

Pengaruh Kontak Permukaan Terhadap Karakteristik Kontak Menggunakan Simulasi *ANSYS Workbench*

Nikmatu Sholikha, I Made Parwata dan I Made Gatot Karohika
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Teori kontak Hertzian memberikan wawasan mendalam tentang distribusi tekanan antara permukaan yang bersinggungan, memungkinkan analisis lebih rinci tentang respons material saat kontak terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh sudut kontak permukaan, radius lateral, dan beban terhadap karakteristik kontak menggunakan simulasi berbasis metode elemen hingga pada Ansys Workbench. Material yang digunakan adalah baja karbon ST 60 dengan variasi sudut kontak (0° , 18° , 36° , 54° , 72° , dan 90°), beban (2 N hingga 8 N), serta radius lateral (13 mm hingga 24 mm). Parameter yang dianalisis meliputi deformasi total, luas kontak, dan tegangan Von Mises. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan radius lateral mengurangi luas kontak, tekanan maksimum, dan deformasi total, sedangkan peningkatan beban meningkatkan tekanan maksimum dan deformasi total dengan tren luas kontak yang meningkat secara linier. Pengaruh sudut kontak menunjukkan bahwa deformasi meningkat seiring bertambahnya sudut, sementara luas kontak dan tekanan maksimum mencapai puncaknya pada sudut 72° dengan nilai $6,926 \times 10^{-5} \text{ mm}^2$ dan 2,30 MPa.

Kata kunci: sudut kontak, radius lateral, tegangan *von mises*, deformasi, *ansys workbench*

Abstract

The Hertzian contact theory provides deep insights into the pressure distribution between contacting surfaces, enabling a more detailed analysis of material response during contact. This study aims to analyze the influence of surface contact angles, lateral radius, and load on contact characteristics using a finite element method-based simulation in Ansys Workbench. The material used is ST 60 carbon steel with variations in contact angle (0° , 18° , 36° , 54° , 72° , and 90°), load (2 N to 8 N), and lateral radius (13 mm to 24 mm). The parameters analyzed include total deformation, contact area, and Von Mises stress. The simulation results show that increasing the lateral radius reduces the contact area, maximum pressure, and total deformation, while increasing the load increases maximum pressure and total deformation with a linearly increasing trend in contact area. The influence of the contact angle shows that deformation increases with the angle, while the contact area and maximum pressure peak at an angle of 72° , with values of $6.926 \times 10^{-5} \text{ mm}^2$ and 2.30 MPa, respectively.

Keywords: contact angle, lateral radius, von mises stress, deformation, *ansys workbench*

1. Pendahuluan

Kerusakan permukaan termasuk keausan, sering menjadi penyebab utama kegagalan pada komponen mesin. Fenomena ini terjadi akibat gesekan, tekanan, atau interaksi mekanis yang berulang di antara komponen mesin seperti bantalan, gigi, atau permukaan kontak lainnya. Studi tentang mekanika kontak, khususnya teori kontak Hertzian, memberikan pemahaman tentang bagaimana tekanan terdistribusi pada permukaan yang bersinggungan. Teori Hertzian, yang pertama kali diperkenalkan oleh Heinrich Hertz pada tahun 1895, mendefinisikan area kontak elips yang terbentuk saat dua benda elastis bersentuhan di bawah tekanan normal.

Dalam teori ini, diasumsikan bahwa material bersifat elastis linier, permukaan kontak halus, dan tidak ada gesekan antara permukaan kontak. Kontak yang terjadi menghasilkan deformasi elastis sementara yang berbentuk elips atau semi-elips tergantung pada geometri benda yang bersentuhan. Studi ini penting untuk memahami distribusi tekanan maksimum yang menjadi dasar desain dan prediksi umur komponen[7].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengonfirmasi validitas teori Hertzian dalam skenario kontak elastis. Contohnya, pada simulasi numerik untuk menganalisis tegangan kontak antara dua silinder, parameter geometris seperti radius kelengkungan dan gaya normal ditemukan mempengaruhi tekanan maksimal dan luasan kontak [14]. Di sisi lain, teori kontak Hertzian membahas kelelahan material dalam, menyoroti pentingnya memodelkan deformasi material untuk memahami kegagalan kontak [10].

Penelitian ini memperluas aplikasi teori Hertzian dengan memanfaatkan simulasi elemen hingga berupa *software ansys workbench*. Untuk menganalisis pengaruh variabel geometri seperti sudut kontak dan radius lateral, serta beban dan sudut kontak terhadap luas kontak, deformasi total, dan distribusi tegangan *von mises*, yang sangat relevan dalam desain komponen mesin modern.

2. Metode Perancangan

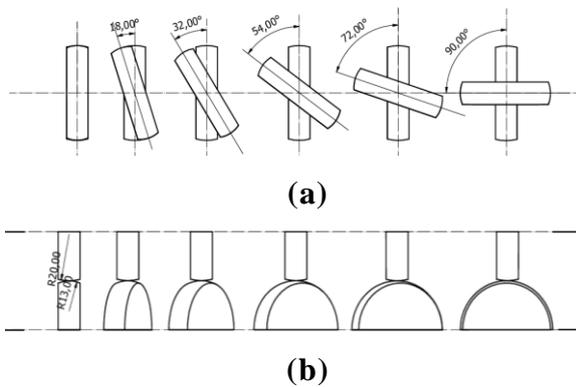
2.1. Material dan Parameter Penelitian

a. Material

Pada penelitian ini, digunakan baja karbon ST 60, yang memiliki karakteristik kekuatan tinggi dan digunakan secara luas pada aplikasi teknik mesin seperti poros, perkapalan, dan jembatan [4]. Material ini memiliki modulus elastisitas 212 GPa, yield 350 - 650 MPa, dan rasio Poisson 0,28 [9].

b. Variasi Sudut Kontak

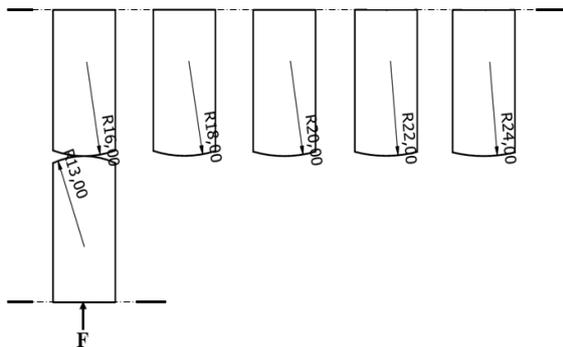
Pada penelitian ini, variasi sudut digunakan sebesar 0°, 18°, 36°, 54°, 72°, dan 90° untuk menggambarkan interaksi permukaan dengan berbagai kemiringan geometris, seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 a). Sudut kontak pandangan atas, b). Sudut kontak pandangan depan.

c. Variasi Radius Lateral

Pada penelitian ini, variasi radius lateral yang digunakan dari 13 mm hingga 24 mm untuk mengevaluasi dampak kelengkungan permukaan terhadap distribusi tekanan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Variasi sudut lateral

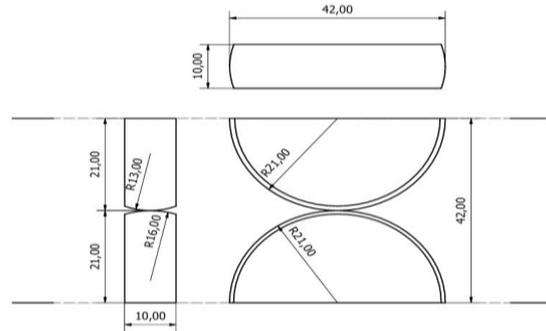
d. Variasi Beban

Pada penelitian ini beban yang digunakan sebesar 2 N hingga 8 N untuk memahami pengaruh gaya normal terhadap deformasi dan tegangan kontak.

Langkah-Langkah Simulasi:

1. Pemodelan Geometri

Pemodelan dilakukan menggunakan Autodesk Inventor dengan spesimen berbentuk silinder yang dipotong untuk menciptakan permukaan kontak, seperti pada gambar 3. Variasi radius lateral dan sudut kontak diterapkan pada desain ini.



Gambar 3 spesimen

2. Import Geometri ke Ansys Workbench

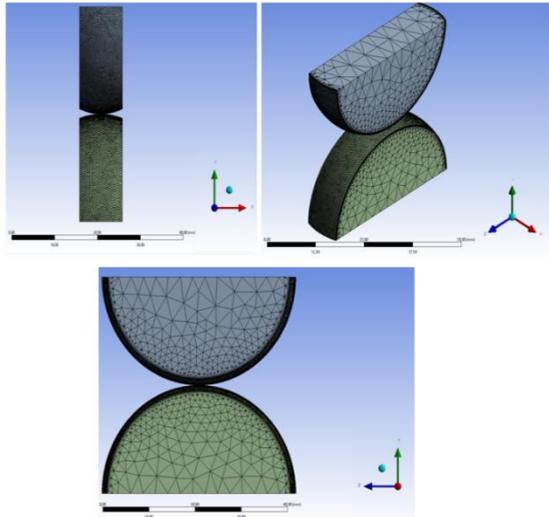
Model geometris diimport ke Ansys untuk proses simulasi lebih lanjut.

3. Meshing

Meshing adalah salah satu langkah paling penting dalam simulasi menggunakan *ansys workbench*. Meshing bertujuan untuk membagi model geometri menjadi elemen-elemen kecil yang disebut mesh agar simulasi dapat dilakukan secara numerik, seperti pada gambar 4. Berikut pengaturan *mesh* yang dilakukan pada penelitian ini;

- Tipe mesh, Tetrahedron.
- Ukuran elemen, 1 mm pada volume utama dan 0,5 mm pada area kontak.
- Pengaturan face sizing digunakan sebesar untuk memastikan distribusi mesh yang halus pada area kontak.

2.2. Perangkat Lunak dan Prosedur Simulasi

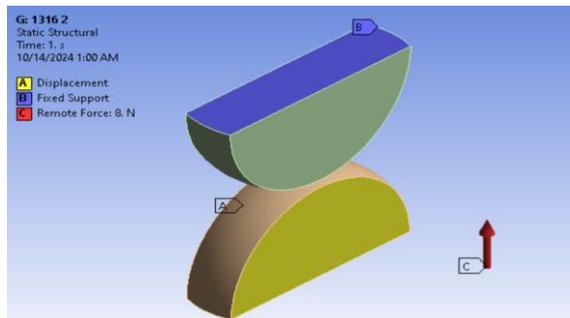


Gambar 4 Mesh Geometry

4. Penerapan Boundary Conditions

Yakni kondisi atau batasan yang diterapkan pada model simulasi untuk merepresentasikan interaksi antara model dengan lingkungannya, yang ditunjukkan pada gambar 5.

- Fixed support di bagian bawah spesimen.
- Displacement nol pada sumbu x dan y untuk benda di atas.
- Beban normal diterapkan pada sumbu vertikal benda dari bawah keatas dengan variasi dari 2 N hingga 8 N.



Gambar 5 Boundary Conditions

5. Parameter yang Dianalisis:

- Total deformation.
- Luas kontak.
- Tegangan Von Mises (*maximum equivalent stress*).

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Pengaruh Radius Lateral

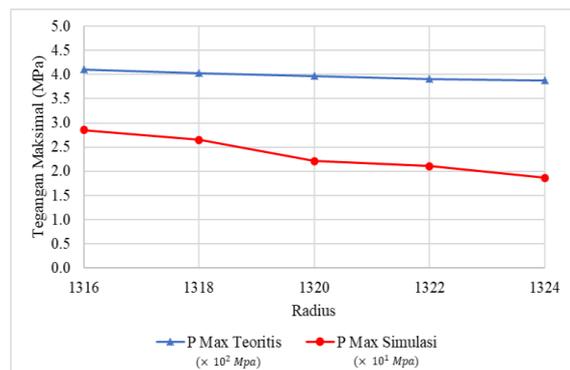
Peningkatan radius lateral memiliki efek signifikan pada karakteristik kontak, yang ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut:

Beban (N)	a (mm)		b (mm)		Luas Kontak (mm ²)		Tekanan Max Kontak (MPa)		Deformasi (mm)
	Teoritis	Simulasi	Teoritis	Simulasi	Teoritis	Simulasi	Teoritis	Simulasi	
r13 & 16	$8,551 \times 10^{-5}$	0,00603	$1,093 \times 10^{-4}$	0,00345	$2,936 \times 10^{-6}$	$6,534 \times 10^{-5}$	$4,087 \times 10^2$	2,852	$4,299 \times 10^{-5}$
r13 & 18	$8,775 \times 10^{-5}$	0,01133	$1,085 \times 10^{-4}$	0,00387	$2,989 \times 10^{-6}$	$1,375 \times 10^{-4}$	$4,013 \times 10^2$	2,652	$3,241 \times 10^{-5}$
r13 & 20	$8,950 \times 10^{-5}$	0,00506	$1,078 \times 10^{-4}$	0,00327	$3,031 \times 10^{-6}$	$5,201 \times 10^{-5}$	$3,959 \times 10^2$	2,212	$2,633 \times 10^{-5}$
r13 & 22	$9,129 \times 10^{-5}$	0,00087	$1,072 \times 10^{-4}$	0,02122	$3,073 \times 10^{-6}$	$5,811 \times 10^{-5}$	$3,904 \times 10^2$	2,107	$2,635 \times 10^{-5}$
r13 & 24	$9,244 \times 10^{-5}$	0,00569	$1,067 \times 10^{-4}$	0,00329	$3,1 \times 10^{-6}$	$5,883 \times 10^{-5}$	$3,87 \times 10^2$	1,863	$2,727 \times 10^{-5}$
r13 & 16	$8,551 \times 10^{-5}$	0,00603	$1,093 \times 10^{-4}$	0,00345	$2,936 \times 10^{-6}$	$6,534 \times 10^{-5}$	$4,087 \times 10^2$	2,852	$4,299 \times 10^{-5}$
r13 & 18	$8,775 \times 10^{-5}$	0,01133	$1,085 \times 10^{-4}$	0,00387	$2,989 \times 10^{-6}$	$1,375 \times 10^{-4}$	$4,013 \times 10^2$	2,652	$3,241 \times 10^{-5}$

Tabel 1 Hasil perhitungan dan simulasi variasi radius lateral terhadap luasan kontak, tekanan dan beban 8 N menggunakan sudut kontak 0°

a. Luas Kontak

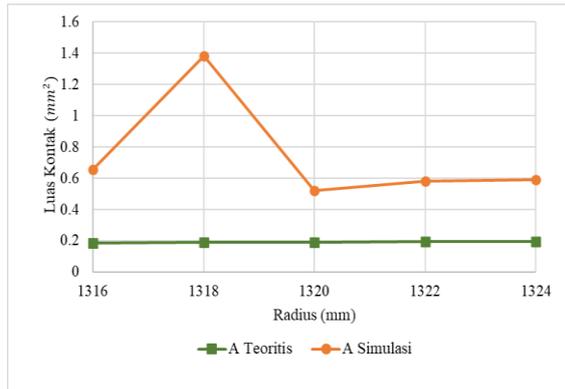
Luas kontak menurun dengan bertambahnya radius lateral, yang ditunjukkan pada gambar 6. Sebagai contoh, pada radius 13 mm, luas kontak tercatat sebesar $1,375 \times 10^{-4}$ mm², sementara pada radius 24 mm, luas kontak menurun menjadi $5,883 \times 10^{-5}$ mm². Hal ini disebabkan oleh penyebaran gaya pada area yang lebih besar pada radius yang lebih besar.



Gambar 6 grafik perbandingan tekanan teoritis dan simulasi variasi radius lateral terhadap luasan kontak, tekanan dan beban 8 N menggunakan sudut kontak 0°.

b. Tekanan Maksimum

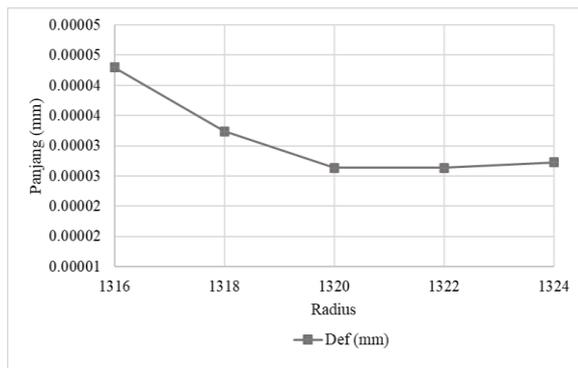
Tekanan maksimum juga menurun dengan bertambahnya radius lateral, yang ditunjukkan pada gambar 7. Tekanan pada radius 16 mm adalah 4,087 MPa, sementara pada radius 24 mm menurun menjadi 1,863 MPa.



Gambar 7 grafik perbandingan luasan kontak teoritis dan simulasi variasi radius lateral terhadap beban 8 N menggunakan sudut kontak 0°

c. Deformasi Total

Deformasi menurun secara signifikan, yang ditunjukkan pada gambar 8. Pada radius 13 mm, deformasi tercatat sebesar $4,299 \times 10^{-5}$ mm, dan pada radius 24 mm, deformasi menurun menjadi $2,633 \times 10^{-5}$ mm.



Gambar 8 grafik deformasi hasil simulasi variasi radius lateral terhadap beban 8 N menggunakan sudut kontak 0°

3.2. Pengaruh Beban

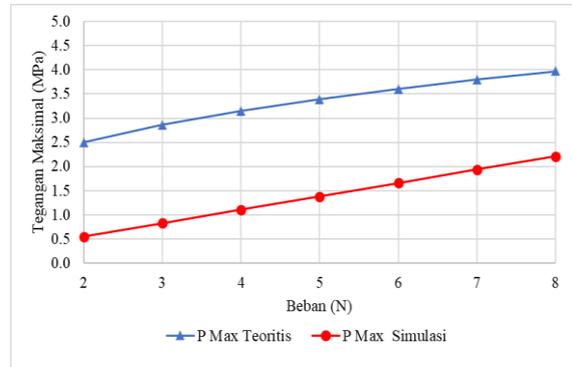
Peningkatan beban menghasilkan peningkatan tekanan maksimum, luas kontak, dan deformasi total, yang ditunjukkan pada table 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil perhitungan dan simulasi variasi beban terhadap luasan kontak, tekanan dan radius 13 mm dan 16 mm menggunakan sudut kontak 0°

Beban (N)	a (mm)		b (mm)		Luas Kontak (mm ²)		Tekanan Max Kontak (MPa)		Deformasi (mm)
	Teoritis	Simulasi	Teoritis	Simulasi	Teoritis	Simulasi	Teoritis	Simulasi	
2	$5,638 \times 10^{-3}$	0,001190	$6,793 \times 10^{-3}$	0,001786	$1,202 \times 10^{-8}$	$6,675 \times 10^{-6}$	$2,494 \times 10^2$	0,553	$6,585 \times 10^{-6}$
3	$6,454 \times 10^{-3}$	0,001488	$7,777 \times 10^{-3}$	0,001786	$1,576 \times 10^{-8}$	$8,344 \times 10^{-6}$	$2,854 \times 10^2$	0,829	$9,875 \times 10^{-6}$
4	$7,104 \times 10^{-3}$	0,002083	$8,559 \times 10^{-3}$	0,002381	$1,909 \times 10^{-8}$	$1,557 \times 10^{-5}$	$3,142 \times 10^2$	1,106	$1,316 \times 10^{-5}$
5	$7,652 \times 10^{-3}$	0,002381	$9,220 \times 10^{-3}$	0,003274	$2,215 \times 10^{-8}$	$2,448 \times 10^{-5}$	$3,384 \times 10^2$	1,382	$1,646 \times 10^{-5}$
6	$8,132 \times 10^{-3}$	0,002679	$9,798 \times 10^{-3}$	0,004464	$2,502 \times 10^{-8}$	$3,755 \times 10^{-5}$	$3,597 \times 10^2$	1,659	$1,975 \times 10^{-5}$
7	$8,560 \times 10^{-3}$	0,003274	$1,031 \times 10^{-4}$	0,004464	$2,772 \times 10^{-8}$	$4,589 \times 10^{-5}$	$3,786 \times 10^2$	1,935	$2,304 \times 10^{-5}$
8	$8,950 \times 10^{-3}$	0,005060	$1,078 \times 10^{-4}$	0,003274	$3,031 \times 10^{-8}$	$5,201 \times 10^{-5}$	$3,959 \times 10^2$	2,212	$2,633 \times 10^{-5}$

a. Tekanan Maksimum

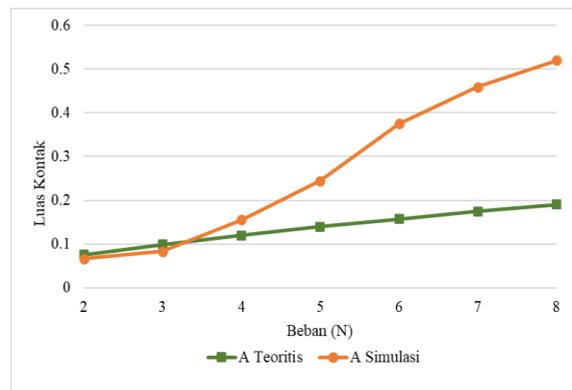
Pada beban 2 N, tekanan maksimum adalah 0,553 MPa, sedangkan pada beban 8 N, tekanan meningkat menjadi 2,212 Mpa, yang ditunjukkan pada gambar 9. Peningkatan ini terjadi hampir secara linier.



Gambar 9 grafik perbandingan tekanan teoritis dan simulasi variasi beban menggunakan sudut kontak 0°

b. Luas Kontak

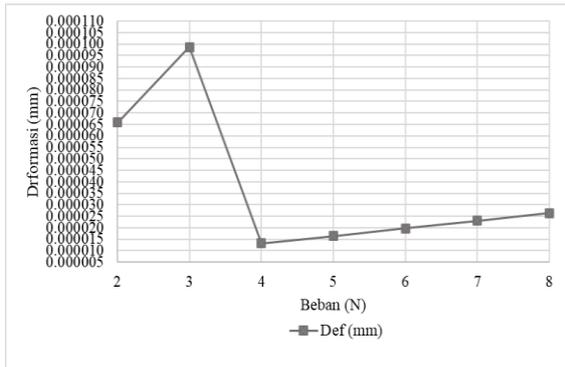
Luas kontak meningkat dari $6,675 \times 10^{-6}$ mm² pada beban 2 N menjadi $5,201 \times 10^{-5}$ mm² pada beban 8 N. Ini menunjukkan bahwa beban tambahan menyebabkan deformasi yang lebih besar pada permukaan kontak, yang ditunjukkan pada gambar 10.



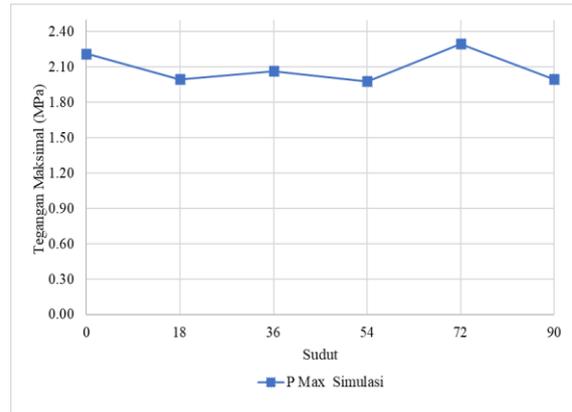
Gambar 10 grafik perbandingan luasan kontak teoritis dan simulasi variasi beban menggunakan sudut kontak 0°

c. Deformasi Total

Deformasi meningkat dari $6,585 \times 10^{-6}$ mm pada beban 2 N menjadi $2,633 \times 10^{-5}$ mm pada beban 8 N, yang ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11 grafik deformasi hasil simulasi variasi radius lateral terhadap beban 8 N menggunakan sudut kontak 0°



Gambar 12 Grafik tekanan hasil simulasi variasi pengaruh sudut terhadap beban 8 N menggunakan radius lateral 13 mm dan 20 mm

3.3. Pengaruh Sudut Kontak

Berikut tabel hasil dari simulasi pengaruh sudut;

Tabel 3 Hasil perhitungan dan simulasi variasi sudut kontak terhadap luasan kontak, tekanan dan beban 8 N menggunakan radius lateral 13 mm dan 16 mm

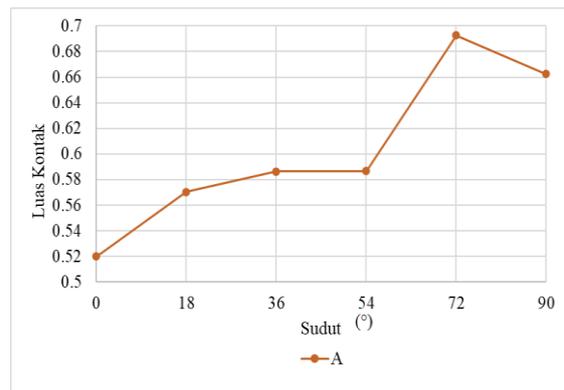
Sudut Kontak (°)	a (mm)	b (mm)	Luas Kontak (mm ²)	Tekanan Maks Kontak (MPa)	Deformasi (mm)
0°	0,005060	0,003274	5,201 × 10 ⁻⁵	2,21	2,633 × 10 ⁻⁵
18°	0,005747	0,003161	5,704 × 10 ⁻⁵	2,00	2,61 × 10 ⁻⁵
36°	0,004942	0,003779	5,864 × 10 ⁻⁵	2,07	3,134 × 10 ⁻⁵
54°	0,007941	0,002353	5,867 × 10 ⁻⁵	1,98	3,084 × 10 ⁻⁵
72°	0,005000	0,004412	6,926 × 10 ⁻⁵	2,30	3,473 × 10 ⁻⁵
90°	0,003846	0,005769	6,624 × 10 ⁻⁵	2,00	2,6949 × 10 ⁻⁵

a. Luas Kontak

Luas kontak meningkat seiring bertambahnya sudut kontak, dengan nilai puncak pada 72° (6,926 × 10⁻⁵ mm²). Setelah sudut ini, luas kontak menurun, yang ditunjukkan pada gambar 12.

b. Tekanan Maksimum

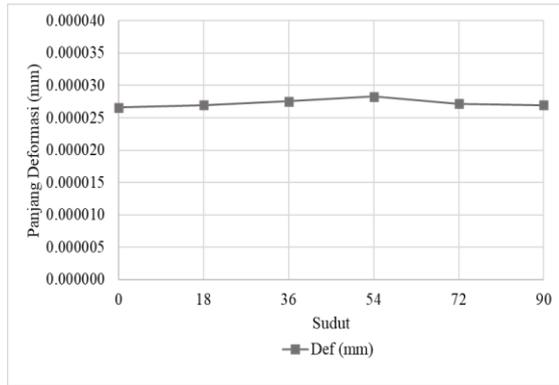
Tekanan maksimum juga mencapai nilai tertinggi pada sudut 72° (2,30 MPa), sebelum menurun pada sudut 90°. Hal ini menunjukkan bahwa sudut optimal untuk distribusi tekanan terjadi pada 72° yang ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13 Grafik luas kontak hasil simulasi variasi pengaruh sudut terhadap beban 8 N menggunakan radius lateral 13 mm dan 20 mm

c. Deformasi Total

Deformasi meningkat secara bertahap hingga sudut 72°, lalu sedikit menurun pada 90°, yang ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14 Grafik deformasi hasil simulasi variasi pengaruh sudut terhadap beban 8 N menggunakan radius lateral 13 mm dan 20 mm

4. Simpulan

1. Peningkatan radius lateral mengurangi luas kontak, tekanan maksimum, dan deformasi total, yang menunjukkan hubungan terbalik antara radius lateral dengan karakteristik kontak.
2. Peningkatan beban meningkatkan tekanan maksimum, luas kontak, dan deformasi total secara linier.
3. Sudut kontak memengaruhi deformasi, luas kontak, dan tekanan maksimum, dengan nilai optimal pada sudut 72°.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada para Dosen Teknik Mesin Universitas Udayana atas fasilitas riset PC dan software ANSYS Research license serta semua pihak terkait yang ikut membantu.

Daftar Pustaka

- [1] Abidin Zaenal. (2010). Studi Pengaruh Ketebalan Substrate Terhadap Deformasi Plastik Pada Kontak Antara Sphere Dengan Rough Surface [Universitas Diponegoro]. <http://eprints.undip.ac.id/25481/>
- [2] Amalia, R., Fahmi, & Joke P. (2021). Pengaruh Serrated Finned Tube Terhadap Perpindahan Panas Economizer Menggunakan Ansys Cfd. Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) ke-VII, 7(1), 512–519.
- [3] Bhushan, B., & Peng, W. (2002). Contact mechanics of multilayered rough surfaces. *Applied Mechanics Reviews*, 55(5), 435–479. <https://doi.org/10.1115/1.1488931>
- [4] Fitriyah, L. (2014). Pengaruh Jenis Benda Kerja, Kedalaman Pemakanan Dan Kecepatan Spindel Terhadap Tingkat Kerataan Permukaan Dan Bentuk Geram Baja ST. 41 dan ST. 60 Pada Proses Milling Konvensional. *JTM*, 02, 208–216.
- [5] Hadipratomo, W. (2005). *Dasar-Dasar Metode Elemen Hingga* (1 ed., Vol. 1). PT Damartha Sejahtera.
- [6] Ismail, R., Kristianto, H., Saputra, E., Sudharto Kampus UNDIP Tembalang Semarang, J., & Laboratorium Terpadu, G. (2017). Pemodelan Metode Elemen Hingga Kontak Femoral Head dengan Acetabular Liner pada Sendi Panggul Buatan dengan Variasi Diameter Celah pada Acetabular Liner. *ROTASI*, 19, 139–146. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>
- [7] Made Parwata, I., Citta, N., Lokantara, P., Made, I., & Karohika, G. (2023). Studi 3 Dimensi Kontak Hertzian Berbentuk Elips Menggunakan Metode Elemen Hingga. 4–5.
- [8] Madenci, E., & Guven, I. (2015). *The finite element method and applications in engineering using ANSYS®*, second edition. Dalam *The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS, Second Edition* (Vol. 2). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7550-8>
- [9] matmatch. (t.t.). Grade St 60 2 - Matmatch. Diambil 13 Maret 2024, dari Baja karbon sedang kekuatannya lebih tinggi dari pada baja karbon rendah (Furqon & Firman, 2016).
- [10] Pandiyarajan, R., Starvin, M. S., & Ganesh, K. C. (2012). Contact stress distribution of large diameter ball bearing using Hertzian Elliptical contact theory. *Procedia Engineering*, 38, 264–269. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.034>
- [11] Rohadi, A., Darmanto, & Syafaat, I. (2013). Analisis Keausan Baja ST.40 Menggunakan Tribotester Pin-On-Disc Dengan Variasi Kondisi Pelumas. 9(0216–7395), 38–40.

- [12] Rusydi Furqon, G., Firman, M., & Andi Sugeng P, M. (2016). Analisa Uji Kekerasan Pada Poros Baja St 60 Dengan Media Pendingin Yang Berbeda. Jurnal Teknik Mesin UNISKA, 01(02), 21–26.
- [13] Sofyan, A., & Siahaan, M. (2018). Numerical Simulation on The Onion Dryer Frame Capacity of 5 kg/hour. 86 JMEMME, 2(02).
<http://ojs.uma.ac.id/index.php/jmemme>
- [14] Sugunesh, A. P., & Mertens, A. J. (2020). 2D FEA study of Hertzian contact stress between two cylindrical bodies. Materials Today: Proceedings, 44, 4474–4478.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.721>
- [15] Weisstein Eric. (2002). CRC Concise Encyclopedia Mathematics Of Second Edition (J. Pennell, Ed.; 2 ed., Vol. 2). Chapman & Hall/CRC.
- [16] Yusra, A., Haryanto, I., & Jamari. (2008). Analisa Kontak Elastis Antar Hemispheres Menggunakan Metode Elemen Hingga. 10, 1–5.

