

Proses Pemasangan Dan Fungsi *Passive Fire Proofing* Untuk Struktur Anjungan Produksi Lepas Pantai

Prima Wahyu Pratama^{*1}, Sapto Wiratno Satoto^{*2}, Adhe Arysawan^{*3}

Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Kontruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

E-mail:primaw92@gmail.com

Abstrak

Kebakaran hidrokarbon pada struktur anjungan produksi lepas pantai sangat berbahaya jika dibandingkan dengan kebakaran yang terjadi akibat bahan mudah terbakar sederhana, karena kebakaran hidrokarbon mempunyai kemampuan untuk membakar dalam skala yang lebih besar dan juga berpotensi memicu ledakan jika cairan yang dikeluarkan tidak dapat dikendalikan. Tujuan pemasangan PFP dan inspeksi yang tepat selama proses *coating* adalah untuk meningkatkan kualitas perlindungan struktur bangunan terhadap risiko kebakaran, serta untuk memperoleh nilai *dew point* yang sempurna agar cat mengering secara merata tanpa retak atau gelembung, menghasilkan permukaan yang halus dan rata, dan memberikan hasil yang ideal. Penelitian *passive fire proofing* menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif menampilkan data apa adanya tanpa proses manipulasi yang dilakukan dengan cara pengamatan atau observasi serta mempelajari dokumen. Pada umumnya, *carbon steel* mulai kehilangan kekuatannya pada suhu di atas 300°C dalam waktu 5 menit. Penurunan kekuatan ini terjadi secara bertahap dan konsisten hingga mencapai 800°C untuk *carbon steel* dengan ketebalan 1 cm atau setara dengan 10.000 µm. Sedangkan *carbon steel* yang menggunakan *intumescent coating* akan membutuhkan waktu 2 jam untuk mencapai suhu 500°C dalam waktu 2 jam dengan tebal 3 mm setara dengan 3000 µm. Maka *passive fire proofing* akan menjadi solusi terhadap permasalahan untuk menghindari atau menunda keruntuhan pada struktur anjungan produksi lepas pantai. Serta digunakan untuk menahan bangunan sementara untuk jalannya evakuasi.

Kata kunci: Perlindungan Kebakaran Pasif (PFP), Keselamatan Lepas Pantai, Kebakaran Hidrokarbon, Fasilitas Minyak dan Gas.

Abstract

Hydrocarbon fires on offshore production platform structures are particularly dangerous when compared to fires that occur from simple combustibles, as hydrocarbon fires have the ability to burn on a larger scale and also have the potential to trigger explosions if the released liquid cannot be controlled. The purpose of PFP installation and proper inspection during the coating process is to improve the quality of protection of building structures against fire risks, as well as to obtain the perfect dew point value so that the paint dries evenly without cracks or bubbles, produces a smooth and flat surface, and provides ideal results. Passive fire proofing research uses a qualitative descriptive research method that displays data as it is without a manipulation process carried out by observation or observation and studying documents. In general, carbon steel begins to lose its strength at temperatures above 300°C within 5 minutes. This decrease in strength occurs gradually and consistently until it reaches 800 ° C for carbon steel with a thickness of 1 cm or the equivalent of 10,000 µm. While carbon steel using intumescent coating will take 2 hours to reach a temperature of 500°C within 2 hours with a thickness of 3 mm equivalent to 3000 µm. So passive fire proofing will be the solution to the problem to avoid or delay the collapse of the offshore production platform structure. As well as used to hold the building temporarily for the course of evacuation.

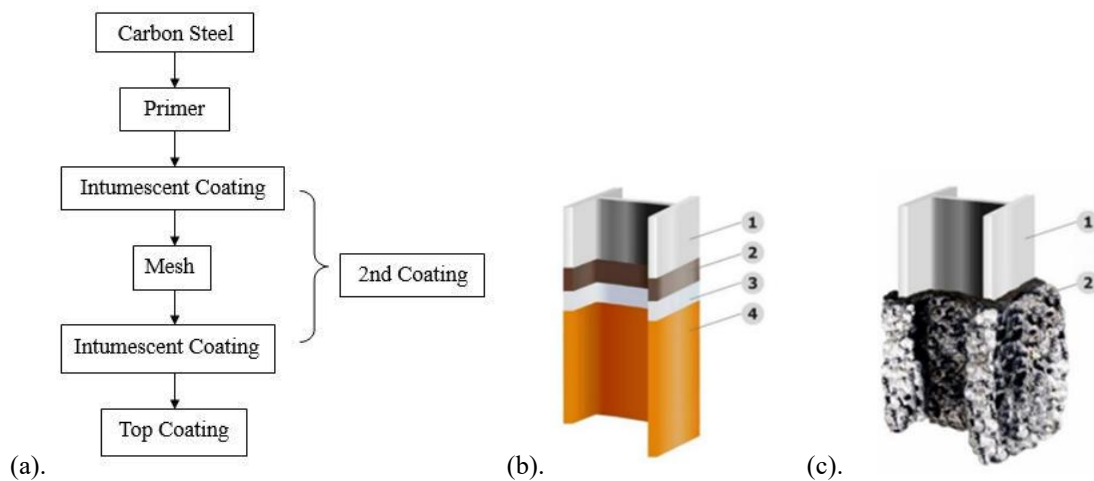
Keywords: *Passive Fire Proofing (PFP), Offshore Safety, Hydrocarbon Fire, Oil and Gas Facilities.*

1 Pendahuluan

Kebakaran hidrokarbon pada struktur anjungan produksi lepas pantai sangat berbahaya jika dibandingkan dengan kebakaran yang terjadi akibat bahan mudah terbakar sederhana, karena kebakaran hidrokarbon mempunyai kemampuan untuk membakar dalam skala yang lebih besar dan juga berpotensi memicu ledakan jika cairan yang dikeluarkan tidak dapat dikendalikan serta dapat melibatkan beban panas yang besar, yang dapat menimbulkan dampak serius bagi kesehatan, keselamatan, dan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, kebakaran hidrokarbon merupakan ancaman yang berbahaya bagi siapa saja yang bekerja di area berisiko tinggi Munoz-Garcia, E., (2014). Sejak kecelakaan Piper Alpha tahun 1988 Cullen (1990), *offshore industry* telah melakukan upaya yang lebih besar untuk memastikan keselamatan personel dan aset, pentingnya menyediakan tingkat perlindungan yang memadai untuk struktur anjungan produksi lepas pantai terhadap peristiwa kebakaran yang tidak disengaja.

Tujuan pemasangan PFP dan inspeksi yang tepat selama proses *coating* adalah untuk meningkatkan kualitas perlindungan struktur bangunan terhadap risiko kebakaran, serta untuk memperoleh nilai *dew point* yang sempurna agar cat mengering secara merata tanpa retak atau gelembung, menghasilkan permukaan yang halus dan rata, dan memberikan hasil yang ideal.

PFP juga dapat berfungsi sebagai tindakan pemadaman pasif atau usaha perlindungan terhadap struktur inti penyangga *equipment* atau *pipe support* pada waktu terjadi kebakaran *Passive Fire Proofing* (PFP) yang dimaksud disini adalah lapisan dominan material *cementitious* atau *intumescent coating* yang menutupi *skirt* atau *saddle*, struktur *carbon steel* penyangga *vessel*, jaringan pipa pembawa dan penyimpanan material mudah terbakar, Gambar di bawah ini menunjukkan hasil dari proses *coating* serta *sequence* pemasangan PFP dan hasil setelah PFP terbakar, Petukhovskaia, I., 2018.



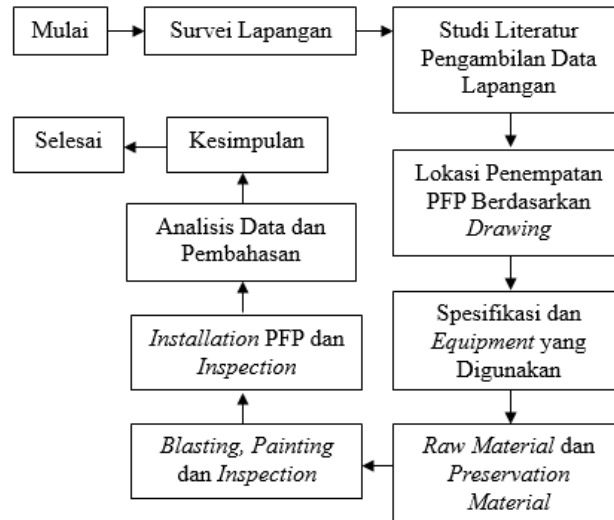
Gambar 1 Diagram alir proses *Installation* dan Simulasi proses terbakarnya *passive fire proofing*.

Pada gambar (a) menunjukkan *sequence installation* yang terdapat pada diagram alir, proses ini merupakan *sequence coating* cat dan komponen dari *passive fire proofing* (*Intumescent*) yang digunakan untuk melindungi *carbon steel* terhadap kobaran api. Pada gambar (b) merupakan gambar sebelum terbakarnya PFP yang memiliki *sequence* dari (1). *Carbon Steel*, (2). *Primer*, (3). *Intumescent Coating*, (4). *Top Coat*. Pada gambar (c) merupakan gambar sesudah terbakarnya PFP yang memiliki *sequence* dari (1). *Carbon Steel*, (2). *PFP Insulation*.

2 Metodologi Penelitian

2.1 Diagram Alir Metodologi

Penelitian PFP menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif menampilkan data apa adanya tanpa proses manipulasi yang dilakukan dengan cara pengamatan atau observasi serta mempelajari dokumen. Mengamati proses pemasangan *passive fire proofing* (PFP) secara langsung pada struktur anjungan produksi lepas pantai, dari proses *installation* dapat diketahui apakah komponen PFP yang dipasang akan memiliki kualitas yang baik atau tidak. Proses *installation* dapat dilihat pada diagram alir.



Gambar 2 Diagram Alir Metodologi Penelitian.

2.2 Survei Lapangan

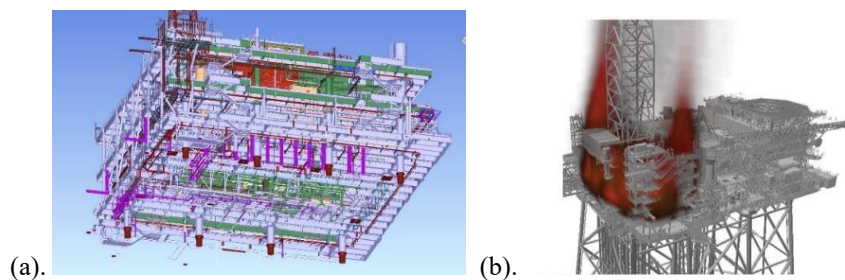
Survei lapangan dilakukan untuk menemukan permasalahan dan bisa dilanjutkan dengan menentukan topik pembahasan tugas. Setelah dilakukan survei lapangan setelah itu dilakukan diskusi dengan pendamping di *Department QC Blasting and Painting*, selanjutnya adalah studi literatur terkait dengan hasil diskusi dan survei lapangan yang telah dilakukan pada struktur anjungan produksi lepas pantai

2.3 Studi Literatur Pengambilan Data Lapangan

Setelah survei lapangan dilanjutkan dengan studi literatur, maka ditemukan data *Inspection* yang diperlukan untuk melanjutkan proses pemasangan *passive fire proofing* (PFP) terkait kondisi di lapangan.

2.4 Lokasi Penempatan PFP Berdasarkan *Drawing*

Gambar di bawah ini merupakan posisi peletakan komponen PFP pada struktur anjungan produksi lepas pantai dan simulasi kebakaran pada struktur anjungan produksi lepas pantai.



Gambar 2 (a). Peletakan Komponen PFP pada Struktur Anjungan Produksi Lepas Pantai. (b). Simulasi Kebakaran pada Struktur Anjungan Produksi Lepas Pantai.

Pada gambar (a) menunjukkan area struktur *carbon steel* yang diberikan warna hijau, yang berada pada bagian *below cellar deck*, *mid deck*, *main deck*, merupakan area *passive fire proofing* (PFP) *coating*, yang dapat dikatakan area tersebut terdapat *equipment vessel* dan *pipe* yang fluidanya mudah terbakar seperti minyak dan gas, area *below cellar deck* dipenuhi dengan komponen *passive fire proofing* (PFP) *coating*. Serta di beberapa tempat yang berada di *mid deck* dan *main deck*. berdekatan dengan *installation pipe*, *vessel*, ruangan penyimpanan material yang mudah terbakar (*flammable*), ruangan *installation* elektrik, struktur *carbon steel* penyangga *vessel* dan *pipe* serta area yang diestimasikan mudah terbakar juga akan dilapisi komponen PFP saat proses *coating*. Pada gambar (b) di atas menjelaskan terjadinya *incident* simulasi kebakaran hidrokarbon pada struktur anjungan produksi lepas pantai, yang terjadi pada *below cellar deck*, dan kebakaran hidrokarbon minimal 3 jam. *Rating* 3 jam tersebut sesuai dengan syarat minimum yang disebutkan dalam standar dunia yang diakui yaitu UL (Underwriters Laboratories) 1709 tentang *Rapid Rise Fire Test of Protection Materials for Structural Steel*.

2.5 Spesifikasi dan *Equipment* yang Digunakan

Sebelum memulai proses pemasangan komponen *passive fire proofing* (PFP) *coating*, akan ada standar spesifikasi yang digunakan mulai dari *raw material*, perawatan jenis material, *inspection material*, *testing material*, hingga proses *me-release material* dan *equipment* yang digunakan saat inspeksi, di bawah ini akan menampilkan standar spesifikasi serta *equipment* yang digunakan saat proses *installation* hingga PFP *release*.

A. Pada metode *surface preparation*, ada standar spesifikasi yang paling umum mulai dari :

- *Client Specifications*
- *American Society for Testing and Materials* (ASTM)
- *National Association of Corrosion Engineers* (NACE)
- *Society for Protective Coatings Steel Structures Painting Council* (SSPC)
- *International Organization for Standardization* (ISO)
- *Paint Product Technical Data Sheets* (Hempel)
- *Fire Protection Epoxy Intumescent* (Chartek 2218)

B. *Equipment* yang digunakan saat inspeksi :

- Mengukur kedalaman *blasting* (Testex Press-O-Film (x-coarse dan coarse)
- Untuk membuat *profile* pada lingkaran Testex (*Stick* khusus)
- Mengukur ketebalan *blasting* dari Testex (*Thickness Gauge* Testex Press-O-Film)
- *Dust level* (*Dust Tape/ Adhesive Tape*)
- *Salt test* (EQC, HORIBA dan ELCOMETER 130)
- Mengecek suhu lembab atau titik embun di lingkungan (*Thermometer Sling Hygrometer*)
- Mengecek suhu panas pada material (*Thermometer Steel Temperature*)
- Mengukur ketebalan cat basah (*Wet Film Thickness* (WFT)
- Mengukur ketebalan cat kering (*Dry Film Thickness* (DFT)
- Menandai *defect* pada material yang sudah *painting* (*Marking Tape*)

2.6 *Raw Material* dan *Preservation Material*

Untuk material utama yang digunakan sebagai pondasi pada struktur anjungan produksi lepas pantai adalah material yang berjenis *carbon steel* yang terbuat dari campuran besi dan karbon sebagai komponen utamanya, lalu tahap *preservation material carbon steel* dilakukan untuk terus mempertahankan *grade*, Tetapi jika *preservation* tidak dilakukan dengan benar maka akan mengalami oksidasi yang berarti ketika besi dalam baja bereaksi dengan oksigen dan air, membentuk senyawa oksida besi yang kita kenal sebagai karat. *Surface preparation* awal biasanya sesuai dengan *rust grades* A atau B menurut BS EN ISO 8501-

1. *Material rust grades C* atau *D* harus dihindari sedapat mungkin, karena saat proses pembersihan material yang sudah parah akan sangat sulit untuk dibersihkan. Proses untuk membersihkannya menggunakan metode *blasting*. Apabila material telah melakukan *blasting* dan hasilnya banyak dipenuhi *pitting* maka material tersebut akan di *reject*.

2.7 Blasting, Painting dan Inspection

Sebelum *installation* komponen PFP, akan dilakukan proses *coating* pada material, *coating* merupakan proses pengecatan menggunakan *gun spray* yang diaplikasikan ke material bertahap yang sudah ditentukan oleh spesifikasi SIS 05-59-00 tentang *Pictorial Surface Preparation Standard for Painting Steel Surfaces (Swedish standards Institution)*. Sebelum *paint system* digunakan harus dilakukan *coating procedure test* (CPT) mulai dari membersihkan material dengan air dengan *compressor air clean lines*. Dengan *pressure gauge* digunakan sesuai prosedur sebesar 94-100 psi tetapi bisa digunakan 90 psi dan digunakan dengan cara memasang *pressure gauge* pada *hose pipe*. Lalu dilanjutkan bertahap mulai dari *blasting* terlebih dahulu yang berfungsi untuk membentuk *profile* pada permukaan untuk menguatkan cat saat penyemprotan *coating primer*, ada dua jenis dan ukuran pasir yang digunakan untuk penyemprotan pada tahap *blasting*.

I. Jenis Abrasif

- A. Garnet atau *Mineral Abrasive* (pasir warna merah)
- B. *Steel Grits* dan *Steel Shots Mixture* atau *Metalic Abrasive* (pasir warna hitam)

II. Ukuran Abrasif

- A. Awalan G = *Grit amorf*, titik dan ujung tajam, profil tidak beraturan.
- B. Awalan S = Bidikan bulat, profil lebih halus.

Notasi G atau S (SAE J444) diikuti dengan angka, yang menunjukkan ukuran partikel. Untuk grit baja, angka tersebut sesuai dengan uji nominal, dengan awalan G ditambahkan, sesuai dengan ASTM E 11. Untuk bidikan, angka tersebut sesuai dengan saringan uji nominal, dalam sepersepuluh ribu inci, diawali dengan S, misalnya, S-550 menunjukkan bidikan baja tuang yang diidentifikasi dengan diameter bola nominal 0,0550 inci.

III. Proses Inspeksi

- A. Mengukur kedalaman *blasting* menggunakan Testex Press-O-Film (x-coarse dan coarse) dengan besaran X- coarse : 3-115 μm (mikron) (1.5 to 4.5 mils) dan Coarse : 20-64 μm (0.8 to 2.5 mils) diukur menggunakan *Thickness Gauge* Testex Press-O-Film.
- B. *Dust level* menggunakan *Dust Tape/ Adhesive Tape* yang dilakukan sebanyak 3 kali digunakan untuk pengecekan kebersihan dari debu setelah *diblasting* sesuai dengan ISO 8502-3 dan ISO 240.
- C. *Salt test* dengan jumlah maksimal 0.5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (mikrogram per sentimeter persegi) semakin kecil angka yang didapat semakin bagus kondisinya. Lalu dilanjutkan dengan inspeksi visual seperti *pitting* dan *defect* cat. konduktivitas abrasif sesuai dengan ASTM D4940.
- D. Mengecek suhu lembap atau titik embun di lingkungan menggunakan *thermometer sling hygrometer* yang memiliki hitungan *wet bulb* (posisi atas) dan *dry bulb* (posisi bawah). penggunaan yang diputar seperti baling-baling selama 20-40 putaran sebanyak 3 kali. Apabila suhu terlalu dingin akan menyebabkan cat yang mudah terkelupas.
- E. Mengecek suhu panas pada material menggunakan *thermometer steel temperature* antara *dew point* dan *thermometer steel temperature* harus memiliki selisih 3. Apabila suhu terlalu panas cat akan mudah bergelembung dan akan terlihat bintik - bintik atau dapat meleleh dan sulit untuk kering.

Tahap untuk inspeksi selesai setelah melakukan *blasting*. Lalu masuk ke proses pengecatan *coating primer* dengan *type* Hempadur Primer 17300 dan cairan berupa *zinc epoxy*, sebagai dasar untuk menutupi *carbon steel* dengan ketebalan 90-180 μm (3.5 to 7.1 mils). Setelah pengecatan akan dilakukan inspeksi

wet film thickness (WFT) untuk mengecek ketebalan pada cat pada saat cat masih basah dan kegiatan tersebut dilakukan oleh *painter*. Setelah cat mengering akan dilakukan *dry film thickness* (DFT) dilakukan *inspector* untuk mengecek ketebalan cat sesuai spesifikasi dengan ketebalan 50-100 µm (2 to 4 mils). Apabila tidak sesuai dengan spesifikasi dan terdapat *dry spray* atau cacat pada pengecatan akan dilakukan *buffing mechine* atau amplas untuk membersihkannya, lalu di *spray* kembali dan diinspeksi *dry film thickness* (DFT) proses inspeksi akan dilakukan terus menerus saat pengecatan hingga proses selesai.

Tabel 2 Table Paint System PFP.

ITEM AKAN DI CAT	SISTEM CAT	PERSIAPAN PERMUKAAN	PRIMER			MID COAT			TOP COAT		
Area penerapan PFP	APCS 1B + PFP	SA 2½ 40 – 65µm	Type Hempadur Primer 17300/ Primer1557 0-Red- 50890	WFT µm 90-180	DFT µm 50-100	Type PFP Coating	WFT µm -	DFT µm -	Type Hempadur Mastic 45881 Grey RAL 7038	WFT µm 95-150	DFT µm 75-125

2.8 Installation PFP dan Inspection

Masuk ke proses *mid coat* atau *second coating* berupa cairan *Fire Protection Epoxy Intumescent* dengan *type* Chartek 2218. Sebelum melaksanakan proses penyemprotan cairan *intumescent*, *inspector* akan melakukan inspeksi kondisi lingkungan dan suhu material tentunya menggunakan *thermometer sling hygrometer* dan *thermometer steel temperature*. Apabila kondisi normal saat inspeksi maka akan dilanjutkan proses penyemprotan komponen PFP sesuai spesifikasi. Untuk *layer* pertama komponen PFP memiliki standar ketebalan 5,1 mm atau setara dengan 5100 µm (200,7874 mils). Setelah itu dibiarkan kering, untuk melanjutkan inspeksi *dry film thickness* (DFT). Proses *touch dry* memerlukan waktu 2 jam pada *temperature* 0°C (32°F) dan *hard dry* memerlukan waktu 20 jam.

Pada *layer* kedua pemasangan *mesh*, fungsi pemasangan *mesh* sebelum disemprotkan komponen *passive fire proofing* (PFP). Pada *layer* ke tiga, agar pemasangan PFP dapat sempurna dan tidak mudah terkelupas saat kering serta memiliki pondasi yang kuat saat menempel pada material. Setelah pemasangan *mesh* dilanjutkan dengan *layer* ke 3 PFP dengan ketebalan minimum 5,1 mm setara dengan 5100 µm (200,7874 mils). toleransi minimum 0,85 %, jadi apabila ketebalan max 6 mm maka akan dikali dengan 0,85, maka akan menghasilkan 5,1 mm untuk ketebalan minimum. Untuk proses pengeringannya sama dengan *layer* pertama. Setelah mengering akan dilakukan inspeksi visual karena tekstur PFP itu berporos atau berpori yang dapat menyerap air, jika air tersebut diserap maka akan menyebabkan gelembung atau *blistering* dan merusak PFP tersebut karena komponen PFP sangat mudah hancur, setelah itu inspeksi *dry film thickness* (DFT) untuk mendapatkan ketebalan sempurna.

Tabel 2 Drying Time


TEMPERATUR	SENTUHAN KERING	SENTUHAN TANGAN	MINIMAL
- 10°C (14°F)	5 Jam	24 Jam	5 Jam
0°C (32°F)	2 Jam	20 Jam	2 Jam
10°C (50°F)	2 Jam	17 Jam	2 Jam
25°C (77°F)	60 Menit	7 Jam	60 Menit
40°C (104°F)	60 Menit	6 Jam	60 Menit

Top coating merupakan proses terakhir yang dilakukan untuk memproteksi PFP, proses *top coating* menggunakan cairan *polyurethane* dengan type Hempadur Mastic 45881. Setelah proses *top coating* selesai material tersebut akan dilakukan inspeksi kembali dengan memastikan kebersihannya dan standar ketebalan *wet film thickness* (WFT) 95-150 μm (3.7 to 5.9 mils) pada saat cat basah. Setelah mengering akan dilakukan inspeksi *dry film thickness* (DFT) dengan ketebalan standar 75-125 μm (2.9 to 4.9 mils). Tujuan dilakukan *top coating* untuk menjaga permukaan *intumescent*, seperti yang diketahui lapisan *intumescent* sangat mudah hancur jika terkena air, apabila lapisan *intumescent* rusak maka rembesan air tersebut akan mengenai *carbon steel* perlahan hingga menyebabkan korosi. Proses *installation* PFP pun selesai dengan kondisi material *carbon steel* yang di *protect* dengan hasil inspeksi yang sempurna.

3 Analisa Data dan Pembahasan

Setelah melakukan proses *Installation* dan proses *Inspection* komponen *passive fire proofing* (PFP), maka didapatkan hasil data analisis serta pembahasan yang akan dijelaskan di bawah ini.

Tabel 3 Dry Bulb dan Steel Temperature

	Dry Bulb				Steel Temperature
	0,5	1,0	2,0	3,0	
34	97-32	93-33	87-31	81-30	
33	97-32	93-32	87-30	80-29	
32	97-31	93-31	86-30	80-28	
31	96-30	93-30	86-28	80-27	
30	96-29	93-29	86-27	79-26	
29	96-28	93-28	86-26	79-25	

3.1 Dew Point

Pada tahap inspeksi menggunakan alat *thermosmeter sling hygrometer* wajib memiliki selisih 3 pada temperatur tetapi jika mendapatkan selisih 2 harus diingatkan dengan kata “*RISK*” karena jika dilanjutkan pengecatan, cat akan mudah terkelupas.

- **WB:** Wet Bulb: 26°C
- **DB:** Dry Bulb: 29°C

Selisih antara *wet Bulb* dan *dry Bulb* yang digunakan untuk mencari nilai kelembapan udara yang diwajibkan harus memiliki selisih 3.

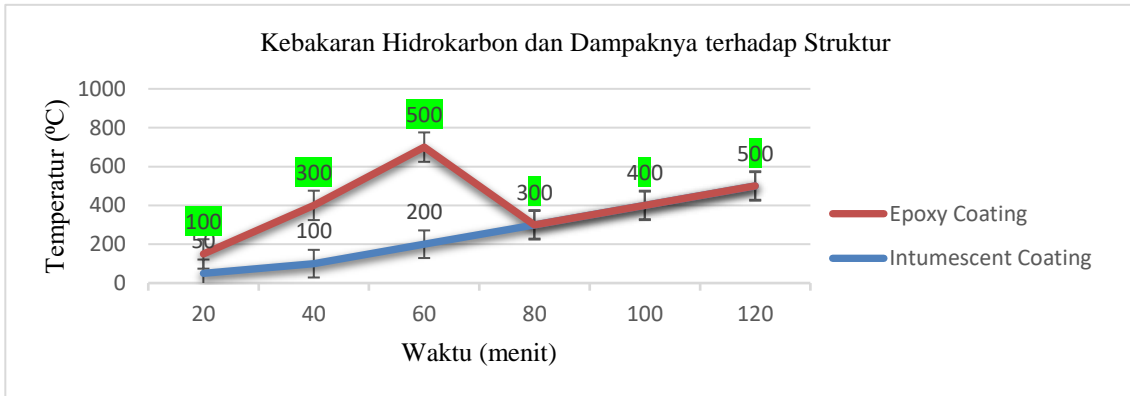
- **RH:** Relative Humidity atau Kualitas Udara: 79%
- Presentasi **RH** akan memiliki nilai yang lebih bagus di bawah 85 %
(**ST-DP**) = lebih besar dari 3.
 - **DP:** Dew Point: 25°C
 - **ST:** Steel Temperatur: 29°C

Nilai pada *dew point* dan *steel temperature* di atas memiliki selisih 4, selisih ini hanya mencapai angka 7 sangat jarang sekali memiliki selisih 10. Apabila suhu di atas memiliki selisih 3 atau melewati ketentuan yang berlaku, maka cat akan mudah meleleh.

3.2 Perbandingan Struktur *Carbon Steel* dengan *Intumentent Coating* dan Struktur *Carbon Steel* dengan *Epoxy Coating* ketika Terbakar Api Hidrokarbon.

Perbedaan signifikan antara kedua jenis *coating* pada struktur *carbon steel* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapainya nilai suhu minimumnya. Dalam kondisi seperti itu, bahan tahan api biasa

tidak memberikan tingkat yang memadai untuk perlindungan kebakaran hidrokarbon. *Carbon steel* dengan *intumescent coating* memuncak hingga 500°C dalam waktu 2 jam dengan tebal 3 mm setara dengan 3000 µm (118.11023622 mils). Sedangkan *carbon steel* dengan *epoxy coating* memuncak memuncak hingga 500°C dalam waktu 60 menit dengan tebal 3 mm setara dengan 3000 µm (118.11023622 mils).

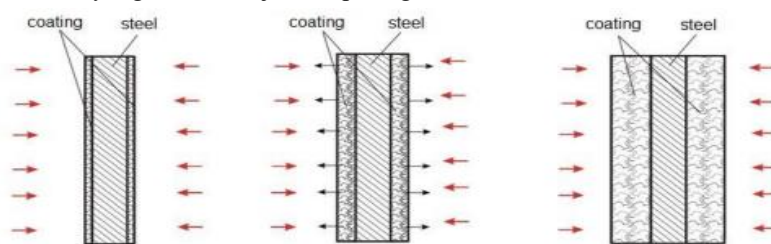


Grafik 3 Kurva Suhu - Waktu.

Pada umumnya, *carbon steel* mulai kehilangan kekuatannya pada suhu di atas 300°C dalam waktu 5 menit. Penurunan kekuatan ini terjadi secara bertahap dan konsisten hingga mencapai 800°C untuk *carbon steel* dengan ketebalan 1 cm atau setara dengan 10.000 µm. Sedangkan *carbon steel* yang menggunakan *intumescent coating* akan membutuhkan waktu 2 jam untuk mencapai suhu 500°C, *Passive fire proofing* (PFP) akan terus meningkatkan volumenya saat terkena api, dengan lapisan *intumescent* yang dapat mengembang seperti busa lalu mengeras menjadi hitam seperti arang yang disebabkan oleh bahan kimia di dalamnya yang bereaksi ketika terbakar. Arang merupakan penghantar panas yang buruk dan tidak memungkinkan menghantarkan panas yang berusaha untuk melewati lapisan pelapis dan mencapai struktur *carbon steel*.

3.3 Simulasi Terbakarnya PFP

Ada tiga tahap simulasi proses perlindungan pada komponen *passive fire proofing* (PFP) terhadap permukaan *carbon steel* yang akan ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3 Simulasi proses perlisndungan pada komponen *passive fire proofing* (PFP), Petukhovskaia, I., 2018.

- Tahap pertama, baja dipanaskan secara monoton hingga $200 \pm 50^\circ\text{C}$. Pelapisan yang berada di dalam bentuk padat berfungsi sebagai isolasi.
- Tahap kedua, berlanjut hingga suhu 400°C . Proses ini bersifat pemanasan dalam. Lapisan luar akan lebih panas secara bertahap dan mulai mengembang dari permukaan baja.
- Tahap ketiga, mencapai 500°C lapisan *intumescent* berfungsi sebagai isolasi. Saat laju pemanasan baja semakin naik. *Passive fire proofing* (PFP) akan terus meningkatkan volumenya saat terkena api. Pada tahap ini, lapisan *intumescent* berfungsi sebagai isolasi dan membuat penghalang isolasi termal dengan konduktivitas termal rendah di permukaannya.

4 Kesimpulan

Setelah melakukan proses pemasangan *passive fire proofing* (PFP), telah diketahui bahwa setiap melakukan *coating* pada *structure carbon steel* akan selalu dilakukan inspeksi yang bertujuan untuk mendapatkan hasil kualitas yang baik, dengan cara menggunakan alat inspeksi *thermometer sling hygrometer* dan *thermometer steel temperature* untuk mengukur angka pada *relative humidity*, *dew point*, *steel temperature* sesuai dengan kriteria yang diinginkan, sehingga saat *coating* dilaksanakan hasil cat dan lapisan *intumescent* dapat menempel dengan sempurna, maka PFP tersebut akan berfungsi dengan baik saat terjadi kebakaran, hal ini dapat berpotensi secara efektif mencegah *carbon steel* mulai kehilangan kekuatannya pada suhu di atas 300°C dan lapisan *intumescent* berfungsi sebagai isolasi saat mencapai suhu 500°C ketika laju pemanasan baja semakin naik, dan *passive fire proofing* akan menjadi solusi terhadap permasalahan untuk menghindari atau menunda keruntuhan pada struktur anjungan produksi lepas pantai serta digunakan untuk menahan bangunan sementara untuk jalannya evakuasi.

5 Daftar Pustaka

- [1] Munoz-Garcia, E., 2014. Risk-based passive fire-protection optimization. *Oil and Gas Facilities*, 3(01), pp.67-75.
- [2] BP, B., 2010. Deepwater Horizon Accident Investigation Report Houston British.
- [3] Bly, M. ed., 2011. *Deepwater Horizon accident investigation report*. Diane Publishing.
- [4] Cullen, L.W., 1993. The public inquiry into the Piper Alpha disaster. *Drilling Contractor; (United States)*, 49(4).
- [5] Thurlbeck, S.D. and Deogan, M.S., 1994. Passive fire protection for offshore pipeline risers. In *Institution of Chemical Engineers Symposium Series* (Vol. 134, pp. 441-441). HEMISPHERE PUBLISHING CORPORATION.
- [6] Yanuar, T., 2009. PEKERJAAN FIREPROOFING (TAHAN API) DI KILANG HIDROKARBON ONSHORE. <https://civilandstructure.wordpress.com/2009/06/30/pekerjaan-fireproofing/>.
- [7] GCR, N., 2004. Fire Protection of Structural Steel in High-Rise Buildings.
- [8] Petukhovskaia, I., 2018. Passive fire protection methods of load-bearing structures in case of hydrocarbon fire.
- [9] Permax., 2021. PERBEDAAN ANTARA KEBAKARAN SELULOSA DAN HIDROKARBON. <https://permax.com.au/differences-between-cellulosic-and-hydrocarbon-fires>
- [10] Pradip., 2020. PASSIVE FIRE CONTAINMENT. <https://www.pfcsolution.in/fireproofing/>
- [11] Bahadori, A., 2015. Essentials of coating, painting, and lining for the oil, gas and petrochemical industries. Gulf Professional Publishing.
- [12] Boysen Jr, S.I.E.G.F.R.I.E.D., 1974. Coating Fundamentals. Nineteenth Annual Appalachian Underground Corrosion Short Course.
- [13] Gravit, M., Klementev, B. and Shabunina, D., 2021. Fire protection of steel structures with epoxy coatings under cryogenic exposure. *Buildings*, 11(11), p.537.
- [14] Standard, N.O.R.S.O.K., 2012. Surface preparation and protective coating. NORSOK M-501, Norway.
- [15] Mróz, K., Hager, I. and Korniejenko, K., 2016. Material solutions for passive fire protection of buildings and structures and their performances testing. *Procedia Engineering*, 151, pp.284-291.