

The Application of VDI 2221 Method on Embodiment Design of Pin on Disk Wear Test

Jefri S. Bale^{1,*}, Rima N. Selan², Dominggus G.H. Adoe³ dan Daniel Situmorang⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

⁴Program Studi Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

*Corresponding author : rima_selan@staf.undana.ac.id

Abstract. The aim of this research is to apply VDI 2221 method on embodiment design of pin on disk wear test. The design method obtained several alternative designs. The selected design validated by an experimental testing according to ASTM G99-95a standard. The test was carried out with the variation of speed and loading. The materials used were rubber material from car tire and asphalt. The effect of variations in speed and loading on the wear rate of car tire material wear process was observed. The results shown that the selected design successfully used in wear testing, where the wear rate of asphalt affected by load and contrary, the wear rate of asphalt didn't affect by the rotational speed of disk.

Abstrak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan metode VDI 2221 pada desain perwujudan alat uji keausan *pin on disk*. Metode perancangan VDI 2221 memperoleh beberapa alternatif desain alat uji *pin on disk*. Desain terbaik yang terpilih divalidasi oleh pengujian eksperimental sesuai dengan standar ASTM G99-95a. Tes dilakukan dengan variasi kecepatan dan pembebanan. Material uji yang digunakan adalah material karet yang berasal dari ban mobil dan aspal. Pengaruh variasi kecepatan dan pembebanan terhadap laju keausan material karet ban mobil diamati. Hasil menunjukkan bahwa desain yang dipilih berhasil digunakan dalam pengujian keausan, di mana tingkat keausan dari aspal dipengaruhi oleh beban dan sebaliknya, tingkat keausan dari aspal tidak dipengaruhi oleh kecepatan rotasi *disk*

Keywords: VDI 2221, alat uji aus, *pin on disk*, laju keausan

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Pengujian keausan terbagi menjadi beberapa metode namun yang paling sering digunakan adalah metode *pin on disk* (*pin* diam dan bahan yang diuji berputar) dan metode *Pin on plate* (bahan yang diuji diam dan *pin* bergerak linier). Masing-masing metode tersebut memiliki cara kerja dan keuntungan masing-masing. Pada metode *pin on disk*, prinsip kerjanya adalah bahan uji diputar dengan motor penggerak dan bahan pengujian didekatkan ke bahan uji yang kemudian diberi beban agar terjadi gesekan pada kedua bahan sedangkan pada metode *Pin on plate* bahan pengujian yang digerakkan secara linier terhadap bahan uji yang diam sambil diberi beban. Dari segi perancangan, alat uji dengan metode *Pin on plate* memiliki konstruksi yang lebih rumit dari alat dengan metode *pin on disk* karena diperlukan suatu sistem yang dapat mengubah gaya putar dari motor penggerak menjadi gerak linier sekaligus harus dapat diberi beban.

Alat uji Keausan metode *pin on disk* secara prinsip adalah alat uji yang dapat digunakan untuk mengukur gesekan dan keausan suatu bahan dimana terdapat satu disk dan satu *pin*. *Disk* berbentuk lingkaran dengan ketebalan tertentu dan

pin memiliki bentuk dan ukuran tertentu namun umumnya berbentuk silinder batang maupun berbentuk bola.

Alat uji keausan *pin on disk* saat ini sudah modern dimana langsung terhubung dan dioperasikan menggunakan komputer. Namun dengan kemajuan yang ditawarkan tentu saja harus membutuhkan dana besar untuk dapat membeli alat tersebut padahal secara prinsip sebenarnya tetap sama dengan alat uji manual. Oleh karena itu beberapa peneliti merancang alat yang lebih sederhana namun memiliki fungsi dasar yang sama sehingga dapat digunakan untuk keperluan penelitian keausan.

Al Faruqi [1] membuat rancang bangun tribometer jenis *Pin On Disk* kemudian menguji spesimen kampas rem besi cor yang digunakan pada kereta api pada alat tersebut. Pada proses perancangan tersebut dibuat 4 konsep berbeda yang kemudian dicari salah satu yang terbaik dengan metode VDI 2221 sehingga disimpulkan bahwa konsep 4 adalah desain terbaik yakni: menggunakan transmisi *Pully-Belt* bergerigi dengan perbandingan 1:1, menggunakan pengatur kecepatan, lengan dapat digerakkan/diputar pada sumbu nya (sumbu y), *Pin holder* dapat digerakkan

pada sumbu x, tempat pembebanan ada pada ujung lengan, dan alat yang dirancang memiliki dimensi panjang 1900 mm dan lebar 600 mm, memiliki sensor *Load cell* berkapasitas 30 Kg, gaya gesek yang mampu diukur sampai 200N, dimensi *pin* maksimal 12 mm. Ada 2 Variabel yang divariasikan yaitu putaran motor penggerak dan beban.

Yuntoro, M. [2] juga menggunakan metode VDI 2221 untuk merancang alat pengering kertas dengan membuat beberapa varian kemudian memilih salah satu varian terbaik dengan mengkaji dan menyeleksi berdasarkan kriteria-kriteria: Sesuai dengan fungsi kebutuhan, Sesuai dengan daftar kehendak, Secara prinsip dapat diwujudkan, dalam batas produksi, Pengetahuan tentang konsep memadai, Kesesuaian dengan keinginan perencanaan, Memenuhi syarat keamanan. Kriteria-kriteria ini dibuat dalam bentuk tabel pemilihan variasi struktur fungsi untuk memudahkan pemilihan konsep terbaik.

Isranuri, I., dkk [3] melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi pembebanan terhadap laju keausan material Al-Si dengan menggunakan metode *Pin on Disk* dan pengujian dalam kondisi kering. Dari Hasil pengujian disimpulkan bahwa terdapat pengaruh pembebanan terhadap laju keausan. Semakin bertambah pembebanan pada alat uji keausan tipe *pin on disk* maka semakin besar pula laju keausan yang terjadi. Kenaikan laju keausan tertinggi terjadi pada pembebanan maksimum 12,5N. Laju keausan tertinggi pada Aluminium Sekrap secara teori ($0,290 \text{ mm}^3/\text{s}$) dan secara eksperimen meningkat 6,207% yaitu ($0,308 \text{ mm}^3/\text{s}$). Laju keausan tertinggi pada Al-Si 3,76% secara teori ($0,279 \text{ mm}^3/\text{s}$) dan secara eksperimen meningkat 3,226% yaitu ($0,288 \text{ mm}^3/\text{s}$). Dan Laju keausan tertinggi pada Al-Si 9,12% secara teori ($0,251 \text{ mm}^3/\text{s}$) dan secara eksperimen meningkat 5,577% yaitu ($0,265 \text{ mm}^3/\text{s}$).

Selanjutnya, Isranuri, I., dkk [4] juga melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh putaran terhadap laju keausan bahan aluminium *scrap* yang dicor kembali dan ditambahkan Si sebagai alloy. Pada pengujian ini digunakan model *Pin on Disk test standard* (ASTM G99) dengan specimen uji berbentuk *disk* dan material pengaus berbentuk *Pin*. Pengujian keausan dilakukan dengan variasi putaran *disk*, masing-masing 60 rpm, 90 rpm, 120 rpm, 150 rpm dan 180 rpm. Hasil pengujian memperlihatkan kenaikan putaran *disk* akan meningkatkan laju untuk setiap sampel yang diuji dengan keausan maksimum bahan Aluminium $0,361 \text{ mm}^3/\text{s}$. Laju keausan tertinggi untuk bahan paduan Al-Si 3,76% sebesar $0,351 \text{ mm}^3/\text{s}$ pada putaran 180 rpm.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh peneliti [5] tentang Pengaruh pembebanan terhadap laju keausan material *die drawn* UHMWPE untuk aplikasi sendi lutut tiruan yang mengalami mekanisme gesekan seara linear. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembebanan mempengaruhi laju keausan dan tipe kerusakan yang terjadi pada material. Serupa dengan penelitian diatas, Solichin dan Kaelani [6] melakukan studi ekperimental laju keausan antara *Ultra High Molecular Weight Polyethylene* dengan *stainless steel* untuk penerapan dalam sendi lutut buatan. Penelitian ini menguji laju keausan antara tulang paha yang ditutup steel dan tulang kering yang terbuat dari *polyethylene*, yaitu *Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE)*. Analisa *tribology* dilakukan untuk mengkaji aspek gesekan. Metode yang dilakukan adalah pengujian eksperimental menggunakan tribometer tipe *pin on disk*. Material UHMWPE digunakan sebagai *pin* yang merepresentasikan material tulang kering dan *stainless steel* sebagai disk mempresentasikan permukaan tulang paha. Pada penelitian ini digunakan panjang lintasan 600 m sedangkan pembebanan yang diberikan dibuat bervariasi yaitu, 2 kg, 4 kg, 6 kg, 8 kg, dan 10 kg, demikian juga digunakan variasi kecepatan 0,13 m/s dan 0,23 m/s. Perlakuan gesekan yang terjadi yaitu dengan pelumas (*lubricated*) dan tanpa pelumas (*Dry Sliding*). Setelah UHMWPE selesai dilakukan pengujian, selanjutnya dianalisa mekanisme keausan dari hasil foto mikro dari permukaan. Dari penelitian ini didapatkan *Specific Wear Rate* yang semakin turun yaitu rata-rata sebesar $10^{-5} / \text{Nm}$. Laju keausan semakin meningkat dengan bertambahnya beban baik kondisi *dry sliding* maupun *lubrication*. Sedangkan untuk kondisi *Lubrication* laju keausan bisa memperpanjang umur UHMWPE sampai 8 kali umur kondisi *dry sliding*. Selain itu, diketahui juga mekanisme keausan UHMWPE yang mendominasi adalah *abrasive* dan *adhesive* dari hasil foto mikro.

Metode Penelitian

Alat Uji Aus. Alat Uji Keausan merupakan perangkat alat uji yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat keausan suatu material. Keausan dapat diartikan dengan seberapa cepat rusak suatu komponen mesin selama dipakai. Pada umumnya untuk mencegah adanya gesekan antara mesin dengan rangka (*crank case*) nya maka mesin tersebut diberi pelumas atau oli. Dengan menggunakan Alat Uji Keausan ini dapat didapatkan standar kualitas suatu produk dan

memprediksi usia pakai suatu produk/mesin produksi.

Dalam dunia industri alat uji keausan bahan adalah produk yang sering digunakan untuk aplikasi kontrol kualitas mesin dan produktif dalam produksi produk, sehingga produktifitasnya dapat terdata dengan akurat.

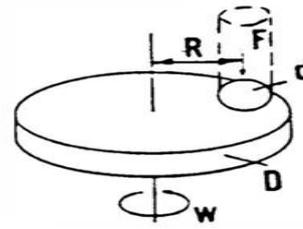
Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode *pin on disk* dimana disk yang berputar sementara *pin* diam menekan disk. Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan *pin* dan *disk*.

Standar Pengujian Yang Digunakan. Standar yang digunakan untuk menguji alat yang dibuat adalah ASTM. ASTM memiliki banyak standar yang memiliki fungsi masing-masing. Khusus untuk pengujian keausan dengan metode *pin on disk* diatur dalam ASTM G99.

Metode uji ini menggambarkan prosedur laboratorium untuk menentukan keausan material selama bergesekan menggunakan alat uji *pin on disk*. Satuan yang digunakan adalah satuan SI. Standar ini tidak dimaksudkan untuk mengatasi semua masalah keamanan, jika ada terkait dengan penggunaannya, menjadi tanggung jawab pengguna standar ini untuk menetapkan praktik keselamatan dan kesehatan yang sesuai dan menentukan penerapan batasan peraturan sebelum digunakan.

Untuk alat uji yang digunakan perlu memperhatikan ketentuan berikut: Alat uji harus memenuhi prinsip kerja dan fungsi utama dari alat uji *pin on disk*. Motor penggerak dianjurkan memiliki sistem pengatur kecepatan, mampu mempertahankan kecepatan (minimal 61% dari kecepatan saat pembebanan penuh), motor harus dipasang sedemikian rupa sehingga getarannya tidak mempengaruhi pengujian, putaran motor biasanya pada kisaran 0,3 - 3 rad/s. Sistem pemegang spesimen dapat digerakkan dan terpasang pada lengan, mendukung pembebanan yang bervariasi, konstruksi kuat untuk menghindari getaran berlebihan selama pengujian. Untuk mengukur massa spesimen maka ketelitian alat ukur minimal 0,1 mg.

Hasil uji aus berupa *volume loss* dalam milimeter kubik. Hasil uji aus didapat dengan mengukur berat spesimen sebelum pengujian dan sesudah kemudian di ubah ke *volume loss* dengan mengetahui massa jenis spesimen



Gambar 1. Ilustrasi pengujian keausan g 99-95a metode *pin on disk* [7]

Keterangan:

- F = gaya yang diberikan pada *pin* (N)
- R = jarak antara disk dengan *pin* (mm)
- d = diameter bola/*pin* (mm)
- D = diameter disk (mm)
- W = putaran (rpm)

Berat keausan pada pengujian dinyatakan sebagai berat material yang berkurang/aus dari spesimen uji.

$$B_k = B_o - B_i \text{ (Kg)} \quad (1)$$

Dimana:

B_k = Berat Keausan (Gram)

B_o = Berat Awal (Gram)

B_i = Berat Akhir (Gram)

Volume Keausan dinyatakan sebagai perbandingan antara berat keausan dengan massa jenis dari benda uji.

$$V_k = \frac{B_k \text{ (gram)}}{\rho \left(\frac{\text{gram}}{\text{mm}^3} \right)} \text{ (mm}^3\text{)} \quad (2)$$

Dimana:

V_k = Volume Keausan (mm³)

ρ (rho) = Berat Jenis (Gram/mm³)

Laju keausan pada pengujian dinyatakan sebagai berkurangnya massa atau volume benda uji setelah mengalami gesekan akibat kontak antara dua permukaan yang mana pada penelitian ini adalah gesekan antara *disk* dan *pin*. Hubungan ini dapat dilihat pada rumus:

$$\text{Laju keausan} = \frac{(V_k) \text{ (m}^3\text{)}}{L \text{ (N)} \times S \text{ (m)}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{Nm}} \right) \quad (3)$$

Dimana:

L = Beban (N)

S = Jarak Tempuh (m)

Prosedur Perancangan Wujud Alat. Prosedur perancangan alat ini adalah langkah untuk merancang desain menjadi alat uji menggunakan alat dan bahan yang sudah disediakan.

Tahap awal dalam pembuatan alat uji ini adalah pembuatan ukuran masing-masing bagian alat kemudian dilanjutkan dengan proses pemotongan bahan untuk pembuatan bagian-bagian alat uji yang didesain. Pada tahapan ini seluruh komponen dipersiapkan sesuai ukuran yang sudah didesain dan dibuat gambar kerjanya. Kemudian dilakukan

pengeboran untuk bagian-bagian yang diperlukan pengeboran

Tahap kedua adalah proses perakitan. Pada proses perakitan ini, komponen-komponen akan dirakit menjadi sebuah alat uji keausan. Tahap terakhir adalah *test run* alat. Proses ini hanya untuk memastikan bahwa alat yang dibuat dapat beroperasi. Pada tahap ini, alat uji dicoba dioperasikan tanpa pemberian beban. Pada tahap ini di cek juga apakah pengatur kecepatan dan pengukur kecepatan putar berfungsi dengan baik.

Prosedur Pengujian Alat. Pengujian ini bertujuan untuk membuktikan alat uji yang dirancang memiliki prinsip uji aus. Pertama spesimen yang akan diuji yakni spesimen aspal dan spesimen karet ban disiapkan. Kemudian spesimen karet ban ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mengetahui berat awal dan hasilnya dicatat pada tabel pengujian. Selanjutnya spesimen aspal diletakkan pada *disk* dan spesimen ban dipasang pada pemegang *pin*.

Saat spesimen sudah terpasang pada alat uji, dilakukan kalibrasi. Proses kalibrasi pada alat ini bertujuan untuk memastikan keseimbangan antara lengan pemegang *pin* dengan beban penyeimbang/gaya normal sehingga berat lengan dan pemegang *pin* tidak berpengaruh pada pengujian (berat lengan dan pemegang *pin* tidak diperhitungkan) dengan langkah sebagai berikut: Pertama, memastikan beban penyeimbang berada pada posisi rapat dengan lengan kemudian memasang *waterpass* diatas lengan setelah itu, lengan disetel sesuai dengan tebal spesimen aspal. Lengan dibuat rata dengan bantuan *waterpass*. Langkah selanjutnya adalah memberikan beban pada pemegang *pin* dan menentukan kecepatan putar pada pengatur kecepatan sesuai pengujian yang akan dibuat (sesuai tabel pengujian) kemudian alat uji dijalankan selama waktu yang ditentukan.

Setelah mencapai waktu yang ditentukan, alat uji dimatikan kemudian spesimen material karet dilepas dari pemegang *pin*. Spesimen yang sudah dilepas ditimbang kembali untuk mengetahui berat akhir dan dicatat pada tabel pengujian.

Hasil dan Pembahasan

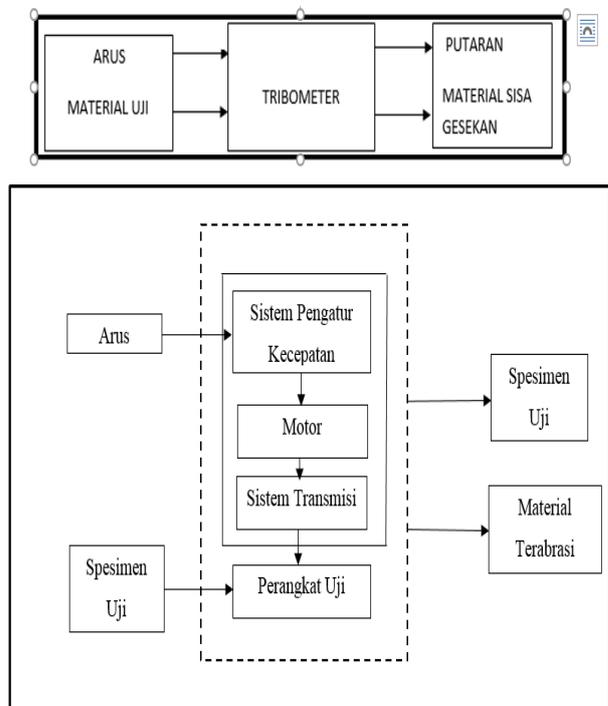
Hasil dan Pembahasan Perancangan. Hasil perancangan pada penelitian ini dibagi menjadi dua. Hasil yang pertama berupa konsep alat uji yang dipilih (konsep terbaik). Prosesnya sesuai metode perancangan VDI 2221 meliputi:

Pertama adalah membuat daftar acuan untuk penentuan spesifikasi awal dari alat (Tabel 1)

Tabel 1. Daftar Acuan Spesifikasi Alat

Parameter	Spesifikasi	Demand (D) / Wish (W)
Geometri	Dimensi perancangan	W
	Panjang	W
	Lebar	W
	Tinggi	W
Gaya	Kekakuan yang tinggi	D
	Titik berat yang tepat	D
	Mempergunakan motor listrik	D
	Bentuk rancangan hemat material	W
Energi	Energi berasal dari Listrik	D
	Energi yang digunakan kecil	W
Material	Komponen tidak mudah rusak	D
	Material mudah didapat	D
	Material tahan lama	D
Ergonomi	Bentuk proposional	W
Perakitan	Bisa untuk dibongkar pasang	W
Biaya produksi	Biaya pembuatan relatif murah	W

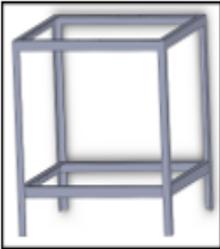
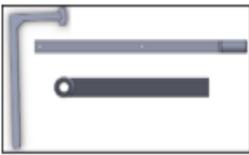
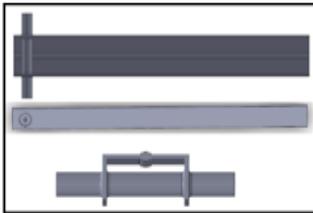
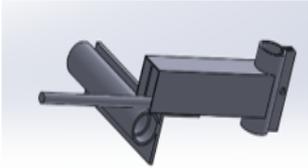
Setelah daftar spesifikasi awal dibuat langkah selanjutnya adalah menentukan struktur fungsi dari produk yang akan dibuat yang menyatakan bagaimana alur kerja dari produk (Gambar 2).



Gambar 2. Struktur fungsi alat uji keausan

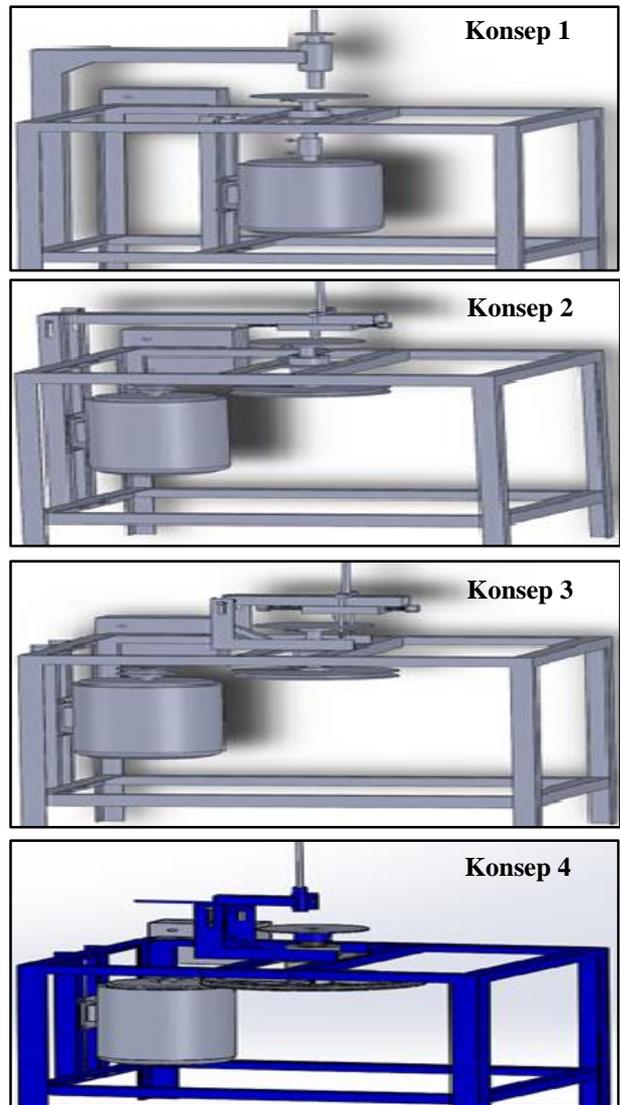
Langkah selanjutnya adalah harus menentukan beberapa konsep yang kemudian dipilih salah satu varian terbaik untuk dibuat secara nyata. Oleh

karna itu, untuk memudahkan pemilihan varian desain dibuat tabel pemilihan (Gambar 3).

B. Penerus Daya	
1. Dinamo langsung tersambung ke disk	
2. Transmisi Pully (V belt)	
C. Tingkat Kecepatan	
1. Tanpa tingkat Kecepatan	
2. Dengan Tingkat Kecepatan	
D. Rangka	
1. Rangka Utama Dengan Sambungan Las	
E. Lengan Pin Holder	
1. Lengan terikat pada rangka utama dengan pin holder di las pada ujung lengan	
2. Lengan terikat Pada dudukan dinamo dan pin holder bisa digerakkan pada lengan	
3. Lengan terikat pada dudukan Disk, pin holder dapat bergerak sepanjang lengan	
4. Lengan terikat pada dudukan Disk, ada datum/ gaya normal, pin holder dilas du ujung lengan	

Gambar 3. Daftar pilihan komponen untuk konsep desain

Dari tabel pemilihan tersebut, kemudian dibuat 4 varian konsep (Gambar 4)



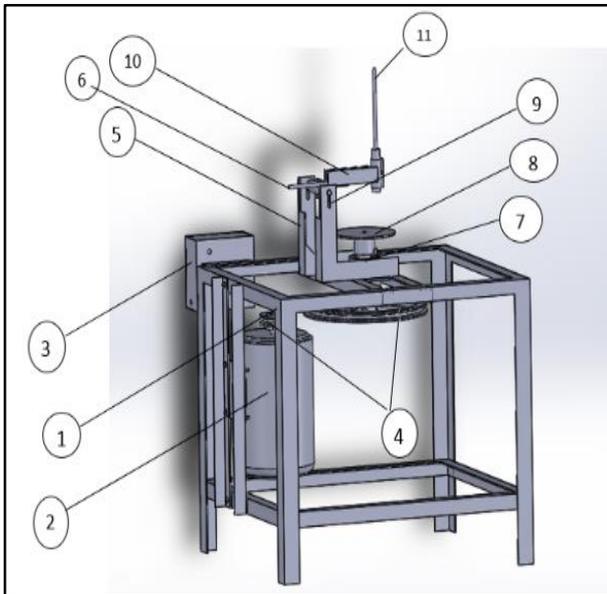
Gambar 4. Gambar model 4 konsep yang dibuat
 Dari varian konsep yang dibuat tersebut kemudian dipilih salah satu yang dianggap sebagai konsep terbaik dengan melihat tabel penilaian dan kekurangan-kelebihan alat.

Tabel 2. Pemilihan Konsep Terbaik

No	Kriteria	Bobot	Konsep			
			1	2	3	4
1	Dapat digunakan membuat gaya gesek (dapat digunakan untuk uji aus)	4	REFERENSI	S	S	S
2	holder pin bisa diatur sesuai kebutuhan	2		+	+	+
3	Konstruksi tribometer kuat	4		S	S	S
4	Model pembebanan	3		-	-	+
5	Harga pembuatan terjangkau	4		-	-	S
Jumlah bobot (+)			0	1	1	2
Jumlah bobot(-)			0	2	2	0
Nilai akhir			0	2	2	5

Lanjutkan	tidak	tidak	tidak	ya
-----------	-------	-------	-------	----

Konsep terbaik tersebut kemudian didesain dan dibuat gambar kerjanya. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar dibawah ini



Keterangan Gambar

- 1 Rangka
- 2 Dinamo Penggerak
- 3 Alat Pengatur Kecepatan
- 4 Pully
- 5 Penyangga Lengan
- 6 Gaya Normal/Datum
- 7 As Penerus Daya
- 8 Disk
- 9 Alur Setelan Lengan
- 10 Lengan
- 11 Pemegang Pin

Gambar 5. Desain alat uji *pin on disk*

Hasil yang kedua adalah alat uji yang sudah diwujudkannyatakan seperti pada Gambar 6



Gambar 6. Alat uji *pin on disk*

Tabel 4. Spesifikasi teknis alat uji keausan *pin on disk*

No	Spesifikasi	Nilai
1	Panjang total rangka	65 cm
2	Lebar total rangka	55 cm
3	Tinggi total rangka	60-120 cm
4	Daya Motor Listrik	1 HP
5	Perbandingsn Pully	1 : 4,125
6	Diameter disk	20 cm
7	Diameter pin max	2 cm
8	Putaran disk max	350 RPM
9	Tebal max spesimen abrasi (disk)	20 cm
10	Max pin load	10 kg

Alat uji ini menggunakan rangka dari besi siku. Dari segi ergonomi, rangka alat uji ini dapat ditentukan ketinggiannya (*adjustable*) menyesuaikan ketinggian pengguna alat uji, alat pengatur kecepatan ditempatkan di sudut atas rangka sehingga mudah dijangkau oleh pengguna alat uji alat pengatur kecepatan tersebut dibuat miring agar pengguna mudah melihat *display* alat pengatur kecepatan. Dari segi energi, alat uji ini menggunakan dinamo listrik dengan daya 1 HP sebagai motor penggerak. Daya tersebut dikonversi ke *disk* dengan menggunakan *Pully V-belt* dengan perbandingan 1:4,125. Hal ini bertujuan untuk mengurangi putaran sehingga motor penggerak bisa bekerja lebih optimal terutama saat pengujian dengan kecepatan putar *disk* yang rendah. *Disk* tersebut diikat pada as dengan 2 bantalan (*ball bearing*) dan ditempatkan di tengah rangka alat. Kedua bantalan tersebut berfungsi untuk menahan as pada posisi vertikal. Bantalan yang dipilih adalah bantalan yang dapat dilumasi dengan mudah sehingga lebih tahan lama dan bantalan jenis ini juga mudah didapat. Dari segi perakitan, alat ini relatif mudah untuk dibongkar pasang karena menggunakan sambungan baut dan alat ini juga mudah dalam perawatan seperti pelumasan dan pembersihan alat.

Spesimen *abrasive* diletakkan pada *disk* dengan menggunakan baut di bagian tengahnya. Pada penyangga lengan dibuat alur agar lengan dapat digeser sesuai tebal spesimen *abrasive*. Pada ujung lengan terdapat pemegang *pin* sebagai spesimen yang diuji keausannya dan pada ujung lainnya terdapat datum yang dapat diatur posisinya dan berguna sebagai *balancing*. Datum tersebut berguna untuk menyeimbangkan lengan sebelum pengujian dilakukan, terbuat dari besi cor (bahan bekas yang dibentuk menjadi datum dan di bor ditengah sesuai ukuran as pada lengan). Hal ini juga membuat

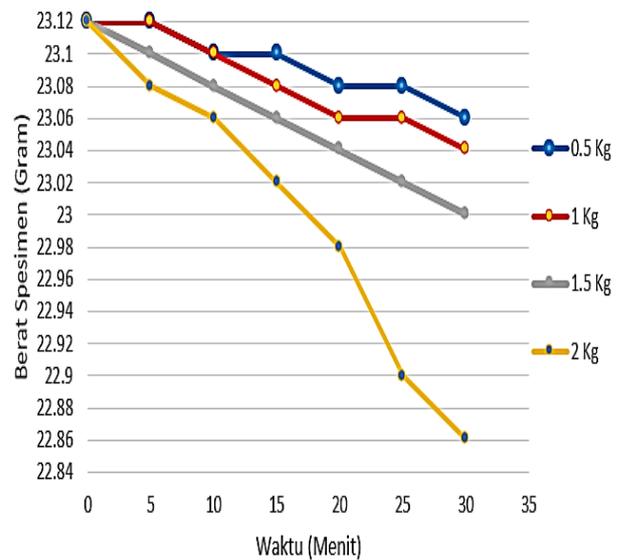
beban (*load*) yang diberi saat pengujian merupakan beban yang diterima oleh *pin* sehingga tidak diperlukan lagi perhitungan lain untuk mengetahui beban yang diterima *pin*. Pada poros lengan terdapat bantalan (*ball bearing*) untuk memastikan lengan dapat bergerak dengan lancar. Konstruksi dari lengan ini juga memungkinkan untuk pemberian beban dengan berat dan bentuk yang berbeda-beda sesuai kemauan penguji. Beban dapat dibuat dari besi yang dibubut sampai memiliki ukuran dan berat tertentu atau dari hasil cor aluminium bahkan dapat dibuat dari campuran semen dan dibentuk sedemikian rupa untuk mendapatkan berat yang diinginkan. Hal ini merupakan antisipasi dari mahalnya material logam untuk dijadikan bahan pemberat dan juga biaya untuk proses bubut. Beberapa komponen lainnya juga memanfaatkan bahan bekas seperti poros, *disk*, *balancing* dan pemegang *pin*, sehingga biaya produksi relatif jika dibandingkan dengan harga alat uji aus yang ada dipasaran.

Alat uji ini dapat digunakan untuk menguji keausan semua jenis bahan dengan prinsip *pin on disk*. Untuk membuktikan alat ini berfungsi dengan baik, alat ini akan digunakan untuk menguji keausan material karet ban dan aspal sebagai material pengujinya. Alat uji keausan pada umumnya lebih sering digunakan untuk menguji bahan yang keras seperti aluminium, tembaga dan baja sehingga pemilihan spesimen uji ini juga bertujuan untuk membuktikan bahwa alat ini dapat digunakan untuk menguji keausan berbagai bahan bahkan dengan spesimen lunak yakni aspal dan karet ban.

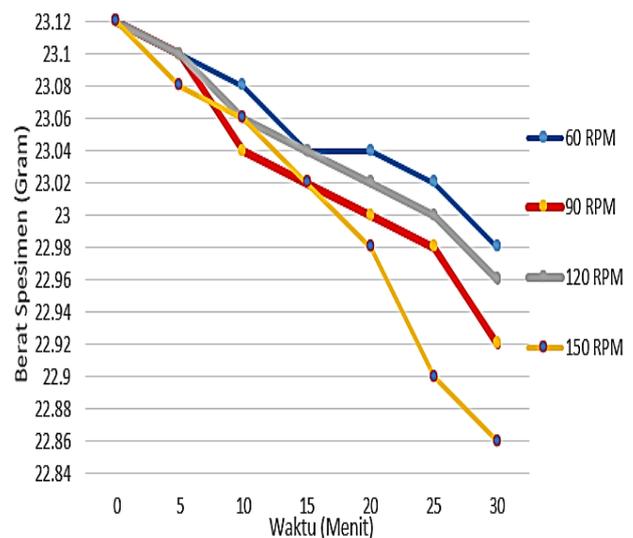
Hasil dan pembahasan Pengujian. Parameter yang divariasikan adalah kecepatan *disk* dan beban pada *pin*. Kecepatan *disk* divariasikan 60 Radius per menit (rpm), 90 rpm, 120 rpm dan 150 rpm sedangkan beban pada *pin* divariasikan 0.5 kg, 1 kg, 1.5 kg dan 2 kg. Dalam pelaksanaan pengujian ini, data yang diambil adalah berat spesimen dengan pengambilan data (berat spesimen) setiap lima menit selama 30 Menit

Gambar 7 menggambarkan pengurangan berat pada setiap spesimen dengan variasi pembebanan 0.5 Kg, 1 Kg, 1.5 Kg dan 2 Kg. Sedangkan Gambar 8 menggambarkan pengurangan berat pada setiap spesimen dengan variasi kecepatan antara 60 rpm, 90 rpm, 120 rpm dan 150 rpm. Kedua grafik tersebut menjelaskan bahwa setiap spesimen yang diuji mengalami pengurangan berat selama waktu pengujian baik dengan variasi pembebanan maupun variasi kecepatan *disk*. Hasil ini membuktikan bahwa alat uji keausan yang dibuat telah memiliki prinsip alat uji keausan dan sudah dapat digunakan untuk pengujian keausan baik pengujian dengan

variasi pembebanan maupun variasi kecepatan putar *disk* dibuktikan dengan adanya pengurangan berat pada setiap spesimen yang diuji.



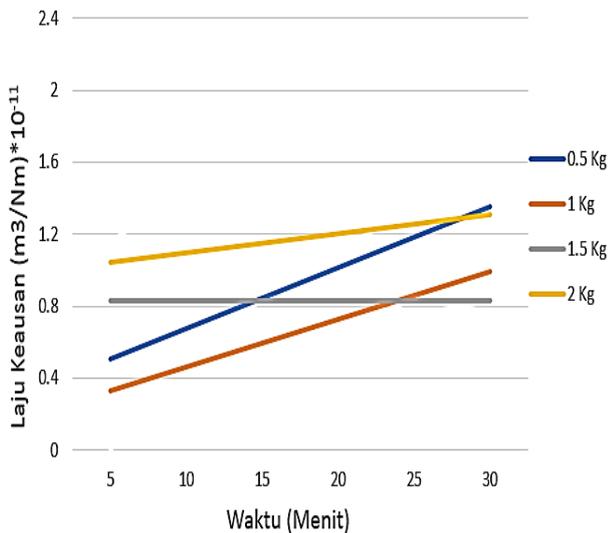
Gambar 7. Grafik hubungan antara berat spesimen terhadap waktu pengujian pada kecepatan 150 rpm



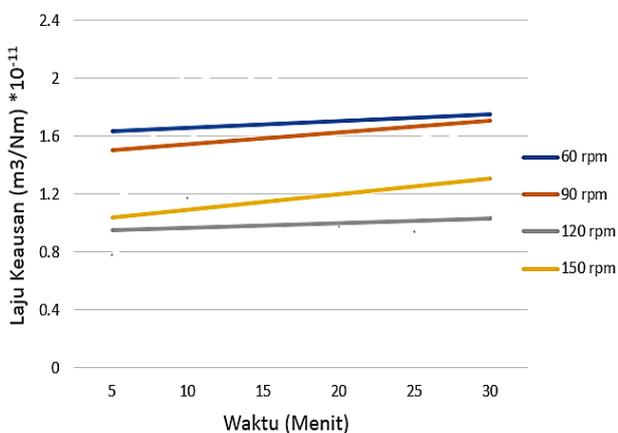
Gambar 8. Grafik hubungan antara berat spesimen terhadap waktu pengujian pada beban 2 kg

Gambar 9 dan Gambar 10 merupakan Grafik hubungan antara laju keausan terhadap waktu pengujian. Gambar 9 menunjukkan laju keausan dipengaruhi oleh waktu pengujian dan pembebanan dimana semakin lama waktu pengujian dan semakin bertambah beban yang diberikan akan membuat laju keausan semakin naik. Khusus untuk grafik pada beban 1 Kg yang laju keausannya lebih rendah dari grafik pada beban 0,5 Kg. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor kekerasan dan bentuk permukaan dari spesimen ban yang digunakan, dimana spesimen yang digunakan

adalah aspal yang sebelumnya sudah diuji oleh pihak pekerjaan umum sehingga ada kemungkinan kekerasan tiap spesimen dan kekasaran permukaan tiap spesimen berbeda. Selanjutnya, Gambar 10 menggambarkan hubungan antara laju keausan dengan waktu pengujian dan kecepatan putaran *disk*. Pada grafik ini, laju keausan dipengaruhi oleh waktu pengujian dimana laju keausan semakin naik seiring bertambahnya waktu pengujian. Namun ketika dilihat dari faktor kecepatan putar *disk*, Grafik tidak menunjukkan hubungan yang jelas. Pada Grafik, laju keausan tertinggi adalah saat kecepatan putar *disk* 60 rpm, laju keausan pada kecepatan putar *disk* 150 rpm lebih rendah dari laju keausan pada kecepatan putar *disk* 60 rpm, laju keausan pada kecepatan putar *disk* 150 rpm lebih tinggi dari laju keausan pada kecepatan putar *disk* 120 rpm. Berdasarkan hasil yang digambarkan oleh Gambar 10 dapat dikatakan bahwa kecepatan putaran *disk* tidak mempengaruhi laju keausan.



Gambar 9. Grafik hubungan antara laju keausan terhadap waktu pengujian pada kecepatan 150 rpm



Gambar 10. Grafik hubungan antara laju keausan terhadap waktu pengujian pada pembebanan 2000 gram

Kesimpulan

Dengan metode perancangan VDI 2221, dapat dibuat alat uji keausan dengan teknik pemilihan varian terbaik. Penerapan metode tersebut berhasil dibuktikan dengan pemilihan konsep 4 sebagai konsep terbaik dan konsep tersebut dapat menghasilkan alat uji keausan *pin on disk*. Selanjutnya alat tersebut terbukti dapat digunakan untuk pengujian keausan material, dibuktikan dengan hasil pengujian antara spesimen ban dan spesimen aspal dimana pengujian yang dilakukan menghasilkan laju keausan material berdasarkan variasi parameter pengujian pembebanan dan kecepatan gesekan. Hasil ahir dari penelitian ini berupa gambar detail alat, wujud nyata alat, dan hasil dari proses pengujian pada alat tersebut.

Referensi

- [1] Al Faruqi, M.S., 2014. Rancang bangun dan uji alat tribometer tipe pin on disk. Skripsi, UNS. Informasi dari <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/42616/Rancang-Bangun-Dan-Uji-Alat-Tribometer-Tipe-Pin-On-Disk> (diakses pada 07-05-2018)
- [2] Yuntoro, M., 2008. Perancangan alat pengering kertas dengan metode VDI 2221. Skripsi, Universitas Mercu Buana. Informasi dari <https://anzdoc.com/perancangan-alat-pengering-kertas-dengan-metode-vdi-2221.html> (diakses pada 07-05-2018)
- [3] Isranuri, I., Suprianto, Aditya, W., 2012. Analisa pengaruh beban terhadap laju keausan AL-Si alloy dengan metode *pin on disk test*. Jurnal Dinamis, Vol.II, No. 10. pp. 32-39.
- [4] Isranuri, I., Jamil., Suprianto., 2011. Pengaruh putaran terhadap laju keausan AL-Si alloy dengan metode *pin on disk test*. Jurnal Dinamis, Vol.II, No.08. pp. 9-13.
- [5] Bale, J.S., 2009. Perubahan faktor keausan *die drawn* UHMWPE akibat tegangan kontak untuk aplikasi sendi lutut tiruan. Jurnal Teknik Mesin, Vol.11, No.2. pp. 97-102.
- [6] Solichin, M., Kaelani, Y., 2012. Studi eksperimental laju keausan (*specific wear rate*) antara ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) dengan *stainless steel* sebagai sendi lutut buatan (*total knee joint replacement*) manusia. Jurnal UPT Perpustakaan ITS. Informasi dari <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-23976-2108100083-Paper.pdf> (diakses pada 08-05-2018)
- [7] ASTM. Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus. Designation: G 99-95a