



EVALUASI EFISIENSI PEMBAKARAN DAN DAMPAK LINGKUNGAN *BURNER BOOM* MENGGUNAKAN SIMULASI *FLARESIM* PADA OPERASI *WELL TESTING BARGE*

Ferdi Jonika^{1*}

¹Teknik Produksi Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, Indonesia

*E-mail: ferdintn85@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan *well testing* pada industri hulu minyak dan gas bumi menghasilkan gas buang yang harus dikelola secara aman untuk menghindari risiko keselamatan dan dampak lingkungan. Salah satu metode yang digunakan adalah pembakaran gas melalui *burner boom* pada *well testing barge*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi pembakaran *burner boom* serta menganalisis dampak lingkungan berupa radiasi panas, kebisingan, dan temperatur menggunakan simulasi perangkat lunak *Flaresim*. Studi kasus dilakukan pada *burner boom Well Testing Barge (WTB)* Lapangan Delta sumur xx. Data laju alir dan komposisi gas diperoleh dari hasil program *well testing offloading*, dengan komposisi gas didominasi oleh metana. Simulasi dilakukan dengan memvariasikan parameter struktur *burner boom* dan kondisi lingkungan, serta komposisi gas yang dibakar. Hasil simulasi menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran gas mencapai 99,63%, yang telah memenuhi standar sistem *flare*. Variasi parameter struktur dan lingkungan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi pembakaran, namun memengaruhi tingkat radiasi panas, kebisingan, dan temperatur di area sekitar *burner boom*. Sementara itu, variasi komposisi gas menunjukkan pengaruh signifikan terhadap efisiensi pembakaran.

Kata kunci: *burner boom*, efisiensi pembakaran, *Flaresim*, *flaring*, *well testing barge*

ABSTRACT

Well testing activities in the upstream oil and gas industry generate waste gas that must be managed safely to minimize safety risks and environmental impacts. One commonly applied method is gas flaring using a burner boom installed on a well testing barge. This study aims to evaluate the combustion efficiency of a burner boom and to analyze its environmental impacts in terms of thermal radiation, noise, and temperature using Flaresim simulation software. A case study was conducted on the burner boom of Well Testing Barge (WTB). Gas flow rate and composition data were obtained from the well testing offloading program, with methane as the dominant component. Simulations were performed by varying burner boom structural parameters, environmental conditions, and gas composition. The simulation results indicate that the combustion efficiency of gas reached 99.63%, meeting the required flare system standards. Variations in structural and environmental parameters did not significantly affect combustion efficiency but influenced thermal radiation, noise levels, and ambient temperature around the burner boom area. In contrast, gas composition variations showed a significant effect on combustion efficiency.

Keywords: *burner boom*, combustion efficiency, *Flaresim*, *flaring*, *well testing barge*

1. PENDAHULUAN

Industri hulu minyak dan gas bumi merupakan sektor yang memiliki tingkat risiko tinggi, baik dari sisi keselamatan operasi maupun dampak lingkungan. Salah satu kegiatan penting dalam tahap eksploitasi adalah *well testing*, yaitu proses pengujian sumur untuk memperoleh data karakteristik reservoir dan performa produksi [1]. Selama kegiatan *well testing*, fluida produksi yang dihasilkan umumnya dipisahkan menjadi fasa gas dan fasa cair. Gas hasil pemisahan yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung harus dibuang dengan metode yang aman, salah satunya melalui proses pembakaran atau *flaring* [2,3].

Pada operasi lepas pantai dan wilayah perairan dangkal, *flaring* umumnya dilakukan menggunakan *burner boom* yang dipasang pada *well testing barge*. *Burner boom* berfungsi untuk mengalirkan gas buang menuju titik pembakaran yang aman, menjauh dari fasilitas utama dan area kerja personel [4]. Desain dan pengoperasian *burner boom* yang tidak optimal dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna, peningkatan emisi gas berbahaya, serta risiko keselamatan seperti nyala balik dan paparan radiasi panas yang berlebih [5].

Efisiensi pembakaran merupakan parameter utama dalam evaluasi kinerja sistem *flaring*. Pembakaran yang efisien diharapkan mampu meminimalkan pelepasan hidrokarbon tak terbakar ke atmosfer serta menekan dampak lingkungan. Selain efisiensi pembakaran, aspek lain yang perlu diperhatikan adalah tingkat radiasi panas, kebisingan, dan kenaikan temperatur di sekitar area pembakaran, yang berpotensi mempengaruhi keselamatan personel dan peralatan. Standar industri seperti API Standard 521 merekomendasikan efisiensi pembakaran minimum sebesar 98% untuk sistem *flare* terbuka [6].

Perkembangan perangkat lunak simulasi memungkinkan evaluasi sistem *burner boom* dilakukan secara lebih komprehensif tanpa mengganggu operasi lapangan. Salah satu

perangkat lunak yang banyak digunakan di industri migas adalah *Flaresim*, yang mampu memodelkan pembakaran gas, radiasi termal, kebisingan, serta temperatur akibat *flaring*. Dengan simulasi ini, berbagai parameter desain dan kondisi operasi dapat dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja pembakaran [7,8].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi pembakaran *burner boom* pada operasi *well testing barge* (WTB) menggunakan simulasi *Flaresim*. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis pengaruh variasi parameter struktur *burner boom*, kondisi lingkungan, dan komposisi gas terhadap efisiensi pembakaran serta dampak lingkungan di sekitar area *flaring* [9].

2. METODE

Metode yang digunakan dalam evaluasi kinerja pembakaran *burner boom* dilakukan melalui pendekatan analitis berbasis simulasi perangkat lunak dengan pemodelan *burner boom*. Hasil simulasi selanjutnya dianalisis menggunakan uji sensitivitas terhadap beberapa parameter utama dan digunakan sebagai dasar dalam evaluasi emisi yang dihasilkan. Tahapan metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data lapangan. Data primer diperoleh secara langsung dari konfigurasi dan spesifikasi *burner boom* yang terpasang pada fasilitas WTB. Data terkait pembakaran diambil dari program *well testing* selama kegiatan *offloading* sumur. Sementara itu, data sekunder meliputi komposisi fluida sumur yang digunakan sebagai parameter pendukung dalam proses simulasi.

2. Simulasi *software Flaresim*. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya digunakan sebagai input dalam perangkat lunak *Flaresim* untuk melakukan pemodelan dan simulasi pembakaran. Setelah hasil simulasi diperoleh, dilakukan uji sensitivitas terhadap beberapa variabel, meliputi panjang *burner boom*, derajat kemiringan boom, ukuran pipa keluaran

(tip), kecepatan dan arah angin, serta komposisi gas yang dibakar.

3. Analisis hasil sensitivitas. Hasil uji sensitivitas digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja *burner boom*, baik dari aspek struktur maupun komponen peralatan. Selain itu, analisis ini juga mempertimbangkan pengaruh faktor lingkungan di lokasi operasi serta karakteristik komposisi gas selama proses *flaring* berlangsung.

4. Analisis hasil perhitungan emisi. Hasil perhitungan dianalisis dengan mempertimbangkan pajak emisi karbon hasil pembakaran *burner boom* pada setiap melakukan *well testing* melalui program *offloading*, di mana gas yang diproduksi dari sumur akan dibakar dan menghasilkan emisi berupa CO₂ dan *unburned* CH₄.

3. PEMBAHASAN

A. Penjelasan Hasil Penelitian

Pemanfaatan *burner boom* dalam kegiatan operasional industri migas, terutama pada

tahap *well testing* dan *early production*, memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung keberlangsungan serta efektivitas proses produksi. *Burner boom* tidak hanya difungsikan sebagai sarana pembakaran gas hasil pemisahan fluida, tetapi juga berkontribusi secara signifikan terhadap aspek keselamatan operasi, keandalan validasi data produksi, peningkatan efisiensi teknis, serta pemenuhan ketentuan dan pengelolaan lingkungan.

B. Data well test

Gambar 1 data *well test* diperoleh dari sumur selama program *offloading*. *Well test* dilakukan pada dua kondisi separator, yaitu kondisi atmosferik selama 11 jam dengan gas dibakar melalui *burner boom* (*flaring*), serta kondisi *low pressure* (LP mode) selama 9 jam di mana fluida dikembalikan ke *production line* sebagai *production test after offloading*. Setelah data mencukupi kebutuhan *well company*, dilakukan *ramp down* untuk *shut in* sumur secara bertahap.

Tabel 1. Data *well test* sumur

10-Nov-24															
Time	Chk	WHIP		WST	sep.F	sep.T	Qgas	Current liquid	liquid	BSW	GOR	Current CO	GWATER	Current WATER	Recovered
HH:MM	(/SRT)	(psi)	(bar)	(PSI)	(bar)	(PSI)	(mmscfd)	(BBL)	(BBL)	(%)	(BOPD)	(BBL)	(BOPD)	(BBL)	(BBL)
15.00	WHIP	1303	89.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.36
15.30	16	1003	69.2	35.0	0.3	21.0	1.806	0.00	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-
16.00	24	623	43.0	30.0	0.3	18.0	0.953	0.00	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-
16.30	32	103	7.1	35.0	0.2	22.2	0.743	0.00	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-
17.00	40	189	13.0	35.0	0.6	26.0	0.738	0.00	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-
17.30	48	136	9.3	40.0	0.5	33.0	0.780	10.08	483.8	100	0.0	0.00	483.8	10.08	13.44
18.00	56	122	8.4	44.0	0.4	38.0	0.992	17.64	362.9	100	0.0	0.00	362.9	17.64	21.00
18.30	64	61	4.2	45.0	0.4	37.1	0.994	23.22	267.8	100	0.0	0.00	267.8	23.22	26.58
19.00	72	93	3.7	45.0	0.3	37.1	0.945	27.44	202.4	88	25.0	0.32	177.4	26.91	4.20
19.30	80	64	4.4	46.0	0.5	37.1	1.190	37.53	484.3	97	14.9	0.83	469.4	36.69	10.88
20.00	88	59	3.9	46.0	0.4	40.0	1.201	43.41	282.4	97	8.5	1.01	273.8	42.40	5.88
20.30	96	60	4.1	46.0	0.4	40.0	1.182	52.23	423.60	98	8.6	1.19	415.00	51.04	8.82
21.00	104	63	4.3	46.0	0.5	41.0	1.229	56.86	222.00	98	4.8	1.29	217.40	55.57	60.18
21.30	112	58	4.0	47.0	0.5	41.0	1.333	66.10	443.70	98	9.1	1.48	434.60	64.63	69.42
22.00	120	56	4.0	47.0	0.5	41.0	1.292	69.04	141.10	98	2.9	1.54	136.20	67.51	72.36
22.30	128	59	4.1	47.0	0.5	41.0	1.292	75.35	302.70	97	9.4	1.73	293.30	73.62	78.66
23.00	128	60	4.1	47.0	0.5	41.0	1.292	80.39	242.10	97	7.4	1.89	234.70	78.51	83.70
0.00	128	60	4.1	47.0	0.5	41.0	1.312	94.26	332.90	97	10.3	2.31	322.60	91.96	97.56
11-Nov-24															
1.00	128	58	3.9	46.0	0.5	41.0	1.302	103.93	232.10	97	7.2	2.62	224.90	101.31	107.23
2.00	128	60	4.1	46.0	0.5	41.0	1.307	116.11	292.30	97	8.9	2.99	283.40	113.12	119.41
3.00	128	219	15.1	47.0	14.6	44.8	0.955	123.66	181.20	96	7.0	3.28	174.20	120.38	Back to Production Line
4.00	128	215	14.8	49.0	14.3	46.0	0.967	133.68	240.50	96	9.4	3.67	231.10	130.01	
5.00	128	213	14.7	51.0	14.2	47.0	0.967	143.40	233.30	96	9.1	4.06	224.20	139.35	
6.00	128	212	14.6	51.0	14.2	48.0	0.973	153.80	249.60	95	12.0	4.55	237.60	149.25	
7.00	128	211	14.5	51.0	14.1	48.0	0.971	165.09	271.00	96	10.6	4.99	260.40	160.10	
8.00	128	211	14.5	49.0	14.3	39.0	0.960	174.82	233.30	96	9.1	5.37	224.20	169.44	
9.00	128	211	14.5	42.0	14.2	39.0	0.979	184.34	228.50	96	8.9	5.74	219.60	178.59	
10.00	128	211	14.5	41.0	14.2	39.0	0.978	194.87	252.70	96	9.8	6.15	242.90	188.71	
11.00	128	209	14.4	41.0	14.1	39.0	0.949	204.94	241.80	96	9.4	6.54	232.40	198.40	
12.00	128	209	14.4	41.0	14.1	37.8	0.951	214.56	230.90	96	8.9	6.92	222.00	207.65	
12.15		245	16.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12.30		282	19.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12.45		325	22.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13.00	S/I	331	22.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabel 2. Komposisi Mol Komponen Gas

Komponen gas	%	mol	%mol	g/mol	MW = (g/mol) / mol
C1	89.41	0.91	90.52	16.04	14.520
C2	5.17	0.05	5.23	30.07	1.574
C3	2.37	0.02	2.40	44.097	1.058
IC4	1.28	0.01	1.30	58.12	0.753
NC4	0.54	0.01	0.55	58.12	0.318
Total	98.77	1	100	MW	18.223

Pada Tabel 2 disajikan data fluida yang dialirkan ke *flare* atau *burner boom*. Berdasarkan regulasi dari perusahaan pengelola sumur, hanya fasa gas yang diperbolehkan untuk dibakar, sehingga data *well test* yang digunakan dalam analisis ini terbatas pada laju alir gas (Q_{gas}). Nilai laju alir gas diperoleh dari aliran gas yang telah dipisahkan di dalam separator dan diukur menggunakan *Daniel Senior Orifice*, sehingga besaran laju alir dapat dihitung berdasarkan persamaan aliran gas. Selanjutnya, fasa gas dialirkan ke gas scrubber untuk proses pengeringan (*dry gas*) sebelum diteruskan ke *flare*.

Tabel 3 menyajikan hasil evaluasi proses flaring yang dilakukan pada sumur, di mana hasil analisis menunjukkan bahwa tidak se-

luruh komponen hidrokarbon mengalami pembakaran secara sempurna. Sebagian kecil fraksi hidrokarbon tersebut terlepas ke atmosfer dan teridentifikasi sebagai emisi gas buang. Berdasarkan hasil pemodelan, komponen yang tidak terbakar tersebut dinyatakan sebagai metana (CH_4) yang berpotensi memberikan dampak terhadap lingkungan. Perhitungan laju alir menunjukkan bahwa jumlah metana yang tidak terbakar mencapai 0,004 MMscfd dari total gas yang dibakar dengan rata-rata laju alir sebesar 1,274 MMscfd pada kondisi produksi yang telah stabil. Dengan mempertimbangkan nilai tersebut, tingkat efisiensi pembakaran pada kegiatan *flaring* diperoleh sebesar 99,63%.

Tabel 3. Aliran Pembakaran Gas

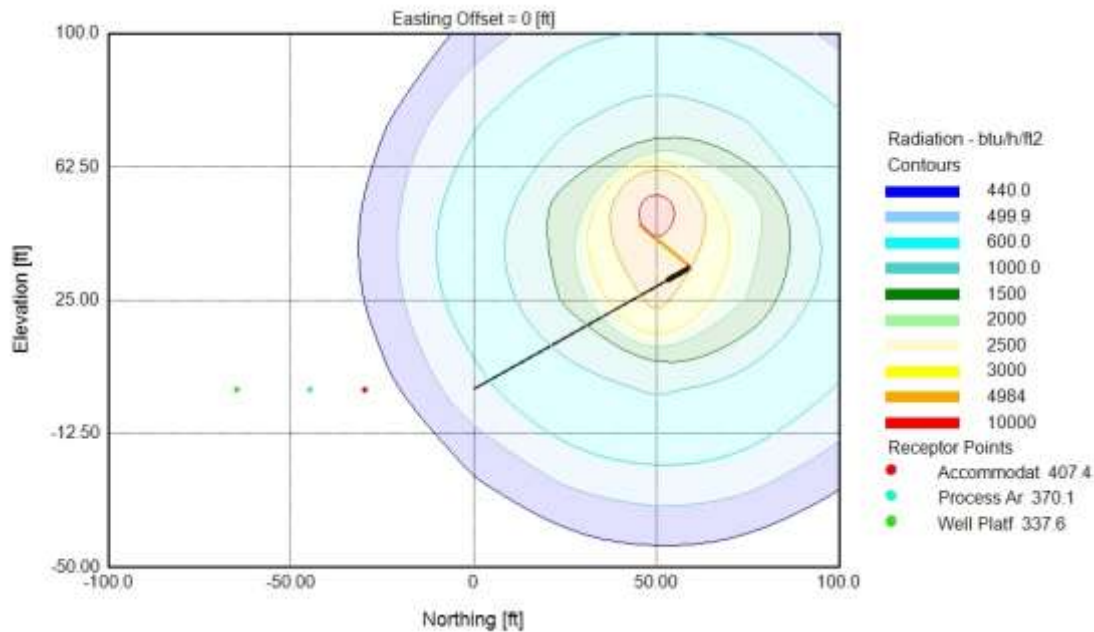
Combustions Gas Flow	scfd	lbmole/s	lb/s	lb/d
C1	18422	0.0005619	0.000620723	53.630486
C2	637	0.0000194	0.000371199	32.071632
C3	255	0.0000078	0.000323857	27.981266
IC4	127	0.0000039	0.00029986	25.907865
NC4	127	0.0000039	0.000710778	61.411235
CO ₂	1436000		Total	201.00248
H ₂ O	2700000			
O ₂	44959		Unburnt CH ₄	
N ₂	10540000		201	lb/d
CO	7822		0.682	SG
Argon	121485		4720.23	scfd
Total	14869835		0.00472023	MMscfd

Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 1. tidak teridentifikasi adanya paparan radiasi panas. Nilai tingkat radiasi panas yang terukur pada area akomodasi adalah sebesar 407,4 Btu/hr/ft², pada

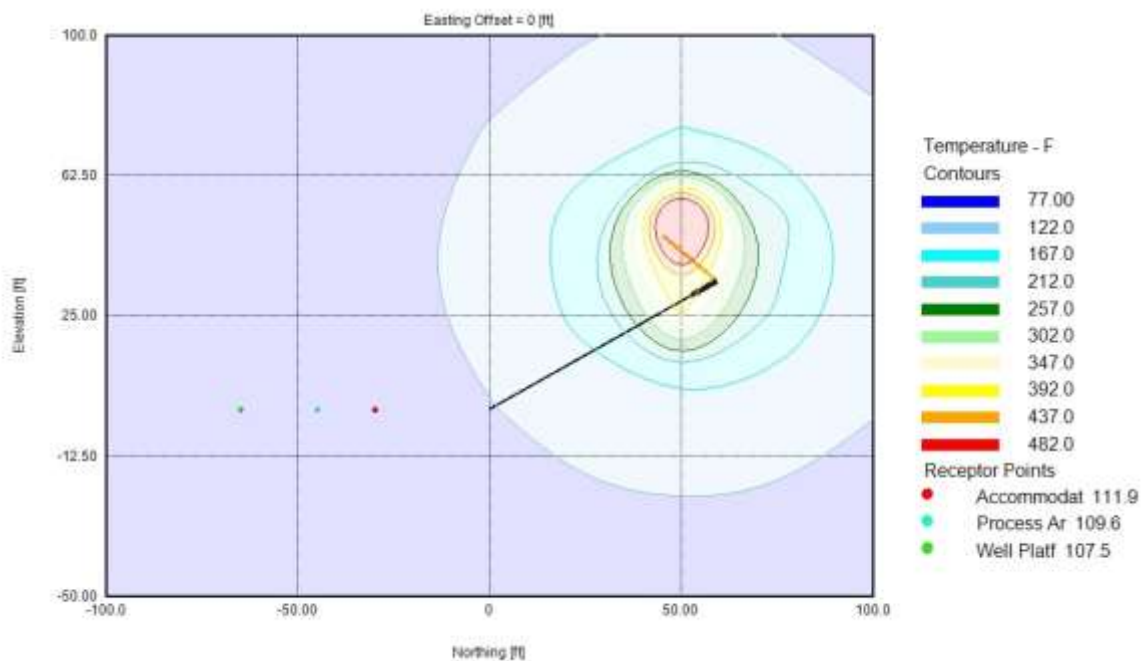
area proses *well test* sebesar 370,1 Btu/hr/ft², serta pada area *well platform* sebesar 337,6 Btu/hr/ft². Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 2, kondisi suhu lingkungan saat proses *flaring* berlangsung berada pada tingkat

tinggi, yaitu mencapai 30 °C sehingga aktivitas flaring memberikan pengaruh terhadap peningkatan suhu di area sekitar. Peningkatan suhu tersebut tercatat pada area akomodasi

dengan nilai sebesar 111,9 °F (44,4 °C), diikuti oleh area proses *well test* sebesar 109,6 °F (43,1 °C), serta area *well platform* sebesar 107,5 °F (41,9 °C).



Gambar 1. Radiasi panas



Gambar 2. Sebaran Temperatur Dari Hasil Pembakaran Gas

Untuk memperoleh hasil pembakaran yang optimal, dilakukan simulasi terhadap beberapa variabel yang berpotensi memengaruhi kinerja proses flaring. Variabel-variabel tersebut dianalisis melalui uji sensitivitas sebagai berikut:

1. Panjang *Burner Boom*

Berdasarkan standar desain struktural, panjang *burner boom* umumnya berada pada kisaran 60 ft hingga 90 ft. Oleh karena itu, simulasi pembakaran dilakukan dengan variasi panjang minimum 60 ft dan maksimum 90 ft

untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap kinerja pembakaran.

2. Derajat kemiringan *boom*

Sudut kemiringan (*angle*) *burner boom* disimulasikan pada beberapa kondisi, yaitu posisi horizontal, 30°, 45°, 60°, hingga posisi vertikal, guna menganalisis pengaruh orientasi boom terhadap karakteristik pembakaran.

3. Pipa Keluaran (*Tip*).

Ukuran standar pipa keluaran *burner boom* yang digunakan dalam simulasi adalah 4 inch dan 6 inch. Kedua ukuran tersebut dipilih untuk menilai pengaruh diameter pipa terhadap pola nyala api dan efisiensi pembakaran.

4. Kecepatan dan Arah Angin.

Kecepatan serta arah angin dipertimbangkan sebagai variabel lingkungan yang signifikan di area operasi lapangan migas, khususnya dalam kaitannya dengan distribusi panas dan aspek keselamatan selama proses *flaring*.

5. Komposisi Gas

Komposisi gas, terutama kandungan C1, C3, i-C4, dan n-C4, menjadi faktor utama dalam proses pembakaran karena perbedaan berat molekul yang memengaruhi tingkat keterbakaran masing-masing komponen. Sebagai acuan, digunakan komposisi LPG propana dan LPG butana yang merupakan bagian dari sistem pengapian (*ignition system*) pada *burner boom*.

4. SIMPULAN

Hasil simulasi pembakaran gas menggunakan perangkat lunak *Flaresim* pada *burner boom Well Testing Barge* (WTB) menunjukkan bahwa sistem pembakaran gas pada operasi *well testing* Sumur XX memiliki kinerja yang baik dengan efisiensi pembakaran sebesar 99,63% dan telah memenuhi standar sistem *flare* terbuka. Variasi parameter struktur *burner boom* dan kondisi lingkungan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi pembakaran, namun mempengaruhi distribusi radiasi panas, tingkat kebisingan, dan temperatur di sekitar area pembakaran. Sebaliknya, komposisi gas menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap

efisiensi pembakaran, di mana gas dengan dominasi hidrokarbon ringan menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi *Flaresim* dapat digunakan sebagai alat evaluasi yang efektif untuk mendukung perancangan dan pengoperasian *burner boom* yang aman dan efisien pada kegiatan *well testing*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] API. (2020). *API Standard 521: Pressure-Relieving and Depressuring Systems 6th Edition*. American Petroleum Institute.
- [2] Anggara, G., & Mandang, I. (2021). STUDI KARAKTERISTIK SEDIMEN DI ETUARI DELTA MAHAKAM KALIMANTAN TIMUR. *Journal Geosains Kutai Basin*
- [3] BP Tangguh. (2020). *Flare and Combustion Safety Guidelines for Offshore Operations*. BP Internal Publication..
- [4] Chaudry, M. (2016). *Oil and Gas Pipeline Fundamentals*. PennWell Books..
- [5] EXPRO. (2016). *Well Test Standards Section 3.21 BURNER BOOMS*. Houston: EXPRO.
- [6] Eur Ing Chris Park FIChemE. (2020, October 7). *Flare System Design for Oil and Gas Installations*. Retrieved from icheme.org: <https://www.icheme.org/media/14673/flare-system-design-for-oil-and-gas-installations-chris-park.pdf>
- [7] Harris, R., & Vande Giesen, G. (2006). *Flare System Design for Offshore Platforms*. *Journal of Petroleum Technology*.
- [8] . SLB. (2025). *Flaresim*. Retrieved from slb.com: <https://www.slb.com/products-and-services/delivering-digital-at-scale/software/flaresim>
- [9] Pertamina. (2018). *Kegiatan Usaha Hulu*. Retrieved from pertamina.com: <https://www.pertamina.com/id/hulu>
- [10] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2010, January 14). *Mengenal Ekonomi Migas (1): Kegiatan Sektor Hulu Migas*. Retrieved from esdm.go.id: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/mengenal-ekonomi-migas-1-kegiatan-sektor-hulu-migas>