

ANALISA TORSI MENGGUNAKAN PERBANDINGAN MASUKAN DAYA LISTRIK PADA AERATOR *PADDLE WHEEL* DENGAN TRANSMISI MENGGUNAKAN RANTAI SPROKET, GEARBOX PABRIKAN DAN GEARBOX RODA GIGI LURUS

TORQUE ANALYSIS USING COMPARISON OF ELECTRIC POWER INPUT ON PADDLE WHEEL AERATOR WITH TRANSMISSION USING SPROCKET CHAIN, MANUFACTURED GEARBOX AND STRAIGHT GEAR GEARBOX

Iman Mawardi^{1*}, Agus Purwanto¹, Izhary Siregar¹, Setyawan Dwi Nugroho¹

¹Program Studi Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo, Sidoarjo

*Korespondensi: imanbellel@gmail.com

ABSTRACT

The paddle wheel type aerator is a popular aerator used in aquaculture to increase dissolved oxygen (DO) levels. The paddle wheel aerator uses a transmission to adjust the rotation of the electric motor so that the paddle wheel can rotate at a certain speed. Several types of transmission have been used, namely using sprocket chains, factory gearboxes and straight gear gearboxes. In this research, torque analysis was carried out using a comparison of electrical power input to calculate the mechanical losses of the types of transmission used, so that one can find the type of transmission that has the lowest losses in the paddle wheel aerator application. The test results show that the sprocket chain transmission has a mechanical loss of 0.28 Nm, while the factory gearbox is 0.21 Nm and the lowest is the straight gear gearbox which has a mechanical loss of only 0.01 Nm so the development of a paddle wheel aerator transmission using a straight gear transmission is a brilliant idea to develop.

Keywords: *paddle wheel aerator; sprocket chain; gearbox; straight gear wheel; torque*

ABSTRAK

Aerator jenis *paddle wheel* merupakan aerator yang populer digunakan pada budidaya perikanan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO). Aerator *paddle wheel* memanfaatkan transmisi untuk menyesuaikan putaran motor listrik sehingga roda kincir dapat berputar dengan kecepatan tertentu. Beberapa jenis transmisi telah digunakan, yakni menggunakan rantai sproket, gearbox pabrikan dan gearbox roda gigi lurus. Dalam penelitian ini dilakukan analisa torsi menggunakan perbandingan masukan daya listrik untuk menghitung rugi-rugi mekanis dari jenis-jenis transmisi yang digunakan, sehingga dapat menemukan jenis transmisi yang memiliki rugi-rugi paling rendah dalam aplikasi aerator *paddle wheel*. Hasil pengujian menunjukkan transmisi rantai sproket memiliki rugi-rugi mekanis sebesar 0,28 Nm, sementara gearbox pabrikan sebesar 0,21 Nm dan yang terendah yakni gearbox roda gigi lurus yang memiliki rugi-rugi mekanis hanya 0,01 Nm sehingga pengembangan transmisi aerator *paddle wheel* menggunakan transmisi roda gigi lurus merupakan ide yang patut untuk dikembangkan.

Kata kunci: *aerator paddle wheel; roda gigi rantai; gearbox; roda gigi lurus; torsi*

I. PENDAHULUAN

Aerator *paddle wheel* banyak digunakan dalam budidaya perikanan untuk meningkatkan kualitas air dan meningkatkan kadar oksigen terlarut (Omofunmi *et al.*, 2017

dan Tanveer *et al.*, 2018). Sistem ini menawarkan keuntungan seperti efektivitas biaya, perawatan yang rendah, dan ketersediaan yang mudah (Tanveer *et al.*, 2018). Penelitian telah menunjukkan bahwa

aerator *paddle wheel* dapat mencapai tingkat dan efisiensi transfer oksigen yang tinggi, sehingga meningkatkan kepadatan stok ikan (Omofunmi *et al.*, 2017). Namun, aerator *paddle wheel* mungkin memiliki keterbatasan dalam mengurangi gradien suhu dan oksigen di kolam (Roshan *et al.*, 2021). Untuk mengatasi masalah ini, aerator terintegrasi yang menggabungkan teknologi *paddle wheel* dan aspirator baling-baling telah dikembangkan, yang menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mempertahankan stratifikasi oksigen terlarut dan arus air (Roshan *et al.*, 2021). Selain itu, studi numerik telah menunjukkan bahwa desain *paddle wheel* termasuk luas permukaan dan konfigurasi lubang berdampak signifikan terhadap karakteristik aliran fluida dan kinerja aerasi, dengan dayung yang lebih besar dan lebih banyak lubang berpotensi menghasilkan aerasi yang lebih baik (Arini *et al.*, 2023).

Aerator *paddle wheel* banyak digunakan dalam budidaya perikanan untuk oksigenasi dan sirkulasi air (Roy dan Kumar, 2024). Penelitian berfokus pada optimalisasi sistem transmisi gigi untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi konsumsi energi. Sebuah studi oleh Friantoro (2009) menemukan bahwa mendesain ulang peredam roda gigi heliks meningkatkan efisiensi hingga 70% dan mengurangi konsumsi listrik sebesar 78% dibandingkan model standar. Modifikasi pada aspek rasio *blade* dan rasio roda gigi dapat meningkatkan kecepatan putaran dan luaran daya (Andriyani *et al.*, 2019). Performa dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti diameter roda, kecepatan, dan kedalaman perendaman *paddle wheel* (Roy dan Kumar, 2024). Perbandingan antara aerator *paddle wheel* 0,37 kWh yang dimodifikasi menggunakan rantai sproket dan aerator *paddle wheel* model konvensional 0,78 kWh menunjukkan kinerja oksigenasi yang serupa, yang menunjukkan potensi penghematan energi (Nasuki *et al.*, 2019). Meskipun ada

kemajuan, keterjangkauan masih menjadi tantangan bagi petani skala kecil, hal ini menyoroti perlunya desain hemat biaya yang menggabungkan teknologi otomatisasi dan AI (Roy dan Kumar, 2024).

Salah satu variabel yang menurunkan efisiensi dalam penggunaan aerator *paddle wheel* adalah kehilangan daya pada transmisi gigi yang terjadi melalui berbagai mekanisme untuk setiap jenis transmisi. Pada transmisi rantai dan sproket, kerugian pengadukan yang disebabkan oleh perputaran roda gigi dalam pelumas dapat diprediksi dengan menggunakan rumus berdasarkan analisis dimensi dan validasi eksperimental (Changenet dan Vexlex, 2007). Dalam sistem rantai dan sproket, sproket yang lebih besar dapat meningkatkan efisiensi dengan mengurangi kerugian gesekan, meskipun hal ini harus diimbangi dengan peningkatan massa dan inersia (Lodge dan Burgess, 2004). Untuk roda gigi sikloidal, kehilangan daya dipengaruhi oleh gesekan antara profil hiposikloidal dan roller, dengan toleransi produksi mempengaruhi jarak bebas dan gaya antar gigi (Bednarczyk, 2019). Memahami mekanisme kerugian ini sangat penting untuk mengoptimalkan efisiensi transmisi gigi, dengan potensi penghematan energi yang signifikan melalui pilihan desain yang tepat (Lodge dan Burgess, 2004).

Sementara rugi-rugi daya pada transmisi roda gigi bevel dapat dikategorikan menjadi rugi-rugi yang bergantung pada beban dan tidak bergantung pada beban. Kerugian yang tidak bergantung pada beban mencakup angin, pengadukan, dan gelembung udara di pelumas, yang dipengaruhi oleh kecepatan rotasi, geometri roda gigi, kerapatan fluida, dan pengurungan (Stavytskyi *et al.*, 2010). Strategi optimasi untuk mengurangi kerugian gearbox termasuk menggunakan oli dengan viskositas rendah, meminimalkan kedalaman perendaman oli, dan menggunakan sistem bantalan yang lebih efisien (Höhn *et al.*, 2009).

Metode ini berpotensi mengurangi kerugian gearbox secara keseluruhan hingga 50%. Menyeimbangkan pengurangan kehilangan daya dengan kapasitas beban, ukuran komponen, dan kebisingan yang dihasilkan masih menjadi tantangan dalam desain gearbox (Höhn *et al.*, 2009).

Hilangnya daya pada transmisi gigi heliks merupakan masalah yang signifikan terhadap efisiensi energi. Kerugian ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk gesekan geser antar gigi, angin, pengadukan, dan gesekan gelinding (Heingartner dan Mba, 2003). Gesekan geser diakui sebagai salah satu sumber utama hilangnya daya dan dapat berkontribusi terhadap getaran dan kebisingan pada sistem roda gigi heliks (Wang, 2016). Penelitian berfokus pada pengembangan model matematika untuk mensimulasikan perilaku roda gigi dan mengevaluasi efisiensi telah dilakukan, dengan mempertimbangkan parameter seperti profil gigi, sudut tekanan, sudut heliks, dan jumlah gigi (Pulicktharayil *et al.*, 2023). Penelitian telah menunjukkan bahwa mengoptimalkan parameter desain ini dapat secara signifikan mengurangi kehilangan daya dan meningkatkan efisiensi energi (Pulicktharayil *et al.*, 2023). Selain itu, pelumasan yang tepat, penyelesaian permukaan, dan pemilihan material memainkan peran penting dalam meningkatkan kinerja roda gigi (Pulicktharayil *et al.*, 2023). Hilangnya daya penyambungan gigi telah diidentifikasi memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap efisiensi transmisi secara keseluruhan (Ilieş *et al.*, 2022).

Pemodelan gesekan yang akurat sangat penting untuk memperkirakan kerugian ini. Kehilangan daya mekanis yang bergantung pada beban dapat diprediksi menggunakan model pelumasan elastohidrodinamik (EHL), yang memperhitungkan variasi waktu dalam parameter kontak dan mempertimbangkan

aksi penggulungan dan pergeseran (Li dan Kahraman, 2010). Kerugian pengadukan yang merupakan faktor penting lainnya dalam sistem pelumasan celup berkontribusi terhadap inefisiensi dan pemanasan oli. Namun, metode penghitungan empiris yang ada untuk kerugian pengadukan memberikan hasil yang sangat bervariasi, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut untuk menyelesaikan perbedaan tersebut (Luke dan Olver, 1999).

Ada hubungan antara frekuensi, putaran, daya dan torsi yang dihasilkan pada operasional motor listrik induksi, sehingga analisa dapat dilakukan dengan perbandingan daya masukan listrik dan putaran yang muncul dalam pengujian (Perkasa *et al.*, 2020). Begitu juga yang terjadi pada pengaturan kecepatan motor induksi dapat mempengaruhi respon kecepatan dan torsi (Nuur *et al.*, 2022).

Memahami dan memprediksi secara akurat berbagai mekanisme kerugian ini sangat penting untuk meningkatkan efisiensi transmisi roda gigi, karena kerugian gesekan dan pengadukan dapat berdampak signifikan terhadap kinerja keseluruhan. Dengan menguji tiga buah aerator *paddle wheel* yang memiliki sistem transmisi yang berbeda, diharapkan untuk dapat memperoleh kesimpulan terkait sistem transmisi yang memiliki rugi-rugi mekanis yang paling rendah sehingga efisiensi energi dalam operasional aerator *paddle wheel* dapat ditingkatkan. Dengan begitu, pengembangan aerator *paddle wheel* yang lebih efisien dari segi transmisi akan dapat terwujud melalui penelitian ini.

II. METODE PENELITIAN

Putaran motor listrik pada aerator *paddle wheel* akan direduksi oleh sebuah sistem transmisi, sehingga *paddle wheel* akan berputar pada kecepatan tertentu. Proses reduksi ini memerlukan sejumlah energi untuk motor listrik dapat memutar sistem transmisi. Analisis dilakukan terkait besarnya

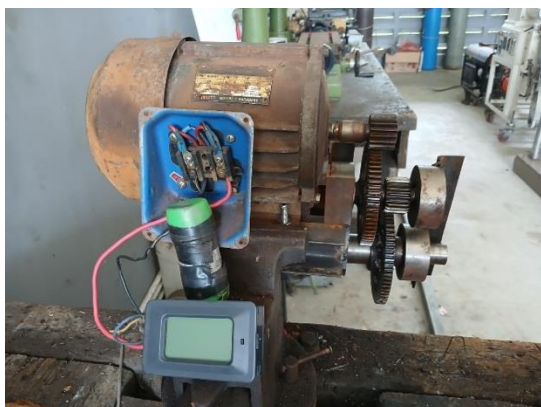
torsi yang dibutuhkan untuk memutar transmisi pada aerator *paddle wheel* yang sudah disiapkan. Pada penelitian ini, disiapkan tiga buah kincir, yang masing-masing memiliki sistem transmisi yang berbeda, yakni: aerator *paddle wheel* dengan transmisi rantai sprocket (Gambar 1), aerator *paddle wheel* dengan transmisi gearbox pabrikan (Gambar 2) dan aerator *paddle wheel* dengan transmisi gearbox roda gigi lurus (Gambar 3).



Gambar 1. Aerator *paddle wheel* dengan transmisi rantai sproket



Gambar 2. Aerator *paddle wheel* dengan transmisi gearbox pabrikan



Gambar 3. Motor listrik dengan transmisi gearbox roda gigi lurus

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Tefa Mekanisasi Perikanan Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo, dari bulan Juli hingga November 2024.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain aerator *paddle wheel* ½ HP yang menggunakan transmisi rantai sprocket, aerator *paddle wheel* ½ HP yang menggunakan gearbox pabrikan dengan transmisi menggunakan roda gigi bevel dan roda gigi heliks, motor listrik ½ HP yang dipadukan dengan gearbox roda gigi lurus, digital power meter, digital tachometer, kabel dan steker listrik.

2.3. Metode Pengujian

Metode pengujian yang dilakukan adalah metode elektronik untuk mendapatkan parameter daya, arus, tegangan, faktor daya, dan putaran mesin dengan menggunakan digital power meter dan digital tachometer. Pengujian dilakukan pada masing-masing motor listrik dalam kondisi terlepas dari transmisi (tanpa beban) dan terpasang pada transmisi (dengan beban), sehingga dapat dihitung nilai torsi masing-masing. Langkah-langkah pengujian parameter yang dimaksud yakni sebagai berikut:

1. Tanpa Beban

- Lepaskan motor listrik dari sistem transmisi
- Tempatkan motor listrik pada ragum agar aman untuk dioperasikan
- Pasang digital power meter kemudian nyalakan motor listrik
- Catat parameter daya, arus, tegangan dan faktor daya yang terbaca pada layar digital power meter
- Ukur putaran motor listrik dengan digital tachometer
- Matikan motor listrik dan rakit kembali motor listrik pada transmisinya

2. Dengan Beban

- a. Tempatkan aerator *paddle wheel* di daratan dengan *paddle wheel* yang sudah dilepaskan dari porosnya, sementara motor listrik dengan gearbox roda gigi lurus diragum
- g. Pasang digital power meter kemudian nyalakan motor listriknya
- h. Catat parameter daya, arus, tegangan dan faktor daya yang terbaca pada layar digital power meter
- i. Ukur putaran motor listrik dengan digital tachometer
- j. Matikan motor listrik dan rakit kembali *paddle wheel* pada porosnya

Dari hasil pengujian dihasilkan parameter tegangan, arus, daya dan faktor daya listrik yang merupakan masukan energi listrik untuk menghasilkan putaran motor listrik. Selanjutnya data tersebut digunakan dalam perbandingan torsi pada penelitian ini.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada ketiga aerator *paddle wheel* dengan masing-masing dua kondisi, yakni tanpa beban dan dengan beban. Hasil pengujian meliputi parameter putaran motor listrik, tegangan listrik, daya listrik, arus listrik, dan faktor daya (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil pengujian

Parameter	Beban	Aerator Paddle Wheel		
		Rantai Sproket	Gearbox Pabrik	Gearbox roda gigi lurus
Putaran (rpm)	Tanpa	1497	1499	1496
	Dengan	1493	1499	1496
Tegangan (Volt)	Tanpa	232	234	225
	Dengan	232	234	225
Arus (Ampere)	Tanpa	2,42	1,36	3,51
	Dengan	2,44	1,43	3,51
Daya (Watt)	Tanpa	145	198	141
	Dengan	188	231	143
Faktor daya	Tanpa	0,25	0,62	0,17
	Dengan	0,33	0,68	0,18

Dengan menggunakan persamaan (1) didapat nilai torsi dari ketiga aerator *paddle wheel* dalam kondisi tanpa beban dan dengan beban. Selisih dari torsi yang dihasilkan pada pengujian tanpa beban dan dengan beban untuk masing-masing aerator *paddle wheel* (Tabel 2) adalah torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan transmisi dan dapat diartikan sebagai rugi-rugi transmisi yang dimaksud.

$$Torsi = \frac{Daya \times 9,5488}{Putaran} \quad (1)$$

Tabel 2. Perbandingan torsi (Nm)

Beban	Torsi Aerator Paddle Wheel (Nm)		
	Rantai Sproket	Gearbox Pabrik	Gearbox roda gigi lurus
Tanpa	0,92	1,26	0,91
Dengan	1,20	1,47	0,92
Selisih	0,28	0,21	0,01

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa sistem transmisi pada aerator *paddle wheel* dengan sistem transmisi rantai sprocket membutuhkan torsi 0,28 Nm, sementara sistem transmisi pada aerator *paddle wheel* dengan sistem transmisi gearbox pabrik membutuhkan torsi 0,21 Nm dan sistem transmisi pada aerator *paddle wheel* dengan sistem transmisi gearbox roda gigi lurus membutuhkan torsi 0,01 Nm. Semakin tinggi kebutuhan torsi dari sistem transmisi menunjukkan rugi-rugi mekanis yang tinggi dari transmisi tersebut begitu juga sebaliknya (Perkasa *et al.*, 2020).

IV. KESIMPULAN

Transmisi aerator *paddle wheel* yang telah diuji menunjukkan kebutuhan torsi paling besar dimiliki oleh transmisi rantai sproket, diikuti oleh transmisi gearbox pabrik dan transmisi aerator *paddle wheel* dengan kebutuhan torsi paling rendah dimiliki oleh transmisi gearbox roda gigi lurus. Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan torsi antara lain pelumas, kualitas bearing dan

desain *finishing* permukaan juga bahan dari roda gigi, sproket maupun rantai yang digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo untuk dukungan keuangan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, W., Djoyowasito, G., Aprilianto, R., Ahmad, A. M., & Lutfi, M. (2019). MODIFIKASI ASPEK RASIO SUDU KINCIR ANGIN DAN GEAR RASIO PADA AERATOR BEBASIS TEKNOLOGI POMPA SPIRAL BERTENAGA AIR. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7(1), 75-84.
<https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i1.107>
- Arini, N. R., Al Ala, M. U., Kusuma, W. R., Mubarak, M. A., & Sigalo, M. B. (2023). Numerical Study on the Effect of Wheel Aerator Paddle Profiles to Fluid Flow Characteristics and Aeration Performance Prediction. In *2023 International Electronics Symposium (IES)* (pp. 1-6). IEEE.
- Bednarczyk, S. (2019). Determining power losses in the cycloidal gear transmission featuring manufacturing deviations. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 55-63). Pleiades journals. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04975-1_7
- Changenet, C., & Velez, P. (2007). A model for the prediction of churning losses in geared transmissions - Preliminary results. *Journal of Mechanical Design*, 129(1), 128-133.
<https://doi.org/10.1115/1.2403727>
- Friantoro, O. N. F. (2009). *PENGUJIAN SISTEM GEARBOX PADDEL WHEEL AERATOR*.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:106999322>
- Heingartner, P., & Mba, D. (2003). *DETERMINING POWER LOSSES IN THE HELICAL GEAR MESH; CASE STUDY D Element diameter F R Rolling force F S Sliding force*.
<http://www.asme.org/about-asme/terms-of-use>
- Höhn, B. R., Michaelis, K., & Otto, H. P. (2009). Minimised gear lubrication by a minimum oil/air flow rate. *Wear*, 266(3-4), 461-467.
<https://doi.org/10.1016/j.wear.2008.04.037>
- Ilies, A., Bucur, M., Cananau, S., Mirica, R. F., & Gabroveau, S. (2022). Considerations concerning the power loss in a gear system. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1262, No. 1, p. 012007). IOP Publishing
- Li, S., & Kahraman, A. (2010). Prediction of spur gear mechanical power losses using a transient elastohydrodynamic lubrication model. *Tribology Transactions*, 53(4), 554-563.
<https://doi.org/10.1080/10402000903502279>
- Lodge, C. J., & Burgess, S. C. (2004). An investigation into the selection of optimum chain and sprocket size. *Journal of Engineering Design*, 15(6), 563-580.
<https://doi.org/10.1080/09544820410001731128>
- Luke, P., & Olver, A. V. (1999). A study of churning losses in dip-lubricated spur gears. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 213(5), 337-345.
<https://doi.org/10.1243/0954410991533061>
- Nasuki, Widodo, A., Sutrisno, & Setyastuti, T. A. (2019). OXYGEN INCREASE ON MODIFIED PADDLE WHEEL OF

- MARINE AND FISHERIES POLYTECHNIC OF SIDOARJO. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 85(1), 222–225. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2019-01.28>
- Nuur, M. R., Arif, Y. C., & Qudsi, O. A. (2022). Perbandingan Respon Kecepatan dan Torsi pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Metode Vector Control dan Scalar Control. *Jurnal EECCIS Vol*, 16(2).
- Omofunmi, O.E, Adewumi, J.K., Adisa, A.F., & Alegbeleye, S.O. (2017). Development Of A Paddle Wheel Aerator For Small And Medium Fish Farmers In Nigeria. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 13(1), 50–56. <https://doi.org/10.9790/1684-13145056>
- Perkasa, S. B., Sukmadi, T., & Ginting, D. (2020). ANALISA PERBANDINGAN DAYA DAN TORSI PADA PERANCANGAN PURWARUPA MOBIL LISTRIK. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(4), 636-643. <https://doi.org/10.14710/transient.v9i4.%p>
- Pulicktharayil, J. C., Sarda, A., Sahu, C. S., & Gajghat, R. H. (2023). A Study for Optimization of Helical Gear Performance for Improved Energy Efficiency. *International Journal of Analytical, Experimental and Finite Element Analysis (IJAEEFA)*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:260017428>
- Roshan, R. U., Harini, R., & Anand, T. (2021). Development of integrated aerator combining paddlewheel and propeller aspirator aerators for shrimp farming. In *Next Generation Materials and Processing Technologies: Select Proceedings of RDMPMC 2020* (pp. 67-79). Springer Singapore.
- Roy, S., & Kumar, A. (2024). *A Comprehensive Study on Paddle Wheel Aerator*. <https://doi.org/10.47392/irjaeh.2024.0021>
- Stavytsky, V., Nosko, P., Fil, P., Karpov, A., & Velychko, N. (2010). Load-independent power losses of gear systems: A review. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, 10. <https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-f279c562-e8e1-4c0e-8117-b82d204598c0>
- Tanveer, M., Roy, S. M., Vikneswaran, M., Renganathan, P., & Balasubramanian, S. (2018). Surface aeration systems for application in aquaculture: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(5), 342-347.
- Wang, Y., Chen, Y., Zhou, G., Lv, Q., Zhang, Z., Tang, W., & Liu, Y. (2016). Roughness model for tooth surfaces of spiral bevel gears under grinding. *Mechanism and Machine Theory*, 104, 17-30. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2016.05.016>