

Analisa Pemilihan *Fire Division* A60 & H60 Berdasarkan Tingkat Risiko Kebakaran Pada HV Room dan Transformer Room Offshore Oil & Gas Platform

Farul Abdilah Acebadewa, Tiwi Gustria Ningsih, S.Pd., M.Han, and Meschac Timothee Silalahi, M.T.

Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
E-mail: farulabdilah22@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisa pemilihan jenis *fire division* antara A-60 dan H-60 pada *offshore oil and gas platform* berdasarkan tingkat risiko kebakaran. *Offshore platform* memiliki potensi bahaya kebakaran yang sangat tinggi akibat keberadaan hidrokarbon dalam berbagai fase. Pemilihan *fire division* yang tepat merupakan aspek kritis dalam desain keselamatan struktur lepas pantai. Penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi area-area pada *platform*, menentukan jenis divisi berdasarkan standar *IMO SOLAS Chapter II-2*. Hasil analisa menunjukkan bahwa area dengan skor risiko tinggi seperti *Transformer Room* direkomendasikan menggunakan H-60 *division* yang mampu menahan penetrasi panas hingga 60 menit pada kondisi paparan api intensitas tinggi. Sedangkan area dengan risiko rendah hingga sedang seperti *HV Room (High Voltage Room)* dan direkomendasikan menggunakan A-60 *division*. Berdasarkan hasil perhitungan *Material Take Off (MTO)*, total estimasi biaya pemasangan *passive fire protection* pada kedua ruangan tersebut adalah sebesar Rp882.550.000, dengan rincian biaya material A-60 sebesar Rp370.500.000 dan material H-60 sebesar Rp512.050.000. Penerapan metode penilaian risiko yang terstruktur terbukti efektif dalam mengoptimalkan pemilihan material insulasi *fire division*, memberikan keseimbangan antara keselamatan dan efisiensi biaya konstruksi pada *offshore platform*.

Kata kunci: *Fire Division*, A-60, H-60, *Offshore Platform*, Risk Assessment, Kebakaran, Biaya Konstruksi.

Abstract

This study analyzes the selection of fire division types—specifically A-60 versus H-60—for offshore oil and gas platforms based on fire risk levels. Offshore platforms present a very high fire hazard potential due to the presence of hydrocarbons in various phases. Selecting the appropriate fire division is a critical aspect of offshore structural safety design. The study involved identifying specific platform areas and determining the division type in accordance with IMO SOLAS Chapter II-2 standards. The analysis indicates that high-risk areas, such as the Transformer Room, require H-60 divisions, which are capable of withstanding heat penetration for 60 minutes under high-intensity fire exposure. Conversely, areas with low to moderate risk—such as the High Voltage (HV) Room—are recommended to use A-60 divisions. Based on Material Take-Off (MTO) calculations, the total estimated cost for installing passive fire protection in these two rooms is IDR 882,550,000, comprising IDR 370,500,000 for A-60 materials and IDR 512,050,000 for H-60 materials. The application of a structured risk assessment method proved effective in optimizing the selection of fire division insulation materials, striking a balance between safety and construction cost efficiency for offshore platforms.

Keywords: *Fire Division, A-60, H-60, Offshore Platform, Risk Assessment, Fire, Construction Cost.*

1. Pendahuluan

Industri minyak dan gas lepas pantai (*offshore oil and gas*) merupakan salah satu sektor industri yang memiliki tingkat risiko kebakaran dan ledakan yang tinggi akibat keberadaan hidrokarbon dalam bentuk gas, cair, maupun uap yang mudah terbakar. Kebocoran hidrokarbon yang disertai sumber penyulut dapat menyebabkan kebakaran dengan intensitas tinggi yang berpotensi mengancam keselamatan personel, merusak fasilitas produksi, serta mengganggu keberlangsungan operasi platform.

Statistik yang Data dipublikasikan oleh SINTEF menunjukkan bahwa insiden blowout dan pelepasan hidrokarbon masih menjadi salah satu penyebab utama terjadinya kecelakaan besar pada instalasi minyak dan gas lepas pantai. Potensi pelepasan hidrokarbon tersebut dapat berkembang menjadi kebakaran atau ledakan apabila tidak ditangani dengan sistem proteksi yang memadai. Oleh karena itu, penerapan sistem keselamatan kebakaran menjadi aspek yang sangat penting dalam perancangan dan pengoperasian *offshore platform*.

Untuk meminimalkan dampak kebakaran, diperlukan sistem *Passive Fire Protection (PFP)* yang mampu membatasi penyebaran api dan mempertahankan integritas struktur selama kondisi darurat. Salah satu komponen utama dalam sistem PFP adalah *fire division* yang berfungsi sebagai sekat tahan api antar ruangan atau area pada *platform*. *Fire division* dirancang untuk memberikan perlindungan terhadap penyebaran panas dan api selama periode waktu tertentu sehingga memberikan kesempatan bagi personel untuk melakukan evakuasi dan tindakan tanggap darurat.

Berdasarkan standar *International Maritime Organization (IMO) SOLAS Chapter II-2*, *fire division* pada *offshore platform* umumnya diklasifikasikan menjadi A-Class Division dan H-Class Division. Klasifikasi yang paling banyak digunakan adalah A-60 dan H-60. *Fire division* A-60 dirancang untuk menahan kebakaran tipe *cellulosic fire* selama 60 menit, sedangkan H-60 dirancang untuk menahan *hydrocarbon fire* yang memiliki laju kenaikan temperatur jauh lebih cepat dan tingkat panas yang lebih tinggi dibandingkan kebakaran konvensional. Pemilihan jenis *fire division* yang tidak sesuai dengan tingkat risiko kebakaran dapat mengakibatkan kegagalan sistem proteksi, meningkatnya kerusakan struktur, serta membahayakan keselamatan personel.

Oleh karena itu, diperlukan analisis risiko kebakaran untuk menentukan jenis *fire division* yang paling sesuai pada setiap area *offshore platform* berdasarkan karakteristik bahaya yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemilihan *fire division* A-60 dan H-60 berdasarkan tingkat risiko kebakaran pada *offshore oil and gas platform* dengan menggunakan pendekatan *Fire Risk Assessment*.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji topik yang berkaitan dengan penilaian risiko kebakaran dan sistem proteksi kebakaran pasif pada *offshore platform*. [1] dalam penelitiannya berjudul "*Fire Risk Quantitative Assessment of Offshore Supported Platform*" yang diterbitkan pada *Journal of Marine Science and Application* mengusulkan model matematis penilaian risiko kebakaran berbasis metode penilaian keselamatan komprehensif. Penelitian tersebut memperkenalkan konsep *danger time* sebagai kriteria evaluasi evakuasi aman, dengan menggabungkan statistik probabilitas dan simulasi numerik pada *platform semi-submersible N500* sebagai studi kasus. Analisis dilakukan terhadap frekuensi kebakaran, probabilitas eskalasi, dan probabilitas korban untuk mengoptimalkan tata letak umum platform. [1]

Selanjutnya, [2] dalam penelitian berjudul "*Mitigation of Fire Damage and Escalation by Fireproofing: A Risk-Based Strategy*" yang diterbitkan di jurnal *Reliability Engineering & System Safety* mengembangkan strategi berbasis risiko untuk mengurangi dampak kebakaran dan eskalasi api melalui penerapan fireproofing pada fasilitas offshore dan proses industri. Pendekatan yang dikembangkan mempertimbangkan efektivitas material insulasi tahan api dalam meminimalkan kerusakan struktural akibat kebakaran hidrokarbon secara umum, namun belum membedakan secara spesifik pemilihan antara divisi A-60 dan H-60 berdasarkan kategori area. [2]

Lebih lanjut, [3] dalam penelitian berjudul "*Integrated Hydrocarbon Fire Simulation and Protection Assessment for Enhancing Offshore Platform Safety*" yang diterbitkan di *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* mengintegrasikan simulasi kebakaran hidrokarbon dengan penilaian proteksi kebakaran untuk mengevaluasi respons struktural dan langkah-langkah mitigasi pada *offshore platform*. Penelitian tersebut menggunakan simulasi CFD berbasis *Pyrosim* untuk menganalisis distribusi temperatur, zona api, dan efek termal kritis, serta melakukan penilaian parametrik terhadap sistem proteksi aktif dan pasif.

Meskipun demikian, pendekatan berbasis simulasi numerik tersebut memerlukan perangkat lunak dan sumber daya komputasi yang kompleks, sehingga kurang praktis untuk diterapkan langsung pada proses fabrikasi di lapangan.[3]

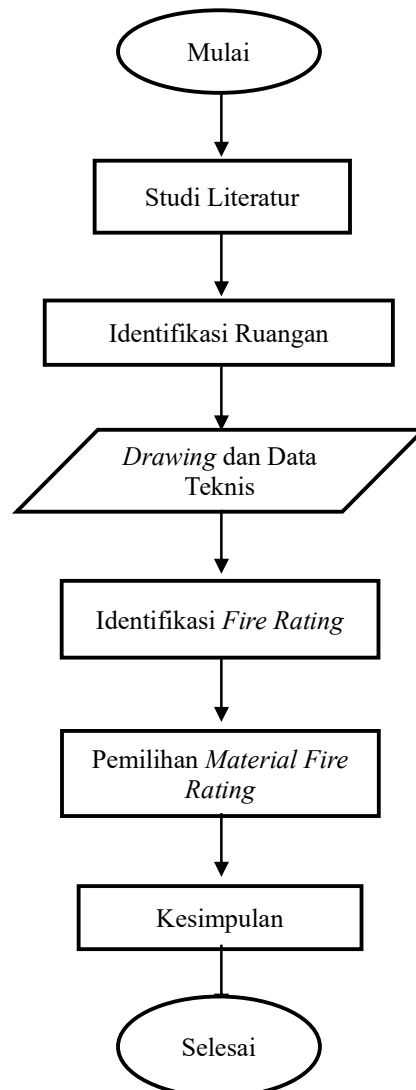
Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis mikro berbasis area spesifik *HV Room* dan *Transformer Room* yang menjadi objek studi kasus. Fokus ini dipilih karena kedua ruangan memiliki karakteristik bahaya kebakaran yang berbeda dan tersedia data drawing, MTO, serta biaya yang lengkap untuk dianalisis.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan *Fire Risk Assessment (FRA)*. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi tingkat risiko kebakaran pada area-area di *offshore oil and gas platform* sehingga dapat ditentukan jenis *fire division* yang sesuai, yaitu A-60 atau H-60. Pendekatan kuantitatif dilakukan melalui penilaian risiko berdasarkan parameter kemungkinan terjadinya kebakaran (*likelihood*), dampak yang ditimbulkan (*consequence*).

2.1 Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 1 ditampilkan diagram alir penelitian ini



Gambar 1 Diagram Alir

2.1.1 Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi dan referensi yang berkaitan dengan sistem proteksi kebakaran pada *offshore oil and gas platform*. Data diperoleh dari jurnal ilmiah, buku, standar internasional seperti *International Maritime Organization*, *SOLAS*, *FTP Code*, dan berbagai penelitian terdahulu yang membahas *fire division A-60* dan *H-60*. Tahap ini bertujuan untuk memahami kriteria pemilihan *fire rating* berdasarkan tingkat risiko kebakaran pada setiap ruangan.

2.1.2 Identifikasi Ruangan

Identifikasi Ruangan merupakan tahap awal penelitian yang dilakukan untuk mengetahui fungsi, lokasi, dan karakteristik setiap ruangan pada *offshore oil and gas platform* berdasarkan gambar desain (*drawing*) dan dokumen teknis yang tersedia. Pada tahap ini dilakukan pengelompokan ruangan seperti *HV Room & Transformer Room*. Hasil identifikasi digunakan untuk menentukan tingkat risiko kebakaran pada masing-masing ruangan sehingga dapat menjadi dasar dalam penentuan kebutuhan *fire rating* yang sesuai.

2.1.3 Drawing dan Data Teknis

Drawing dan Data Teknis merupakan tahap pengumpulan dan analisis dokumen teknis yang berkaitan dengan desain *offshore platform*. *Drawing* yang dipelajari meliputi general arrangement, layout ruangan, *section drawing*, dan detail konstruksi untuk mengetahui posisi, dimensi, serta hubungan antar area. Data teknis yang dikumpulkan mencakup spesifikasi material, peralatan, sistem proteksi kebakaran, jenis insulasi, serta dokumen engineering lainnya.

2.1.4 Identifikasi Fire Rating

Identifikasi Fire Rating dilakukan dengan mengevaluasi tingkat risiko kebakaran pada setiap ruangan berdasarkan fungsi, sumber potensi kebakaran, dan dampak yang dapat ditimbulkan. Hasil identifikasi tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan kebutuhan *fire rating* yang sesuai, seperti A-60 untuk perlindungan terhadap kebakaran selulosa dan H-60 untuk area yang berpotensi mengalami *hydrocarbon fire*. Setelah kebutuhan *fire rating* ditentukan, dilakukan pemilihan material *fire rating* yang memenuhi persyaratan ketahanan api sesuai standar dan regulasi yang berlaku.

2.1.5 Pemilihan Material Fire Rating

Pemilihan Material Fire Rating dilakukan setelah kebutuhan *fire rating* pada setiap ruangan telah ditentukan berdasarkan tingkat risiko kebakaran. Tahap ini bertujuan untuk memilih material konstruksi dan insulasi yang mampu memenuhi persyaratan ketahanan api sesuai standar yang berlaku. Pemilihan material mempertimbangkan kemampuan menahan penyebaran panas, integritas struktur saat terjadi kebakaran, berat material, kemudahan instalasi, serta kesesuaiannya dengan lingkungan offshore. Material yang dipilih dapat berupa panel tahan api, plat baja, rockwool, ceramic fiber, atau material fireproofing lainnya yang telah memiliki sertifikasi uji ketahanan api sesuai standar internasional. Untuk area dengan risiko kebakaran hidrokarbon yang tinggi, material harus mampu memenuhi persyaratan *fire rating* H-60, sedangkan area dengan risiko kebakaran umum dapat menggunakan material yang memenuhi persyaratan A-60.

2.1.6 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan tahap akhir penelitian yang bertujuan untuk merangkum hasil analisis pemilihan *fire division* dan material *fire rating* pada *offshore oil and gas platform*. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil identifikasi ruangan, analisis *drawing* dan data teknis, evaluasi kebutuhan *fire rating*, serta pemilihan material yang sesuai dengan tingkat risiko kebakaran pada setiap area.

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT McDermott Indonesia yang berlokasi di Batam, Kepulauan Riau. McDermott merupakan salah satu perusahaan konstruksi lepas pantai terbesar yang bergerak di bidang fabrikasi dan instalasi struktur offshore. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama Agustus 2025 hingga April 2026, dengan fokus pada pengumpulan data sekunder, observasi proses kerja, serta studi literatur dan teknis yang relevan.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

- A. Layout platform
- B. Equipment arrangement
- C. Inventaris hidrokarbon
- D. Tekanan dan temperatur operasi
- E. *Existing fire division*
- F. Material specification

2.3.1 Studi Literatur

Metode studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi yang berkaitan dengan sistem proteksi kebakaran pada industri offshore. Referensi tersebut diperoleh dari buku, jurnal ilmiah, standar internasional, serta dokumen teknis yang digunakan sebagai dasar teori dan acuan analisis dalam penelitian. Studi literatur ini bertujuan untuk memahami konsep dasar fire protection, karakteristik material insulasi tahan api, serta persyaratan teknis yang berlaku pada instalasi offshore.

Beberapa standar internasional yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. *SOLAS Chapter II-2*
Digunakan sebagai acuan utama terkait sistem proteksi kebakaran pada fasilitas maritim dan offshore, termasuk persyaratan *fire division* dan keselamatan personel.
2. *IMO Fire Test Procedures Code*
Digunakan untuk mengetahui metode pengujian material terhadap ketahanan api sesuai standar internasional.
3. *FTP Code Part 3*
Digunakan sebagai acuan pengujian material non-combustibility atau ketahanan material terhadap api.
4. ISO 834
Digunakan sebagai standar kurva temperatur pada pengujian ketahanan api material dan konstruksi bangunan.

Melalui studi literatur ini, diperoleh dasar teori yang mendukung analisis performa rockwool sebagai material insulasi dalam memenuhi persyaratan *fire division* pada fasilitas offshore.

Tabel 1 Perbandingan A60 & H60 Menurut Regulasi

No	Regulasi	H-60	A-60
1.	SOLAS Chapter II-2	Tidak diatur secara spesifik. SOLAS lebih berfokus pada klasifikasi A-Class Division untuk kapal niaga. H-60 umumnya digunakan pada fasilitas offshore berdasarkan persyaratan industri migas.	Didefinisikan sebagai sekat atau dek yang mampu mencegah perambatan api dan asap selama 60 menit serta membatasi kenaikan temperatur sesuai persyaratan A-Class Division.
2.	IMO Fire Test Procedures (FTP) Code	Menggunakan metode pengujian kebakaran hidrokarbon (Hydrocarbon Fire Test) dengan laju kenaikan temperatur yang sangat cepat hingga sekitar 1.100°C.	Menggunakan metode pengujian kebakaran standar (Cellulosic Fire Test) berdasarkan kurva temperatur standar yang lebih rendah dibanding hydrocarbon fire.
3.	FTP Code Part 3	Tidak diatur secara khusus dalam FTP Code Part 3 karena bagian ini berfokus pada pengujian A-Class Division. Pengujian H-60 biasanya mengacu pada standar hydrocarbon fire untuk offshore.	Mengatur prosedur pengujian bulkhead dan deck tipe A-Class menggunakan kurva api standar. Untuk A-60, integritas dan insulasi harus dipertahankan selama 60 menit.

4.	ISO 834	Tidak menggunakan kurva ISO 834. H-60 menggunakan Hydrocarbon Fire Curve yang menghasilkan temperatur lebih tinggi dan peningkatan panas lebih cepat.	Menggunakan kurva kebakaran standar ISO 834 (Cellulosic Fire Curve) dengan temperatur sekitar 945°C pada menit ke-60.
----	---------	---	---

Tabel 2 Perbandingan A60 & H60 menurut ketahanan terhadap api.

No	Aspek	H-60	A-60
1.	Jenis Kebakaran	Hydrocarbon Fire	Cellulosic Fire
2.	Standar Acuan	Offshore Oil & Gas Standards (NORSOK, ISO 22899, dll.)	SOLAS Chapter II-2, IMO FTP Code
3.	Temperatur ± 60 Menit	± 1.100°C	± 945°C
4.	Laju Kenaikan Temperatur	Sangat cepat	Lebih lambat
5.	Area Penggunaan	Process Area, Wellhead, HV Room, Transformer Room, Hydrocarbon Storage	Accommodation, Control Room, Corridor, Office
6.	Tingkat Proteksi	Lebih tinggi	Standar maritim

2.3.2 Observasi Data Teknis

Observasi data teknis dilakukan dengan mengamati dan menganalisis desain *drawing Offshore Platform* secara detail untuk menentukan kebutuhan *fire division* yang sesuai dengan standar keselamatan. Kegiatan ini meliputi peninjauan layout area, identifikasi ruang-ruang kritis seperti *TR room*, *HV Room*, *Transformer Room*, dan *CAM Room*. Data hasil observasi ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan klasifikasi dan kebutuhan proteksi kebakaran pada setiap area.

2.3.3 Dokumentasi

Metode dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan berbagai dokumen pendukung yang berkaitan dengan penelitian, seperti gambar teknik (*Shop Drawing*), dan spesifikasi material. Dokumentasi ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian antara material yang digunakan, dan standar proteksi kebakaran yang diterapkan pada *Offshore Platform*, sehingga hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

2.4 Tabel Penelitian

Tabel 3 Variabel Penelitian

No	Variabel	Satuan/Keterangan
1.	Ketebalan pelat baja	6 mm
2.	Ketebalan insulation	110 mm
3.	Jenis material insulasi A 60	M ² /kg
4.	Jenis material insulasi H 60	M ² /kg
5.	Temperatur uji berdasarkan standar ISO 834	°C

2.5 Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan membandingkan karakteristik *Fire Division H-60* dan *A-60* berdasarkan standar dan regulasi yang berlaku, seperti *SOLAS Chapter II-2*, *IMO Fire Test Procedures (FTP) Code*, serta ISO 834. Analisis dilakukan terhadap parameter utama yang meliputi jenis kurva kebakaran yang digunakan, ketahanan terhadap temperatur, ketebalan konstruksi, material insulasi, serta kemampuan mempertahankan integritas struktur selama 60 menit paparan api.

3. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data hasil identifikasi ruangan, hasil penilaian risiko kebakaran, analisa kondisi *fire division* pada *HV Room* dan *Transformer Room*, pemilihan material *fire rating* berdasarkan gambar teknik (drawing), serta metode pengujian material yang digunakan sebagai dasar sertifikasi ketahanan api pada offshore platform.

3.1 Data Hasil Identifikasi dan Penilaian Risiko Kebakaran

Berdasarkan hasil identifikasi ruangan pada tahap observasi data teknis, diperoleh empat area kritis pada offshore platform yang memerlukan proteksi fire division, yaitu Transformer Room, dan HV Room (High Voltage Room). Penilaian risiko dilakukan dengan mempertimbangkan parameter likelihood (kemungkinan terjadinya kebakaran) dan consequence (dampak yang ditimbulkan), yang mengacu pada keberadaan sumber panas, inventaris material yang mudah terbakar (cairan dielektrik/minyak transformator, kabel berinsulasi polimer), serta konsekuensi kegagalan fungsi ruangan terhadap keselamatan personel dan kelangsungan operasi platform. Rekapitulasi hasil penilaian tersebut ditampilkan pada Tabel 4. Metode penilaian risiko menggunakan matriks risiko 5×5, yaitu Risk Score = Likelihood × Consequence. *Likelihood* dan *Consequence* masing-masing dinilai pada skala 1–5. Area dengan skor ≥15 dikategorikan risiko tinggi dan direkomendasikan menggunakan H-60, sedangkan skor <15 menggunakan A-60. Pendekatan ini mengacu pada prinsip risk matrix yang digunakan dalam ISO 17776 dan API RP 14J untuk fasilitas offshore. Penentuan batas skor risiko ≥15 didasarkan pada metode matriks risiko 5×5 yang umum digunakan dalam industri minyak dan gas lepas pantai. Nilai risiko diperoleh dari perkalian antara Likelihood (1–5) dan Consequence (1–5). Berdasarkan ISO 17776:2016 dan API RP 14J, area dengan nilai 15–25 dikategorikan sebagai High Risk karena memiliki potensi kejadian yang tinggi dan/atau dampak yang besar terhadap keselamatan personel, integritas aset, serta keberlangsungan operasi. Pada penelitian ini, Transformer Room diberikan nilai Likelihood = 4 (Likely) karena terdapat transformator berisi minyak dielektrik yang berpotensi mengalami kebakaran akibat kegagalan isolasi, overheating, atau short circuit. Nilai Consequence = 4 (Major) diberikan karena kebakaran pada area ini dapat menyebabkan kerusakan peralatan utama, penghentian operasi, dan risiko terhadap personel. Dengan demikian diperoleh Risk Score = 4 × 4 = 16 sehingga termasuk kategori High Risk dan direkomendasikan menggunakan Fire Division H-60. Sementara itu HV Room memiliki Likelihood = 3 dan Consequence = 3 sehingga menghasilkan skor 9 yang termasuk kategori Medium Risk dan direkomendasikan menggunakan Fire Division A-60. Pendekatan ini sejalan dengan metode risk matrix yang digunakan pada ISO 17776:2016 Petroleum and Natural Gas Industries—Offshore Production Installations—Major Accident Hazard Management During the Design of New Installations serta API RP 14J Recommended Practice for Design and Hazard Analysis for Offshore Production Facilities.

Tabel 4 Hasil Rekomendasi *Fire Division* per ruangan

Area/Ruangan	Sumber Bahaya Utama	Skor Risiko	Fire Division
Transformer Room	Minyak dielektrik transformator, arus tinggi	Tinggi (≥15)	H-60
HV Room (Switchgear)	Panel switchgear 33 kV, kabel daya	Sedang (<15)	A-60

Area dengan skor risiko tinggi seperti *Transformer Room* ditetapkan menggunakan H-60 karena berpotensi mengalami *hydrocarbon fire* akibat kebocoran minyak dielektrik yang menimbulkan laju kenaikan temperatur sangat cepat. Sebaliknya, HV Room yang berisi panel switchgear tanpa inventaris hidrokarbon cair dalam jumlah besar cukup diproteksi dengan A-60 yang dirancang untuk *cellulosic fire*. [4]

3.2 Analisa Kebakaran pada *HV Room dan Transformer Room*

Analisa kebakaran dilakukan dengan membandingkan *layout desain pada drawing arsitektural "Architectural Insulation Layout & Details – HV & Transformer Rooms" (No. Drawing 114-20-AB-DWG-00008)* terhadap kondisi aktual hasil instalasi di lapangan. Pada drawing tersebut, HV Room diberi insulasi A-60 pada bulkhead dan deckhead, sedangkan Transformer Room diberi insulasi H-60 pada bulkhead dan deckhead, dengan Airlock sebagai ruang penyekat (*buffer zone*) di antara kedua ruangan untuk mencegah perambatan panas dan asap secara langsung. Denah dan detail insulasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2 & 3.

Transformer Room ditetapkan sebagai area H-60 karena menyimpan unit transformator berisi minyak dielektrik (mineral oil) dalam jumlah besar. Apabila terjadi kegagalan isolasi atau hubung singkat pada sisi tegangan tinggi, minyak transformator berpotensi bocor dan terbakar membentuk hydrocarbon jet fire/pool fire dengan laju kenaikan temperatur yang jauh lebih cepat dibandingkan kebakaran selulosa biasa. Kondisi ini sesuai dengan hasil dokumentasi lapangan pada Gambar 4, yang memperlihatkan unit transformator DTR-116101 dan DTR-116102 (merek GreenTransfo) lengkap dengan marshalling box, radiator pendingin, serta sistem proteksi Buchholz relay yang terpasang di dalam ruangan berdinding H-60.



Gambar 2 Kondisi Aktual *Transformer Room* dengan Proteksi H-60 (a) Unit Transformator DTR-116102 (b) Tampilan Keseluruhan Ruangan

Sementara itu, *HV Room* berfungsi sebagai ruang switchgear yang menampung panel distribusi 33 kV merek Siemens (SG-116101) untuk feeder transformator dan feeder jaringan. Karena tidak terdapat inventaris cairan hidrokarbon dalam jumlah signifikan pada ruangan ini, potensi kebakaran lebih didominasi oleh sumber selulosa seperti kabel berinsulasi polimer dan komponen non-logam pada panel, sehingga proteksi A-60 dinilai memadai. Dokumentasi kondisi aktual ruangan switchgear ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 3 Kondisi Aktual *HV Room (Switchgear Room)* dengan Proteksi A-60 (a) Panel Switchgear SG-116101 (b) Tampilan Keseluruhan Ruangan

Perbandingan antara Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 menunjukkan bahwa konfigurasi *fire division* hasil instalasi di lapangan telah sesuai dengan desain pada *drawing*, yaitu penerapan H-60 pada *Transformer Room* dan A-60 pada *HV Room*, dengan *Airlock* sebagai penyekat di antara keduanya.

3.3 Pemilihan Material *Fire Division* Berdasarkan *Drawing*

Pemilihan material fire division mengacu langsung pada *legend and symbols* yang tercantum pada drawing 114-20-AB-DWG-00008. Material insulasi yang digunakan adalah *rockwool blanket* dengan merek dagang "*Fire Master Marine Plus Blanket*", yang telah memiliki sertifikasi non-combustibility sesuai IMO FTP Code Part 1. Spesifikasi ketebalan, densitas, dan konfigurasi pemasangan untuk masing-masing jenis divisi berbeda satu sama lain, sebagaimana dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5 Spesifikasi Material Insulasi Berdasarkan *Drawing*

Jenis Insulasi	Tebal Total	Densitas	Konfigurasi Lapisan	Finishing
H-60 Bulkhead	130 mm	70 kg/m ³	3 lapis (40+40+50 mm) di atas korugasi	Aluminium foil pada lapisan atas
H-60 Deck	110 mm	70 kg/m ³	2 lapis (60+50 mm) di atas deckhead	Aluminium foil pada lapisan atas
A-60 Bulkhead	60 mm	80 kg/m ³	1 lapis (dome layer) di atas korugasi	Aluminium foil
A-60 Deck	110 mm	48 kg/m ³	2 lapis (60+50 mm) di atas deckhead	Aluminium foil pada lapisan atas



Gambar 4 Kondisi Aktual pemasangan *HV Room* dengan Proteksi A-60 (a)
Material A-60 (b)



Gambar 5 Kondisi Aktual pemasangan *Transformer room* dengan Proteksi A-60 (a)
Material H-60 (b)

Selain insulasi rockwool, drawing juga mensyaratkan komponen konstruksi pendukung, yaitu pelat baja crimp wall setebal 5–6 mm sebagai dinding dasar, panel B15 wall liner setebal 30 mm sebagai lapisan penutup interior, partisi A-60 interior wall setebal 100 mm untuk sekat non-struktural, serta GJ wire mesh sebagai perkuatan yang menahan blanket insulasi agar tidak melorot akibat gravitasi maupun getaran selama operasi. Drawing juga mencantumkan simbol "insulation installation side" berupa tanda segitiga

hitam yang menunjukkan sisi bulkhead/deck tempat insulasi harus dipasang, yaitu pada sisi yang menghadap potensi sumber kebakaran (fire-rated side), sesuai prinsip desain passive fire protection. Logika pemilihan densitas material dapat dijelaskan sebagai berikut: H-60 menggunakan densitas lebih tinggi (70 kg/m^3) dibandingkan A-60 deck (48 kg/m^3) karena kurva hydrocarbon fire memiliki laju kenaikan temperatur yang jauh lebih cepat ($\pm 1.100^\circ\text{C}$ pada menit ke-60) dibandingkan kurva cellulosic fire ($\pm 945^\circ\text{C}$ pada menit ke-60), sehingga material dengan densitas dan ketebalan lebih besar dibutuhkan untuk mempertahankan integritas dan insulasi selama 60 menit. Sebaliknya, pada A-60 bulkhead digunakan densitas yang justru lebih tinggi (80 kg/m^3) dibandingkan A-60 deck (48 kg/m^3) meskipun ketebalan bulkhead lebih tipis (60 mm), karena orientasi vertikal bulkhead membutuhkan material yang lebih padat agar blanket tidak mudah bergeser dan tetap mampu memenuhi kriteria insulasi pada ketebalan yang lebih ringkas. [6]

3.4 Metode Pengujian Material Fire Division

Sebelum material fire division diaplikasikan pada proyek, material tersebut wajib melalui pengujian ketahanan api skala penuh (full-scale fire test) di laboratorium yang telah diakui oleh klasifikasi kapal/lembaga sertifikasi (seperti DNV, ABS, Lloyd's Register, atau Bureau Veritas) untuk memperoleh Type Approval Certificate. Panel uji dibuat dengan konfigurasi identik terhadap konstruksi aktual, yaitu pelat baja dengan insulasi rockwool sesuai ketebalan dan densitas pada Tabel 5, kemudian dipasang pada tungku uji (furnace) secara vertikal untuk simulasi bulkhead atau horizontal untuk simulasi deck.

3.4.1 Pengujian Material A-60

Pengujian A-60 mengacu pada IMO FTP Code Part 3 Annex 1 dengan menggunakan kurva temperatur standar ISO 834 (cellulosic fire curve), yang mencapai suhu sekitar 945°C pada menit ke-60. Selama pengujian, termokopel dipasang pada sisi yang tidak terkena api (unexposed side) untuk memantau dua kriteria utama, yaitu integrity (tidak terjadi keretakan, kebocoran gas panas, maupun nyala api pada sisi yang tidak terpapar) dan insulation (kenaikan temperatur rata-rata pada sisi tidak terpapar tidak melebihi 139°C di atas suhu awal, serta kenaikan pada titik mana pun tidak melebihi 180°C) yang harus dipertahankan selama 60 menit penuh.

3.4.2 Pengujian Material H-60

Pengujian H-60 menggunakan kurva hydrocarbon fire (mengacu pada standar industri migas seperti NORSOK M-501, ISO 22899, atau UL 1709) yang memiliki laju kenaikan temperatur jauh lebih cepat, yaitu mendekati $900\text{--}1.000^\circ\text{C}$ hanya dalam 5 menit pertama dan mencapai sekitar 1.100°C pada menit ke-60. Kriteria kelulusan pengujian tetap berupa integrity dan insulation dengan batas kenaikan temperatur yang sama seperti pengujian A-60, namun dengan beban panas (heat flux) yang jauh lebih besar sehingga menjadi tolak ukur ketahanan material terhadap kebakaran hidrokarbon yang lebih ekstrem. [5]

Material yang telah lulus pengujian tersebut kemudian diproduksi dan dikirim ke lokasi fabrikasi (PT McDermott Indonesia) dengan dilengkapi sertifikat material (mill certificate dan fire test certificate) yang menyatakan kesesuaian densitas dan ketebalan terhadap spesifikasi pada drawing. Pada tahap instalasi, tim QA/QC melakukan verifikasi berupa pengecekan ketebalan terpasang, pemeriksaan visual terhadap kerapatan sambungan antar blanket, serta dokumentasi foto sebagai bukti as-built sebelum ruangan ditutup dan dinyatakan energized, sebagaimana terlihat pada kondisi lapangan pada Gambar 3 dan Gambar 4 yang telah dilengkapi label peringatan "Panel Energized" dan lockout tag setelah proses komisioning selesai.

3.5 Pembahasan

Hasil analisa menunjukkan bahwa penerapan fire division pada HV Room dan Transformer Room telah sesuai antara desain (drawing) dan kondisi aktual di lapangan. Pemilihan H-60 pada Transformer Room didasarkan pada tingginya risiko hydrocarbon fire akibat keberadaan minyak dielektrik, sedangkan pemilihan A-60 pada HV Room didasarkan pada risiko cellulosic fire yang relatif lebih rendah karena tidak terdapat inventaris hidrokarbon cair dalam jumlah besar. Pendekatan ini konsisten dengan hasil Fire Risk Assessment yang telah dilakukan pada tahap awal penelitian (Tabel 4).

Dari sisi efisiensi biaya dan berat konstruksi, penerapan H-60 hanya pada area dengan risiko hidrokarbon tinggi (bukan pada seluruh platform) mampu mengoptimalkan penggunaan material bendensitas tinggi yang lebih mahal dan lebih berat, tanpa mengorbankan aspek keselamatan pada area lain yang cukup diproteksi dengan A-60. Dengan demikian, metode Fire Risk Assessment berbasis area terbukti efektif dalam menentukan kebutuhan fire division secara tepat sasaran, sekaligus memastikan bahwa material yang dipilih telah memenuhi persyaratan pengujian dan sertifikasi sesuai standar internasional yang berlaku pada industri offshore oil and gas.

3.6 Analisis Luas Area dan Estimasi Biaya Insulasi

Berdasarkan hasil perhitungan Material Take Off (MTO), kebutuhan pemasangan passive fire protection pada HV Room dan Transformer Room mencakup area dinding (wall) dan atap (roof). HV Room menggunakan fire division A-60 dengan luas area dinding sebesar 167,68 m² dan area atap sebesar 285,25 m², sehingga total luas area yang diproteksi mencapai 452,93 m². Adapun Transformer Room menggunakan fire division H-60 dengan luas area dinding sebesar 633,87 m² dan area atap sebesar 308,88 m², sehingga total luas area yang diproteksi mencapai 942,75 m². Secara keseluruhan, total luas area yang memerlukan pemasangan insulasi pada kedua ruangan tersebut adalah 1.395,68 m² dengan total kebutuhan material sebesar 399 box.

Tabel 6 MTO Insulation HV Transformer Wall & Roof

Jenis Fire Division	Location	Luasan Area	OuM	Qty (Box)
A-60	HV ROOM (WALL)	167,68	m ²	48 box
A-60	HV ROOM (ROOF)	285,25	m ²	142 box
H-60	TRANSFORMER (WALL)	633,87	m ²	129 BOX
H-60	TRANSFORMER (ROOF)	308,88	m ²	80 BOX

Tabel 7 Luasan Area dan Estimasi Biaya

Jenis Fire Division	Luas Area (m ²) WALL & ROOF	Kebutuhan BOX	Harga/BOX (Rp)	Estimasi Biaya (Rp)
A-60	452,93	190	1.950.000	370.500.000
H-60	942,75	209	2.450.000	512.050.000
Total	1.395,68	399	-	882.550.000

Berdasarkan Tabel 7, total estimasi biaya pemasangan *passive fire protection* menggunakan material A-60 dan H-60 pada area HV Room dan Transformer Room adalah sebesar Rp882.550.000. Material H-60 memiliki biaya per unit yang lebih tinggi dibandingkan A-60 karena memiliki ketebalan dan kemampuan ketahanan api yang lebih baik terhadap paparan *hydrocarbon fire*. Meskipun demikian, penerapan material H-60 pada area dengan tingkat risiko kebakaran yang lebih tinggi, seperti HV Room dan Transformer Room, merupakan pilihan yang tepat untuk memenuhi persyaratan keselamatan kebakaran *offshore platform*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan A-60 dan H-60 berdasarkan tingkat risiko masing-masing area dapat memberikan perlindungan yang optimal dengan biaya yang lebih efisien dibandingkan penggunaan H-60 secara menyeluruh pada seluruh area yang dianalisis.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil *Fire Risk Assessment (FRA)* pada *offshore oil and gas platform*, *HV Room* dan *Transformer Room* memiliki tingkat risiko kebakaran yang berbeda sehingga memerlukan penerapan *fire division* yang berbeda. *Transformer Room* dikategorikan sebagai area berisiko tinggi karena terdapat transformator yang mengandung minyak dielektrik sehingga berpotensi menimbulkan *hydrocarbon fire*, sehingga area ini direkomendasikan menggunakan *fire division H-60* dengan konfigurasi material yang mampu memberikan perlindungan terhadap paparan *hydrocarbon fire* selama 60 menit. Sebaliknya, *HV Room* yang didominasi oleh panel *switchgear* dan kabel listrik tanpa inventaris hidrokarbon cair dalam jumlah besar cukup diproteksi menggunakan *fire division A-60* yang dirancang untuk menahan *cellulosic fire* selama 60 menit sesuai persyaratan *IMO FTP Code* dan *SOLAS Chapter II-2*. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemilihan *fire division* pada kedua ruangan telah sesuai dengan desain pada *drawing* dan kondisi aktual di lapangan.

Berdasarkan analisis luasan area insulasi, total kebutuhan proteksi pada *HV Room* dan *Transformer Room* mencapai 1.395,68 m² yang terdiri dari 452,93 m² area A-60 dan 942,75 m² area H-60. Kebutuhan material H-60 yang lebih besar menunjukkan bahwa area dengan tingkat risiko kebakaran tinggi memerlukan perlindungan yang lebih ketat dibandingkan area dengan risiko sedang. Dari sisi biaya, total estimasi biaya pemasangan passive fire protection pada kedua ruangan tersebut adalah sebesar Rp882.550.000, dengan rincian biaya material A-60 sebesar Rp370.500.000 (190 box) dan biaya material H-60 sebesar Rp512.050.000 (209 box).

Penerapan metode *Fire Risk Assessment* di rekomendasikan dalam menentukan jenis *fire division* yang sesuai untuk *HV Room* dan *Transformer Room*. Metode ini mampu memberikan keseimbangan antara aspek keselamatan, kepatuhan terhadap standar internasional, serta efisiensi penggunaan material insulasi pada *offshore oil and gas platform*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Zhang, H., Zhou, Z., Chen, M., & Yi, D. (2021). Fire Risk Quantitative Assessment of Offshore Supported Platform. *Journal of Marine Science and Application*, 20(2), 381–392.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021JMSA...20..381Z/abstract>
- [2] Tugnoli, A., Cozzani, V., Di Padova, A., Barbaresi, T., & Tallone, F. (2012). Mitigation of fire damage and escalation by fireproofing: A risk-based strategy. *Reliability Engineering & System Safety*, 105, 25–35.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832011002390>
- [3] Pradeepa, M., Chandrasekaran, S., & Abbassi, R. (2025). *Integrated hydrocarbon fire simulation and protection assessment for enhancing offshore platform safety*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379711214001702>
- [4] Ahmad, A., Hassan, S.A., Ripin, A., Ali, M.W., & Haron, S. (2013). A risk-based method for determining passive fire protection adequacy. *Fire Safety Journal*, 58, 160–169.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379711213000222>
- [5] Gravit, M., & Shabunina, D. (2022). *Numerical and Experimental Analysis of Fire Resistance for Steel Structures of Ships and Offshore Platforms*. *Fire*, 5(1), 9.
<https://www.mdpi.com/2571-6255/5/1/9>
- [6] Park, D.K., Kim, J.H., Park, J.S., Ha, Y.C., & Seo, J.K. (2021). Effects of the structural strength of fire protection insulation systems in offshore installations. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 13, 493–510.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092678221000297>
- [7] Morgan Advanced Materials. (2025). *FireMaster Marine Plus Blanket Product Data Sheet*. Morgan Thermal Ceramics.
[FireMaster Marine Plus Blanket Datasheet](#)
- [8] Morgan Advanced Materials. (2025). *FireMaster Marine Plus Faced Blanket Product Data Sheet*. Morgan Thermal Ceramics.
[FireMaster Marine Plus Faced Blanket Datasheet](#)
- [9] Morgan Advanced Materials. (2023). *FireMaster Fire Rated Blankets Environmental Product Declaration (EPD-IES-0010875:001)*.
[FireMaster Fire Rated Blankets EPD](#)
- [10] ISO 17776:2016 Petroleum and natural gas industries — Offshore production installations — Major accident hazard management during the design of new installations; API RP 14J Recommended Practice for Design and Hazard Analysis for Offshore Production Facilities.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423019308204>