

Effect of Nozzle Tip's Variation to The Duration and OXY-LPG Gas Consumptions Using Manual Cutting Methods in Shipyards

(Pengaruh Variasi Tip Nozzle Terhadap Durasi dan Kebutuhan Gas OXY-LPG Dengan Metode Manual Cutting Pada Galangan Kapal)

Zahro Wanda Mardhotillah, Tri Agung Kristiyono^{*)}, Bagus Kusuma Aditya

Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah

Jl. Arief Rahman Hakim No. 150 Sukolilo Surabaya 60111, Indonesia

ABSTRACT

In maritime industry, especially shipbuilding in Indonesia, various of cutting processes are implemented, which one is Gas Manual Cutting. Generally, gas requirements and duration of plate cutting processes are calculated based on previous work experience. The use of different nozzle tips by the operator will affect to gas consumption and cutting duration in each process. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the tip-nozzle size on the duration and OXY-LPG gas requirements in manual plate cutting. The research was conducted using an experimental-based research with linear regression analysis using the ANOVA method. Based on the results of data analysis, it can be known that the larger the diameter of the nozzle tip, the requirements for OXY-LPG gas will increase by following the equation $Y = 0,1117\chi + 0,3533$ for Oxygen and $Y = 0,025\chi + 0,0489$ for LPG. Meanwhile, the larger of nozzle tip diameter can cause a decrease in the cutting duration required by following the regression equation $Y = -28,603\chi + 293,01$.

Industri maritim di Indonesia, khususnya pada galangan kapal, menggunakan berbagai teknik dalam proses pemotongan pelat. Salah satunya menggunakan *Gas Manual Cutting*. Pada umumnya, kebutuhan gas dan durasi pemotongan pelat dihitung berdasarkan pada pengalaman pekerjaan sebelumnya. Padahal penggunaan tip *nozzle* yang berbeda-beda oleh operator akan mempengaruhi konsumsi gas dan durasi pemotongan pada setiap proses. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari variasi jenis ukuran tip-*nozzle* terhadap durasi dan kebutuhan gas OXY-LPG pada pemotongan pelat secara manual. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode penelitian tindakan berbasis eksperimen dengan analisa regresi linear metode ANOVA. Berdasarkan hasil analisa data dapat diketahui bahwa semakin besar diameter tip nozzle, maka kebutuhan gas OXY-LPG akan semakin meningkat dengan mengikuti persamaan $Y = 0,1117\chi + 0,3533$ untuk Oxygen dan $Y = 0,025\chi + 0,0489$ untuk LPG. Sedangkan semakin besar diameter tip-*nozzle*, durasi yang dibutuhkan semakin kecil dengan mengikuti persamaan regresi $Y = -28,603\chi + 293,01$.

Keywords: Cutting, Duration, Nozzle-Tip, OXY-LPG.

^{*)} Corresponding author:
Tri Agung Kristiyono
E-mail: tri.agung@hangtuah.ac.id

PENDAHULUAN

Secara umum, industri galangan kapal menghasilkan dua jenis layanan, yaitu pembuatan kapal sebagai bangunan baru dan produk jasa seperti pemeliharaan dan perbaikan kapal. Riyadi [1] mengutip dalam penelitiannya jika terdapat empat jenis kegiatan utama dalam proses produksi, yaitu *process*, *service*, *planning*, dan *controlling*. Dalam pembangunan kapal terdapat proses fabrikasi, dimana kegiatan umum yang dilakukan adalah pemotongan *raw material* pelat secara

manual sesuai dengan marking yang dibuat oleh divisi produksi [2]. Sedangkan pada proses perbaikan kapal, salah satu kegiatan yang biasa dilakukan adalah *replating* kapal. Proses *replating* bergantung pada kebutuhan pelat kapal seperti pelat yang digunakan harus saa tebalnya dengan pelat yang digunakan kapal tersebut [3]. Proses tersebut melewati berbagai tahap yang salah satunya adalah proses pemotongan. Proses pemotongan merupakan proses memisahkan sebagian atau keseluruhan dari suatu bagian objek benda, khususnya logam atau baja, baik itu pelat, profil, pipa,

dan lain-lain, sesuai dengan tanda potong (*marking*) yang telah ditetapkan [4]. Proses pemotongan dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang bermacam-macam. Sugiarto [5] mengemukakan jika pelat yang tipis biasanya dipotong dengan menggunakan alat potong manual, seperti gunting tangan, gunting luas, dan sebagainya. Sedangkan untuk pelat dengan ketebalan mulai dari 1,2 mm sulit untuk dipotong secara manual sehingga biasanya membutuhkan mesin potong sebagai alat bantu. Heri Sunaryo [6] mengemukakan jika dalam dunia industri, prinsip pemotongan dengan menggunakan gas, busur plasma, dan dengan sinar laser adalah pemotongan metode *thermal* yang paling praktis dan paling luas penggunaannya dalam dunia industri. Salah satu metode pemotongan gas adalah metode *Gas Manual Cutting*. Metode tersebut merupakan paduan *oxy-acetylene* atau OXY-LPG dengan oksigen sebagai gas pemotong dan asetilen dan *Liquid Petroleum Gas* sebagai bahan bakar pemotongan. Peter dan Robert [7] dalam mengatakan jika proses pemotongan dan pengelasan dengan gas bisa saja menggunakan satu alat yang sama namun alat tersebut harus dimodifikasi terlebih dahulu. *Nozzle* gas dan gas *mixer* pada pengelasan dilepaskan dari alat, kemudian dipasangkan pengganti berupa kepala potong yang memiliki katup ungkit sebagai pengontrol gas oksigen yang akan mengalir untuk proses pemotongan. Ketika *Tip Nozzle* terpasang pada selang dan dinyalakan, nyala api akan berada pada posisi netral. Prinsip kerja dari proses pemotongan pelat dengan nyala oksiasetilen memanfaatkan sifat afinitas oksigen terhadap bahan yang digunakan untuk melelehkan logam yang dipotong [8]. Ningrum dkk. [9] dalam penelitiannya mengatakan bahwa selama proses pemotongan menggunakan gas OXY-LPG, baja akan dipanaskan dengan api OXY-LPG hingga mencapai suhu 800°C hingga 900°C. Setelah mencapai suhu eksotermik yang cukup dengan ditandainya warna merah terang pada objek potong, maka oksigen akan keluar dan melelehkan logam, sehingga logam akan teroksidasi dan pelat akan terpisah. Proses pemotongan menggunakan alat bernama *Cutting Torch*, yaitu alat yang digunakan oleh tenaga las atau tenaga potong untuk memotong material pelat di galangan kapal. Pada bagian ujung *Cutting Torch* terdapat *Nozzle Tip* sebagai lubang keluarnya gas untuk memotong bahan tersebut dan bersifat fleksibel karena dapat diganti sesuai dengan kebutuhan *cutter*.

Dalam proses pemotongan, galangan menghitung lama waktu dan kebutuhan gas yang diperlukan secara manual berdasarkan pada pengalaman kerja di proyek sebelumnya. Waktu pemotongan dan kebutuhan gas merupakan aspek penting yang harus diperhitungkan karena memiliki pengaruh yang signifikan terhadap biaya *overhead* produksi kapal. Adapun parameter yang mempengaruhi proses dan hasil pemotongan diantaranya adalah jenis gas yang digunakan, kondisi lingkungan pada lokasi pemotongan, tekanan gas oksigen dan *acetylene*, kecepatan potong, diameter *tip nozzle*, ketebalan pelat dan lain-lain [10]. Ningrum, dkk. [9] mengungkapkan jika semakin tebal pelat yang dipotong dengan posisi *down hand*, maka kebutuhan *gas Liquid Petroleum Gas* yang digunakan juga semakin banyak. Riyadi dan Pratama [11] membuktikan dalam penelitiannya jika terdapat pengaruh antara nilai kecepatan dengan hasil pemotongan. Semakin besar nilai kecepatan pemotongan, maka semakin besar pula nilai kekasaran permukaannya dengan dibuktikan pada hasil uji tingkat kekasaran terkecil yang diperoleh dari kecepatan 153 mm/menit, yaitu nilai kekasaran sebesar 0,230 Ra. Sedangkan untuk tingkat kekasaran terbesar diperoleh dari kecepatan 725 mm/menit, dengan tingkat kekasaran senilai 1,851 mm/menit.

Dalam penelitiannya, Tauvana dan Widodo [12] mengemukakan bahwa kecepatan potong semakin menurun seiring dengan meningkatnya ketebalan pelat. Dengan standar yang digunakan dalam pemotongan material (ST-37) pada penelitian Tauvana dan Widodo, serta proses pemotongan menggunakan perbandingan propan:oksigen 1:2, sumbu api luar berukuran 70-130 mm dan sumbu api dalam 4-7 mm serta tekanan gas *Liquid Petroleum Gas* dibuat konstan, didapatkan semakin tebal pelat yang akan dipotong, maka tekanan oksigen yang dibutuhkan semakin besar. Hal ini selaras dengan penelitian Siswanto dan Kristiyono [13] di bidang durasi, yang mengungkapkan jika terdapat pengaruh yang signifikan antara ketebalan pelat terhadap durasi pemotongan. Semakin tebal pelat yang dipotong, maka semakin lama durasi yang diperlukan. Pujaningkrat [10] juga menyatakan dalam penelitiannya jika terdapat pengaruh yang kuat mengenai hubungan antara *tip size* dan kecepatan potong yang digunakan dengan ketebalan pelat baja yang akan dipotong. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan persentase besarnya distribusi panas pada pelat dan juga kebutuhan tekanan gas oksasi-asetilen yang digunakan.

Oleh karena itu, penting untuk menghitung kebutuhan gas dan durasi pemotongan material dengan memperhatikan faktor yang mempengaruhi proses pemotongan tersebut. Dalam penelitian ini akan dilaksanakan pengujian variasi diameter *tip nozzle* untuk mengukur kebutuhan gas OXY-LPG dan durasi selama proses pemotongan.

METODE PENELITIAN

Studi Literatur

Proses studi literatur merupakan pengumpulan data berupa literatur baik dari penelitian terdahulu, buku penunjang, maupun dari internet untuk dijadikan sebagai sumber tinjauan pustaka.

Studi Lapangan dan Survei

Proses studi lapangan dan survei dilakukan dengan mewawancarai tenaga potong terkait pembelian pelat dan kondisi pemotongan di lapangan secara real.

Persiapan Spesimen

Persiapan spesimen dilakukan untuk mempersiapkan alat dan material spesimen yang akan dipotong. Selain itu, dilakukan juga persiapan lingkungan pemotongan untuk melakukan pengambilan data dengan metode eksperimen. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah *Cutting Torch* (Yamato, Japan), *Nozzle Tip* sejumlah tiga tipe (Yamato, Japan), dua buah tabung gas LPG berukuran 6 kg (Pertamina, Indonesia), tabung Oksigen 6 m³ (Samator, Indonesia), stopwatch (Oppo, China) dan Timbangan (BMI, Indonesia). Sedangkan material pelat yang digunakan adalah pelat baja ASTM-36 ketebalan 8 mm ukuran 1200 mm x 1000 mm. (K Krakatau Steel, Indonesia).

Proses Pemotongan

Sebelum pemotongan dilaksanakan, hal yang perlu dipersiapkan sebelum memulai pemotongan adalah:

- Mempersiapkan instalasi tabung oksigen dan LPG yang terhubung dengan brander potong. Tabung oksigen dan LPG dipasang diatas timbangan digital dan terhubung dengan pressure gauge dan brander potong yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berat masing-masing gas sebelum dan sesudah setiap proses pemotongan.
- Mempersiapkan pelat yang akan dipotong dengan cara melakukan peletakkan posisi pelat serta penandaan.

- Mempersiapkan alat keselamatan untuk pekerja potong yaitu sarung tangan dan kaca mata.
- Proses pengecekan brander potong berupa nyala api dan lancarnya keran bukaan gas pada brander potong. Brander dinyalakan dengan cara katup gas dibuka dan diputar keran gas secara bertahap untuk mengetahui jalan keluar gas tersebut normal atau tidak. Selain itu, nyala api juga di cek untuk mengetahui seberapa besar bara api yang dibutuhkan.



Gambar 1. Proses instalasi alat



Gambar 2. Proses penandaan pelat



Gambar 3. Proses penyetalan nyala api



Gambar 4. Proses pemotongan pelat

Setelah persiapan semua selesai, maka pelat dapat dipotong sesuai dengan penandaan dan urutan uji yang telah disiapkan. Pelat dipotong dengan lebar masing-masing 50 mm dengan tidak menghiraukan hasil dan deformasi sesudah proses pemotongan.

Analisis Data

Hasil pengamatan berupa rata-rata data kebutuhan gas dan durasi yang akan dianalisis secara regresi untuk mengetahui pengaruh antara variasi diameter *tip-nozzle* dengan kebutuhan gas dan durasi selama proses pemotongan. Regresi adalah sebuah metode pengukuran yang dapat digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya korelasi masing-masing variabel. Dalam statistik, regresi merupakan salah satu alat yang sering digunakan dalam pengolahan data kuantitatif baik dari rumpun ilmu sosial maupun ilmu eksak [14]. Selain itu, regresi juga sering digunakan sebagai alat analisa peramalan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variable yang diuji di kemudian hari. Hubungan antar variabel ini dapat dianalisis dengan menggunakan metode *forecasting* dan regresi ANOVA yang nantinya akan menghasilkan persamaan khusus untuk mengetahui korelasi antar dua variabel tersebut. Persamaan regresi linier dari Y terhadap X dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = a\chi + b \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Y = variabel terikat

χ = variabel bebas

a = intersep

b = koefisien regresi

Dari data rata-rata tersebut, data kemudian dilakukan analisa awal agar data dikatakan layak untuk dilakukan uji regresi linear. Analisa awal tersebut yaitu

uji normalitas dan uji korelasi. Penulis melakukan uji normalitas data menggunakan metode Saphiro-Wilk dikarenakan jumlah data (N) kurang dari seratus ($N < 100$). Nilai signifikansi (Sig.) adalah angka yang mengintepretasikan data tersebut berdistribusi normal. Data dianggap normal jika nilai tersebut lebih dari 0,05 ($\text{Sig.} > 0,05$).

Setelah uji normalitas, data akan diolah dengan menggunakan metode Pearson untuk mencari hubungan korelasinya masing-masing variabel. Nilai koefisien korelasi tidak pernah menyentuh angka bulat sempurna [15]. Oleh karena itu untuk menentukan sifat korelasi dapat dilihat dari interval koefisien korelasi dengan rentang -1 sampai dengan +1. Semakin dekat dengan nilai +1, maka hubungan korelasi data tersebut semakin positif dengan ditunjukkan oleh bentuk grafik linear mengarah ke atas. Sedangkan jika semakin dekat dengan nilai -1, maka hubungan korelasi data negatif dengan arah grafik linear ke bawah.

Setelah hasil korelasi didapatkan, langkah berikutnya adalah membuat grafik regresi linear. Data yang diregresi adalah data rata-rata durasi dan konsumsi gas untuk menghasilkan persamaan yang dapat digunakan dalam memprediksi besarnya konsumsi gas dan durasi yang dibutuhkan selama proses pemotongan manual. Hasil regresi kemudian diuji dengan Uji ANOVA untuk mengetahui pengaruh perbedaan variasi diameter terhadap durasi dan konsumsi gas yang dibutuhkan. Setelah dilakukan analisa regresi linear, persamaan tersebut diuji dengan *Analysis of Variance* untuk mengetahui ada-tidaknya perbedaan antar variabel data. Dalam mengintrepertasikan hasil ANOVA, perlu memperhatikan nilai *P-Value* dari hasil uji ANOVA. Nilai *P-Value* perlu dibandingkan dengan nilai signifikansi *error* (0,05) atau 5%. Jika nilai *P-Value* kurang dari 0,05 maka antar variabel dikatakan memiliki perbedaan signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Setelah proses pemotongan selesai dilakukan, data yang didapatkan kemudian dikumpulkan untuk dicatat dan didokumentasikan. Hasil penelitian berupa data jumlah konsumsi gas dan durasi yang dibutuhkan selama proses pemotongan dapat dilihat pada Tabel 1 dalam daftar tabel yang terlampir. Pada Tabel 1 terlihat

jika tip nomor 3 (diameter 3 mm) menghasilkan konsumsi gas oksigen dan LPG yang lebih banyak bila dibandingkan dengan diameter tip nozzle yang lainnya. Sedangkan untuk durasi pemotongan, diameter tip

3 mm membutuhkan waktu yang lebih sedikit dibandingkan dengan diameter tip nozzle 1 mm dan 2 mm.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Konsumsi Gas dan Durasi Pemotongan

Tip Nozzle (mm)	Konsumsi O ₂ (kg)	Konsumsi LPG (kg)	Ket. Pot. Ke	Durasi (det)	Nama Juru Potong
Tip No. 1 (ø1)	0,33	0,07	1	280,02	A
	0,49	0,06	2	260,11	A
	0,54	0,1	3	241	B
Tip No. 2 (ø2)	0,61	0,09	1	273,6	A
	0,5	0,08	2	255,48	A
	0,69	0,11	3	202,49	B
Tip No. 3 (ø3)	0,6	0,1	1	249,59	A
	0,65	0,13	2	190,42	A
	0,78	0,15	3	169,5	B

Hasil Analisa

Pada hasil uji normalitas, dapat disimpulkan jika data hasil penelitian berdistribusi normal untuk masing-masing diameter ditunjukkan dengan nilai signifikansi masing-masing diameter >0,05 pada Tabel

2 yang terlampir. Adapun dari hasil uji korelasi didapatkan hasil jika nilai korelasi untuk konsumsi gas, baik oksigen maupun LPG, sama-sama bernilai positif. Sedangkan untuk durasi pemotongan, nilai korelasi bernilai negative yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Tabel Hasil Uji Normalitas Data Selisih Kebutuhan dan Durasi Pemotongan

Aspek	Diameter Tip (mm)	Kolmogorov-Smirnov			Saphiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Durasi	1	0,176	3	0.0	1,000	3	0,977
	2	0,29	3	0.0	0,926	3	0,473
	3	0,287	3	0.0	0,929	3	0,486
Konsumsi O ₂	1	0,298	3	0.0	0,916	3	0,439
	2	0,208	3	0.0	0,992	3	0,826
	3	0,28	3	0.0	0,938	3	0,52
Konsumsi LPG	1	0,292	1	0.0	0,923	3	0,463
	2	0,253	3	0.0	0,964	3	0,637
	3	0,219	3	0.0	0,987	3	0,78

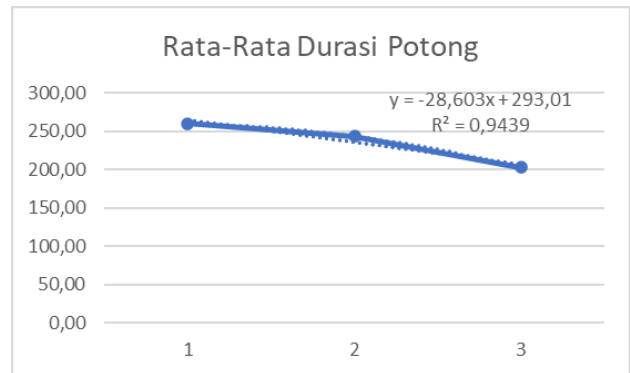
Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Pearson

	Tip	Durasi	Konsumsi O ²	Konsumsi LPGs
Tip	1			
Durasi	-0,635778218	1		
Konsumsi O ₂	0,739530566	-0,827196171	1	
Konsumsi Propan	0,760204551	-0,910215741	0,858115787	1

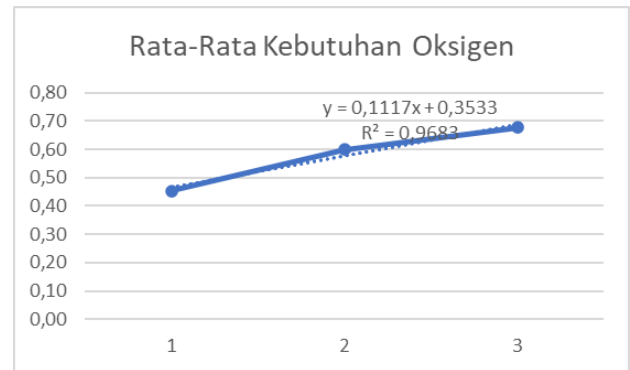
Tabel 4. Hasil Uji ANOVA

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	372498,5	3	124166,2	327,0095	4,47E-24	2,90112
Within Groups	12150,46	32	379,702			
Total	384649	35				

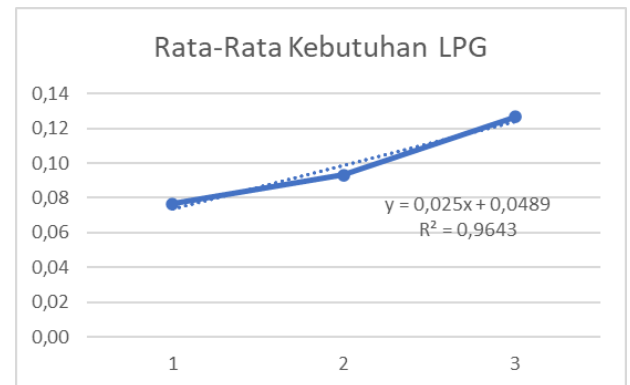
Hal ini tentunya selaras dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Siswanto dan Kristiyono [5] yang juga mengungkapkan jika hubungan antara durasi pemotongan dengan ketebalan pelat bersifat negatif. Pujaningkrat [10] juga menyatakan jika terdapat pengaruh yang kuat mengenai hubungan antara *tip size* dan kecepatan potong yang digunakan meski objek yang diteliti merupakan pengaruh perubahan *tip size* terhadap ketebalan pelat yang dipotong. *Tip Size* yang digunakan pada penelitian tersebut berjumlah dua jenis dengan perubahan kecepatan potong yang menyesuaikan dengan *tip size* yang digunakan. Pujaningkrat [10] mengungkapkan jika penggunaan *tip size* dapat mempengaruhi waktu pemotongan karena adanya perbedaan persentase besarnya distribusi panas pada pelat dan juga kebutuhan tekanan gas oksasi-asetilen yang digunakan. Sejalan dengan penelitian sebelumnya, hasil yang diperoleh dari uji pemotongan sebelumnya didapatkan jika *tip-nozzle* diameter 3 mm menghasilkan konsumsi gas yang lebih banyak namun dengan durasi potong yang lebih sedikit dibanding yang lain. Hal ini tentu dapat menjadi pertimbangan bagi galangan kapal untuk mengarahkan tenaga potong dalam memilih *tip nozzle* yang sesuai dengan kebutuhan proyek yang dikerjakan. Sehingga biaya *overhead* dalam pembangunan maupun reparasi dapat lebih optimal melalui optimasi biaya konsumsi gas maupun mempercepat durasi pada proses fabrikasi, khususnya pemotongan material.



Gambar 5. Grafik Regresi Rata-Rata Durasi Pemotongan Tiap Diameter



Gambar 6. Grafik Regresi Rata-Rata Konsumsi Gas Oksigen Tiap Diameter



Gambar 7. Grafik Regresi Rata-Rata Konsumsi Gas LPG Tiap Diameter

Berdasarkan masing-masing grafik regresi menunjukkan arah korelasi dan persamaan regresi hubungan antara diameter tip nozzle dengan durasi dan kebutuhan gas OXY-LPG. Dari grafik rata-rata gas Oksigen didapatkan rumus $Y = 0,1117\chi + 0,3533$ dan dari grafik rata-rata gas LPG didapatkan rumus $Y = 0,025\chi + 0,0489$. Sedangkan grafik rata-rata durasi menunjukkan trendline menurun dengan persamaan regresi $Y = -28,603\chi + 293,01$. Persamaan ini dapat digunakan oleh estimator biaya di galangan kapal dengan memasukkan variabel X dengan diameter tip dan menghasilkan variabel Y yang merupakan hasil regresi yaitu durasi maupun konsumsi gas oksigen dan LPG. Tujuan dibuatnya persamaan tersebut adalah untuk membantu mengestimasi waktu pekerjaan pemotongan yang dibutuhkan serta konsumsi gas yang diperlukan selama proses tersebut. Hal ini diperkuat dengan hasil analisis uji ANOVA yang dapat disimpulkan jika terdapat perubahan yang signifikan antara perubahan variasi diameter tip terhadap durasi dan konsumsi gas potong yang dibutuhkan.

Oleh karena itu, berdasarkan pada hasil analisa tersebut, dapat diinterpretasikan jika semakin besar diameter tip nozzle, maka semakin besar kebutuhan gas yang digunakan namun semakin sedikit durasi yang dibutuhkan untuk memotong material.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data dapat disimpulkan bahwa kebutuhan gas OXY-LPG akan semakin meningkat berbanding lurus dengan perubahan variasi tip diameter dengan mengikuti persamaan regresi $Y = 0,1117\chi + 0,3533$ untuk Oksigen dan untuk kebutuhan gas LPG menggunakan rumus $Y = 0,025\chi + 0,0489$. Sedangkan kebutuhan akan durasi potong berbanding terbalik dengan variasi diameter tip nozzle dengan mengikuti persamaan $Y = -28,603\chi + 293,01$. Persamaan ini dapat digunakan untuk mengestimasi kebutuhan gas dan durasi yang dibutuhkan selama proses pemotongan serta dapat membantu untuk memilih tip nozzle yang optimal dan dibutuhkan pada proses pemotongan. Namun, meski teori ini dapat dibuktikan secara ilmiah, kendala seperti sulitnya menyesuaikan penggunaan *tip-nozzle* yang akan digunakan dengan kebiasaan tenaga potong di galangan dapat menjadikan persamaan ini kurang efektif untuk digunakan. Selain itu, persamaan ini juga

kurang akurat jika memperhitungkan kondisi lingkungan pemotongan serta psikologis tenaga potong.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Riyadi, "Kajian Efisiensi Proses Produksi Kapal Baru Dengan Menggunakan Metode Manufacturing Cycle Effectiveness (MCE) (Studi Kasus : PT . PAL Indonesia)," *Tugas Akhir Teknol. Kelautan, Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, 2016.
- [2] B. K. Aditya and T. A. Kristiyono, "Studi estimasi biaya pemotongan pelat secara manual berdasarkan waktu proses dan konsumsi gas potong pada galangan kapal," *J. Jalasena*, vol. 3, no. 2, pp. 51-56, 2022.
- [3] B. P. Badrani, T. A. Kristiyono, and B. K. Aditya, "Analisa durasi pemotongan pelat secara manual OXY-LPG terhadap fungsi sudut posisi pemotongan," *SAINTEK : Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi Industri*, vol. 6, no. 1, pp. 12-23, 2022.
- [4] S. S. Pambudi, T. A. Kristiyono, and B. K. Aditya, "Studi pengaruh variasi jarak nozzle tip terhadap kebutuhan gas OXY-LPG dan durasi pada pekerjaan pemotongan pelat badan kapal secara manual," *J. Jalasena*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [5] Y. Sugiarto, "Dasar Proses Pemotongan Logam," in *Modul Pemotongan Plat*, 2012. [Online]. Available: <http://yusronsugiarto.lecture.ub.ac.id/files/2012/10/modul-3-%0APemotongan-Plat.pdf>
- [6] H. Sunaryo, *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1*, 1st ed. Surabaya: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [7] P. Houldcroft and R. John, *Welding And Cutting, A Guide to Fusion Welding and Associated Cutting Process*. New York, Tokyo, London, Toronto, Sydney: The ESAB Group, 1988.
- [8] I. Baroroh, *Teknologi Mekanik Dasar Teknik Perkapalan*, 1st ed. Surabaya: Hang Tuah University.
- [9] N. Prasilia Ningrum, B. Kusuma Aditya, and T. Agung Kristiyono, "Penentuan Standar Kebutuhan Oxy Lpg Pada Pemotongan Pelat Secara Manual," in *Semin. Nas. Kelaut. XIII "Implementasi Has. Ris. Sumber Daya Laut dan Pesisir dalam Rangka Mencapai Kemandirian Ekon. Nasional"* Fak. Tek. dan Ilmu Kelaut. Univ. Hang Tuah, Surabaya 12 Juli 2018, no. D3, pp. 10-16, 2018.
- [10] B. Pujaningsat, "Pengaruh Hasil Potong dengan Variasi Tip dan Kecepatan Potong Menggunakan Gas OXY Acetylene Terhadap Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Baja ASTM A-36," Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2018.

- [11] E. S. Riyadi and D. Pajar Pratama, "Pengaruh laju kecepatan potong pada proses pemotongan menggunakan gas cutting," *J. TLARSIE*, vol. 16, no. 4, p. 107, 2019.
- [12] A. I. Tauvana and W. Widodo, "Analisis pemotongan logam ST-37 dengan mesin potong menggunakan gas OXY-LPG," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, 2020.
- [13] Y. A. Siswanto and T. A. Kristiyono, "Pengaruh Standar Waktu Potong Menggunakan OXY-LPG Pada Pemotongan Secara Manual," 2018.
- [14] J. Junaidi, "(PDF) Regresi dengan Microsoft Office Excel," no. June, p. 12, 2015.
- [15] T. Winarsunu, *Statistik Dalam Penelitian Psikologi dan Pendidikan. Revision*. Surabaya: UMM Press, 2017.