

Pengaruh Variasi Sudut Dan Beban Kontak Terhadap Luas Bidang Kontak

I Wayan Manik Ronald Kart, I Made Parwata dan I Made Widiyarta
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Dalam bidang permesinan, persentase kegagalan yang disebabkan oleh fenomena kontak seperti gesekan dan keausan di perkirakan mencapai 80% dari seluruh kegagalan yang terjadi. Kegagalan tersebut terjadi diakibatkan oleh permukaan material yang berinteraksi akan menyebabkan terjadinya keausan pada area yang mengalami kontak tersebut, dan diharapkan dapat mengetahui pengaruh sudut kontak pada beban tertentu dan pengaruh beban pada sudut kontak tertentu terhadap luasan kontak dan tekanan maksimum. Metode penelitian ini merupakan pengujian terhadap kontak antara dua benda yang menggunakan material baja ST 60 dengan kelengkungan lateral 13mm dan 20mm dan divariasikan dengan sudut pengujian 18°, 36°, 54°, 72°, 90°, dengan beban yang digunakan 2N, 3N, 4N, 5N, 6N, 7N, 8N. Pada penelitian ini diharapkan dapat mengetahui luasan kontak akibat kontak permukaan. Hasil penelitian menunjukan bahwa pada pengaruh sudut kontak pada beban tertentu semakin besar sudut kontak maka semakin besar luasan kontak dan tekanan maksimumnya mengecil. Pada pengaruh beban pada sudut kontak tertentu semakin besar beban maka semakin besar luasan kontak dan tekanan maksimum yang terjadi.

Kata Kunci : Sudut Kontak, Beban, Luasan Kontak, Tekanan Maksimum

Abstract

In the field of machining, the percentage of failures caused by contact phenomena such as friction and wear is estimated to reach 80% of all failures that occur. The failure occurs due to the material surface that interacts will cause wear on the area that experiences the contact, and is expected to know the influence of the contact angle on a certain load and the influence of the load on a certain contact angle on the contact area and pressure maximum. This research method is a test of contact between two objects using ST 60 steel material with lateral curvature of 13mm and 20mm and varied with test angles of 18°, 36°, 54°, 72°, 90°, with the load used 2N, 3N, 4N, 5N, 6N, 7N, 8N. In this study, it is expected to be able to determine the area of contact due to surface contact. The results of the study show that under the influence of the contact angle on a certain load, the larger the contact angle, the greater the contact area and the smaller the maximum pressure. On the influence of the load at a certain contact angle, the greater the load, the greater the contact area and the maximum pressure that occurs.

Keywords: Contact Angle, Load, Contact Area, Maximum Pressure

1. Pendahuluan

Material akan mengalami keausan ketika terjadi kontak atau gesekan antara dua permukaan. Dalam dunia permesinan, interaksi antara komponen-komponen sering kali melibatkan kontak fisik. Kontak ini dapat berupa kontak titik (*point contact*), dan kontak permukaan (*surface contact*), atau kontak garis (*line contact*). Fenomena ini menjadi fokus kajian dalam ilmu mekanika kontak, yang memungkinkan analisis lebih mendalam terhadap kasus kegagalan maupun adanya kerusakan pada komponen mesin akibat kontak tersebut [1].

Mekanika kontak memegang peranan penting dalam memahami deformasi yang terjadi pada struktur topografi permukaan (*asperity*) [2]. Salah satu penerapan mekanika kontak dapat dilihat pada interaksi antara roda kereta api dan rel, khususnya saat kereta api berbelok. Ketika kereta berbelok, roda akan mengalami kemiringan beberapa derajat dari posisi awal, yang menciptakan sudut kontak

antara roda dan rel. Beban kontak yang berulang-ulang dengan intensitas tinggi ini dapat menyebabkan keausan dan kegagalan material, seperti patah lelah pada rel maupun roda kereta api [3].

Kajian mekanika kontak ini tidak hanya penting untuk memahami sifat interaksi antara permukaan tetapi juga menjadi landasan untuk merancang sistem mekanis yang lebih tahan lama. Pemahaman mendalam terhadap fenomena ini dapat membantu dalam pengembangan metode mitigasi keausan dan kegagalan, seperti penggunaan bahan yang lebih tahan aus, pelumasan yang efektif, dan desain geometri kontak yang optimal.

Sebuah material akan mengalami keausan apabila material tersebut saling berkontak atau bergesekan satu sama lain. Dalam permesinan sering terjadi kontak antara komponen satu dengan komponen yang lainnya. Kontak yang terjadi dalam komponen mesin dapat berupa, yaitu *point contact* (kontak titik), *surface contact* (kontak permukaan), dan *line*

contact (kontak garis). Fenomena ini juga dapat di kembangkan dalam ilmu mekanika kontak sehingga dapat diterapkan untuk menganalisa kasus kegagalan atau kerusakan pada komponen mesin yang saling kontak [1]. Kontak mekanik (*contac mechanics*) adalah hal yang bermanfaat untuk ditinjau lebih jauh, bagaimana struktur topografi permukaan (*asperity*) mengalami deformasi [2]. Penerapan terjadinya sudut kontak pada material terhadap permukaan dapat terjadi ketika pada saat kreta api berbelok. Pada saat kereta api berbelok maka roda kereta akan mengalami kemiringan bebrapa derajat dari posisi awal maka, pada saat itu akan terjadi sudut kontak antara roda kereta dengan rel. Beban kontak yang sangat besar oleh roda kereta api kepada rel yang berulang- ulang dapat mengakibatkan kegagalan aus dan patah lelah pada rel maupun roda kereta [3].

Dalam industri permesinan material yang di gunakan sebagai bahan pembuatan komponen mesin kebanyakan menggunakan baja ST 60. Baja ST 60 ini sangat mudah terkena korosi terutama jika berada di lingkungan yang bersifat korosif. Baja ST 60 juga dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan tangki, jembatan, rel kereta dan juga banyak digunakan dalam permesinan sehingga sangat mudah terkena korosi terutama jika berada di lingkungan yang bersifat korosif [4]. Baja ST 60 juga mempunyai kandungan mangan (Mn) yang menjadikan baja ST 60 mempunyai sifat yang keras dan tahan terhadap keausan [5].

Teori kontak Hertzian adalah salah satu pendekatan yang digunakan dalam mekanika kontak untuk memahami distribusi tekanan antara dua permukaan yang bersinggungan. Teori ini mengkaji berbagai jenis kontak yang dapat terjadi, termasuk kontak titik (*point contact*), kontak garis (*line contact*), dan kontak permukaan (*surface contact*). Teori Hertzian memberikan dasar untuk menganalisis kontak elastis, di mana deformasi yang terjadi pada kedua permukaan berada dalam batas elastisitas material [6].

Berbagai penelitian mengembangkan teori ini untuk menganalisis fenomena kontak mekanis. Teori Hertzian menawarkan model yang sangat berguna dalam berbagai aplikasi teknis, seperti perancangan komponen mesin, roda gigi, bantalan, dan interaksi antara roda dan rel. Pemahaman yang diberikan oleh teori ini membantu menentukan tekanan maksimum, distribusi tekanan, serta area kontak yang terbentuk antara dua permukaan, sehingga memungkinkan insinyur untuk memprediksi potensi kegagalan akibat keausan atau kelelahan material.

Teori kontak elastis Hertzian juga menjadi dasar dalam pengembangan teknologi

material dan sistem mekanis modern. Dalam konteks aplikasi praktis, pendekatan ini digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan daya tahan komponen yang terpapar beban kontak tinggi, seperti pada sektor otomotif, industri perkeretaapian, dan peralatan manufaktur presisi. Dengan mengintegrasikan teori Hertzian ke dalam simulasi dan perancangan berbasis komputer, pengembangan metode optimasi desain komponen dapat dilakukan secara lebih presisi untuk mengurangi risiko kegagalan serta memperpanjang umur pakai komponen [6].

Dalam teori hertzian ini didasarkan dalam beberapa asumsi yaitu, material yang digunakan elastis linear, permukaan pada area yang akan terjadi kontak harus halus, tidak terjadi geseakan anatar dua permukaan kontak, dan objek yang bersentuhan mengalami deformasi sebagai setengah ruang tak terhingga, karena asumsi ruangan tak terhingga ini geometri area kontak terbatas. Dimensi area kontak harus lebih kecil dibandingkan dengan radius kelengkungan relative dari masing-masing material [7]. Melalui penelitian ini diharapkan dapat terciptanya dasar pengetahuan yang kokoh tentang bagaimana pengaruh variasi sudut kontak terhadap karakteristik kontak, membantu pengoptimalan luasan kontak pada permukaan, dan letak keausan.

2. Dasar Teori

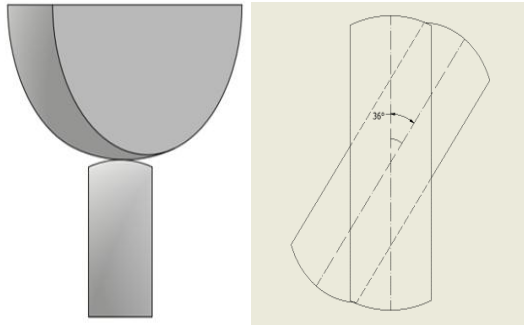
2.1. Baja Karbon ST 60

Baja karbon ST 60 memiliki sejumlah karakteristik seperti, kekuatan yang baik, keuletan, dan kemampuan untuk diolah dengan baik seperti di las dan di tempa serta kekuatan kombinasi antara kekuatan plastis dan ketangguhan yang sangat baik [8]. Baja karbon ST 60 termasuk baja karbon sedang yang merupakan bahan yang mudah di bentuk. Baja ini mempunyai kandungan karbon sebesar 0,3% - 0,59% dengan titik didihnya sebesar 1550°C dan titik leburnya hingga 2900°C [9]. (Syahrillah et al., 2016). Komposisi material pada baja ST 60 terdiri dari besi (Fe) dan carbon (C) serta berbagai macam campuran unsur material seperti , Mn, Si, P, dan lain sebagainya.

2.2. Sudut Kontak

Sudut kontak pada dasarnya mengacu pada sudut yang terbentuk di antara garis permukaan yang bersinggungan satu sama lain. Sudut kontak permukaan material merupakan sudut antara material yang saling kontak akan tetapi arah daripada sudut material tersebut berbeda. Seperti halnya dua buah material yang saling kontak dan salah satu materialnya berada di arah sudut 0° dan material yang lainnya berada di arah sudut 36°. Sudut kontak

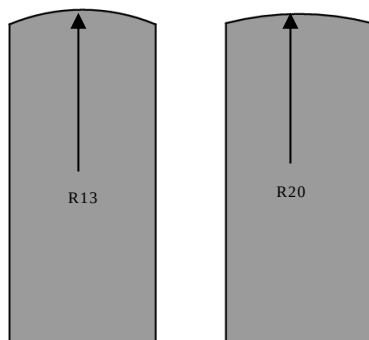
merupakan ukuran geometris yang penting dalam memahami interaksi antar dua buah benda yang bersentuhan. Sudut kontak dapat bervariasi tergantung pada sifat permukaan dan interaksi antara dua benda tersebut.



Gambar 1. Sudut Kontak

2.3. Kelengkungan Lateral

Kelengkungan lateral menjadi peran penting dalam penelitian ini. Kelengkungan lateral merujuk pada lengkungan kurva yang terjadi pada permukaan suatu objek atau material, terutama pada saat melihatnya dari samping atau dari sudut pandang yang tidak langsung. Dalam konteks rekayasa material, kelengkungan lateral menjadi penting karena material-material tertentu dapat mengalami perubahan bentuk atau deformasi lateral saat dikenai tekanan atau beban. Material yang elastis memiliki kemampuan untuk mengalami deformasi lateral saat dikenai tekanan, namun akan kembali ke bentuk aslinya setelah beban dilepaskan. Sifat elastisitas lateral ini bergantung pada jenis material dan struktur internalnya. Adapun yang mempengaruhi faktor karakteristik dari kelengkungan lateral seperti komposisi kimia, perlakuan panas, kekuatan dan kekerasan, deformasi dan kelelahan material.



Gambar 2. Kelengkungan Lateral R13 dan R20

3. Metode penelitian

3.1. Variable Penelitian

Dalam penelitian ini, variable bebas merupakan sudut yang di gunakan dalam penelitian ini sebesar 18°, 36°, 54°, 72°, 90°

dengan beban yang di gunakan dari 2N, 3N, 4N, 5N, 6N, 7N, 8N. Sementara itu untuk variable terikat mencakupi tekanan kontak pada material mengacu pada gaya yang diberikan oleh suatu objek terhadap permukaan lainnya dan area kontak digunakan untuk mengidentifikasi beban dan tekanan yang mempengaruhi permukaan benda. Adapun variable kontrol dalam penelitian ini meliputi, bahan yang digunakan ST60 dengan kelengkungan lateral sebesar 13mm dan 20mm, dan suhu ruangan.

3.2. Alat

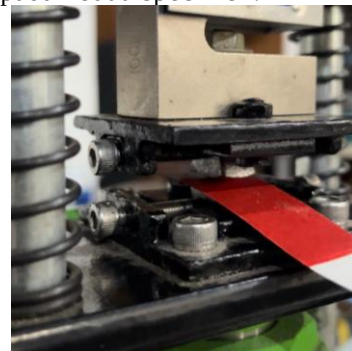
1. Alat uji area kontak
2. Gauge
3. Image analyzer digital micoscop
4. Articulating paper
5. Bujur sangkar
6. Laptop
- 7.

3.2. Bahan

Bahan yang digunakan merupakan Baja Karbon ST60 dengan kelengkungan lateral 13mm dan 20mm.

3.3. Metode Uji

Uji area kontak merupakan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat uji area kontak. Dimana pada pengujian ini memberikan beban pada kedua spesiemen untuk mendapatkan hasil dari luasan kontak yang terjadi pada kedua specimen.



Gambar 3. Uji Area Kontak

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perhitungan Luasan Kontak

$$\begin{aligned} \text{Luasan Kontak} &= \pi \times a \times b \\ \text{Luasan Kontak} &= 3,14 \times 0,608 \times 0,5965 \\ &= 1,139367691 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4.2. Perhitungan Tekanan Rata-rata (Pm)

$$\begin{aligned} P_m &= \left(\frac{F}{\pi ab} \right) \\ P_m &= \left(\frac{2}{1,139367691} \right) \\ &= 1,75535959 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

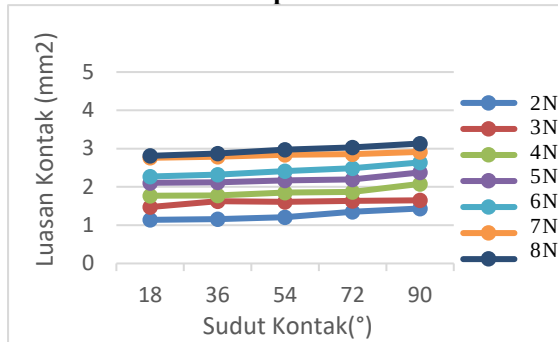
4.3. Perhitungan Tekanan Maksimum (Pmax)

$$P_{max} = 1.5 \times P_m$$

$$P_{max} = 1.5 \times 1,75535959$$

$$= 2,633039381 \text{ N/mm}^2$$

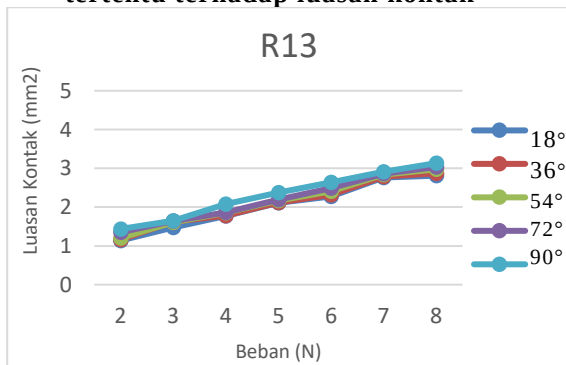
4.4. Pengaruh sudut kontak pada beban tertentu terhadap luasan kontak



Gambar 4. Luas bidang kontak pada sudut kontak terhadap beban tertentu pada R13.

Seperti yang terjadi pada grafik diatas mengalami kenaikan pada setiap sudut menandakan bahwa semakin besar sudut kontak yang di gunakan berpengaruh terhadap luasan kontak yang terjadi. Semakin besar sudut kontak yang di gunakan maka semakin besar pula luasan kontak yang terjadi. Luasan kontak akan meningkat seiring dengan peningkatan sudut kontak yang di gunakan. Dimana pada R13 dengan sudut 18 dan beban 2N menghasilkan luasan kontak sebesar 1,1393mm², sedangkan pada sudut 18 dengan beban 8N menghasilkan luasan kontak sebesar 2,8110mm².

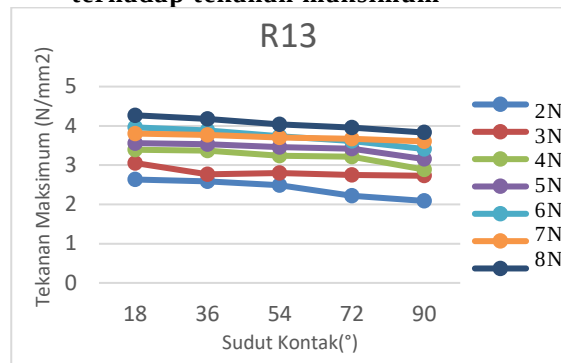
4.5. Pengaruh beban pada sudut kontak tertentu terhadap luasan kontak



Gambar 5. Luas bidang kontak pada beban terhadap sudut kontak tertentu pada R13.

Seperti yang terjadi pada grafik diatas mengalami kenaikan data luasan kontak pada setiap beban menandakan bahwa semakin besar beban yang di gunakan berpengaruh terhadap luasan kontak yang terjadi. Semakin besar beban yang di gunakan maka semakin besar pula luasan kontak yang terjadi. Luasan kontak akan meningkat seiring dengan peningkatan beban yang di gunakan. Dimana pada R13 dengan beban 2N dan sudut 18° menghasilkan luasan kontak sebesar 1,1393mm², sedangkan pada beban 2N dengan sudut 90° menghasilkan luasan kontak sebesar 1,4366mm².

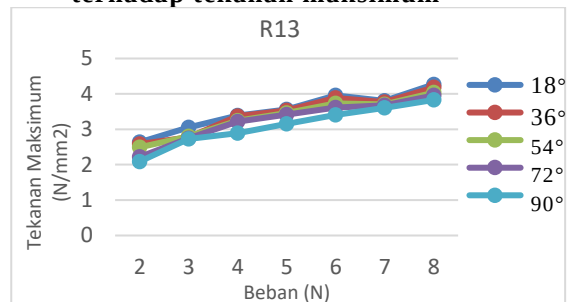
4.6. Pengaruh sudut pada beban tertentu terhadap tekanan maksimum



Gambar 6. Tekanan maksimum pada sudut kontak terhadap beban tertentu pada R13.

Seperti yang terjadi pada grafik diatas mengalami penurunan pada setiap sudut menandakan bahwa semakin besar sudut kontak yang di gunakan berpengaruh terhadap tekanan maksimal yang terjadi. Semakin besar sudut kontak yang di gunakan maka semakin kecil pula tekanan maksimal yang terjadi. Tekanan maksimal akan menurun seiring dengan peningkatan sudut kontak yang di gunakan, Dimana pada R13 dengan sudut 18° dan beban 2N menghasilkan luasan kontak sebesar 1,1393mm² sedangkan pada sudut 18° dengan beban 8N menghasilkan tekanan maksimum sebesar 4,2688mm².

4.7. Pengaruh beban pada sudut tertentu terhadap tekanan maksimum



Gambar 7. Tekanan maksimum pada beban terhadap sudut kontak tertentu pada R13.

Proses pengambilan keputusan dimulai dengan identifikasi masalah, yaitu mengenali situasi yang membutuhkan solusi atau tindakan. Setelah itu, dilakukan pengumpulan informasi yang relevan untuk memahami masalah secara lebih mendalam. Selanjutnya, berbagai alternatif solusi disusun dan dievaluasi berdasarkan kriteria seperti manfaat, biaya, dan risiko. Setelah itu, alternatif terbaik dipilih dalam tahap pemilihan alternatif. Keputusan yang telah dipilih kemudian diimplementasikan dalam tahap implementasi keputusan. Akhirnya, dilakukan evaluasi hasil untuk mengukur efektivitas dan dampak keputusan terhadap masalah awal. Siklus ini membantu memastikan

bahwa keputusan yang diambil berbasis data dan memenuhi tujuan organisasi.

5. Kesimpulan

Pengaruh sudut kontak pada beban tertentu terhadap luasan kontak dan tekanan maksimum pada roda dengan rel adalah berpengaruh, dikarenakan ketika sudut meningkat dari 18°, 36°, 45°, 72°, dan 90° maka luasan kontak pada rel dan roda akan semakin besar, begitu pula pada tekanan maksimum pada titik kontak akan menurun seiring dengan meningkatnya sudut kontak yang digunakan. Sedangkan, pengaruh beban pada sudut kontak tertentu terhadap luasan kontak dan tekanan maksimum pada roda dengan rel adalah berpengaruh, dikarenakan ketika beban meningkat dari 2N, 3N, 4N, 5N, 6N, 7N, dan 8N maka luasan kontak pada rel dan roda akan semakin besar, begitu pula pada tekanan maksimum pada titik kontak akan meningkat dengan meningkatnya beban yang diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] Kurniawan, A. S., Syafa'at, I., & Darmanto. 2021. *Analisis Keausan Line Contact Menggunakan Permodelan Global Incremental Wear Model*. Jurnal Ilmiah Momentum, 17(2), 121.
- [2] Rohadi, A., Darmanto, & Syafaat, I. 2013. *Analisis Keausan Baja St 40 Menggunakan Tribotester Pin-On-Disc Dengan Variasi Kondisi Pelumas*.
- [3] Widiyarta, I. M., Parwata, I. M., Karohika, I. M. G., Lokantara, I. P., & Satryawan, M. A. 2014. *Mekanisme Aus Baja Karbon Aisi 1065 Pada Permukaan Kontak Basah Akibat Beban Kontak Gelinding - Luncur*.
- [4] Wibowo, D. A., & Ghofur, A. 2021. *Pengaruh Kadar Salinitas Air Terhadap Laju Korosi Baja St 60*. Jtam Rotary, 3(2), 145–158.
- [5] Sukarno, N. A., Legowo, A., Azis, A., Saputra, L. A., & Sunaryo, S. 2023. *Analisis Sifat Mekanik Baja St 60 Setelah Proses Quenching Dengan Variasi Waktu*. Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ, 10(3), 196–202.
- [6] Qomaruddin. 2010. *Pemodelan Keausan Pada Kontak Sliding Antara A Rigid Smooth*. 61–67.
- [7] Parwata, I. M., Puja, I. w, Budiwantoro, B., & Brodjonegoro, S. . 2009. *Penyelesaian Pendekatan Problem Kontak*. 24(1), 25–40.
- [8] Fitriyah, L., & Sakti, A. M. 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*. Jurnal Teknik Mesin, 02(02), 208–216.
- [9] Syahrillah, Gusti R. F., Firman, M., & Sugeng .P, M. A. 2016. *Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda*. Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 01(02), 21–26.

	I Wayan Manik Ronald Kart menyelesaikan studi sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2024.
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Sudut dan Beban Kontak Terhadap Luas Bidang Kontak	