

Evaluasi Ketidakseimbangan Dinamis *Roll Cover* Kertas Menggunakan Metode *Two-Plane Balancing* Untuk Optimasi Getaran Mesin

¹ Aldiansyah Firdaus, ² Nanang Burhan, ³ Siswadi, ⁴ Viktor Naubnome

¹ S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang
² Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang
³ Program Studi S1 Statistika, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang
¹ 2210631150055@student.unsika.ac.id, ² nanang.burhan@ft.unsika.ac.id, ³ Siswadi@ft.unsika.ac.id,
⁴ viktornaubnome@ft.unsika.ac.id

Article Info

Article history:

Received March 15, 2026
 Revised April 4, 2026
 Accepted April 29, 2026

Keyword:

Balancing
 Ketidakseimbangan
Roll Cover Kertas
 Getaran
Two-Plane Balancing

ABSTRACT

Ketidakseimbangan dinamis pada komponen berputar seperti *roll cover* kertas dapat menimbulkan getaran berlebih yang berdampak pada penurunan kualitas produk dan pemendekan umur mesin. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas metode *two-plane balancing* dalam mengurangi ketidakseimbangan pada *roll cover* kertas. Pengujian dilakukan dengan menambahkan massa koreksi sementara (timah) untuk menentukan sudut koreksi, kemudian dilanjutkan dengan massa tetap (besi) sebagai koreksi akhir. Parameter yang dianalisis meliputi kecepatan putar, massa koreksi, sudut pemasangan, serta nilai getaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah proses *balancing*, tingkat getaran menurun secara signifikan. Pada kecepatan operasi 699 rpm, getaran tercatat sebesar 2,3 $\mu\text{m/s}$ pada *plane 1* dan 55 $\mu\text{m/s}$ pada *plane 2*. Kesimpulannya, metode *two-plane balancing* efektif dalam mengurangi getaran dan meningkatkan stabilitas mesin.

Copyright © 2026 JEETech Journal.
 All rights reserved.

Corresponding Author:

Aldiansyah Firdaus,
 S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
 Email: 2210631150055@student.unsika.ac.id

1. Introduction

Industri kertas memiliki peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan produk berbasis kertas, seperti buku, kemasan, dan berbagai produk lainnya. Oleh karena itu, industri ini terus berkembang dengan pesat, didukung oleh teknologi dan proses yang semakin efisien [1]. Salah satu aspek utama dalam proses produksi kertas adalah penggunaan mesin-mesin berputar, seperti *roll cover* kertas. Mesin ini bekerja pada kecepatan tinggi dan terlibat dalam berbagai tahap produksi [2].

Komponen berputar seperti *roll cover* kertas seringkali mengalami masalah ketidakseimbangan (*unbalance*), yang dapat mengganggu stabilitas operasionalnya.

Ketidakeimbangan terjadi ketika distribusi massa pada komponen berputar tidak merata. Kondisi di mana distribusi massa di sekitar sumbu rotasi tidak merata. Kondisi ini menghasilkan gaya sentrifugal yang sebanding dengan kuadrat kecepatan sudut ($F_{unbalance} = m \times e \times \omega^2$) yang memicu timbulnya getaran [3]. Getaran berlebih berisiko merusak komponen mesin, menurunkan kualitas produk, meningkatkan keausan, dan memperpendek umur mesin.

Untuk mengatasinya, diperlukan proses *balancing*. *Balancing* merupakan proses penyeimbangan massa pada komponen berputar untuk mengurangi atau menghilangkan getaran yang ditimbulkan akibat ketidakeimbangan [4]. Penelitian ini menggunakan salah satu metode yang umum digunakan yaitu metode *two-plane balancing*, metode tersebut merupakan koreksi ketidakeimbangan dinamis dengan cara menambah atau mengurangi massa koreksi pada dua bidang (*plane*) berbeda di sepanjang poros *roll cover* kertas [5].

Berbagai penelitian sebelumnya telah menerapkan metode *balancing* pada komponen berputar. Penelitian yang dilakukan oleh Yudha merancang mesin *balancing* dinamis untuk rotor hingga 1.485 RPM menggunakan metode empat massa coba, namun tidak membahas *roll* memanjang dengan jarak antar *plane* lebih dari 7.000 mm [1]. Sementara itu, penelitian Lathia mendokumentasikan pertimbangan desain *roll cover* untuk mesin kertas modern, tetapi berfokus pada sifat material bukan *balancing* dinamis dalam kondisi operasional [2]. Selain itu, belum ditemukan penelitian yang secara spesifik mengkuantifikasi penurunan getaran terhadap standar toleransi ISO untuk geometri *roll* panjang.

Berdasarkan hal tersebut, masih terdapat celah penelitian yang perlu diisi, khususnya pada mengevaluasi secara eksperimental metode *two-plane balancing* pada *roll cover* kertas dengan jarak antar *plane* 7.300 mm dan membandingkan hasilnya terhadap standar ISO 1940-1 dan ISO 1925. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan metode *two-plane balancing* pada *roll cover* kertas serta mengevaluasi parameter getaran sebelum dan sesudah proses koreksi, sehingga dapat diketahui efektivitas metode tersebut dalam menurunkan tingkat getaran dan menjaga stabilitas operasi mesin..

2. Methodology

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Mesin *balancing*, merupakan alat yang paling utama dalam penelitian ini.
- 2) Alat ukur yang digunakan adalah tachometer, *vibration* sensor, timbangan dan *belt*.
- 3) Dudukan *shaft* pada *roll* kertas yang digunakan di mesin *balancing* adalah *roller*.

Bahan yang digunakan:

- 1) Timah digunakan sebagai beban koreksi untuk mengecek sudut atau sebagai beban sementara.

- 2) Besi digunakan sebagai beban final.
- 3) *Roll cover* kertas merupakan bahan utama untuk pengujian di mesin *balancing*.

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri atas beberapa tahapan berikut:

- 1) Pengecekan mesin *balancing*
Sebelum pengujian, dilakukan pengecekan mesin yang meliputi pemeriksaan dimensi *roll cover* kertas, pengaturan tinggi dudukan, dan pemasangan *belt* dengan ukuran yang sesuai.
- 2) *Set up* pengujian
Roll cover kertas ditempatkan pada dudukan mesin menggunakan *crane*. Parameter pengujian dimasukkan ke dalam sistem mesin, meliputi kecepatan putar (*speed*), dimensi *roll*, toleransi beban, dan kualitas *grade*.
- 3) *Run* awal (*pre-balancing*)
Mesin memutar *roll cover* kertas dan mengukur tingkat ketidakseimbangan awal. Data yang diperoleh berupa amplitudo getaran, sudut fase, dan nilai ketidakseimbangan.
- 4) Pemasangan massa koreksi
Berdasarkan data awal, dipasang massa koreksi sementara (timah) pada posisi dan sudut yang direkomendasikan mesin. Pemasangan dilakukan pada titik yang telah disediakan dan dikencangkan dengan baik.
- 5) *Run* ulang dan verifikasi
Setelah pemasangan massa koreksi, dilakukan *run* ulang untuk verifikasi. Jika sudut koreksi akurat, massa sementara diganti dengan massa tetap (besi). Proses diulang hingga nilai ketidakseimbangan berada dalam batas toleransi (zona hijau).

3. Results and Discussion

3.1 Hasil Tahap *Pre-Balancing*

Pada tahap *pre-balancing* bertujuan untuk mendeteksi ketidakseimbangan awal, menentukan massa koreksi awal, serta memastikan *roll cover* kertas tidak memiliki kerusakan dinamis yang dapat menyebabkan kegagalan saat proses selanjutnya.

Hasil pengukuran pada mesin *balancing* untuk sebuah *roll cover* kertas yang menunjukkan 3 plot polar yang digunakan untuk mengoreksi ketidakseimbangan. Pada gambar 1 memperlihatkan arah dan besar vektor ketidakseimbangan untuk 2 *plane* koreksi serta *channel* getaran, titik yang berada jauh dari pusat menandakan adanya ketidakseimbangan yang perlu diperbaiki.



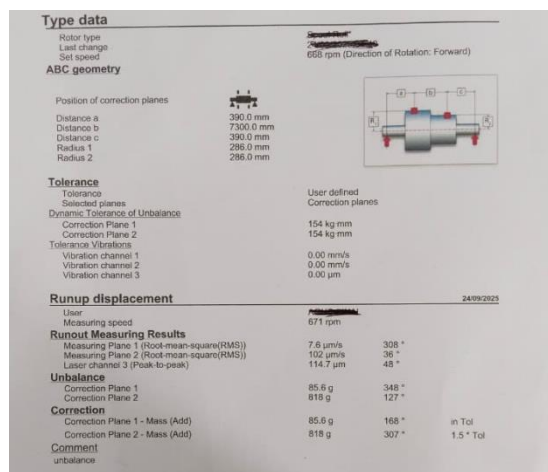
Gambar 1. Hasil *pre-balancing* berupa plot polar ketidakseimbangan awal.

Berdasarkan hasil pengukuran, mesin merekomendasikan penambahan massa sebesar 85,6 gram pada sudut 168° di *plane* 1 dan sekitar 818 gram pada sudut 307° di *plane* 2. Pengukuran ini dilakukan saat *roll cover* kertas berputar pada kecepatan 679 rpm.

Gambar 2 menampilkan data 2 *plane* koreksi dengan jarak antar *plane* sekitar 7.300 mm dan set *speed* tercatat 668 rpm. Hasil *runup* menunjukkan level getaran pada masing-masing *plane*. RMS (*Root Mean Square*) merupakan nilai rata-rata akar kuadrat yang umum digunakan untuk menyatakan besaran getaran efektif, sedangkan simpangan laser (*peak-to-peak*) adalah nilai perpindahan maksimum dari puncak positif ke puncak negatif getaran [6]. Berdasarkan parameter tersebut, diperoleh nilai sebagai berikut:

- RMS *plane* 1 = 7,6 $\mu\text{m/s}$ (308°)
- RMS *plane* 2 = 102 $\mu\text{m/s}$ (36°)
- Simpangan laser (*peak-to-peak*) = 114,7 $\mu\text{m/s}$ (48°)

Nilai-nilai tersebut menandakan masih adanya ketidakseimbangan yang signifikan. Mesin menghitung vektor ketidakseimbangan pada kedua *plane* dan merekomendasikan penambahan massa koreksi untuk menetralkan vektor tersebut.



Gambar 2. Data hasil ketidakseimbangan pada tahap *pre-balancing*

3.2 Hasil Setelah Koreksi (*Post-Balancing*)

Gambar 3 menunjukkan bahwa setelah diberi beban koreksi, hasil berada dalam zona hijau toleransi. Mesin merekomendasikan massa koreksi 122 gram pada sudut 133° (*plane 1*) dan 437 gram pada sudut 8° (*plane 2*). Pengukuran dilakukan pada kecepatan 699 rpm dengan simpangan laser (*peak-to-peak*) 133,6 µm/s pada sudut 48°.



Gambar 3. Hasil *balancing* akhir dalam zona toleransi (zona hijau)

Gambar 4 menampilkan data setelah koreksi. Nilai getaran tercatat:

- RMS *plane 1* = 17,2 µm/s (207°)
- RMS *plane 2* = 58,9 µm/s (98°)
- Simpangan laser (*peak-to-peak*) = 133,6 µm/s (48°)

Type data	
Rotor type	
Last change	
Set speed	659 rpm (Direction of Rotation: Forward)
ABC geometry	
Position of correction planes	
Distance a	390.0 mm
Distance b	7300.0 mm
Distance c	390.0 mm
Radius 1	286.0 mm
Radius 2	286.0 mm
Tolerance	
Tolerance	User defined
Selected planes	Correction planes
Dynamic Tolerance of Unbalance	
Correction Plane 1	154 kg mm
Correction Plane 2	154 kg mm
Tolerance Vibrations	
Vibration channel 1	0.00 mm/s
Vibration channel 2	0.00 mm/s
Vibration channel 3	0.00 µm
Runup displacement 24/09/2025	
User	
Measuring speed	670 rpm
Runout Measuring Results	
Measuring Plane 1 (Root-mean-square(RMS))	17.2 µm/s 207°
Measuring Plane 2 (Root-mean-square(RMS))	58.9 µm/s 98°
Laser channel 3 (Peak-to-peak)	133.6 µm 48°
Unbalance	
Correction Plane 1	122 g 313°
Correction Plane 2	437 g 188°
Correction	
Correction Plane 1 - Mass (Add)	122 g 133° in Tol
Correction Plane 2 - Mass (Add)	437 g 8° in Tol
Comment	
Quality Grade (G=2.5 MM/S) Speed 1600 MPM	

Gambar 4. Data hasil balance setelah penambahan massa koreksi

Gambar 5 menampilkan hasil *runup* pada berbagai kecepatan putar, meliputi kecepatan (RPM), waktu pengukuran, nilai koreksi, dan simpangan getaran.

Speed rpm	Time h/min.sec	Correction Plane 1 g	Correction Plane 2 g	Vibration channel 3 µm
100	0.00.16.267	504	194	524
136	0.00.39.271	696	38	361
176	0.00.50.113	488	48	413
214	0.00.56.903	257	52	427
252	0.01.04.158	184	80	461
290	0.01.13.344	93.1	64	471
328	0.01.24.864	50.2	85	496
366	0.01.39.767	24.5	85	500
404	0.01.49.991	39.9	118	522
442	0.01.57.835	27.3	144	534
480	0.02.06.283	37.9	135	549
518	0.02.15.593	34.6	135	559
556	0.02.26.286	45.6	124	569
594	0.02.38.370	59.3	110	571
632	0.02.49.806	77.1	104	574
670	0.03.02.001	92.2	111	544
699	0.03.22.847	122	133	437

Gambar 5. Hasil *runup* pada berbagai kecepatan putar

3.3 Pengaruh Variasi Kecepatan terhadap Getaran

Setelah proses balancing, *roll cover* kertas diuji pada berbagai kecepatan untuk mengevaluasi getaran dan kestabilannya:

Tabel 1. Nilai Getaran pada Berbagai Kecepatan Putar

No	Kecepatan (RPM)	RMS Plane 1 (µm/s)	RMS Plane 2 (µm/s)
1	670	7,6	102
2	680	6,2	90
3	690	4,8	72
4	699	2,3	55

Tabel 1 menunjukkan penurunan monoton amplitudo getaran seiring peningkatan kecepatan dari 670 RPM hingga 699 RPM. Hal ini dijelaskan oleh mekanika *balancing* rotor kaku: gaya ketidakseimbangan residual adalah $F = m \cdot e \cdot \omega^2$, dan efektivitas massa koreksi juga berskala dengan ω^2 . Pada kecepatan rendah, kesalahan kecil pada sudut penempatan massa koreksi memberikan pengaruh relatif lebih besar terhadap hasil pembatalan vektor. Seiring meningkatnya kecepatan mendekati kondisi operasi desain, kesesuaian antara vektor koreksi dan ketidakseimbangan residual menjadi lebih akurat, sehingga getaran semakin menurun. Mekanisme ini sesuai dengan Grim dkk. pada two-plane balancing rotor memanjang [5]. Penurunan ini bukan akibat berkurangnya gaya sentrifugal, melainkan karena meningkatnya akurasi pembatalan vektor pada kecepatan mendekati 699 RPM.

3.4 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *two-plane balancing* efektif dalam menurunkan tingkat getaran pada *roll cover* kertas. Penurunan getaran terlihat jelas dari tahap *pre-balancing* hingga *post-balancing*, terutama pada kecepatan operasi tertinggi (699 rpm). Hal ini membuktikan bahwa penambahan massa koreksi pada 2 *plane* yang berbeda mampu mengimbangi momen ketidakseimbangan yang terjadi pada komponen berputar.

Pada kecepatan rendah (670 rpm), getaran masih relatif tinggi karena efek sentrifugal belum optimal sehingga massa koreksi belum bekerja secara maksimal. Seiring peningkatan kecepatan, massa koreksi bekerja lebih efektif, sehingga getaran menurun secara progresif. Pada kecepatan 699 rpm, getaran mencapai titik terendah, menunjukkan bahwa sistem berada dalam kondisi seimbang dinamis yang sangat baik.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, metode *two-plane balancing* terbukti lebih unggul untuk komponen memanjang seperti *roll cover* kertas karena mampu mengoreksi ketidakseimbangan statis dan kopel sekaligus [1]. Hasil ini juga sejalan dengan standar ISO yang menyatakan bahwa getaran di bawah 100 $\mu\text{m/s}$ pada komponen berputar kelas menengah masih dalam batas toleransi aman [3]. Dengan nilai getaran akhir 2,3 $\mu\text{m/s}$ dan 55 $\mu\text{m/s}$, *roll cover* kertas telah beroperasi jauh di bawah batas toleransi tersebut.

Dengan demikian, penerapan metode *two-plane balancing* tidak hanya menurunkan getaran tetapi juga berpotensi memperpanjang umur komponen, mengurangi keausan, serta meningkatkan kualitas produk kertas yang dihasilkan.

4. Conclusion

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, disimpulkan bahwa:

1. Metode *two-plane balancing* berhasil menurunkan tingkat getaran *roll cover* kertas secara signifikan.
2. Pada kecepatan operasi 699 rpm, getaran mencapai nilai terendah, yaitu 2,3 $\mu\text{m/s}$ (*plane 1*) dan 55 $\mu\text{m/s}$ (*plane 2*).
3. Metode ini efektif untuk mengoreksi ketidakseimbangan dinamis pada komponen berputar yang memanjang seperti *roll cover* kertas.
4. Penerapan *balancing* secara rutin direkomendasikan untuk menjaga stabilitas mesin dan kualitas produk.

References

- [1] I. Fahreza Yudha, "Perancangan Mesin Balancing Dinamis pada Putaran Maksimal 1485 RPM dengan Metode 4 Massa Coba," *Rotasi*, vol. 24, no. 4, pp. 1–7, 2022, doi: <https://doi.org/10.14710/rotasi.24.4>.
- [2] S. S. Lathia, "Roll cover considerations for modern paper machines," *PPTA Conv. Issue*, 2021, [Online]. Available: <https://ippta.co/wp-content/uploads/2021/01/IPPTA-CI-1990-33-48-Roll-Cover-Considerations.pdf> %0A[Accessed: Apr. 22, 2026].
- [3] I. O. for Standardization, "ISO 1925:2001 Mechanical vibration — Balancing — Vocabulary Vibrations," Geneva, 2015.
- [4] D. Suryadi and M. Vetrano, "Identifikasi Unbalance dan Metode Balancing pada Rotor Tunggal

dengan Menggunakan Digital Signal Analyzer (DSA),” *Semin. Nas. Inovasi, Teknol. dan Apl.*, no. September 2018, pp. 262–266, 2018, [Online]. Available:

<https://www.researchgate.net/publication/330727173>

- [5] G. K. Grim, J. W. Haidler, and B. J. Mitchell, “The Basics of Balancing,” 2014.
- [6] T. T. G. Industri, “Apa itu RMS (Root Mean Square) dalam Analisis Getaran?,” *Vibrometro*. [Online]. Available: <https://vibromera.eu/id/glossary/rms/>