

## BAB IV

### ANALISA

#### 4.1 ANALISA PENGUJIAN KEKERASAN MATERIAL

Dari pengujian kekerasan material dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan material *master block*, *wing valve* dan *loop spool* berada dalam rentang kekerasan material, sehingga material yang di pakai sesuai dengan spesifikasi dari peralatan. Material AISI 8630 pada *master block* adalah baja paduan dengan kekuatan *yield*  $\sigma_y = 54$  ksi. Kandungan paduan yang dominan pada AISI 8630 adalah Mangan (Mn), Chromium (Cr) dan Nickel (Ni). Di dalam AISI 8630 kandungan Mn maksimum adalah 0.95%. Unsur Mn sangat berguna bagi kekerasan (*hardness*) dari suatu material.

#### 4.2 ANALISA PENGUJIAN KIMIA KOMPOSISI PRODUK KOROSI

Dari data operasi disebutkan bahwa tidak ada kandungan pasir di dalam aliran minyak dan gas dari sumur SA-21. Hal ini dibuktikan dengan dengan tidak adanya kandungan pasir pada peralatan *test separator*. Adanya unsur Si yang biasa terdapat di dalam komposisi produk korosi kemungkinan besar disebabkan pada saat pengangkatan yaitu masuknya pasir dari dasar laut kedalam *master block*. Selama proses pengangkatan *sub sea tree* sambungan *control umbilical* dicabut sehingga ada ada kemungkinan pasir dari bawah laut masuk ke dalam *sub sea tree*. *Umbilical* adalah saluran yang berisi *hidroulik* dan kabel yang berguna untuk mengontrol pembukaan *wing valve*. Pada saat pengangkatan *umbilical* tetap tertinggal di dasar laut untuk disambungkan kembali dengan *sub sea tree* yang baru. Sambungan *umbilical* yang terbuka dapat dilihat pada tanda lingkaran merah pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Proses pengangkatan *sub sea tree*

#### 4.3 ANALISA PENGUJIAN MACRO FRACTOGRAPHY

Dari analisa *macro fractography* menggunakan teknik *replica tape* dapat dilihat bahwa tidak ada *micro crack* yang terjadi pada daerah kebocoran. *Micro crack* dapat menjadi penyebab awal untuk terjadinya keretakan lanjutan (*crack growth*). *Micro crack* dapat dipicu adanya cacat material (*material defect*) selama proses pembentukan. Dengan pengujian ini dibuktikan bahwa tidak adanya keretakan di daerah kebocoran.

#### 4.4 ANALISA PERHITUNGAN LAJU KOROSI MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK “PREDICT”

Dengan perangkat lunak “Predict” laju korosi yang terjadi akibat adanya gas CO<sub>2</sub> yaitu 5.30 mpy. Harga ini sangat jauh lebih kecil apabila dibandingkan dengan laju korosi aktual yang terjadi yaitu 330 mpy pada titik1 hasil pengukuran *master block* (Gambar 3.13). Dari hasil perhitungan laju korosi yang disebabkan CO<sub>2</sub> dalam gas menggunakan perangkat lunak “Predict” menunjukkan bahwa penyebab utama dari kerusakan yang terjadi pada *master block* bukan disebabkan oleh korosi CO<sub>2</sub>. Hal ini ditandai dengan laju korosi 5.30 mpy, sedangkan laju korosi yang terjadi 330 mpy.

Dari perangkat lunak “Predict” modul *flow modeling* pola aliran dikategorikan sebagai aliran *annular mist*. Kategori aliran ini berdasarkan harga

*superficial gas velocity* dan *superficial liquid velocity*. Aliran *mist* akan terbentuk apabila adanya kecepatan gas yang tinggi sehingga cairan dalam hal ini minyak dan air akan berentuk gelembung-gelembung kecil seperti embun. Gelembung-gelembung kecil ini memiliki energi kinetik yang tinggi dan memiliki momentum yang besar untuk mengikis permukaan metal.

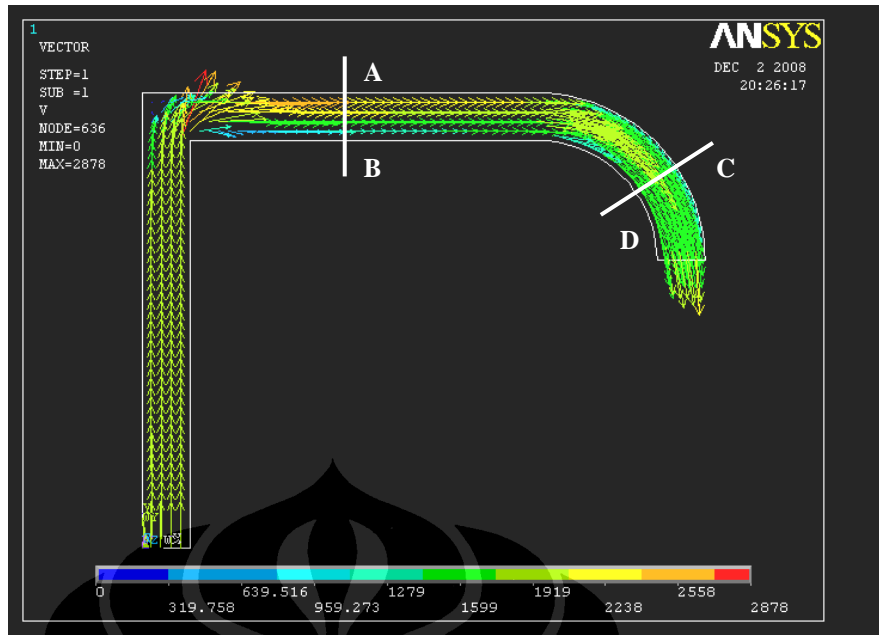
The screenshot shows the 'Flow Modeling' dialog box with the following data:

Section	Parameter	Value	Unit
Operational Parameters	Type of Flow	Horizontal	
	Pressure	1214.7	psia
	Temperature	170	°F
	CO2 %	1.8	
	Diameter of	4.0603	in
Operational Parameters	H2S %	0	
	Roughness	Commercial Steel (0.0018)	
	Calculate Surface Tension	<input checked="" type="checkbox"/>	
Operational Parameters	Enter Surface Tension	73.061445287	dyne/cm
	Custom Roughness	<input type="checkbox"/>	
Gas Properties	Production Rate	90	MMSCFD
	Sp. Gravity	0.66	(air = 1.0)
	Viscosity	0.02	cp
Water Properties	Production Rate	90	bbbl/d
	Density	1000	kg/m <sup>3</sup>
	Viscosity	1	cp
Oil Properties	Production Rate	450	bbbl/d
	Density	800	kg/m <sup>3</sup>
	Viscosity	2.36	cp
Results	Superficial Liquid Velocity	0.39004	ft/s
	Superficial Gas Velocity	159.33944	ft/s
	Mixture Velocity	159.72948	ft/s
	Frictional Pressure Drop	0.0410444	psi/ft
	Shear Stress	23.93895	Pa
Results	Liquid Hold-up	0.00244	
	Froude No.	2341.7332	
	Reynold's No.	576606.39	
Flow Regime: Horizontal - Annular Mist Flow			

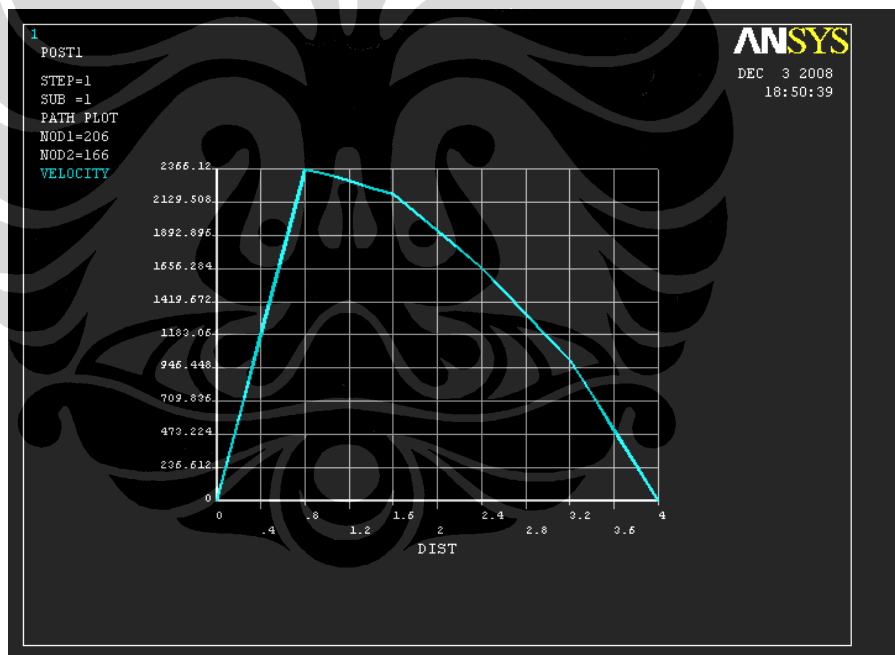
Gambar 4.2 Flow modeling modul pada “Predict”

#### 4.5 ANALISA PEMODELAN MENGGUNAKAN METODA ELEMEN HINGGA

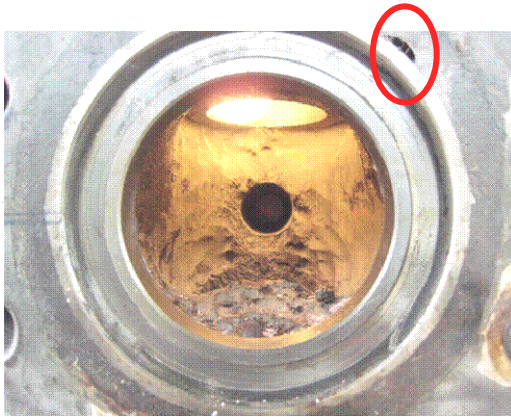
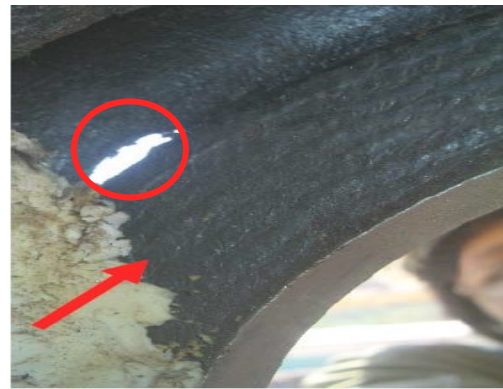
Dari hasil pemodelan menggunakan metoda elemen hingga dapat dilihat bahwa kecepatan yang terjadi pada garis A-B yaitu pada keluaran master block mencapai harga maksimum pada jaran 0.8 in (20 mm) dari titik A. Harga maksimum tersebut sebesar 60.1 m/s. Apabila dilihat dari lokasi kebocoran pada master block, kebocoran terjadi pada arah jam 1 seperti ditunjukkan pada gambar 4.5.



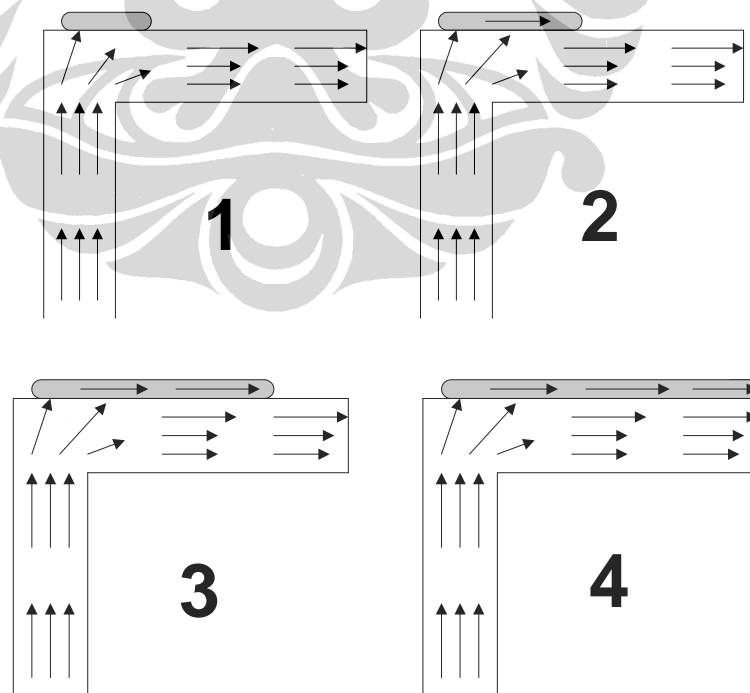
Gambar 4.3 Hasil pemodelan pola aliran pada temperatur  $170^{\circ}\text{F}$

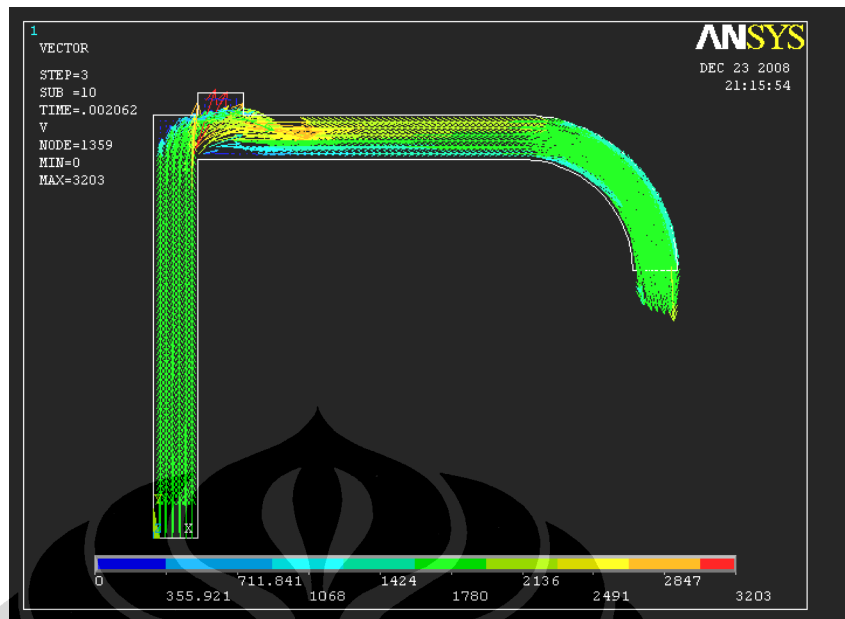


Gambar 4.4 Grafik kecepatan sepanjang garis A-B

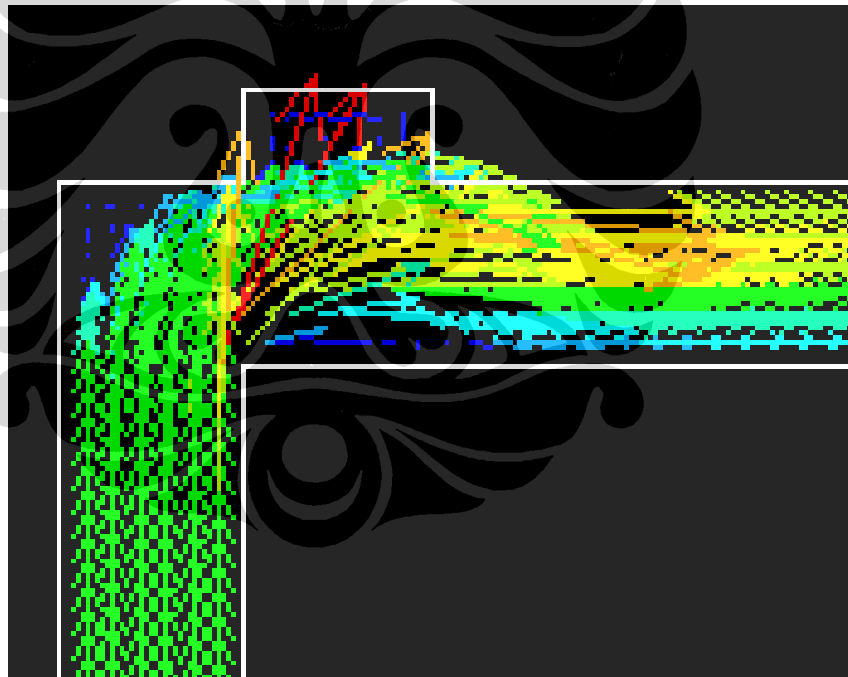
Gambar 4.5 Lokasi kebocoran pada *master block*<sup>[1]</sup>Gambar 4.6 Lokasi kebocoran pada bagain dalam *master block*<sup>[2]</sup>

Dengan melihat pola aliran dari hasil pemodelan menggunakan metoda elemen hingga, maka mekanisme korosi dapat dimodelkan seperti pada gambar 4.7. Gambar 4.7 adalah skematik terjadinya erosi pada *master block*. Erosi terjadi ditandai dengan warna abu-abu. Erosi pertama terjadi pada daerah di dekat belokan, pada daerah ini kecepatan yang terjadi 2876 in/s atau 73 m/s dengan arah serong 45<sup>0</sup> seperti ditunjukkan panah warna merah pada gambar 4.3. Kecepatan maksimum dengan arah ini akan mengikis permukaan *master block*. Pengikisan akan terus berlanjut menuju kearah keluaran gas pada *master block*.

Gambar 4.7 Skema erosi pada *master block*



Gambar 4.8 Hasil pemodelan skema erosi



Gambar 4.9 Hasil detail pemodelan skema erosi

Skematik mekanisme erosi seperti pada gambar 4.7 dapat dibuktikan dengan pemodelan menggunakan metode elemen seperti pada gambar 4.8 dan 4.9. Dari gambar 4.9 kecepatan maksimum dengan arah serong  $45^{\circ}$  akan mengikis permukaan baja pada bagian dalam master block. Erosi akan terus berlanjut sepanjang permukaan atas menuju ke *nozzle* keluaran dari *master block*.

#### 4.6 ANALISA KECEPATAN EROSI MENGGUNAKAN KRITERIA API RP 14E

Dalam standar API RP 14E mengenai *Offshore Production Platform Piping System* pada bagian 2.5.a dibahas mengenai kecepatan minimum fluida yang dapat menyebabkan terjadinya erosi. Fluida dalam pembahasan API 14E bagian 2.5.a adalah fluida dua fasa. Perhitungan kecepatan erosi dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

$$V_e = \frac{c}{\sqrt{\rho m}} \dots \dots \dots (4.1)$$

$$\rho m = \frac{12409.S_1.P + 2.7.R.S_g.P}{198.7.P + R.T.Z} \dots \dots \dots (4.2)$$

$c = 100$  untuk operasi berkesinambungan dan murni air tanpa ada partikel

$c = 125$  untuk operasi yang tidak berkesinambungan

$c = 150\sim 200$  untuk aliran yang menggunakan inhibitor dan CRA material (*corrosion resistant alloy*).

$S_1 = 0.887$  (*specific gravity* rata-rata untuk air dan minyak)

$S_{g \text{ air}} = 1$

$S_{g \text{ minyak}} = 0.775$

$P = 1214.7$  psia, tekanan operasi *absolute*

$R = 101123.6$  perbandingan gas dan *liquid* (minyak dan air)

$S_g = 0.66$  *specific gas gravity*

$T = 630$  temperatur operasi, °R

$Z = 0.9$  faktor kompresi gas

$$\rho m = \frac{12409 * 0.887 * 1214.7 + 2.7 * 101123.6 * 0.66 * 1214.7}{198.7 * 1214.7 + 101123.6 * 630 * 0.9} = 4.033 \text{ lbs / ft}^3$$

$$V_e = \frac{100}{\sqrt{4.033}} = 49.78 \text{ ft / s}$$

Dari perhitungan kecepatan minimum yang dapat menyebabkan erosi sesuai kriteria API RP 14E adalah 49.78 ft/s (15.1 m/s). Kecepatan maksimum aktual yang terjadi adalah 239.5 ft/s lebih tinggi daripada kecepatan minimum terjadinya

erosi. Kecepatan aktual yang terjadi 481.1% dari kecepatan minimum terjadinya erosi. Pada bagian loop spool kecepatan maksimum yang terjadi adalah 44.8 m/s lebih besar dari kecepatan minimum terjadinya erosi. Kecepatan maksimum terjadi pada bagian tengah *elbow*, sedangkan kecepatan dekat dinding elbow kecil sehingga erosi yang diakibatkan kecepatan fluida tidak terlalu besar bila dibandingkan dengan erosi yang terjadi pada *master block*.

