

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS KOROSI PERBANDINGAN ASTM A36 DAN ALUMINIUM 5083 UNTUK PELAT KAPAL

Achmad Faisol Ridho¹, Imam Nur Rokhim²
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Gresik Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia e-mail :
achfaisolridho@gmail.com 1

ABSTRAK

Pembangunan lambung kapal sangat bergantung pada strukturnya. Material untuk lambung kapal harus memiliki karakteristik yang tepat. Material baja memiliki kelemahan yang menyebabkan banyak kerugian, salah satunya adalah ketahanan korosi yang buruk. Keunggulan material aluminium adalah massa jenisnya yang lebih ringan dan daya tahan korosi tinggi. Namun, nilai jualnya yang tinggi dan biaya yang tinggi selama pembangunan, pemeliharaan adalah kekurangan aluminium. Akibatnya, penelitian ini melakukan pengujian untuk menilai perbandingan korosi antara material baja *ASTM A36* dan *aluminium 5083*, untuk menghitung umur material lambung kapal dan biaya perbaikan Pada spesimen pelat dengan tebal 8 mm, umur pelat baja adalah 3,4 tahun, sedangkan umur aluminium dengan tebal 12 mm adalah 26 tahun, dan nilai laju korosi baja tidak memenuhi kategori *excellent* (0,02 hingga 0,1 mmpy) untuk air laut gresik pada standar laju korosi yang diizinkan untuk material pelat kapal. dengan Akumulasi total biaya reparasi kapal per plat pada kapal baja adalah sebesar Rp10.150.000,00 sedangkan pada kapal aluminium adalah sebesar Rp 30.490.500,00 Perbedaan pada biaya total akumulasi memiliki selisih biaya sebesar Rp20.340.500,00. Perbedaan biaya total disebabkan oleh mahalnya harga aluminium serta biaya produksi dan perbaikannya.

Kata kunci : Aluminium , Baja , Biaya Reparasi , Ekonomis , Laju Korosi

ABSTRACT

The construction of a ship's hull depends greatly on its structure. Materials for ship hulls must have the right characteristics. Steel material has weaknesses that cause many disadvantages, one of which is poor corrosion resistance. The advantages of aluminum material are its lighter density and high corrosion resistance. However, its high resale value and high costs during ship building, maintenance the drawbacks of aluminum. As a result, this research conducted tests to assess the corrosion comparison between ASTM A36 steel materials and aluminum 5083, to calculate the life of the ship's hull material and repair costs. In plate specimens with a thickness of 8 mm, the life of the steel plate is 3.4 years, while the life of aluminum with a thickness of 12 mm is 26 years, and the steel corrosion rate value does not meet the excellent category (0.02 to 0.1 mmpy) for Gresik sea water at the corrosion rate standards permitted for ship plate materials. with the total accumulated ship repair costs per plate on steel ships amounting to IDR 10,150,000.00 while on aluminum ships it is IDR 30,490,500.00. The difference in total accumulated costs has a cost difference of IDR 20,340,500.00. The difference in total costs is due to the high price of aluminum as well as production and repair costs.

Keywords : Alluminium , Steel , Repair Costs , Economical , Corrosion Rate

Jejak Artikel

Upload artikel : 12 Maret 2023

Revisi : 2 April 2024

Publish : 25 Mei 2024

1. PENDAHULUAN

Konstruksi pada Lambung kapal memegang peranan penting dalam pembangunan kapal. Sebab berdasarkan segi konstruksi, lambung

kapal adalah daerah yang pertama kali terkena air laut. Air laut yang dikenal bersifat korosif dapat merusak lambung kapal apabila lambung kapal tidak dirawat dengan baik dan diperbaiki. Maka dari itu diperlukan material dengan

karakteristik yang tepat untuk dijadikan sebagai bahan lambung kapal.

Pada umumnya pembangunan kapal menggunakan material baja sebagai bahan konstruksi lambung kapal, mengingat karakteristik mekaniknya yang kuat dan tahan akan tubrukan. Namun, terdapat beberapa kekurangan baja, salah satunya adalah daya tahan korosi yang kurang baik. Adapun material aluminium yang lebih ringan dan memiliki daya tahan korosi yang tinggi serta *ductility* yang baik pada kondisi dingin sehingga dalam pembangunan kapal, aluminium lebih diunggulkan dari baja.

Namun aluminium memiliki nilai jual yang tinggi sehingga memerlukan biaya yang mahal dalam proses pembangunan kapal. Pelat lambung kapal adalah daerah yang sangat sering terkena air laut. Sehingga lambung kapal sangat cepat untuk terjadinya proses korosi. Pada daerah lambung ini bagian bawah air ataupun daerah atas air rentan terkena korosi. Korosi pada pelat badan kapal dapat mengakibatkan turunnya kekuatan dan masa pakai kapal untuk digunakan berlayar, mengurangi kecepatan kapal, mengurangi jaminan keselamatan dan keamanan muatan barang dan penumpang serta dapat menghambat proses pengoperasian kapal.

Pencegahan dan penanggulangan korosi pada lambung kapal harus dilakukan guna meningkatkan usia pemakaian kapal agar lebih tahan lama dan menjamin keselamatan dan keamanan muatan barang dan penumpang serta memperlancar pengoperasian kapal untuk

berlayar. Kerugian teknis yang akan dialami akibat terjadinya korosi pada lambung kapal adalah berkurangnya kecepatan kapal, menurunnya *fatigue life*, *tensile strength* dan berkurangnya sifat mekanis material lainnya. Korosi merupakan kerusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungannya. Proses korosi yang terjadi disamping oleh reaksi kimia juga diakibatkan oleh proses elektrokimia. Lingkungan yang berpengaruh dapat berupa lingkungan asam, embun, air tawar, air laut, air danau, air sungai, dan air tanah. Selain itu, korosi dapat diidentifikasi sebagai perusakan suatu material (terutama logam) karena bereaksi dengan lingkungannya. Karena bereaksi dengan lingkungannya ini sebagian logam akan menjadi oksida, sulfida, senyawa lain yang dapat larut dalam lingkungannya.

Munculnya gejala korosi pada material Baja dan Aluminium akibat pengaruh lingkungan air laut sangat menarik untuk dipelajari, karena informasi tentang korosi yang terjadi pada material tersebut masih sangat sedikit. Belum diketahui seberapa cepat laju korosi pada Lambung Kapal Dengan Bahan Material Baja *Astm A36* & *Alluminium 5083* pada media air laut Gresik, Dengan Bagaimana Hasil Teknis Perhitungan Laju Korosi air laut Gresik Pada Material Lambung Kapal Berbahan Baja dan Aluminium Dengan metode *termogravimetri*.

Thermogravimetri adalah suatu metode atau Jenis Pengujian yang dilakukan pada sampel untuk menentukan kadar air dengan menunjukkan perubahan berat susut (*weight loss*) dan kaitannya dengan perubahan suhu. dalam

metode ini ada 3 pengukuran yakni : Berat , suhu dan perubahan suhu .

Tabel 1. Batas Minimum Pelat Kapal BKI (Badan Klasifikasi Indonesia)

No.	Bagian Badan Kapal	Safety Factor
1.	Pelat Kulit Lambung: Keel Plate , Bottom Plate , Bilge Plate	20%
2.	Side Plate	20%
3.	Sheer Strake	20 %
4.	Tank Top and Margin Plate Main Deck :	20 %
	Stringer Plate dan Lajur Pelat Antara Geladak Antara Lambung Dengan Palkah	30 %
5.	Pelat Geladak Antara Lubang Palkah Geladak Bangunan Atas dan Rumah Geladak	30 %
	,Dinding Sekat Memanjang Dan Melintang .	30 %

Sumber: Badan Klasifikasi Indonesia

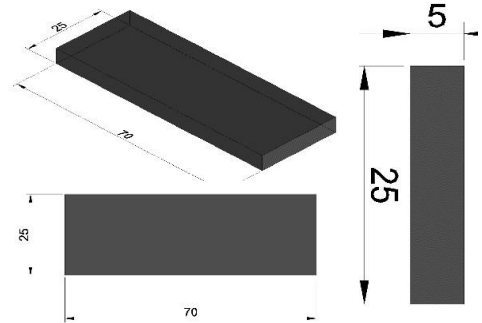
Perumusan Masalah Bagaimana analisis ekonomi ditinjau dari segi pemakaian & perawatan antara kapal dengan bahan Baja dan Aluminium ,dan juga Bagaimana dampak korosi air laut gresik pada lambung kapal berbahan aluminium dengan baja dengan Metode *Thermogravimetri*,

Dengan Tujuan Untuk Mengetahui Hasil Teknis Perhitungan Laju Korosi air laut gresik Pada Material Lambung Kapal Berbahan Baja dan Aluminium Dengan metode *Thermogravimetri*, menganalisis ekonomi ditinjau dari segi pemakaian & perawatan antara kapal dengan bahan Baja dan Aluminium.

Manfaat Dari Penelitian Ini yakni Untuk mengetahui dampak korosi air laut gresik pada lambung kapal berbahan aluminium dengan Baja ,diharapkan dapat memberikan Ide pemikiran mengenai pengaruh waktu, Biaya , dan pemilihan material pada kapal terhadap laju korosi di air laut gresik material Baja & Aluminium pada lambung kapal,Digunakan Untuk Perbandingan

Pemilihan Bahan Material Yang lebih cocok ,Mampu Memberikan Gambaran Terhadap Masyarakat Maupun Perusahaan Setempat Mengenai Bahan Material Yang digunakan Pada kapal.

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Visualisasi 3D Spesimen Baja ASTM A36 Dan Aluminium 5083

Metode *Weight Loss (Thermogravimetri)* ini menggunakan Bahan spesimen adalah pelat baja dan pelat aluminium dengan cara memotong pelat sebagian dari penyedia vendor material yang di beli secara baru dan telah dipotong dengan ukuran panjang, lebar, tebal adalah tebal baja 8 mm , aluminium 12 mm dengan persamaan ukuran yang sama panjang x lebar , 70 x 25 cm.

Bahan larutan terdiri dari Air laut gresik dan air tawar digunakan sebagai pembersih spesimen Material Yang diuji. Peralatan Penelitian terdiri dari wadah plastik yang digunakan untuk menampung air 900 mili liter larutan elektrolit (air laut), jangka sorong, termograf , dan timbangan berat .

Larutan elektrolit yang digunakan adalah air laut dari laut Jawa(gresik) yang telah sesuai dengan standar *ASTM D1141-98 (standard practice for the preparation of substitute ocean water)*.

Waktu uji selama 720 jam/30 hari Pengujian laboratorium dilakukan dengan uji celup (*immersion corrosion test of metal*) *ASTM a36 dan alluminium 5083*. Berdasarkan pengurangan berat dari pelat lambung kapal dilakukan dengan 1 (satu) metode yaitu :

Metode celup tetap dengan Metode uji celup tetap dilakukan dengan cara spesimen yang dipasang lalu dilakukan perendaman selama 96

jam, 360 jam, 504 jam , 576 jam , 720 jam. masing-masing jeda waktu dilakukan foto *weight loss* dan penimbangan spesimen sebelumnya dibersihkan dengan larutan Air tawar dengan dicelup selama 3 menit lalu dikeringkan / di lap dengan kain dan dilanjutkan dengan tissue agar bersih secara maksimal dan tidak terjadi penambahan beban ,serta ditimbang dan dicatat hasilnya , sampai dengan hasil berat akhir selama 30 hari / 720 jam, Dengan Menggunakan Spesimen Uji Ukuran Yang sama dari Baja Maupun Aluminium .

1.1 Persiapan Alat

Persiapan alat pada penelitian ini adalah seperti berikut:

- Neraca
- Tempat Air (Uji Spesimen)
- Penggaris
- Lap / Tisu
- Gerinda
- Termometer Air
- Material Sampel Baja Astm A36
- Material Sampel Aluminium 5083

1.2 Pengujian spesimen

Pengujian Ini Dilakukan Dengan Beberapa proses dibawah ini :

1.2.1 Proses penimbangan berat awal

Sebelum dilakukan proses pengujian laju korosi dilakukan proses penimbangan berat awal spesimen agar mengetahui perbedaan berat dan bentuk permukaan sebelum dan sesudah dilakukannya perendaman , Penimbangan Pertama Pada Gambar Dibawah menunjukkan bahwa spesimen Baja Astm A36 memiliki berat sebesar 80,053 g Sedangkan Dari Spesimen Aluminium 5083 berat awal sebesar 71,489 g .



Gambar 2. Penimbangan Awal Spesimen Baja Astm a36



Gambar 3. Penimbangan Awal Spesimen Aluminium 5083

1.3 Proses Perendaman Spesimen Yang Di Uji

Dengan Media Air Laut. Dalam penelitian ini air laut yang di gunakan adalah 1500 ml. Langkah-langkah untuk melakukan uji perendaman adalah sebagai berikut: - Mempersiapkan wadah berisikan media pengujian yaitu air laut dari Gresik, tiap bak berisikan satu-satu spesimen pengujian yaitu aluminium 5083 dan Baja Astm A36, Dalam Proses Perendaman Ditentukan dengan waktu 96 jam , 360 jam , 504 jam , 576 jam , 720 jam.

1.4 Proses Pembersihan

Proses Pembersihan. Langkah-langkah dari proses pembersihan adalah sebagai berikut :

- Mengeluarkan spesimen dari media pengujian korosi.
- Mencelupkan spesimen ke air bersih untuk pembersihan awal.
- Setelah dibersihkan dengan air tawar spesimen dibersihkan dengan air bersih/aquades untuk menghilangkan cairan yang merekat.
- Keringkan spesimen yang sudah dibersihkan.

1.5 Proses Penimbangan Berat Akhir Dan Foto Hasil

Spesimen di timbang dengan menggunakan neraca analitik untuk mengetahui berat akhir dan bentuk permukaan spesimen setelah proses pengujian laju korosi dan selanjutnya di lakukan perhitungan laju korosi yang sesuai dengan metode kehilangan berat (*weight loss*) pada ASTM G31-72 .

- Rumus Kehilangan Berat :

$$\Delta W = W_{Awal} - W_{Akhir} = \dots (g) \quad (1)$$

b. Rumus Laju Korosi :

$$Corrosion\ rate = \frac{w \cdot k}{D \cdot A \cdot T} = (mp/y, mmp/y) \quad (2)$$

K = "Konstanta" (mm/y), W = "Konstanta" (mm/y), D = "Densitas Spesimen" (gr/cm³), A = "Luas Permukaan" (cm²), T = "Lama Perendaman" (T)

c. Rumus Umur Pakai :

$$i = \frac{\sum Ot - \sum Mt}{\sum n} = \dots (mp/y) \quad (3)$$

$$x = \frac{Ot - MRT}{i} = \dots (y) \quad (4)$$

i = "Laju Korosi" (mm/y)

\sum = "Jumlah Tahun" (y)

$\sum Ot$ = "Ukuran pelat awal" (m)

$\sum Mt$ = "Ukuran pelat akhir" (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Hasil Pencelupan Material Baja ASTM A36

Waktu Celup	Material Baja ASTM A36 Dengan Berat Awal 80,053 g		
	Berat Akhir (g)	Kehilangan Berat (g)	Laju Korosi (mmpy)

0	80,053	-	
96	80,030	0,023	0,0003
360	79,929	0,124	0,5299
504	79,903	0,150	0,4578
576	79,881	0,172	0,4594
720	79,865	0,188	0,4017

Tabel 3. Hasil Pencelupan Material Aluminium 5083

Waktu Celup	Material Aluminium 5083 Dengan Berat Awal 71,489 g		
	Berat Akhir (g)	Kehilangan Berat (g)	Laju Korosi (mmpy)

0			
	71,489	-	
96			
	71,487	0,002	0,0001
360			
	71,491	-0,002	-0,0251
504			
	71,502	-0,013	-0,00011
576			
	71,513	-0,024	-0,00018
720			
	71,500	-0,011	-0,00006

a. Baja astm a36

$$\square W = 80,053 - 79,865 = 0,188 \text{ g } 720 \text{ Jam}$$

$$Mpy = \frac{534 \cdot w}{D.A.T} = \frac{534 \cdot 0,188}{7,800.44,5.720} = \frac{100,392}{249,912} = 0,4017_{mmpy}$$

Pelat dasar lambung kapal mempunyai ketebalan awal Baja 8 mm dengan batas *maksimun remaining thickness* 6,4 mm, sehingga perkiraan umur pakai pelat dasar lambung kapal Baja dihitung dengan menggunakan rumus :

$$x = \frac{Ot - MRT}{i}$$

$$x = \frac{8 - 6,4}{0,4594}$$

$$x = \frac{1,6}{0,4594}$$

$$x = 3,4 \text{ y}$$

b. Aluminium 5083

$$\square W = 71,489 - 71,487 = 0,002 \text{ g}$$

96 Jam

$$Mpy = \frac{534 \cdot w}{D.A.T} = \frac{534 \cdot 0,002}{2,65.44,5.96} = \frac{1,068}{11.320,8} = 0,00009_{mmpy}$$

Pelat dasar lambung kapal mempunyai ketebalan awal Baja 8 mm dengan batas *maksimun remaining thickness* 6,4 mm, sehingga perkiraan umur pakai pelat dasar lambung kapal Baja dihitung dengan menggunakan rumus :

$$x = \frac{Ot - MRT}{i}$$

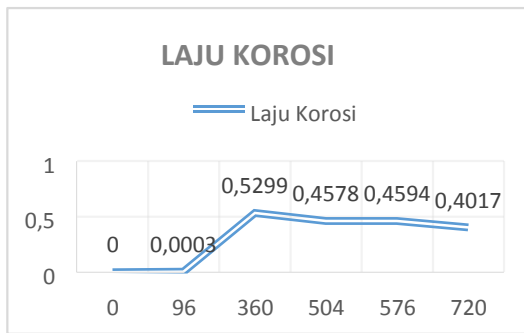
$$x = \frac{12 - 9,6}{0,00009}$$

$$x = \frac{2,4}{0,00009}$$

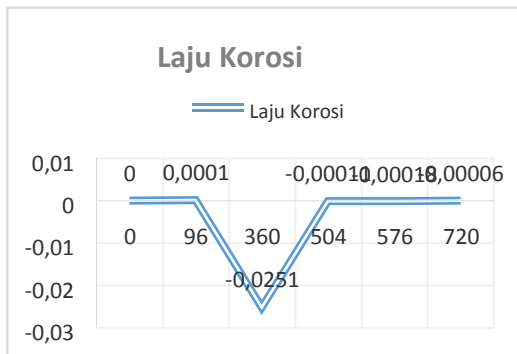
$$x = 26 \text{ y}$$

Berdasarkan perhitungan di atas pada pencelupan 720 jam dengan Diambil Rata – Rata Laju Korosi sebesar 0,4594, dari 576 jam maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pelat dasar pada lambung tanpa perlindungan korosi Dengan material Baja astm a36 masih bisa beroperasi selama 3,4 tahun kedepan sampai dengan batas minimum ketebalan plat yakni 6,4 mm (20%) dari ketebalan awal sebesar 8 mm.

dan Rata – Rata Laju Korosi dari aluminium sebesar 0,00009, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pelat dasar pada lambung tanpa perlindungan korosi Dengan Material Aluminium 5083 masih bisa beroperasi selama 26 tahun kedepan sampai dengan batas minimum ketebalan plat yakni 9,6 mm (20%) dari ketebalan awal sebesar 12 mm, Tanpa dilakukan perawatan kapal secara teratur , agar tidak terjadi laju korosi yang lebih besar atau cepat maka di perlukan untuk perawatan kapal minimal 2 tahun sekali agar tidak Terjadi Korosi.



Gambar 4. Grafik Laju Korosi Material Baja Astm A36



Gambar 5. Grafik Laju Korosi Material Aluminium 5083

Tabel 4. Harga pergantian per plat Material Baja ASTM A36 dan Aluminium 5083

Lebar (cm)	Panjang (cm)	Berat (kg)	Tebal (mm)	Harga Lembar	
Baja ASTM A36	1.828 cm	6.096 cm	700 kg	8 mm	10.150.000,00
Jenis Material	Harga Survey Perplat Baja <i>ASTM A36</i> Dan Aluminium 5083				
	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Berat (kg)	Tebal (mm)	Harga Lembar
Aluminium 5083	1.828 cm	6.096 cm	248 kg	12 mm	30.490.500,00

4. KESIMPULAN

Rata-rata nilai laju korosi yang diperoleh dari hasil pengujian laju korosi metode *Weightloss* adalah sebesar 0,4594 mmpy pada Material Baja ASTM A36 dan 0,00009 mmpy pada Material Aluminium 5083. Material Baja ASTM A36 memiliki rata-rata nilai laju korosi yang Berbeda dengan nilai laju korosi Material Aluminium 5083 meskipun rata-rata nilai laju korosi yang didapatkan lebih rendah. Rata-rata nilai laju korosi baja tidak memenuhi kategori *excellent* (0,02 – 0,1 mmpy) untuk air laut gesik pada standar laju korosi yang diijinkan untuk sebuah material pelat kapal dengan Berdasarkan perhitungan estimasi umur material pelat kapal dari nilai laju korosi material uji yang telah diperoleh dan *safety factor* pengurangan ketebalan pelat, umur material baja adalah 3,4 tahun pada spesimen pelat dengan tebal pelat sebesar 8 mm .

Umur material aluminium adalah 26 tahun pada pelat spesimen dengan tebal pelat sebesar 12 mm .Material baja lebih singkat jika dibandingkan dengan material aluminium dan Akumulasi total biaya reparasi kapal per plat pada kapal baja adalah sebesar Rp10.150.000,00 sedangkan pada kapal aluminium adalah sebesar Rp 30.490.500,00 Perbedaan pada biaya total akumulasi memiliki selisih biaya sebesar Rp20.340.500,00. Perbedaan biaya total disebabkan oleh mahalnya harga aluminium serta biaya produksi dan perbaikannya. Penggunaan baja sebagai material kapal memiliki biaya yang lebih ekonomis dibandingkan aluminium

Saran Dari Penelitian Ini Sebaiknya Pengujian Ditambahkan Dengan Pelindung Anti Korosi (*zinc anode*) Agar Laju Korosi Yang Diuji akan maksimal nilai nya seperti di lapangan dengan pengujian harus disertakan dengan suhu air yang ada ketika di lapangan juga dilakukan penyamaan ketika dilakukan di rumah Dan Efisiensi Pengujian Dengan Waktu yang lama lebih baik dikarenakan nilai korosi yang didapat akan lebih akurat dan maksimal .

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dipersembahkan kepada orang tua yang tiada henti mencurahkan doa dan segala pengorbanan Terimakasih

DAFTAR PUSTAKA

- Berry, L., Parasuraman, A., & Zeithaml, V. (1988). SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing*, 1(1), 12-40.
- Cohen, L. (1995). *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*. USA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Djarwanto. (1994). *Statistik Induktif*. Yogyakarta: BPFE.
- Efendi, A., Kusmindari, C. D., & Renilaili. (2020). Peningkatan Kualitas Layanan Konsumen Dengan Metode Servqual dan QFD (Studi Kasus di CV. Sinar Jaya Agung). *Bina Darma Conference on Engineering Science*, 2(1), 382-391.
- Indriantoro, N. (2002). *Metodologi Penelitian Bisnis untuk Akutansi dan Manajemen*. Yogyakarta: BPFE.
- Jamily, M. H. (2018). *Meningkatkan Kualitas Pelayanan di Laundry Thoyyiba Dengan Menggunakan Metode Servqual dan Quality Function Deployment*. Gresik: Skripsi. Fakultas Teknik, Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Juniyanto, A. (2013). **TINGKAT KEPUASAN MAHASISWA DALAM MENGGUNAKAN JASA PELAYANAN PERPUSTAKAAN FIK UNY**. Skripsi.
- Kotler, & Keller. (2012). *Manajemen Pemasaran*. Jakarta: Erlangga.
- Margono, S., & Yuniarko, T. (2019). Penggunaan Metode Servqual Untuk Analisis Pelayanan Jasa Bengkel Studi Kasus Bengkel Kencana Motor Depok. *Incomtech*, 8(1), 6-15.
- Nasikh, A. R. (2018). *Pengukuran Kualitas Pelayanan Pasien BPJS di UPT. Puskesmas Alun-Alun Gresik Dengan Menggunakan Metode Servqual dan AHP*. Gresik: Skripsi. Fakultas Teknik, Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Nurmalasari. (2019). Tingkat Kepuasan Mahasiswa Dalam Menggunakan Jasa Pelayanan Perpustakaan Universitas Bina Sarana Informatika Pontianak. *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*, 9398.
- Prasetyo, D. W. (2016). Tingkat Kepuasan Siswa Dalam Menggunakan Jasa Pelayanan Perpustakaan Sekolah Di Man Yogyakarta III.
- Putri, R. N., Harsono, A., & Arijanto, S. (2016). Usulan Perbaikan Kualitas Pelayanan di Cafe X Dengan Menggunakan Metode Dineserv dan Service Quality (Servqual). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 4(1), 287-298.
- Rozanda, N. E., & Agusman, D. (2012). Analisis Kualitas Pelayanan Perpustakaan Dalam Penerapan Sistem Informasi Perpustakaan. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 77-84.
- Sandjaja, I. E., & Purnamasari, D. (2017). Perancangan Kuesioner Survei Galangan. *Technology Science and Engineering Journal*, 1(1), 27-33.
- Singaribun, M. (2006). *Metode Penelitian Survai*. Jakarta: Grassindo.
- Siregar, S. D., & Suliantoro, H. (2019). Meningkatkan Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Layanan Wifi ID Dengan Metode Service Quality (Studi Kasus PT. Telkom Indonesia Regional 1 Sumatera). *Industrial Engineering Online Journal*, 7(1), 1-10.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: ALFABETA cv.

- Sularto, L. (2020). Analisis Kualitas Layanan Penyedia Data di Indonesia Menggunakan Metode Servqual. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, 7(1), 1-7.
- Tan, K. C., & Pawitra, T. A. (2001). Integrating Servqual and Kano's Model Into QFD for Service Excellence Development. *Managing Service Quality. An International Journal*, 11(6), 418-430. doi:10.1108/eum0000000006520
- Tjiptono, F., & Chandra, G. (2019). *Service Quality & Customer Satisfaction* (5 ed.). Yogyakarta: ANDI.
- Umar, H. (2005). *Riset Sumber Daya Manusia*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wijaya, T. (2018). *Manajemen Kualitas Jasa : Desain Servqual, QFD, dan Kano* (2 ed.). Jakarta: PT Indeks.
- Y, A. N., Purnamawati, E., & Suryadi, A. (2020). Analisis Peningkatan Kualitas Pelayanan Dengan Metode Servqual dan Triz (Studi Kasus Pada Cafe XYZ). *Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, 1(1), 76-86.
- Yulianto, E. E. (2018). Analisis Kualitas Pelayanan Dengan Metode Servqual dan QFD Pada Restoran Carnis Surabaya. *Indonesia Natural Research Pharmaceutical Journal (INRPJ)*, 1(1), 5.
- Yusup, F. (2018). Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Kuantitatif. *Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 7(1), 67-88.