

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Referensi

Berbagai penelitian tentang koefisien gesek ini sudah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti. Ada beberapa tinjauan pustaka yang melandasi munculnya gagasan untuk meneliti judul yang ditulis karena adanya dorongan untuk mencari metode baru dalam menghitung koefisien gesek suatu material atau benda sehingga dapat membantu dalam menyusun proposal penelitian ini. Berikut ini adalah beberapa jurnal penelitian yang mengangkat tentang materi yang disajikan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Siregar dan Kaelani, 2017) tentang Studi Eksperimental Kedalaman Aus dan Koefisien Gesek Akibat *Stick-Slip* pada *Reciprocating Wear*. Metode yang dilakukan adalah pengujian eksperimental menggunakan tribometer tipe *pin-on plate*. Dari hasil penelitian ini didapatkan semakin besar pembebanan maka semakin besar keausan yang ditimbulkan oleh gesekan *stick-slip*. Selisih kedalaman titik gesekan *stick-slip* dan titik gesekan *sliding* pada pembebanan 20 N sebesar 39,5 μm lebih kecil daripada pembebanan 30 N sebesar 40,5 μm , 30 N lebih kecil daripada 40 N sebesar 73 μm . Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar pembebanan maka semakin besar keausan yang ditimbulkan oleh gesekan *stick-slip*. Nilai koefisien gesek pada area *stick-slip* dengan pembebanan 20 N sebesar 3.064677686, 30 N sebesar 2.624380797 dan 40 N sebesar 1.552499331 cenderung menurun seiring dengan meningkatnya besar pembebanan.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Dewi dkk., 2012), melakukan percobaan untuk untuk menentukan koefisien gesekan statis dan koefisien gesekan kinetis antara dua permukaan. Metode yang digunakan adalah balok dan beban dihubungkan dengan benang nilon. Balok diletakkan di atas sebuah papan, kemudian benang nilon dihubungkan dengan katrol dan beban dibiarkan menggantung. Setelah itu diberikan gaya luar dengan cara menjatuhkan beban pada papan sampai balok bergerak sedikit (untuk μs)

dan bergerak lurus berubah beraturan (untuk μ_k). Dengan memanipulasi massa benda m_1 dan m_2 pada tiap percobaan, sehingga didapatkan nilai koefisien gesek statis sebesar $(0,38 \pm 0,012)$ dengan taraf ketelitian sebesar 96,84%. Sedangkan nilai koefisien gesek kinetis sebesar $(0,34 \pm 0,042)$ dengan taraf ketelitian sebesar 87,65%. Sehingga hasil tersebut sudah sesuai dengan teori bahwa $\mu_s > \mu_k$.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Priyono, 2014), dengan menggunakan metode tracking video untuk mengukur koefisien gesek kinetik suatu benda yang meluncur di atas permukaan bidang miring. Sebagai sampel digunakan balok aluminium dan bidang aluminium berlapis cat tipis. Eksperimen dilakukan dengan cara melepaskan balok dari puncak bidang miring dan merekam gerakan balok selama meluncur menggunakan video recorder. Selanjutnya dilakukan analisa video melalui proses tracking untuk mendapatkan informasi besarnya kecepatan balok setiap saat. Pengolahan data dilakukan melalui proses fitting menurut persamaan linear antara kecepatan luncur balok dengan waktu. Koefisien gesek kinetis diperoleh melalui gradien grafik. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh nilai koefisien gesek kinetis aluminium-aluminium $\mu_k = 0.335 \pm 0.002$. Dari lima kali pengujian, variasi besarnya sudut kemiringan tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap besarnya koefisien gesek kinetis.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Fitrianto dkk., 2015) melakukan penelitian untuk menganalisa koefisien gesek permukaan terhadap viskositas pelumas pada bidang miring. Penelitian ini menggunakan jenis pelumas SAE 20, SAE 90 dan SAE 140. Spesimen yang digunakan pada uji gesek adalah baja ST 37. Pengujian dilakukan dengan tanpa pelumas dan dengan pelumas yang berbeda viskositasnya yaitu oli SAE 20, SAE 90 dan SAE 140. Hasil penelitian menunjukkan pada kondisi tanpa pelumas, dengan pelumas SAE 20 dan SAE 90, semakin kasar permukaannya semakin besar sudut gesek dan koefisien geseknya. Sedangkan pada kondisi pelumas SAE 140 terjadi penurunan sudut gesek dan koefisien gesek dengan bertambahnya kekasaran permukaan. Pada specimen halus dalam kondisi dengan pelumas, semakin kental

viskositasnya sudut geseknya semakin besar. Pada specimen kasar dengan kondisi pelumas, semakin tinggi viskositas pelumasnya sudut geseknya semakin kecil

Dari beberapa *literature review* di atas, tujuannya adalah untuk mencari koefisien gesek, yang membedakannya hanya metode, variable ujinya dan spesimen atau material yang digunakan untuk membuat perbandingan yang beragam, sehingga dapat membantu dalam pembuatan laporan penelitian ini.

2.2 Teori Dasar

2.2.1 Pengertian Gaya Gesek

Gaya gesek selalu bekerja pada permukaan benda padat yang saling bersentuhan, sekalipun benda tersebut sangat licin. Permukaan benda yang sangat licin pun sebenarnya sangat kasar dalam skala mikroskopis. Ketika sebuah benda bergerak, tonjolan-tonjolan mikroskopis ini mengganggu gerak tersebut. Pada tingkat atom, sebuah tonjolan pada permukaan menyebabkan atom-atom sangat dekat dengan permukaan lainnya, sehingga gaya-gaya listrik di antara atom dapat membentuk ikatan kimia, sebagai penyatu di antara dua permukaan benda yang bergerak. Ketika sebuah benda bergerak, misalnya ketika anda mendorong sebuah buku pada permukaan meja, gerakan buku tersebut mengalami hambatan dan akhirnya berhenti. Hal ini disebabkan karena terjadi pembentukan dan pelepasan ikatan tersebut (Giancoli, 2001:102).

Jika permukaan suatu benda bergesekan dengan permukaan benda lain, masing-masing benda tersebut mengerjakan gaya gesek antara satu dengan yang lain. Gaya gesek pada benda yang bergerak selalu berlawanan arah dengan arah gerakan benda tersebut. Selain menghambat gerak benda, gesekan dapat menimbulkan aus dan kerusakan. Hal ini dapat kita amati pada mesin kendaraan. Misalnya ketika kita memberikan minyak pelumas pada mesin sepeda motor, sebenarnya kita ingin mengurangi gaya gesekan yang terjadi di dalam mesin. Jika tidak diberi minyak pelumas maka mesin

kendaraan kita cepat rusak. Contoh ini merupakan salah satu kerugian yang disebabkan oleh gaya gesek (Giancoli,2001: 102).

Terdapat dua jenis gaya gesek yakni gaya gesek statis (f_s) dan gaya gesek kinetis (f_k). Gaya gesek statis bekerja ketika benda belum bergerak sedangkan gaya gesek kinetik bekerja ketika benda sedang bergerak. Jika anda mendorong sebuah meja tetapi meja belum bergerak maka gaya gesek yang bekerja pada meja yang sedang diam adalah gaya gesek statis. Sebaliknya ketika meja sedang bergerak, gaya gesek yang bekerja pada meja adalah gaya gesek kinetis. Apabila meja yang sedang bergerak tidak tetap didorong, meja akan berhenti setelah bergerak beberapa saat. Meja berhenti akibat adanya gaya gesek kinetis yang menghambat gerakan meja (Tipler, 2001: 122).

Gaya gesek adalah gaya yang bekerja pada dua permukaan yang saling bersentuhan dan arahnya berlawanan dengan arah gerak benda.

$$f = \mu \times N \quad (2.1)$$

Keterangan :

f_g : gaya gesek

μ : koefisien gaya gesek

N : gaya normal

Gaya gesek dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Gaya gesek statis (f_s)

Gaya gesek statis adalah gaya gesek yang bekerja pada benda ketika benda diam. gesek statik maksimum adalah gaya terkecil yang dibutuhkan agar benda mulai bergerak. Gaya gesek statik maksimum :

- a) Tidak tergantung luas daerah kontak.
- b) Sebanding dengan gaya normal. *Gaya normal* muncul akibat deformasi elastik benda-benda yang bersinggungan. $f_s \leq \mu_s N$

$$f_s = \mu_s \times N \quad (2.2)$$

2. Gaya gesek kinetis (f_k)

Gaya gesek kinetis adalah gaya gesek yang bekerja pada benda ketika benda bergerak. Besar gaya gesek kinetis lebih kecil daripada gaya gesek statis maksimum. $f_k \leq f_s$ maksimum

$$f_k = \mu_k \times N \quad (2.3)$$

Tabel 2.1 Koefisien Gesekan Antara Beberapa Material

BAHAN	μ_s	μ_k
Besi pada Baja	0,74	0,57
Aluminium pada Baja	0,61	0,47
Tembaga pada Baja	0,53	0,36
Kuningan pada Baja	0,51	0,44
Seng pada Besi	0,83	0,21
Tembaga pada Besi	1,05	0,29
Kaca pada Kaca	0,94	0,40
Tembaga pada Kaca	0,68	0,53
Teflon pada Teflon	0,04	0,04
Karet pada Beton (kering)	1,00	0,80
Karet pada Beton (basah)	0,30	0,25

2.2.2 Keuntungan dan Kerugian Akibat Gaya Gesekan

Setiap gaya gesekan pasti terjadi dampak, mulai dari dampak yang merugikan hingga menguntungkan Berikut ini adalah berbagai keuntungan dan kerugian akibat adanya gaya gesekan dalam kehidupan sehari – hari .

1. Gaya gesekan yang menguntungkan

berikut beberapa keuntungan dari gaya gesek :

- a. Seseorang berjalan di atas tanah , karena ketika kaki menekan tanah ke arah belakang, ada gaya gesekan antara telapak kaki dan permukaan tanah yang menimbulkan reaksi , di mana tanah mendorong telapak kaki ke depan.
- b. Gesekan pada piringan rem sepeda motor atau gesekan antara rem dan pelek sepeda digunakan untuk proses pengereman.

- c. Gesekan udara pada parasut yang terbentang memungkinkan penerjun dapat mendarat di tanah dengan perlahan dan selamat.
 - d. Jalan raya dibuat permukaannya kasar agar terjadi gaya gesekan antara ban mobil dan permukaan jalan raya sehingga mobil dapat bergerak atau tidak mudah tergelincir.
 - e. Sepatu olahraga telapaknya dibuat kasar agar pemain olah raga tidak mudah terpeleset.
 - f. Gesekan terjadi ketika sebuah tuas rem ditekan sehingga bantalan rem membuat gerakan roda melambat, ketika sebuah kapal boat melaju di atas air, dan ketika penerjun bebas jatuh di angkasa.
 - g. Ban mobil dibuat bergerigi sehingga terjadi gesekan antara ban dan permukaan jalan untuk memutar ban dan menghindari mobil tergelincir ketika jalanan licin.
2. Gaya gesekan yang merugikan

Jika permukaan benda bergesekan dengan permukaan benda lain, masing-masing benda tersebut melakukan gaya gesekan antara satu dengan yang lain. Gaya gesekan pada benda yang bergerak selalu berlawanan arah dengan arah gerakan benda tersebut. Selain menghambat gerak benda, gesekan dapat menimbulkan aus dan kerusakan.

Berikut beberapa kerugian dari gaya gesek :

- a. Gesekan antara bagian-bagian mesin mobil dapat menimbulkan panas, maka mesin harus diberi minyak pelumas atau oli.
- b. Gesekan antara roda dan poros dapat menghambat putaran roda, maka perlu dipasang bola-bola peluru.
- c. Gesekan udara menghambat laju mobil, maka bentuk mobil perlu didesain yang aerodinamis

2.2.3 Memperbesar dan Memperkecil Gaya Gesekan

Gaya gesekan bisa diperbesar atau diperkecil sesuai dengan tujuannya. Dalam kehidupan sehari-hari banyak jumpai cara yang dilakukan

untuk memperkecil atau memperbesar gaya gesekan, cara diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Cara Memperbesar Gaya Gesekan :
 - a. Memasang karet pada benda.
 - b. Dibuat beralur, misalnya pada ban kendaraan dan alas sepatu dibuat beralur untuk memperbesar gaya gesekan sehingga kendaraan tidak mudah tergelincir.
 - c. Memberi magnesium pada tangan pemanjat tebing.
 - d. Memperlebar permukaan, seperti pada parasut.

2. Cara Memperkecil Gaya Gesekan
 - a. Memperlincin permukaan, dengan cara memberi minyak pelumas atau mengampelas permukaan.
 - b. Memisahkan kedua permukaan yang bersentuhan dengan udara, misal kapal yang bagian dasarnya diberi pelampung yang diisi udara.
 - c. Meletakkan benda di atas roda – roda, sehingga benda lebih mudah bergerak.
 - d. Memberi bantalan peluru, as roda diberi bantalan peluru agar tidak cepat aus.
 - e. Memberi lobang pada spanduk
 - f. Mengurangi beban

Usaha dalam mengurangi gaya gesekan telah dilakukan sejak ribuan tahun yang lalu. Ilmu yang mempelajari tentang gaya gesek dan cara untuk mengurangi besarnya gaya gesek disebut tribologi. Dalam literatur kuno didapatkan bahwa bangsa-bangsa peradaban tua seperti Mesir dan Assyria sudah memakai prinsip-prinsip tribologi dalam kegiatan keseharian mereka ribuan tahun lalu. Diketahui bahwa di jaman itu, ketika memindahkan barang yang berat mereka menggunakan minyak hewan untuk melicinkan permukaan.

Karena tribologi dan gesekan tidak bisa dipisahkan, penting untuk menelusuri sejarah manusia modern mencoba membedah fenomena

gesekan. Leonardo Da Vinci (1452-1519) yang mula-mula merumuskan cara mengurangi gesekan dalam bentuk yang nyata dan terstruktur. Leonardo Da Vinci meninggalkan sketsa *ball bearing* kayu yang sangat mirip dengan *ball bearing* logam yang dipakai saat ini. Di dunia modern sekarang, hampir semua alat yang bergerak memakai *bearing*. Diilhami oleh Da Vinci, hukum-hukum fisika mengenai gesekan dirumuskan oleh dua ilmuwan yaitu Amontons (1699) dan Coulomb (1751) dan disebut Hukum Gesekan Amontons-Coulomb. Hukum ini sederhana berisi empat butir postulat ;

- a. Gaya gesekan pada permukaan yang bersentuhan berbanding lurus dengan gaya tegak lurus pada permukaan tersebut.
- b. Gaya gesekan tidak bergantung pada luas proyeksi permukaan yang bersentuhan
- c. Gaya gesekan tidak berhubungan dengan kecepatan sliding permukaan.
- d. Gaya gesekan statis lebih besar daripada gaya gesekan dinamis

Postulat 1 dan 2, terbukti melalui penelitian akurat untuk gesekan Benda padat. Sementara itu, postulat 3 dan 4 dalam beberapa kasus tidak sesuai dengan hasil percobaan. Selama lebih dari dua ratus tahun hukum gesekan di atas (terutama hukum 1 dan 2) dipakai secara luas dan hampir semua disain alat mekanik modern menerapkan hukum ini.

Ketika sebuah benda berguling di atas suatu permukaan (misalnya roda kendaraan yang berputar atau bola yang berguling di tanah), gaya gesekan tetap ada walaupun lebih kecil dibandingkan dengan ketika benda tersebut meluncur di atas permukaan benda lain. Gaya gesekan yang bekerja pada benda yang berguling di atas permukaan benda lainnya dikenal dengan gaya gesekan rotasi. Sedangkan gaya gesekan yang bekerja pada permukaan benda yang meluncur di atas permukaan benda lain (misalnya buku yang didorong di atas permukaan meja) disebut sebagai gaya gesekan translasi. Pada kesempatan ini kita hanya membahas gaya gesekan translasi, yaitu gaya gesekan yang bekerja pada benda padat yang meluncur di atas benda padat lainnya.

2.2.4 *Prony Brake Dynamometer*

Pengujian ini menggunakan alat dengan sistem *prony brake*. *Prony brake* adalah sebuah tipe sederhana dari *dynamometer* yang berfungsi untuk mengukur jumlah torsi yang ditimbulkan oleh sebuah kendaraan bermotor atau mesin dalam rangka untuk memutuskan rem bertenaga besar. Dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan untuk mengukur torsi dari mesin-mesin besar seperti pada mobil. alat ini tidak cocok digunakan untuk mengukur torsi pada mesin-mesin kecil seperti kipas angin, dan mesin cuci.

Alat ini ditemukan oleh Gaspard Riche dan Baron de Prony sekitar dua abad yang lalu. Gaspard de Prony Riche adalah satu dari 72 nama yang tertulis di Menara Eiffel yang terkenal di Perancis. Beliau adalah seorang insinyur Perancis dan matematikawan yang unggul dalam bidang hidrolika. Sebagai guru besar matematika di Ecole Polytechnique dan direktur Ecole des Ponts et Chaussées, beliau memiliki peran penting dalam pengembangan bidang matematika. Tidak hanya dengan menciptakan dynamometer, ia juga mengusulkan ide untuk menggunakan bandul reversibel untuk mengukur gravitasi. Beliau adalah penemu Prony Brake Dynamometer yang merupakan satu dari sekian banyak penemuan ilmiah terpenting di dunia. Pada tahun 1821, insinyur asal Perancis tersebut memperkenalkan alat tersebut kepada masyarakat. Karena desain dan efektivitasnya yang sangat baik, Prony Brake masih digunakan hingga saat ini. Belum ada pembaruan yang signifikan terhadap desain aslinya. Desain alat ini masih cukup bagus dan cocok digunakan di era sekarang.

Prinsip kerja yang digunakan pada Prony Brake Dynamometer sangat sederhana. Alat ini menggunakan prinsip fisika torsi. Torsi dapat dihitung dari gesekan yang diukur dari sabuk kulit saat mesin sedang bekerja. Ketika mesin telah mencapai batas kerja maksimal, disarankan untuk mengencangkan tali dan meningkatkan gesekan. Dengan membandingkan tarikan dari kedua sisi sabuk, torsi dapat dihitung. Prinsip kerja yang sederhana ini dapat dijadikan suatu parameter untuk mengukur energi yang setara dengan *Horse Power*. *Prony Brake dynamometer* adalah

alat sederhana yang biasa digunakan untuk mengukur besar daya pada motor gas atau mesin

2.2.5 Material VCN

A. Karakteristik material

Material VCN merupakan nama dagang, dari baja paduan Nickel, Crom dan Molybdenum dengan kandungan karbon menengah. Material ini memiliki ketangguhan, kekuatan serta keuletan yang baik dan memiliki kemampuan untuk dikeraskan yang cukup baik, karena relatif bebas dari *temper embrittlement*.

B. Standard Ekuivalen

Thyssen 6582, DIN 34NiCrMo6, ASSAB 705, AISI 4340, JIS SNCM 439, Atlas Ultimo 200

C. Komposisi Kimia

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Material VCN

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo
0.38 –	0.20 –	0.60 –	0.040	0.40	1.65 –	0.70 –	0.20 –
0.43	0.35	0.80	(Max)	(Max)	2.00	0.90	0.30

Berikut adalah pengaruh dari penambahan unsur paduan terhadap sifat baja:

1. Karbon

Karbon merupakan unsur penting dalam proses pengerasan, hal ini dikarenakan karbon yang akan bereaksi dengan fe (besi) yang akan membentuk karbida (Fe_3C).dimana dengan meningkatnya jumlah karbon, kekuatan pada baja akan naik, tetapi keuletan (*ductility*) dan sifat mampu las (*weldability*) menurun.

2. Mangan

Mangan merupakan *austenite former*, yang berfungsi sebagai *deoxidizer* dan *desulfurizer*. Mangan merupakan unsur yang menguntungkan dalam kualitas permukaan (kecuali pada *rimmed steel* dengan kondisi karbon yang sangat rendah), karena mangan dapat mengikat sulfide sehingga memperkecil terbentuknya sulfida besi dan mereduksi resiko dari *red-shortness* atau kerentanan terhadap timbulnya retakan saat pengerjaan panas.

3. Silikon

Silikon berfungsi sebagai *deoxidizer*. Silikon juga dapat menaikkan *hardenability* dalam jumlah yang sedikit, tetapi dalam jumlah yang banyak akan menurunkan keuletan. Selain itu dengan silikon butiran ferrite lebih seragam.

4. Chrom

Chromium merupakan elemen penting setelah karbon. Chromium salah satu unsur-unsur pembentuk karbida dan dapat meningkatkan ketahanan korosi dengan membentuk lapisan pasif pada permukaan untuk ketahanan reaksi oksidasi

5. Nikel

Nikel merupakan unsur pembentuk *noncarbide* pada baja. Nikel merupakan unsur pembentuk austenite. Nikel meningkatkan mampu keras pada baja. Dimana, bila dikombinasikan dengan Cr dan Mo akan menghasilkan sifat mampu keras, ketangguhan (*impact toughness*) dan *fatigue resistance* pada baja.

6. Molybdenum

Molybdenum dapat menguatkan fasa ferrit dan menaikkan kekuatan baja tanpa kehilangan keuletan. Unsur ini juga dapat berfungsi sebagai penyetabil karbida, sehingga mencegah pembentukan grafit pada pemanasan yang lama. Karena itu penambahan Mo kedalam baja dapat menaikkan kekuatan dan ketahanan terhadap creep pada suhu tinggi

7. Phospor

Phosfor dapat menaikkan kekuatan dan kekerasan, tetapi juga menurunkan keuletan dan ketangguhan impak.

8. Sulfur

Meningkatnya kandungan sulfur, dapat menyebabkan red shortness. Sulfur mempunyai efek yang berbahaya terhadap *transverse ductility, notch impact toughness*, mampu las dan kualitas permukaan (terutama pada baja karbon yang sangat rendah dan baja karbon dengan kandungan mangan yang rendah) tetapi memiliki efek yang kecil terhadap longitudinal *mechanical properties*.

D. Sifat Mekanik

Hardening Temp : 820 – 850 C

Ouenching Medium : Oil

Hardness as Supplied : 220 – 250 BHN

E. Aplikasi

Automotive crankshafts dan rear axle shafts, aircrafts crankshafts, connecting rods, propeller hubs, gears, drive shafts, landing gear parts dan heavy duty parts of rock drill

2.2.6 Material *Bronze* atau Perunggu

A. Karakteristik Material

Perunggu adalah tembaga yang dipadu dengan bahan lainnya. Umumnya bahan yang ditambahkan adalah timah, tapi terkadang bahan lain seperti arsen, fosfor, aluminium, mangan, dan silikon juga dapat dicampurkan untuk menghasilkan produk yang memiliki sifat yang berbeda. Semua bahan ini menghasilkan paduan yang jauh lebih keras dari pada tembaga murni saja.

Perunggu memiliki karakter warna emas kekusaman. Anda juga bisa membedakan antara Perunggu dan kuningan karena di permukaan Perunggu akan memiliki lingkaran-lingkaran samar seperti cincin.

B. Sifat Material

Perunggu memiliki sifat yang membuatnya berguna dalam aplikasi industri. Yang pertama adalah Perunggu adalah logam yang minim gesekan, sehingga sangat berguna untuk bagian-bagian mesin dan aplikasi lain yang melibatkan kontak antara logam dan logam, seperti roda gigi. Perunggu juga memiliki sifat tahan terhadap proses korosi (karat) yang ditimbulkan oleh oksidasi logam dengan zat asam atau Oksigen (O₂), sehingga Perunggu dapat bertahan lama walaupun ditempatkan pada udara terbuka. Dibandingkan dengan baja (Campuran besi dengan zat lain), Perunggu memiliki titik leleh lebih rendah, berat jenis yang hampir sama (sekitar 10% lebih berat), lebih lunak dan lebih elastis. Perunggu juga memiliki konduktivitas listrik dan panas yang lebih baik dibandingkan dengan baja.

C. Peleburan Material

dikenal sebagai logam campuran yang tahan terhadap korosi, keras dan awet, sehingga banyak dilebur sebagai bahan berbagai perlengkapan keperluan hidup manusia. Aliase (campuran yang terbentuk karena pelelehan) ini banyak digunakan seperti untuk membuat meriam (campuran 90% tembaga dan 10% timah), aluminium (campuran 90% tembaga dan 10% aluminium), teropong (70% tembaga, 30% timah), genteng (80% tembaga dan 20% timah) dan asam (82-88% tembaga dan 2-8% timbel, 8-10% timah dan 0,2% seng).

D. Pemanfaatan Perunggu

Pemanfaatan perunggu didasarkan pada sifat-sifatnya yang menguntungkan, baik secara fisik, mekanik maupun kimia. Sifat perunggu yang cukup keras tetapi elastis dan memiliki titik leleh rendah memudahkan perunggu ditempa atau dicetak antara lain menjadi

perhiasan, patung, medali untuk penghargaan, peralatan rumah tangga dan dalam aplikasi industri seperti *bushings* dan *bearings*, dikarenakan perunggu memiliki tingkat gesekan logam yang rendah. Sifat perunggu yang tahan terhadap korosi membuatnya sering digunakan sebagai pelapis logam lain untuk menghindari proses korosi, seperti untuk bahan pembuatan kapal laut. Disamping itu, sifat perunggu yang memiliki kualitas resonansi (bunyi) yang baik, membuat perunggu banyak digunakan untuk membuat gong, lonceng dan peralatan musik tradisional seperti gamelan.