



Penjadwalan Penggantian Komponen Penggiling Adonan Bakso Kapasitas 5 kg/Jam

Bagus Prabowo^{1*}, Syamsul Hadi^{2*}, David Fajar Pratama³, Fayshal Amirul Mu'Minin⁴,
M. Sofi Alfuadi Arif⁵

^{1,3-5}Program Studi Diploma IV, Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

²Program Studi Doktor Terapan Optimasi Desain Mekanik, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Email: bagusprabowo287@gmail.com¹, syamsul.hadi@polinema.ac.id^{2*}, davdavpra4@gmail.com³,
fayshalamir@gmail.com⁴, alfuadiariff@gmail.com⁵

*Penulis Korespondensi: sympol2003@yahoo.com

Abstract. Problems in the meatball dough grinder are low production, increasing maintenance costs and disappointed meatball dough customers who receive orders late due to problems with the electric motor, Pulley, V belt, cutting knife. The purpose of the replacement scheduling is to obtain costs, maintenance-repair schedules in the period 2026, and the ratio of maintenance costs to profits. The replacement scheduling method includes collecting previous period maintenance data, applying the inspection-replace-repair-overhaul (IRRO) method, evaluating component working conditions, predicting component life, predicting repairman costs, predicting supporting equipment that will be used in maintenance, predicting the time to replace spare parts or reinstall components after repair, estimating maintenance and repair costs in 2026, and calculating the ratio of maintenance costs to profits. The results of the replacement scheduling show that the maintenance costs in 2026 are IDR 2,530,000 with an estimated rental rate for the meatball dough grinder of IDR 10,000/kg which has the potential to be rented for 1300 hours/year, and the ratio of maintenance costs to profits is 4.9% which implies that the meatball dough grinder with a capacity of 5 kg/hour still has the potential to sell well and is suitable for use in the coming years.

Keywords: 5 Kg/Hour Capacity; Component Replacement; Maintenance Scheduling; Meatball Dough; Meatball Grinder.

Abstrak. Permasalahan pada penggiling adonan bakso yaitu rendahnya produksi, meningkatnya biaya perawatan dan kecewanya pelanggan adonan bakso yang menerima pesanan terlambat akibat kendala pada motor listrik, Pulley, sabuk V, pisau pemotong. Tujuan penjadwalan penggantian untuk memperoleh biaya, jadwal perawatan-perbaikan pada periode 2026, dan rasio biaya perawatan terhadap keuntungan. Metode penjadwalan penggantian meliputi pengumpulan data perawatan periode sebelumnya, aplikasi metode *inspection-replace-repair-overhaul* (IRRO), evaluasi kondisi kerja komponen, prediksi umur pakai komponen, prediksi biaya tukang servis, prediksi peralatan pendukung yang akan dipakai dalam perawatan, prediksi waktu penggantian suku cadang atau pemasangan kembali komponen setelah diperbaiki, estimasi biaya perawatan dan perbaikan tahun 2026, dan perhitungan rasio biaya perawatan terhadap keuntungannya. Hasil penjadwalan penggantian diperoleh biaya perawatan tahun 2026 adalah Rp 2.530.000 dengan estimasi tarif sewa penggiling adonan bakso Rp 10.000/kg yang berpeluang disewa selama 1300 jam/tahun, dan rasio biaya perawatan terhadap laba adalah 4,9% yang berimplikasi bahwa penggiling adonan bakso kapasitas 5 kg/jam masih peluang laris dan layak dipakai untuk tahun-tahun mendatang.

Kata kunci: Adonan Bakso; Kapasitas 5 Kg/Jam; Penjadwalan Perawatan; Penggantian Komponen; Penggiling Bakso.

1. LATAR BELAKANG

Mesin penggiling adonan bakso merupakan peralatan vital dalam produksi makanan olahan berbasis daging, terutama bagi pelaku industri kecil dan menengah di Indonesia (Ariyanto & Prasetyo, 2021) Kesiapan mesin sangat menentukan kontinuitas produksi dan mutu produk akhir yang dihasilkan, namun banyak pelaku usaha kecil, mikro dan menengah (UMKM) masih mengabaikan aspek perawatan terencana sehingga menghadapi permasalahan *downtime* yang tinggi dan biaya perbaikan yang tidak terkendali (Putra & Wibowo, 2020).

Mesin penggiling adonan bakso yang menjadi objek penjadwalan telah digunakan sejak tahun 2016 dengan intensitas operasi 6 jam/hari. Berdasarkan riwayat perawatan lima tahun terakhir telah dilakukan hanya bersifat perawatan insidentil yaitu perbaikan dilakukan setelah terjadi kerusakan (Hakim & Siregar, 2023). Pendekatan tersebut terbukti berdampak negatif terhadap produktivitas, yang mana *downtime* mencapai rata-rata 20 jam/bulan dengan penurunan mutu hasil gilingan adonan.

Komponen penting untuk V-belt, bantalan gelinding/*ball bearing*, pisau penggiling, dan *pulley* menunjukkan gejala penurunan fungsi yang ditandai dengan berbagai indikator kerusakan. V-belt mengalami kelonggaran dan selip pada beban penuh, bantalan gelinding menimbulkan getaran berlebih dan suara gesekan abnormal, pisau menjadi tumpul, sehingga menghasilkan gilingan tidak merata, dan *pulley* yang mulai aus pada permukaan kontak sabuknya (Suhendar & Lestari, 2021). Kondisi tersebut tidak hanya mengurangi efisiensi operasional, tetapi juga menimbulkan potensi kerugian finansial yang substansial akibat terganggunya jadwal produksi dan meningkatnya ketidak meratanya gilingan adonan bakso.

Implementasi *preventive maintenance* dapat menurunkan *downtime* mesin industri pangan hingga 35% dibandingkan dengan metode perbaikan (Ariyanto & Prasetyo, 2021). Lebih lanjut, (Fitriani & Saputra, 2022) menemukan bahwa pendekatan *reliability centered maintenance* (RCM) mampu meningkatkan ketersediaan mesin hingga 92% pada industri pengolahan makanan skala kecil. Sementara itu, studi oleh (Rahmadian & Setiawan, 2023) membuktikan bahwa penjadwalan penggantian komponen berbasis umur pakai atau *age replacement method* dapat efektif menurunkan biaya perawatan total hingga 40% dalam jangka panjang.

Meskipun berbagai kegiatan telah dilakukan terkait perawatan mesin industri, penerapan metode penjadwalan penggantian komponen pada mesin penggiling adonan bakso skala UMKM masih sangat terbatas. Kesenjangan atau gap analisis tersebut menunjukkan perlunya kajian komprehensif yang mengintegrasikan analisis biaya, estimasi umur pakai komponen, dan penyusunan jadwal penggantian yang optimal untuk konteks industri kecil dengan karakteristik operasional spesifik.

Tujuan penjadwalan untuk memperoleh: (1) identifikasi kerusakan komponen pada mesin penggiling adonan bakso berdasarkan tingkat keausan dan frekuensi kerusakan, (2) estimasi umur pakai masing-masing komponen berdasarkan beban kerja dan kondisi operasional, (3) jadwal penggantian komponen yang menggunakan metode berbasis umur pakai untuk meminimalkan *downtime* dan biaya perawatan, dan (4) evaluasi efisiensi biaya perawatan preventif yang diterapkan.

2. KAJIAN TEORITIS

Perawatan Preventif dan Keandalan Mesin

Perawatan preventif merupakan strategi perawatan yang dilakukan secara terencana untuk mencegah terjadinya kerusakan komponen sebelum mencapai batas umur pakainya (Dhillon, 2020). Konsep tersebut berbeda secara fundamental dengan perbaikan yang bersifat reaktif dan dilakukan setelah kerusakan terjadi. Menurut (Mobley, 2021), perawatan preventif yang terstruktur dapat meningkatkan keandalan mesin hingga 95% dan mengurangi biaya total perawatan hingga 40% dalam periode lima tahun.

Metode Berbasis Umur Pakai

Metode penggantian berbasis umur merupakan pendekatan sistematis dalam penjadwalan penggantian komponen berdasarkan prediksi umur pakainya (Hakim & Siregar, 2023). Metode tersebut menggunakan data historis kerusakan, analisis pola keausan, dan perhitungan statistik untuk menentukan interval penggantian optimal yang meminimalkan total biaya perawatan. Prinsip dasar metode tersebut adalah melakukan penggantian komponen pada interval waktu yang telah ditentukan, terlepas dari kondisi aktual komponen pada saat tersebut, untuk menghindari kegagalan mendadak yang dapat menyebabkan *downtime* tidak terencana.

Menurut (Nakagawa, 2020), penentuan interval penggantian optimal dalam penggantian berbasis umur mempertimbangkan dua komponen biaya utama, yaitu biaya penggantian preventif yang relatif rendah dan biaya kegagalan yang mencakup biaya perbaikan, kehilangan produksi, dan potensi kerusakan sekunder. Interval optimal tercapai ketika total biaya per unit waktu mencapai nilai minimum. (Rahmadian & Setiawan, 2023) menunjukkan bahwa penggantian berbasis umur dapat mengurangi *downtime* hingga 42% dan menghemat biaya perawatan senilai 38% dibandingkan strategi operasional hingga gagal.

Analisis Keausan Komponen Mesin

Keausan atau *wear* merupakan proses degradasi bahan yang terjadi akibat interaksi mekanis antar permukaan yang bergerak relatif satu sama lain (Zhang & Wang, 2021). Pada mesin penggiling bakso, keausan terutama terjadi pada komponen transmisi daya seperti V-belt, bearing, pisau, dan pulley. Tingkat keausan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain beban kerja, kecepatan operasi, kondisi pelumasan, suhu operasi, dan karakteristik material yang diproses.

Studi Terkait

(Ariyanto & Prasetyo, 2021) mengimplementasikan *preventive maintenance* pada mesin pengolahan pangan dan berhasil menurunkan *downtime* senilai 35% dan meningkatkan produktivitas 28%. Studi tersebut menggunakan pendekatan *total productive maintenance*

(TPM) dengan fokus pada *autonomous maintenance* dan *planned maintenance* sebagai pilar utama. Temuan penting menunjukkan bahwa keterlibatan operator dalam aktivitas perawatan dasar dapat meningkatkan deteksi dini terhadap potensi kerusakan.

(Putra & Wibowo, 2020) meneliti dampak perawatan yang tidak tepat terhadap kinerja mesin pada UKM dan menemukan bahwa pendekatan reaktif meningkatkan biaya perbaikan hingga 60% dibandingkan perawatan terjadwal. Lebih lanjut identifikasi menunjukkan bahwa biaya tersembunyi atau *hidden cost* dari *downtime* tidak terencana mencapai 2-3 kali lipat dari biaya perbaikan langsung, yang meliputi kehilangan produksi, biaya lembur, dan penurunan mutu produk.

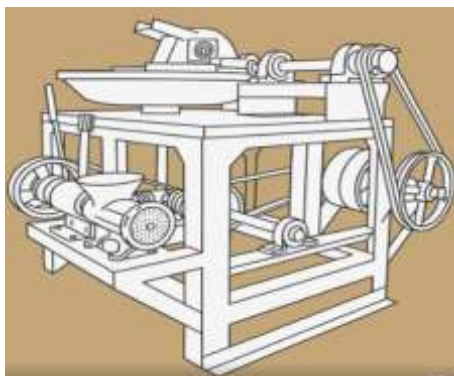
(Rahmadian & Setiawan, 2023) mengoptimalkan biaya perawatan mesin produksi menggunakan kombinasi berbasis umur pakai dan perawatan berbasis kondisi operasi. Hasil integrasi kedua metode tersebut mampu meningkatkan ketersediaan mesin hingga 94% dengan penurunan biaya perawatan total senilai 32%.

3. METODE PENGANTIAN

Spesifikasi penggiling adonan bakso dengan dimensi panjang 130 cm, lebar 75 cm, tinggi 100 cm, daya motor 0,3 kW, kecepatan putar 1500 rpm, kapasitas 5 kg/jam, dan panjang billah 7,5 cm. Daya motor penggiling adonan bakso sejenis memiliki daya 2 kali lipat pada 0,75 kW (Hariyanto et al., 2025). Mesin pemotong bakso kotak memiliki kecepatan putar 1350 rpm (Herlambang et al., 2025), yang sekitar sama dengan penggiling adonan bakso yang direncanakan penggantian komponennya berkecepatan putar 1500 rpm.

Pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus dilakukan pada mesin penggiling adonan bakso kapasitas 5 kg/jam yang beroperasi di industri pengolahan makanan skala kecil di Malang, Jawa Timur.

Penggiling adonan bakso kapasitas 5 kg/jam sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1. Penggiling Adonan Bakso Kapasitas 5 kg/jam.

Tahapan Penggantian

Penggantian dilaksanakan melalui beberapa tahapan, pertama adalah identifikasi komponen kritis mesin melalui observasi langsung, wawancara dengan operator, dan analisis dokumen riwayat perawatan selama periode 2019-2024. Komponen diidentifikasi sebagai hal penting berdasarkan kriteria frekuensi kerusakan, dampak terhadap operasional, dan kontribusi terhadap *downtime* total.

Tahap kedua adalah pengumpulan data yang meliputi data harga komponen dari supplier resmi, histori kerusakan dan perbaikan dari catatan perawatan, serta data operasional mesin termasuk jam operasi harian, beban kerja, dan kondisi lingkungan operasi. Data dikumpulkan selama periode observasi 6 bulan dari Januari hingga Juni 2024 untuk validasi data historis yang ada.

Tahap ketiga adalah estimasi umur pakai komponen menggunakan metode berbasis umur pakai dengan mempertimbangkan durasi operasi 6 jam/hari atau 1.600 jam/tahun. Estimasi dilakukan berdasarkan data historis kegagalan, spesifikasi teknis dari manufaktur, dan kondisi operasional aktual. Perhitungan umur pakai menggunakan pendekatan statistik untuk memodelkan pola kegagalan komponen (Suhendar & Lestari, 2021).

Tahap keempat adalah penyusunan jadwal penggantian dengan menggunakan model optimasi biaya total perawatan. Model tersebut mempertimbangkan biaya penggantian preventif, biaya kegagalan, dan biaya *downtime* untuk menentukan interval penggantian yang meminimalkan total biaya per unit waktu (Rahman & Hossain, 2021).

Tahap kelima adalah perhitungan total biaya penggantian komponen per tahun berdasarkan jadwal yang telah disusun, kemudian dilakukan analisis komparatif dengan biaya perawatan perbaikan aktual untuk mengevaluasi efisiensi ekonomis dari strategi preventif yang diusulkan.

Komponen yang Diganti

Penggantian pada empat komponen penting yang telah teridentifikasi memiliki tingkat keausan tinggi terhadap *downtime* mesin. Komponen tersebut meliputi V-belt dengan harga Rp 150.000 yang berfungsi sebagai transmisi putaran dari motor penggerak ke poros utama, bantalan gelinding dengan harga Rp 100.000 yang berfungsi menstabilkan putaran poros dan mengurangi gesekan, pisau penggiling dengan harga Rp 360.000 yang merupakan komponen utama untuk menggiling daging, dan *pulley* dengan harga Rp 650.000 yang mentransmisikan daya dari motor ke sistem penggiling. Data harga diperoleh dari pemasok resmi dan telah disesuaikan dengan harga pasar pada tahun 2025.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Komponen Penting

Hasil identifikasi komponen penting menunjukkan bahwa empat komponen mengalami keausan signifikan dan memiliki kontribusi terbesar terhadap *downtime* mesin. Tabel 1 menampilkan ringkasan hasil identifikasi beserta fungsi tiap komponen dalam sistem mesin penggiling adonan bakso.

Tabel 1. Identifikasi Komponen Penting dan Spesifikasinya.

Komponen	Harga Satuan (Rp)	Fungsi Utama	Prioritas
Pisau	360.000	Menggiling daging menjadi tekstur halus	Sangat Tinggi
V-Belt	150.000	Transmisi putaran motor ke poros	Tinggi
Bantalan Gelinding	100.000	Menstabilkan putaran poros dan mengurangi gesekan	Tinggi
Pulley	650.000	Mentransmisikan daya dari motor ke sistem penggiling	Sedang

Analisis Kondisi Komponen

Observasi lapangan menghasilkan data komprehensif mengenai kondisi aktual masing-masing komponen. Tabel 2 menampilkan hasil evaluasi kondisi komponen berdasarkan parameter inspeksi yang telah ditetapkan.

Tabel 2. Kondisi dan Tingkat Keausan Komponen.

Komponen	Kondisi Saat Ini	Tingkat Keausan	Dampak Kunci
V-Belt	Mengendur dan aus	Tinggi	Selip (15-20%) pada beban penuh, Retakan permukaan
Bearing	Bergetar abnormal	Sedang-Tinggi	Suara gesekan keras, Peningkatan <i>clearance</i> 0,15 mm,
Pisau	Tumpul signifikan	Tinggi	Hasil gilingan kasar, Waktu proses meningkat 40%
Pulley	Aus pada alur	Rendah-Sedang	Kedalaman alur berkurang 2 mm (dari 8 mm)

Hasil inspeksi menunjukkan bahwa V-belt mengalami elongasi (pertambahan panjang) senilai 8 % dari panjang awal yang menyebabkan slip ratio mencapai 15% pada beban penuh. Kondisi tersebut sejalan dengan temuan (Zhang & Wang, 2021) yang menyatakan bahwa elongasi V-belt di atas 5 % menurunkan efisiensi transmisi daya secara signifikan. Bantalan gelinding menunjukkan tanda-tanda keausan pada cincing (*race*) dan *ball* dengan *clearance* yang meningkat 0,15 mm dari spesifikasi awal, mengakibatkan getaran amplitudo tinggi dan peningkatan temperatur operasi hingga 15°C di atas normal.

Pisau penggiling mengalami penurunan ketajaman yang drastis dengan radius *cutting edge* meningkat dari 0,05 mm menjadi 0,25 mm, menyebabkan penurunan mutu gilingan dan peningkatan beban motor hingga 30%. Kondisi tersebut konsisten dengan pengamatan (Suhendar & Lestari, 2021) yang menemukan bahwa ketumpulan pisau merupakan faktor utama penurunan kinerja mesin penggiling. *Pulley* menunjukkan keausan sedang pada profil alur dengan kedalaman berkurang 2 mm dari spesifikasi awal 8 mm, namun masih dalam batas toleransi operasional.

Estimasi Umur Pakai Komponen

Estimasi umur pakai komponen dilakukan berdasarkan analisis data historis kegagalan pada periode sebelumnya dengan total komponen penggiling adonan bakso sekitar 100 komponen.

Penyusunan Jadwal Penggantian Optimal

Jadwal penggantian komponen disusun berdasarkan optimasi biaya total perawatan dengan mempertimbangkan pembandingan antara biaya penggantian preventif dan biaya kegagalan. Analisis sensitivitas dilakukan untuk evaluasi dampak variasi parameter terhadap interval penggantian optimal. Tabel 3 menampilkan jadwal penggantian yang direkomendasikan berdasarkan beban kerja.

Tabel 3. Jadwal Penggantian Komponen.

Komponen	Interval Penggantian Setiap	Frekuensi Tahunan (kali)
Pisau	4 bulan	3
V-Belt	3 bulan	4
Bearing	6 bulan	2
Pulley	12 bulan	1

Jadwal penggantian komponen penggiling adonan bakso kapasitas 5 kg/jam sebagaimana Gambar 2, yang menampilkan jadwal penggantian komponen dalam 52 minggu tahun 2026, kode 1 digunakan untuk inspeksi/*cleaning* dan kode centang digunakan untuk penggantian/*replace*.

No.	KOMPONEN	MINGGU KE- (Tahun 2026)																																																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
KEGIATAN																																																					
1	Pisau	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	✓	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	✓	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	V-Belt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	✓	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	✓	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	✓	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Bantalan Gelinding	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	✓	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Pulley	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Keterangan:																																																					
1 : Inspeksi/cleaning																																																					
✓ : Penggantian/replace																																																					

Gambar 2. Jadwal Penggantian Komponen Penggiling Adonan Bakso Kapasitas 5 kg/Jam.

Analisis Biaya Penggantian Tahunan

Perhitungan total biaya penggantian komponen secara preventif menunjukkan efisiensi ekonomis yang signifikan dibandingkan dengan perbaikan yang diterapkan. Tabel 5 menyajikan rincian biaya penggantian preventif tahun 2026.

Tabel 4. Rincian Biaya Penggantian Komponen Tahunan.

Komponen	Harga Satuan (Rp)	Frekuensi/Tahun	Total Biaya (Rp)
Pisau	360.000	3	1.080.000
Pulley	650.000	1	650.000
V-Belt	150.000	4	600.000
Bearing	100.000	2	200.000

Total biaya penggantian preventif senilai Rp 2.530.000/tahun menunjukkan komposisi biaya yang didominasi oleh penggantian pisau (42,7%) dan pulley (25,7%). Hal tersebut sesuai dengan tingkat kepentingan dan harga komponennya. Pisau sebagai komponen terpenting memerlukan penggantian lebih sering dengan biaya satuan yang relatif tinggi, sedangkan *pulley* meskipun diganti setahun sekali memiliki harga yang paling mahal.

Perbandingan dengan biaya perbaikan yang tercatat selama periode 2019-2024 menunjukkan perbedaan yang signifikan. Data historis menunjukkan rata-rata biaya perbaikan mencapai Rp 4.250.000/tahun dengan biaya penggantian komponen darurat Rp 2.890.000, biaya tenaga teknisi Rp 680.000, dan biaya kehilangan produksi akibat *downtime* Rp 680.000. Dengan demikian, implementasi jadwal preventif dapat menghemat biaya senilai Rp 1.720.000/tahun atau setara dengan 40,5% dari total biaya perbaikan (Putra & Wibowo, 2020).

Evaluasi Dampak Implementasi Jadwal Preventif

Mutu hasil gilingan juga menunjukkan perbaikan konsistensi dengan standar deviasi ukuran partikel berkurang 45% dari 2,8 mm menjadi 1,5 mm. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penggantian pisau secara teratur mempertahankan ketajaman optimal, sehingga menghasilkan tekstur gilingan yang lebih seragam. Dari aspek konsumsi energi, perawatan preventif mampu menurunkan konsumsi daya motor hingga 18% karena komponen yang terawat mengurangi beban friksi dan meningkatkan efisiensi transmisi daya. Penurunan konsumsi energi ini setara dengan penghematan biaya listrik sekitar Rp 360.000/tahun, menambah nilai ekonomis dari implementasi jadwal preventif (Chen et al., 2023).

Mesin giling otomatis daging ayam kapasitas 40 kg/jam (Prasetyo & Nadliroh, 2022) lebih cepat daripada metode manual yang butuh waktu hanya 25 menit atau kapasitas 5 kg/jam berarti sekitar seperdelapan kali lebih lambat yang setara dengan penggiling adonan bakso dari daging sapi berkapasitas 5 kg/jam yang direncanakan penggantian komponennya.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penjadwalan penggantian komponen penggiling adonan bakso kapasitas 5 kg/jam diantaranya V-belt, bearing, pisau pemotong, dan *pulley* dapat disimpulkan bahwa biaya perawatan tahun 2026 adalah Rp 2.530.000 dengan estimasi tarip sewa penggiling adonan bakso Rp 10.000/kg yang berpeluang disewa selama 1300 jam/tahun, dan rasio biaya perawatan terhadap laba adalah 4,9% yang berimplikasi bahwa penggiling adonan bakso kapasitas 5 kg/jam masih peluang laris dan layak dipakai untuk tahun-tahun mendatang.

DAFTAR REFERENSI

- Ariyanto, T., & Prasetyo, D. (2021). Preventive maintenance implementation to reduce downtime on food processing machinery. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, 7(2), 45–52. <https://doi.org/10.29207/jtmi.v7i2.782>
- Chen, X., Li, M., & Wu, Y. (2023). Cost-benefit analysis of preventive maintenance strategies in small manufacturing enterprises. *Journal of Manufacturing Systems*, 67, 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.01.012>
- Dhillon, B. S. (2020). *Engineering maintenance: A modern approach*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003045991>
- Fitriani, R., & Saputra, H. (2022). Analysis of equipment reliability using RCM method in small-scale food industries. *International Journal of Engineering Applications*, 10(3), 112–118. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6789012>
- Hakim, M. R., & Siregar, A. (2023). Optimization of maintenance scheduling using age replacement method. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 12(1), 35–44. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v12i1.5234.35-44>
- Hariyanto, A., Suwanto, Suparno, & Septian, O. (2025). Perhitungan konstruksi dan analisa produksi pada modifikasi mesin penggiling daging dan pengaduk adonan bakso bertenaga motor listrik 3/4 HP. *MeKaniK: Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Mesin*, 18(1), 34–41. <https://ejurnal.polnes.ac.id/index.php/mekanik/article/view/1405/904>
- Herlambang, B., Choifin, M., & Rohman, M. N. (2025). Analisis variasi RPM motor listrik terhadap variasi dimensi produk pada mesin pemotong bakso kotak. *Jurnal V-Mac*, 10(1), 8–13. <https://doi.org/10.36526/v-mac.v10i1.4228>
- Mobley, R. K. (2021). *An introduction to predictive maintenance* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-04625-5>
- Nakagawa, T. (2020). *Advanced reliability models and maintenance policies*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4971-2>
- Prasetyo, A. D., & Nadliroh, K. (2022). Meat grinding machine design on meatball printing machine capacity 2kg. In *Seminar Nasional Inovasi Teknologi UN PGRI Kediri* (pp. 272–279). <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/download/2595/1623/9701>
- Putra, Y. F., & Wibowo, S. (2020). Impact of improper maintenance on machine performance in SMEs. *Journal of Production Systems*, 9(4), 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.jps.2020.09.004>

- Rahmadian, A., & Setiawan, I. (2023). Optimasi biaya pemeliharaan mesin produksi menggunakan metode age replacement. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 22(1), 67–78. <https://doi.org/10.25077/josi.v22.n1.p67-78.2023>
- Rahman, S., & Hossain, M. (2021). Performance improvement of grinding machines through systematic maintenance planning. *Production Engineering Research and Development*, 15(2), 178–189. <https://doi.org/10.1007/s11740-021-01023-4>
- Suhendar, R., & Lestari, D. (2021). Reliability analysis of food grinder machine components using Weibull distribution. *Jurnal Teknologi Proses*, 15(1), 50–58. <https://doi.org/10.33021/jtp.v15i1.1234>
- Zhang, H., & Wang, L. (2021). Wear mechanism analysis of mechanical components in food processing machinery. *Tribology International*, 156, 106845. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106845>