_2 , X_3) merupakan fungsi komputasi terhadap variabel terikat (Y) dan secara statistik terbukti ($p\text{-value} < 0,5$) untuk masing-masing variabel X_1 , X_2 , X_3 , maka berpengaruh signifikan terhadap harga pengelolaan merkuri (Y).

1. Pengolahan (X_1) berpengaruh signifikan terhadap harga pengelolaan (Y) karena mempunyai nilai ($p\text{-value} < 0,05$) dan memiliki nilai t statistic paling besar ($t\text{-stat} = 16,47$). Pengujian hipotesis H_1 menyimpulkan pengolahan (X_1) mempengaruhi harga pengelolaan (Y) secara signifikan.
2. Pengemasan (X_2) berpengaruh signifikan terhadap harga pengelolaan (Y) karena mempunyai nilai ($p\text{-value} < 0,05$) dan memiliki nilai t statistic lebih kecil ($t\text{-stat} = 11,72$). Pengujian hipotesis H_2 menyimpulkan pengemasan (X_2) mempengaruhi harga pengelolaan (Y) secara signifikan.
3. Pengiriman (X_3) berpengaruh signifikan terhadap harga pengelolaan (Y) karena mempunyai nilai ($p\text{-value} < 0,05$) dan tapi mempunyai nilai t statistic lebih rendah ($t\text{-stat} = 5,69$) dibandingkan dengan X_1 dan X_2 . Pengujian hipotesis H_3 menyimpulkan pengiriman (X_3) mempengaruhi harga pengelolaan (Y) secara signifikan.
4. Pengolahan (X_1) berpengaruh paling signifikan terhadap harga pengelolaan (Y) karena mempunyai nilai ($p\text{-value} < 0,05$) dengan nilai t statistic paling besar ($t\text{-stat} = 16,47$). Pengujian hipotesis H_4 menyimpulkan pengolahan (X_1) mempengaruhi harga pengelolaan (Y) paling signifikan dibandingkan dengan X_1 dan X_2 .

SIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa faktor-faktor pengolahan (X_1), pengemasan (X_2), dan pengiriman (X_3) berpengaruh signifikan terhadap harga pengelolaan limbah merkuri (Y). Dari ketiga variabel tersebut, pengolahan (X_1) memiliki pengaruh paling dominan berdasarkan analisis statistik. Pemberlakuan Minamata Convention sejak 2018 berkontribusi terhadap kenaikan harga pengelolaan limbah merkuri. Adanya kondisi anomali terindikasi terjadi di wilayah Sumatera Selatan 1, yang disebabkan jenis limbah yang miskin perolehan kembali merkuri yang menekan harga pengolahan (X_1) dan tingginya biaya transportasi (X_3).

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan analisis lebih mendalam terhadap anomali data yang ditemukan guna memahami kondisi operasional pengelolaan limbah merkuri dengan lebih baik. Selain itu, sinergi dalam pengelolaan limbah melalui pengembangan kontrak bersama atau pemanfaatan fasilitas bersama perlu dikaji untuk meningkatkan efisiensi biaya. Penelitian ini memiliki keterbatasan, sehingga masukan dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Carnell, P. J., & Row, V. A. (2012). *A Re-think of the Mercury Removal Problem for LNG Plants*. London: John Matthey Catalyst, part of Johnson Matthey Plc.
- Indonesia, R. (2017). Undang-undang Nomor 11 Tahun 2017. *Pengesahan Minamata Convention on Mercury (Konvensi Minamata Mengenai Merkuri)*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Kidnay, A. J., & Parish, W. R. (2006). *Fundamentals of Natural Gas Processing*. Boca Hanton, FL: CRC Press.
- Maxson, P. (2019). *Mercury in Natural Gas*. Krakow, Poland: ICMGP.
- Ogwo, O. U., Mbeledogu, I. U., & Nwokedi, M. (2007). Equitable Gas Pricing Model, SPE Paper 111897. *Society Petroleum Engineers*, .
- Rachman, E. (2016). Pengelolaan Usaha Produksi Ikan Asin Dalam Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Nelayan Di Desa Kalumbatan Kecamatan Totikum Selatan Kabupaten Banggai Kepulauan. *Publik: Jurnal Manajemen Sumber Daya Manusia Administrasi dan Pelayanan Publik*, Vol. 3 No.2.
- Rahman, E., & Thalib, T. (2018). Efektivitas Pemanfaatan Program Bantuan Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal (IPAL Komunal) Di Desa Molingkapoto Selatan Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara. *Publik: Jurnal Manajemen Sumber Daya Manusia, Administrasi dan Pelayanan Publik*, Vol. 5 No.2.
- Rischer, J. F., Murray, E., & Prince, G. R. (2002). Organic Mercury Compounds: Human Exposure and Its Relevance to Public Health. *Journal of Toxicology and Industrial Health*, 8(3), 109-160.
- Saleh, R. (2017). Pengelolaan Usaha Penyediaan Air Isi Ulang di Depot AQUA Rest Desa Cisadane Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara. *PUBLIK: Jurnal Manajemen Sumber Daya Manusia, Administrasi dan Pelayanan Publik*, IV(1).

United Nations Environment Programme. (1989). *Basel Convention on the Control of Transboundary Movement of Hazardous Waste and Their Disposal*. Basel, Suisse: UNEP Press.

United Nations Environment Programme. (2019). *Minamata Convention on Mercury, Text and Annexes*. Basel, Suisse: UNEP Press.