

Analisis Kebocoran *Heat Exchanger* 5 di PPSDM Migas

Ahmad Satrio¹, Evan Mika Subnafeu², Rahmanto Widiyantoro³

¹ Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

² Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

³ Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi, PPSDM Migas

INFORMASI NASKAH

Diterima : 14 November 2022
Direvisi : 24 November 2022
Disetujui : 29 November 2022
Terbit : 30 November 2022

Email korespondensi:
rwidiyantoro88@gmail.com

Laman daring:
[https://doi.org/10.37525/
mz/2022-2/401](https://doi.org/10.37525/mz/2022-2/401)

ABSTRAK

PPSDM Migas memiliki kilang minyak berkapasitas 600 m³ per hari dimana *crude oil* yang diproduksi akan menghasilkan berbagai macam produk, seperti pertasol CA, pertasol CB, pertasol CC, naphta, solar, dan residu. Salah satu unit operasi yang digunakan dalam proses produksi ini adalah *heat exchanger* yang bertujuan untuk meminimalisasi penggunaan bahan bakar pada proses pemanasan *furnace*. Dari lima *heat exchanger* yang ada di lapangan, terdapat kerusakan di salah satu *heat exchanger*, yakni HE-05. Oleh karena itu, dilakukan analisis mengenai penyebab kerusakan HE-05 dengan metode penelitian berupa studi lapangan dan studi pustaka, seperti pengambilan data kondisi operasi di *Distributed Control System* (DCS) dan secara langsung di lapangan menggunakan *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID) sehingga dapat menghitung *overall mechanical energy balance*.

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa kandungan *water content* di dalam *crude oil* melebihi ambang batas (< 0,7%) sebesar 5,5%. *Water content* yang tinggi akan memengaruhi fraksi uap dari *crude oil* yang berakibat pada kenaikan tekanan operasi. Kemudian, *safety valve* yang berada di *stabilizer* tidak berfungsi sehingga gasket dari HE-5 tidak mampu menahan tekanan yang tinggi pada kejadian tersebut. Selain itu, pembacaan sensor tekanan dan suhu yang tidak akurat menyebabkan telatnya operator dalam menanggulangi kejadian tersebut.

Kata kunci: *Crude oil, heat exchanger, water content*

ABSTRACT

PPSDM Migas has an oil refinery with an installed capacity of 600 m³ daily. The crude oil processed in processing produces various products, namely pertasol CA, pertasol CB, pertasol CC, diesel, and residue. One of the pieces of equipment used in this process is a heat exchanger, which functions to exchange heat to minimize the use of fuel in the heating process in the furnace. There are five heat exchangers in the field, one of which is damaged in heat exchanger 05 (HE-05). Therefore, research and analysis were carried out regarding the causes of HE-05 damage using research methods in the form of field studies and literature studies, such as data collection on operating conditions in the Distributed Control System (DCS) and directly in the field using Piping & Instrumentation Diagrams (P&ID) so that can calculate the overall mechanical energy balance.

Based on the results of the analysis, it can be concluded that the water content in the processed crude oil exceeds the threshold (<0.7%) by 5.5%. The high water content will affect the vapor fraction of crude oil, resulting in a significant increase in operating pressure. Meanwhile, the safety valve in the stabilizer does not function, so the gasket of the HE-5 is unable to withstand the high pressure in these conditions. In addition, inaccurate pressure and temperature sensor readings on the DCS caused the operator to experience delays in responding to the incident.

Keywords: Crude oil, heat exchanger, water content

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kilang PPSDM Migas merupakan salah satu kilang tertua yang ada di Indonesia. Dengan status tersebut, peralatan operasi yang terpasang tergolong memiliki usia cukup tua, sehingga proses perawatan tidak berlangsung dengan maksimal karena beberapa komponen pada peralatan operasi yang sudah sulit untuk dicari suku cadang di agen atau distributornya. Sehingga, beberapa peralatan operasi tidak terpasang sesuai standar yang berlaku. Hal ini menyebabkan sering terjadi kerusakan pada peralatan operasi, salah satunya adalah *heat exchanger*. Kilang PPSDM Migas memiliki lima *heat exchanger*, yaitu HE-01, HE-02, HE-03, HE-04, dan HE-05. Dari kelima HE tersebut, hanya HE-02, HE-3, dan HE-05 yang dapat beroperasi dengan baik. Hal ini dikarenakan tube pada HE-01 dan shell pada HE-04 mengalami kerusakan. Dengan adanya kerusakan pada dua HE menyebabkan pemanfaatan panas dari produk hasil pengolahan menjadi berkurang dan membutuhkan utilitas seperti *fuel oil* yang lebih banyak pada *furnace* agar dapat mencapai suhu *crude oil* yang sesuai dengan kondisi operasi pada saat proses separasi di kolom.

Pada tanggal 2 Juli 2020 jam 18.20,

terjadi kerusakan pada HE-05. Hipotesis yang dikemukakan oleh salah satu operator, kerusakan ini terjadi disebabkan oleh *overpressure* yang mengakibatkan lepasnya gasket, sehingga kebocoran tidak dapat dihindarkan. Kerusakan ini kemudian diantisipasi dengan ditutupnya *valve* yang berada di sebelum HE-05 dan dilakukannya proses *bypass* dari HE-03 menuju *stabilizer* dan proses produksi kembali normal. Keesokan harinya, massa jenis dan kandungan air di dalam *crude oil* diuji dan ditemukan bahwa massa jenis dari *crude oil* meningkat drastis dan kandungan air yang melebihi ambang batas maksimum.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian analisis kebocoran HE-05 adalah sebagai berikut:

1. Apakah kandungan air yang melebihi standar merupakan satu-satunya faktor yang memungkinkan terjadinya kerusakan pada HE-05?
2. Apakah terdapat faktor lain yang memengaruhi terjadinya kerusakan pada HE-05 selain kandungan air yang melebihi standar?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pelaksanaan penelitian dan analisis

ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan *Heat Exchanger* dan pengaruh terhadap proses pengolahan minyak mentah di Kilang PPSDM Migas.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian dan analisis ini adalah hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat dijadikan referensi untuk standard keamanan operasional *Heat Exchanger* di Kilang PPSDM Migas.

E. Lingkup Permasalahan

Ruang lingkup permasalahan berada di kawasan PPSDM Migas, meliputi kilang & utilitas, laboratorium, *workshop*, dan perkantoran.

F. Tinjauan Pustaka

1) Overall Energy Balance

Overall energy balance merupakan persamaan yang didapatkan dari persamaan konservasi energi dan hukum pertama termodinamika. Tidak hanya neraca massa, neraca energi juga ditinjau dari kontrol volumenya.

Energi yang berada di dalam sistim dibagi menjadi tiga, yaitu energi potensial (zg), energi kinetik ($\frac{v^2}{2}$), dan energi dalam (U). Sehingga energi total fluida per satuan massa adalah

$$E = U + \left(\frac{v^2}{2}\right) + zg \dots\dots\dots(A.1)$$

J. M. Smith dkk, 2005

Laju akumulasi energi diantara kontrol volume V adalah

$$\left(\frac{\text{rate of energy accumulation}}{\text{in control volume}}\right) = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \left(U + \frac{v^2}{2} + zg\right) \rho dV$$

..... (A.2) J. M. Smith dkk, 2005

Selanjutnya laju energi masuk dan keluar juga dikaitkan dengan massa di dalam kontrol volume. Massa yang ditambah atau dilepas dari sistem membawa energi dalam, kinetik, dan potensial. Selain energi, kerja juga dilakukan oleh fluida karena mengalir masuk dan keluar kontrol volume. Kerja dan energi dalam dapat dikombinasikan menjadi entalpi dengan persamaan sebagai berikut: $H = U + pV$ (A.3) J. M. Smith dkk, 2005

Untuk setiap satuan luas dA yang berada di *control surface*, didapatkan laju energi efflux bersih $\left(H + \frac{v^2}{2} + zg\right) (\rho v) (\cos\alpha dA)$ dimana $(\cos\alpha dA)$ adalah luas dA yang diproyeksikan terhadap vektor kecepatan v dan α adalah sudut antara vektor kecepatan dengan gaya normal arah keluar sistim n . Kemudian persamaan ini diintegrasikan terhadap *control surface* sehingga didapatkan:

$$\left(\frac{\text{net energy efflux}}{\text{from control volume}}\right) = \iint_A \left(H + \frac{v^2}{2} + zg\right) (\rho v) \cos\alpha dA$$

..... (A.4) J. M. Smith dkk, 2005

Kemudian kami menjelaskan mengenai kalor dan kerja yang melewati batas tanpa perpindahan massa. Nilai q adalah kalor yang ditransfer tiap waktu dikarenakan perbedaan suhu. Sedangkan \dot{W}_s adalah energi per satuan waktu yang diidentifikasi dengan *rotating shaft* melewati *control surface*. Sehingga persamaan *total energy balance* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\iint_A \left(H + \frac{v^2}{2} + zg\right) (\rho v) \cos\alpha dA + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \left(U + \frac{v^2}{2} + zg\right) \rho dV = q - \dot{W}_s$$

..... (A.5) J. M. Smith dkk, 2005

2) Gas Non-Ideal

Pada kenyataannya, gas sulit dipertahankan pada kondisi ideal dikarenakan molekul-molekul memiliki kecenderungan untuk melepaskan gaya atraktif dan repulsif serta volume dari tiap partikel senyawa yang berbeda. Oleh karena itu, para ilmuwan mengembangkan beberapa pendekatan seperti persamaan virial dan *compressibility factor* (Z). Dari kedua pendekatan tersebut, dihasilkan sebuah persamaan yang disebut *generic cubic equations of state*. Persamaan tersebut direpresentasikan sebagai berikut:

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{(V+\epsilon b)(V+\sigma b)} \dots\dots\dots$$

.. (A.6) J. M. Smith dkk, 2005

Persamaan ini dapat diaplikasikan ke dalam beberapa-beberapa *equation of state* (EOS) bergantung kepada jenis fluidanya. Parameter dari beberapa EOS dapat dilihat di tabel berikut ini:

Tabel 1. Parameter Equations of State

Eqn. Of state	$\alpha(T_r)$	σ	ϵ	Ω	Ψ	Z_c
vdW	1	0	0	1/8	27/64	3/8
RK	$T_r^{-1/2}$	1	0	0.08664	0.42748	1/3
SRK	$\dagger\alpha_{\text{SRK}}(T_r; \omega)$	1	0	0.08664	0.42748	1/3
Pr	$\ddagger\alpha_{\text{PR}}(T_r; \omega)$	$1 + \sqrt{2}$	$1 - \sqrt{2}$	0.07780	0.45724	0.30740

$\dagger\alpha_{\text{SRK}}(T_r; \omega) = [1 + (0.480 + 1.574 \omega - 0.176 \omega^2)(1 - T_r^{1/2})]^2$
 $\ddagger\alpha_{\text{PR}}(T_r; \omega) = [1 + (0.37464 + 1.54226 \omega - 0.26992 \omega^2)(1 - T_r^{1/2})]^2$

3) Mechanical Energy Balance

Mechanical-energy balance merupakan turunan dari total energy balance yang berguna untuk menghitung energi yang dihasilkan ketika suatu fluida mengalir. Kelebihan dari mechanical-energy balance terdapat pada energi mekaniknya yang dapat dikonversi secara langsung dengan hampir sempurna menjadi kerja. Berbeda dengan total energy balance yang pada umumnya terdapat entalpi dan energi dalam. Kedua energi tersebut menghasilkan kalor yang tidak dapat sepenuhnya dikonversikan menjadi kerja karena memiliki efisiensi sesuai dengan hukum termodinamika II.

Energi yang terkonversi menjadi entalpi atau energi dalam merupakan mechanical energy loss yang dapat disimbolkan dengan tanda ΣF atau disebut dengan total friction loss per satuan massa. Dalam hal ini kerja yang dilakukan oleh fluida W' adalah sebagai berikut:

$$W' = \int_{V_1}^{V_2} p dV - \Sigma F \quad (\Sigma F > 0)$$

..... (A.7) J. M. Smith dkk, 2005

Kemudian berdasarkan pada hukum termodinamika I, perubahan energi dalam adalah $\Delta U = Q - W'$

..... (A.8) J. M. Smith dkk, 2005

Persamaan yang mendefinisikan entalpi dapat ditulis sebagai berikut:

$$\Delta H = \Delta U + \Delta pV = \Delta U + \int_{V_1}^{V_2} p dV + \int_{P_1}^{P_2} V dp$$

... (A.9) J. M. Smith dkk, 2005

Dengan mensubstitusikan persamaan (A.7) dan (A.8) ke persamaan (A.9), didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta H = Q + \Sigma F + \int_{P_1}^{P_2} V dp$$

..... (A.10) J. M. Smith dkk, 2005

Persamaan (A.5) dapat disubstitusi ke persamaan (A.1) dengan nilai $1/\rho = V$ sehingga dapat diubah menjadi

$$\frac{1}{2\alpha} (v_{2av}^2 - v_{1av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

... (A.11) J. M. Smith dkk, 2005

4) Shell & Tube Heat Exchanger

Shell & tube heat exchanger (STHE) merupakan salah satu unit operasi pemindah panas yang sangat berguna ketika dibutuhkan permukaan perpindahan panas yang besar. Shell difabrikasi dari pipa baja dengan ukuran hingga 12 inch. Di dalam Tipe shell and tube

Di dalam STHE, pressure drop berada di daerah tube dan shell. Pressure drop yang melewati shell sebanding dengan jumlah fluida yang melewati rongga diantara baffle dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Number of crosses, } (N + 1) = \frac{12 \times L}{B}$$

..... (A.12) Kern, D.Q, 1950

Ketika jumlah dari lewatan menghasilkan bilangan desimal, maka dapat diasumsi dengan

dua pendekatan. Jika kedua *shell nozzles* berada pada sisi yang berlawanan dengan *shell*, maka dapat dibulatkan ke bilangan ganjil. Jika kedua *shell nozzles* berada pada sisi yang sama dengan *shell*, maka dapat dibulatkan ke bilangan genap. *Pressure drop* pada posisi *shell* diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta P_s = \frac{f G_s^2 D_s (N+1)}{5.22 \times 10^{10} D_{es} \phi_s} \text{ psf} \dots\dots\dots$$

(A.13) Kern, D.Q, 1950

Pressure drop pada posisi *tube* diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta P_t = \frac{f G_t^2 L n}{5.22 \times 10^{10} D_{es} \phi_t} \text{ psf} \dots\dots\dots$$

(A.14) Kern, D.Q, 1950

Dimana *n* adalah jumlah *tube passes*, *L* adalah panjang *tube*.

Kemudian kedua *pressure drop* yang ada di bagian *tube* dan *shell* dijumlahkan dan dibagi dengan massa jenis sehingga didapatkan *friction loss* dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sum F = \frac{\Delta P_s + \Delta P_t}{\rho} \dots\dots\dots$$

(A.15) Kern, D.Q, 1950

5) *Crude Oil Spec & Water content*

Kandungan *water content* maksimum yang terkandung di dalam *Crude oil* sebesar 0,7%. Dibatasinya kandungan *water content* pada saat berjalannya produksi agar tidak merusak unit operasi sehingga dapat memperpanjang umur alat. Selain itu, air memiliki titik didih yang rendah, sehingga mudah sekali untuk berubah fasa dan dapat meningkatkan tekanan operasi dan mengganggu proses produksi.

METODOLOGI

A. *Metodologi Penelitian*

Pada penelitian dan analisis ini digunakan beberapa metode utama dalam penyelesaian masalah yang pertama yaitu adalah studi lapangan dan diskusi. Tahap ini bertujuan untuk memahami kondisi real dilapangan beserta masalah yang dihadapi, dilengkapi dengan mencari data-data yang diperlukan. Selanjutnya adalah metode studi literatur. Berdasarkan data dan permasalahan yang ada dilakukan studi literatur terkait yang diharapkan dapat digunakan sebagai dasar analisis dan pengolahan data. Metode selanjutnya adalah

pengolahan data. Pada penelitian ini pengolahan data dianalisis secara kuantitatif untuk menentukan faktor-faktor yang menjadi penyebab kerusakan HE-05. Berdasarkan data dan teori yang ada akan dibangun sebuah hipotesis yang selanjutnya akan diuji dengan perhitungan dalam program Aspen HYSYS. Selanjutnya hasilnya akan dianalisis untuk menyimpulkan faktor-faktor penyebab kerusakan HE-05 dan akan dijadikan dasar untuk standard keamanan dalam pengoperasian.

B. *Alat dan Bahan*

Alat yang dibutuhkan dalam mengerjakan penelitian ini *Aspen HYSYS*. Kemudian, bahan yang digunakan adalah data spesifikasi *crude oil* dan kondisi operasi pada tiap peralatan operasi yang berada sebelum dan setelah HE-05.

C. *Prosedur*

Tahapan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Pemahaman masalah dan pengumpulan data-data terkait. Tahap ini dilakukan dengan studi lapangan atau observasi di lingkungan kilang dilengkapi tahapan diskusi bersama pembimbing dan juga beberapa operator lainnya. Beberapa data juga didapat dari arsip dan bagian-bagian lain yang masih terkait dengan kilang. Data yang dikumpulkan meliputi spesifikasi *crude oil*, alat, kondisi operasi, dan urutan terjadinya peristiwa.
- 2) Studi literatur yaitu mencari dasar teori yang terkait dengan permasalahan yang akan digunakan dalam analisa dan pengolahan data selanjutnya.
- 3) Mengamati dan menganalisa data yang diperoleh berdasarkan dasar teori yang ada.
- 4) Membuat hipotesa berdasarkan analisa data.
- 5) Pengolahan Data, yaitu menguji hipotesis dengan dasar teori yang bersesuaian dengan bantuan *Aspen HYSYS*. Berikut merupakan langkah-langkah dalam proses simulasi menggunakan *Aspen HYSYS*:
 - a) Membuat flowsheet pada HYSYS sesuai dengan sistim (penyederhanaan P&ID)
 - b) Input data spesifikasi pompa, heat exchanger dan control valve
 - c) Input data inlet crude oil, solar, dan residu (flowrate, suhu, tekanan, water content)
 - d) Adjust asumsi Panjang pipa sebagai sisa friksi
 - e) Input water content yang ingin diuji dan

- run simulasi hingga flowrate system memenuhi kondisi operasi
- f) Catat data flowrate, tekanan, dan suhu aliran.
 - 6) Menyimpulkan faktor-faktor penyebab kerusakan pada peralatan HE-05.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

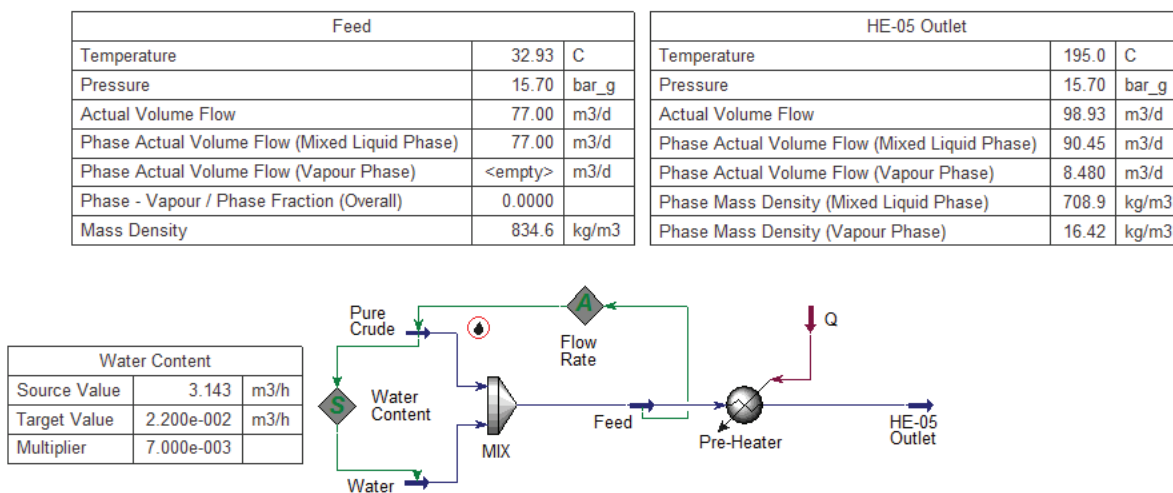
A. Pengolahan Data

Pengujian hipotesis dilakukan dengan tujuan untuk membuktikan bahwa kandungan *water content* pada *crude oil* yang berubah fasa menjadi uap dapat meningkatkan tekanan aliran fluida secara signifikan. Pengujian dilakukan dengan 2 metode, yang pertama adalah berdasarkan perhitungan *mechanical energy balance* untuk sistem *fluid dynamic* bersama dengan prinsip termodinamika dengan menggunakan bantuan program Aspen HYSYS. Dalam masing-masing metode digunakan beberapa asumsi dengan tujuan menyederhanakan perhitungan atau untuk menangani beberapa masalah keterbatasan data. Masing-masing metode juga memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan dan diantaranya dapat

saling melengkapi satu sama lain. Detail dari masing-masing metode dan asumsi yang digunakan secara lebih detail akan disampaikan pada proses pengerjaan selanjutnya. Hasil dari kedua metode ini kemudian akan diperbandingkan dan dianalisis lebih lanjut untuk menarik kesimpulan kebenaran dari hipotesis yang dibuat sebelumnya.

1) Pengaruh *Water content* terhadap *Volumetric Flow*

Dengan melakukan simulasi menggunakan Aspen HYSYS, kami menganalisis perubahan *volumetric flow* yang dipengaruhi oleh *water content* yang terkandung di dalam *crude oil*. Gambar 1 menunjukkan dengan perbandingan air dan *crude oil* sebesar 0,7% dan tekanan dijaga konstan sebesar 15,7 barg, maka suhu yang berada di outlet HE-5 mengalami peningkatan suhu secara drastis menjadi 195 °C dengan perubahan *volumetric rate* dari 77 m³/hari menjadi 98,83 m³/hari yang disebabkan oleh adanya perubahan fasa dari liquid menjadi gas, sehingga ekspansi volume tidak dapat dihindari.



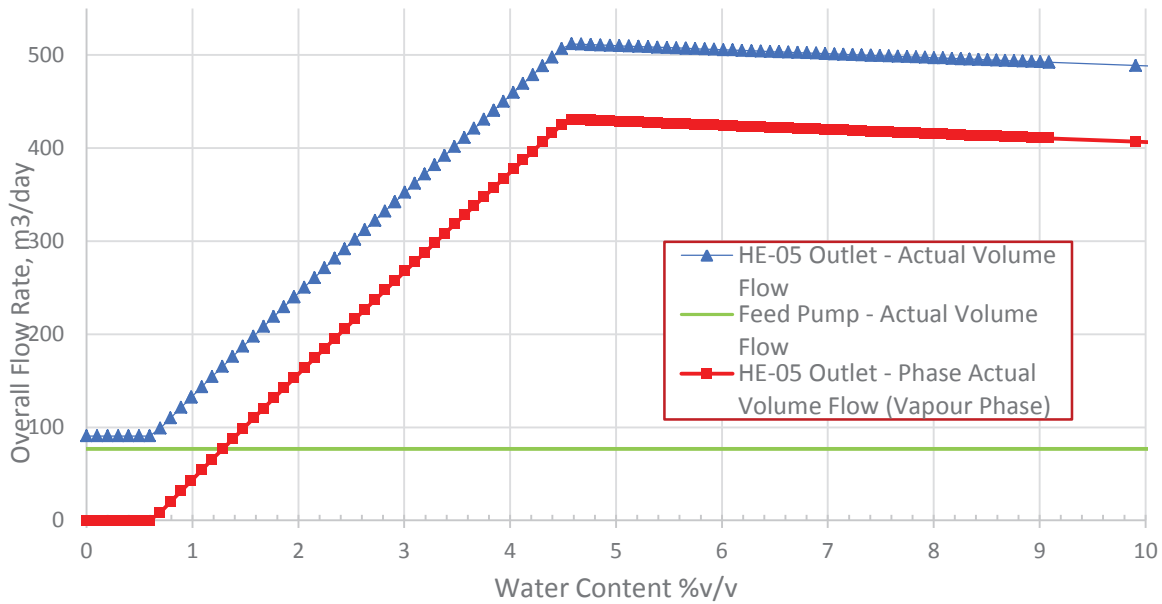
Gambar 1. Simulasi Pengaruh *Water Content* terhadap *Volumetric Flow*

Kemudian kami melanjutkan analisis dengan *water content* yang berbeda. Pada Grafik 1 menunjukkan bahwa kenaikan *water content* yang terkandung di dalam *crude oil* tidak sepenuhnya berbanding lurus dengan laju alir. Kenaikan *water content* terjadi dari 0,7% hingga 4,6% dan mengalami penurunan setelahnya. Menurut

hasil simulasi telah ditunjukkan bahwa kadar maksimum dari *water content* hanya sebesar 0,7% karena ketika pada kondisi tersebut telah mengalami perubahan volume. Pada saat *water content* diantara 0,7% hingga 4,6%, *volumetric rate* mengalami kenaikan karena molar volume campuran *crude oil* dan minyak mengalami

penyimpangan pada kondisi tersebut, meskipun titik didih dari air murni sebesar 203,48 °C pada saat tekanan 15,7 barg. Pada saat *water content* di atas 4,6%, perubahan *volumetric rate* menjadi

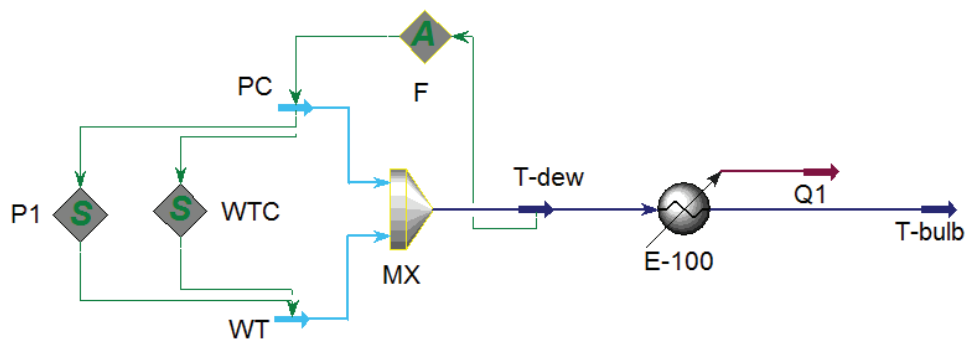
stabil dan cenderung menurun karena semakin tinggi *water content* di dalam *crude oil*, maka titik didih campuran akan bergerak menuju titik didih air murni.



Grafik 1. Pengaruh *Water Content* terhadap Laju Alir

Pada simulasi kami mencoba membuat sebuah kurva tekanan terhadap suhu dengan *water content* yang berbeda. Pada Gambar 2 dijelaskan flowsheet dari simulasi proses pembuatan kurva dilakukan dengan simulasi menggunakan Aspen HYSYS dengan memasukkan dua unit operasi, yaitu mixer yang berfungsi untuk mencampurkan *crude oil* dengan air pada perbandingan tertentu dan *cooler*

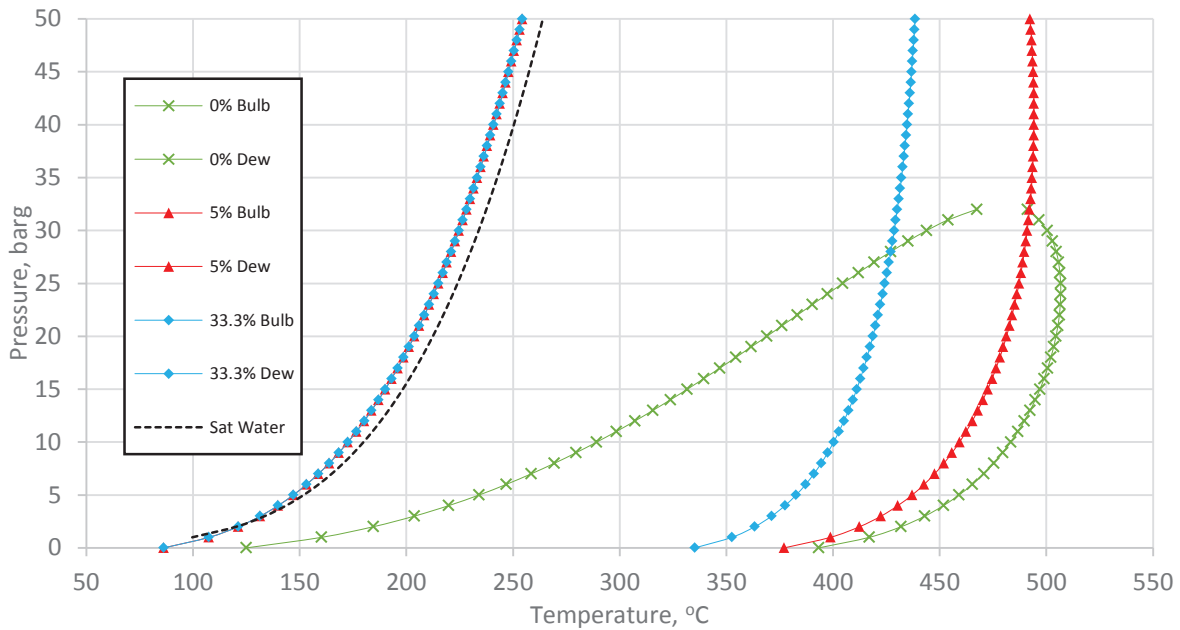
yang berfungsi untuk menurunkan suhu aliran. Agar dapat menentukan suhu pada *dew point* dan *bubble point*, metode *adjust* dilakukan sehingga aliran *feed* yang masuk ke *cooler* berfase uap secara sempurna sehingga suhu pada *dew point* dapat ditentukan. Kemudian *outlet* dari *cooler* diatur dengan fraksi uap sebesar nol agar mendapatkan suhu pada bulb point.



Gambar 2. Simulasi Penentuan T_{bulb} dan T_{dew}

Dari hasil simulasi kemudian diplot dengan *water content* yang berbeda. Grafik 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi *water content* yang terkandung di dalam *crude oil*, maka T_{bulb} dan T_{dew} akan mendekati garis *saturated water*. Maka dari

itu, dengan adanya *water content* di dalam *crude oil* dan kondisi operasi pada tekanan 15,7 barg dan suhu 195 °C terbentuk dua fasa, berupa uap dan liquid.

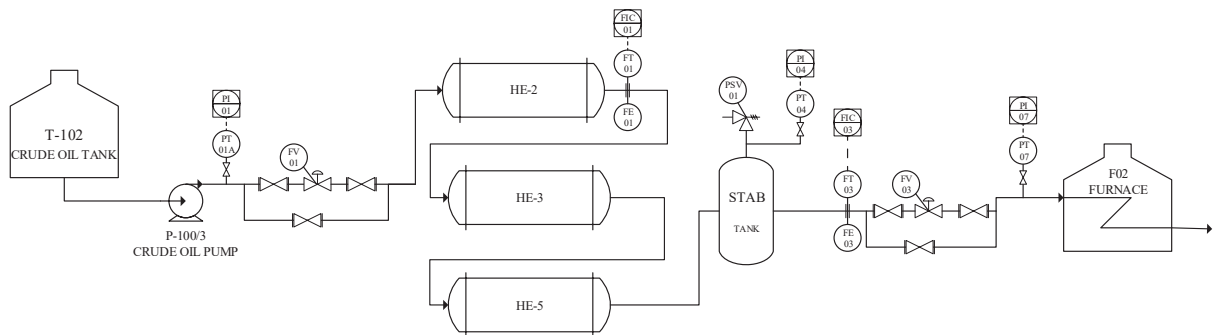


Grafik 2. Kurva P vs T dengan Perbedaan *Water Content*

2) Mechanical Energy Balance dan Hukum Gas Ideal dengan Aspen HYSYS

Langkah pertama dalam perhitungan ini adalah membuat kontrol volume atau daerah batasan dimana akan dilakukan analisis perhitungan. Pada kasus ini kami membatasi daerah analisis dimulai dari titik pertama yaitu inlet pompa hingga inlet

furnace 2. Berdasarkan diagram PFD yang telah didapat dari PPSDM Migas Cepu, kemudian langkah selanjutnya membuat P&ID baru yang telah disederhanakan pada Gambar 3 dibawah ini, khusus untuk analisis masalah sesuai dengan batasan masalah.

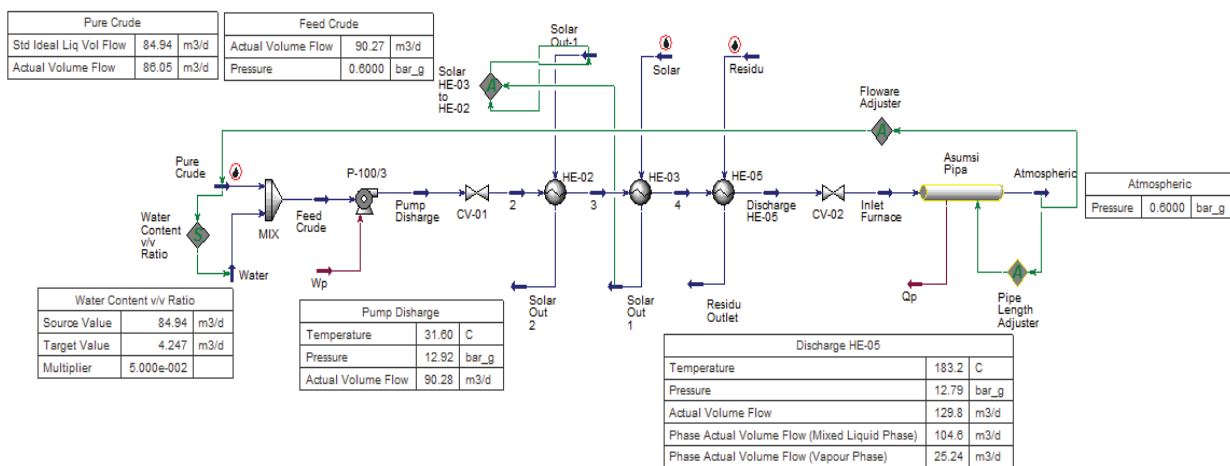


Gambar 3. Tinjauan *Piping & Instrumentation Diagram*

Dari diagram yang telah dibuat ini kemudian dianalisis faktor-faktor yang akan diperhitungkan dalam persamaan *mechanical energy balance*. Untuk kasus ini diasumsikan bahwa tidak terdapat perbedaan kecepatan *fluida* yang signifikan. Hal ini berdasarkan kenyataan di lapangan dimana, rata-rata ukuran pipa yang digunakan adalah sama yaitu 6 dan 8 inch, juga kecepatan *fluida* dalam pipa relatif rendah sehingga perubahan energi kinetik dapat diabaikan dibanding perubahan energi lainnya. Selain itu perubahan energi potensial juga diabaikan, hal ini dikarenakan meskipun aliran *fluida* dalam pipa cukup bervariasi terhadap ketinggian namun, tiga tempat pengukuran sensor tekanan berada pada level yang hampir setara, atau berselisih kurang dari 1 meter. kekuatan pompa juga diasumsikan *constant* selama kejadian. Tekanan *fluida* di inlet pompa diasumsikan

sama dengan 1 bar *gauge*, yang didasarkan pada kondisi lapangan dimana ketinggian level *crude oil* pada tangki *crude oil* T-102 saat pertama kali dioperasikan adalah sekitar 8 meter, sehingga tekanan hidrostatik di dasar tangki atau inlet pompa dapat diasumsikan mendekati 1 bar.

Skenario dari nilai *water content* yang akan disimulasikan menunjukkan seberapa besar pengaruh *water content* dalam *crude oil* sebagai penyebab terjadinya kebocoran dilihat dari perubahan *flowrate*, suhu, dan tekanan aliran. Tujuan dari simulasi menggunakan Aspen HYSYS adalah agar dapat membuat kurva tekanan terbaca sensor dalam sistem pada berbagai nilai *water content* dan mendapatkan gambaran mengenai pengaruh *water content* terhadap *flowrate* dan tekanan pada sistem.



Gambar 4. Hasil Simulasi dengan Aspen HYSYS

Gambar 4 diatas menunjukkan flowsheet dari simulasi Aspen HYSYS yang telah dibuat serta beberapa nilai hasil simulasi untuk suatu nilai *water content*. Flowsheet ini dari sebelah kiri terdiri dari aliran pure *crude oil* (tanpa air) dan aliran air yang dicampur dalam mixer menjadi aliran *feed crude oil* dengan manipulator set yang berfungsi mengatur rasio *water content* dalam *feed crude oil*. Kemudian *Feed Crude Oil* masuk kedalam pompa yang sudah diinput spesifikasinya sesuai data *sheet*. Setelah pompa aliran masuk ke *control valve* kemudian selanjutnya HE-02, 03, dan

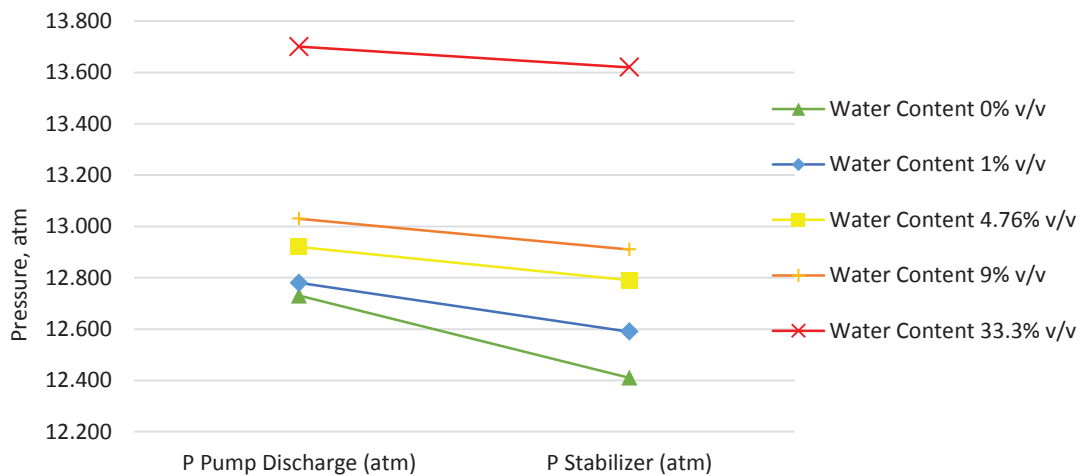
05. Dari HE-05 aliran masuk *control valve* kedua kemudian ke *furnace* dan seterusnya hingga dalam tangki produk yang pada simulasi ini dimodelkan dengan sebuah pipa lurus seperti pada perhitungan Aspen HYSYS sebelumnya. Spesifikasi HE dan *control valve* diinput sesuai dengan data *sheet* yang ada di Kilang PPSDM MIGAS. Simulasi ini dilakukan pada beberapa nilai *water content* untuk melihat pengaruh yang diberikan terhadap aliran sistem. Hasil simulasi Aspen hysys ini dapat dilihat pada Tabel 2, Grafik 3, dan Grafik 4.

Tabel 2. Hasil Simulasi Berdasarkan Perbedaan *Water Content*

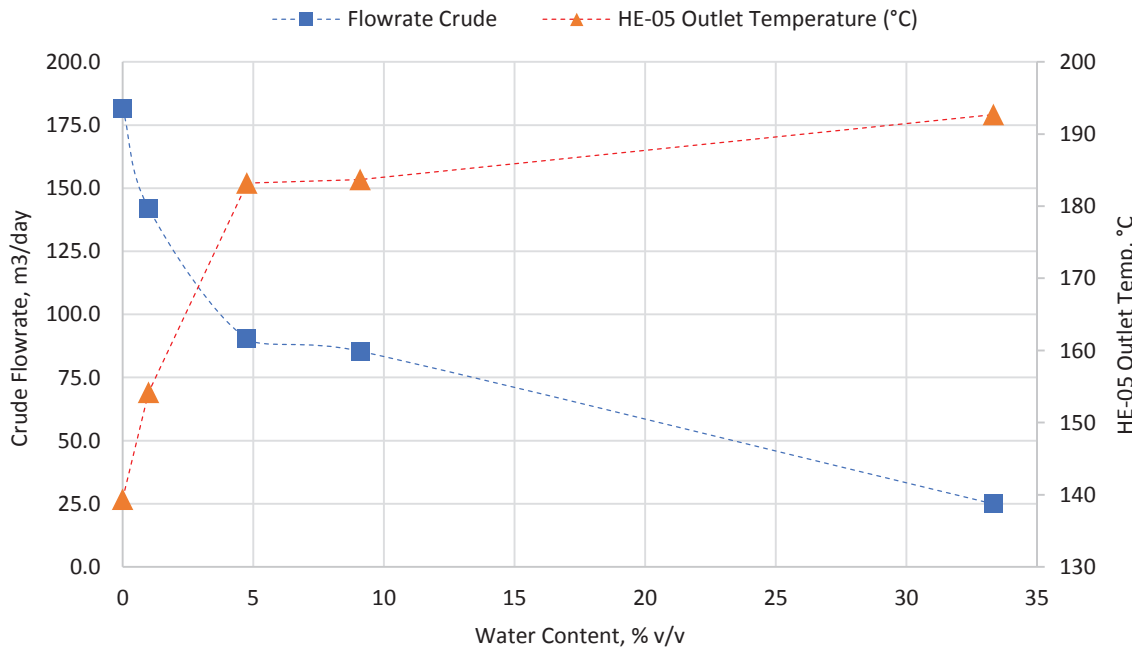
Keterangan	Water Content (% Ratio)	Water Content (% Fraction)	Flowrate Crude (m3/day)	HE-05 Outlet Temperature (°C)	P Pump Discharge (atm)	P Stabilizer (atm)	Flowrate Outlet HE-05 (m3/day)	Flowrate Liq (m3/day)	Flowrate Vapour (m3/day)
Normal	0	0	181.600	139.4	12.730	12.410	201.600	201.600	0
	1	0.99009901	142.000	154.2	12.780	12.590	160.000	160.000	0
	5	4.761904762	90.270	183.2	12.920	12.790	129.800	104.560	25.240
	10	9.090909091	85.400	183.7	13.030	12.910	135.000	98.110	36.890
	50	33.33333333	24.910	192.7	13.700	13.620	522.100	21.800	500.300

Hasil simulasi *Aspen hysys* yang ditunjukkan oleh Grafik 3, memperlihatkan bahwa semakin tinggi *water content* yang terkandung di dalam *crude oil* maka tekanan akan semakin besar. Selanjutnya Grafik 4 menunjukkan bahwa meningkatnya *water content* dalam *crude oil* dapat menurunkan *flowrate* sistem yang pada akhirnya akan menyebabkan suhu *crude oil* meningkat drastis di HE-05. Ditunjukkan bahwa pada *water content* 33.3% v/v *flowrate* sistem turun hingga menjadi 25 m3/day dari normal 180 m3/day dan suhu aliran *crude oil* di outlet HE-05 naik drastis hingga suhu 192°C dari normal 130°C. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya *flowrate* sistem

dapat turun dikarenakan kandungan air dalam *crude oil* yang dapat meningkatkan friksi aliran sehingga *head system* meningkat signifikan. Suhu *crude oil* yang meningkat drastis dapat dikarenakan turunnya *flowrate crude oil* di HE-02,03,&05 sedangkan aliran panas produk solar dan *crude oil* masih pada kondisi normal. Hal ini menyebabkan transfer panas tetap berlangsung dengan besaran yang tidak terlalu signifikan berubah, namun jumlah *crude oil* mengalir yang telah berkurang drastis menyebabkan panas yang ditransfer oleh fluida dingin hanya dapat diserap oleh sejumlah kecil *crude oil* yang pada akhirnya suhunya meningkat tajam.



Grafik 3. Hasil Simulasi Profil Tekanan Berdasarkan Perbedaan *Water Content*



Grafik 4. Pengaruh *Water Content* terhadap *Flowrate* dan Suhu Aliran

Hasil perhitungan dengan *mechanical energy balance* serta simulai *Aspen HYSYS* telah menunjukkan kebenaran dari hipotesis yang dibangun yaitu potensi bahaya yang ditimbulkan oleh *water content* dalam aliran *crude oil* saat melewati unit *heat exchanger*, karena pada kondisi operasi tertentu dapat mencapai suhu saturasinya dan berubah fasa menjadi gas. Perubahan fasa ini yang kemudian akan menyebabkan kenaikan tekanan pada sistem dan berakibat pada kebocoran HE-05 melalui gasket dan bagian lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan Analisa yang dilakukan dengan data dan hasil perhitungan yang telah didapatkan, memperlihatkan bahwa semakin tinggi *water content* yang terkandung di dalam *crude oil* maka tekanan pada proses akan semakin besar dan menurunkan *flowrate crude oil* pada sistem yang dapat menyebabkan suhu *crude oil* meningkat drastis di peralatan HE-05. Ditunjukkan bahwa pada *water content* 33.3% v/v *flowrate* sistem turun hingga menjadi 25 m³/day dari normal 180 m³/day dan suhu aliran *crude oil* di outlet HE-05 naik drastis hingga suhu 192°C dari normal 130°C. Pada kondisi tersebut menyebabkan transfer panas tetap berlangsung

dengan besaran yang tidak terlalu signifikan berubah, namun jumlah *crude oil* mengalir yang telah berkurang drastis menyebabkan panas yang ditransfer oleh produk pada HE-05 hanya dapat diserap oleh sejumlah kecil *crude oil* yang pada akhirnya suhunya meningkat tajam pada sistem tersebut. Dengan kejadian tersebut saran untuk proses kilang PPSDM MIGAS adalah Analisis *water content* rutin dilakukan, *Safety valve* dilakukan kalibrasi ulang menyesuaikan kondisi operasi serta proses *maintenance* secara berkala pada HE dengan mengacu standar yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

Geankoplis, Christie J. (2003). Transport processes and separation process principles:(includes unit operations). Prentice Hall Professional Technical Reference

J. M. Smith, H. C. Van Ness, & M. M. Abbott. (2005). Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 7th Edition, McGraw Hill Professional,

Kern, D.Q. (1950). Process Heat Transfer. McGraw Hill Book Company inc,

PPT PPSDM Migas Cepu. (2020). Profil PPSDM Migas Cepu, Jawa Tengah,

Seborg, Dale E., Duncan A. Mellichamp, Thomas F. Edgar, & Francis J. Doyle III. (2011). Process dynamics and control. John Wiley & Sons.

Setiyono, Laboratorium Kilang PPSDM Migas Cepu, Jawa Tengah.