

BAB II

DASAR TEORI

2.1.Kajian Pustaka

Penelitian tentang las gesek mulai banyak dilakukan. Beberapa penelitian yang sudah dimulai meneliti tentang las gesek membahas tentang kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro. Razzaq,R.,2011 menganalisis tentang kekuatan tarik, struktur mikro dan struktur mikro las gesek baja karbon rendah. Hasil dari penelitian tersebut diperoleh rata-rata kekuatan tarik adalah sebesar 118,505 MPa pada putaran pengelasan 950 rpm. Pada pengelasan dengan putaran 950 rpm didapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik adalah sebesar 185,505 MPa. Dengan nilai waktu rata-rata adalah 10,30 detik. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Razzaq dapat disimpulkan bahwa semakin tingginya putaran motor (rpm) maka semakin tinggi juga kekuatan tarik yang dihasilkan dari proses pengelasan gesek.

Frayudi.A., 2013 meneliti tentang pengaruh waktu gesek pada pengelasan gesek untuk baja karbon rendah terhadap kekuatan tarik dan kekerasan mikro. Didapatkan hasil nilai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen dengan waktu pemanasan 8 menit sebesar 305,15 MPa. Untuk nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah las sebesar 212,8 VHN. Sedangkan daerah HAZ rata-rata kekerasannya adalah 174,08 VHN. Di daerah logam induk rata-rata kekerasannya 158,96 VHN. Pada daerah yang jauh dari titik las gesek strukturnya tidak mengalami perubahan. Disimpulkan semakin tinggi kekuatan tariknya semakin besar kecenderungan untuk berubah bentuk.

Satoto,I.,2011 juga meneliti tentang kekuatan tarik, struktur mikro dan struktur makro lasan stainless steel dengan las gesek. Diperoleh rata-rata kekuatan tarik pada putaran pengelasan 950 rpm adalah sebesar 167,99 MPa. Dengan waktu 63,67 detik nilai kekuatan tarik pada pengelasan dengan putaran 1350 rpm adalah

sebesar 237,68 MPa. Dapat disimpulkan bahwa dengan putaran motor (rpm) yang tinggi dapat mempengaruhi hasil las gesek sehingga tinggi kekuatan tariknya.

Sidiq 2013 meneliti tentang pengaruh waktu gesek terhadap kekuatan tarik dan kekerasan mikro. Hasil yang didapatkan adalah pada benda waktu putar 10 menit mendapatkan kekuatan tarik sebesar 368,28 MPa. Kekerasan tertinggi terdapat pada daerah inti las sebesar 263,7 VHN. Waktu putar yang lama mengakibatkan kekuatan tariknya semakin kecil. Hasil pengamatan penampang patah peleburan hampir merata keseluruhan permukaan las, untuk hasil perekatan yang sempurna terjadi pada benda uji dengan waktu pemanasan 10 menit.

Agus (2013) meneliti tentang Pengaruh Tekanan Tempa Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Baja ST 41 (Diameter 14 mm dan Kepala Tumpi 50 mm) Dengan Metode Direct-Drift Friction Welding Sebagai Alternatif Pembuatan Front Spring Pin T-120. Hasil pengamatannya yaitu semakin besar kekuatan tempa, semakin tinggi juga kekuatan pada sambungan las.

2.2.Dasar Teori

DIN (*Deutch Industrie Normen*) mendefinisikan las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Pengelasan adalah salah satu proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi menggunakan bahan tambahan maupun tidak (Wiryosutomo dan Okumura 2008). Selain untuk menyambung, proses pengelasan dapat juga digunakan untuk memperbaiki. Misalnya untuk mengisi atau menambal lubang-lubang pada bagian-bagian coran yang sudah aus.

Berdasarkan kerjanya pengelasan digolongkan menjadi :

- a. Pengelasan cair adalah pengelasan dengan cara mencair logam yang akan disambung dengan sumber panas busur listrik atau semburan api.
- b. Pengelasan tekan adalah pengelasan dengan cara menyambungkan dua logam yang dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.

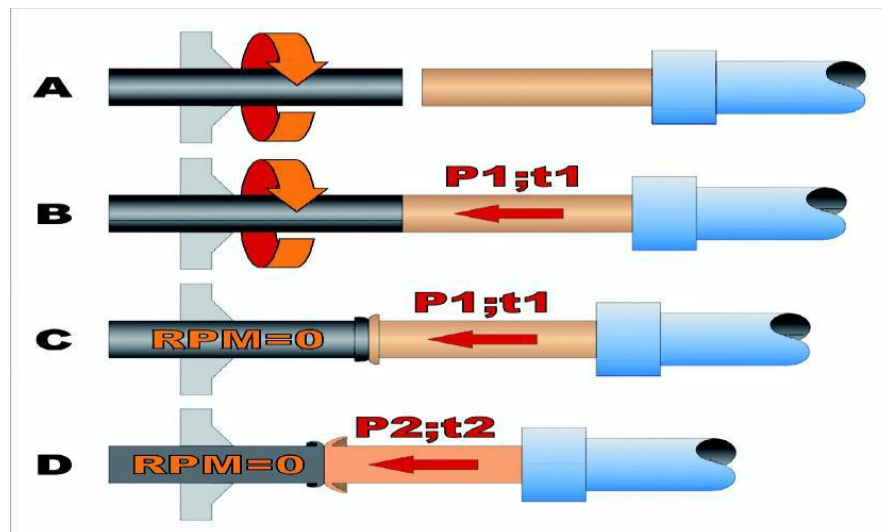
- c. Pematrian adalah pengelasan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair lebih rendah dari logam yang akan disambung dan logam yang akan disambung tidak ikut mencair.

2.3. Pengertian Pengelasan Gesek

Pengelasan gesek yaitu suatu metode yang memanfaatkan panas yang dihasilkan dari gesekan antara permukaan kedua ujung benda kerja. Berdasarkan metode penggesekannya pengelasan gesek dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu:

2.3.1. Rotary Friction Welding

Rotary friction welding adalah pengelasan yang terjadi karena panas yang dihasilkan dari gesekan kedua ujung permukaan benda kerja. Gesekan yang terjadi disebabkan karena adanya panas yang timbul dari kedua ujung permukaan benda kerja dan pemberian beban antara material yang berputar dan material yang diam atau keduanya berputar berlawanan arah. Gambar 2.1. adalah proses atau tahapan pengelasan *rotary friction welding*.



Gambar 2.1. Tahapan pengelasan *rotary friction welding*.

Sumber: International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering
 Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 7, July 2012)

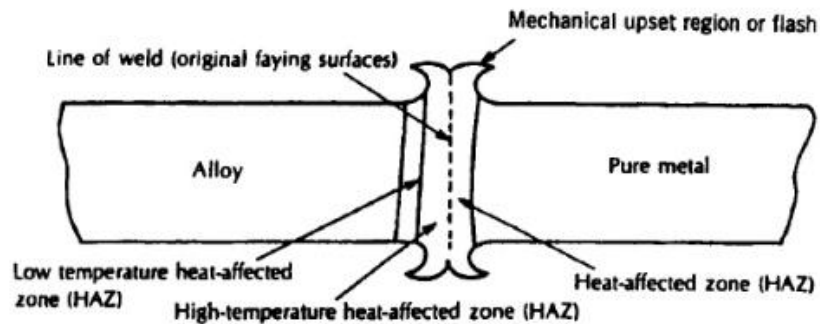
Teknologi las gesek (*friction welding*) merupakan salah satu metoda proses pengelasan jenis *solid state welding*. Panas yang terjadi ditimbulkan oleh dua logam yang begesekan. Dengan mengkombinasikan panas dan tekanan tanpa maka dua buah logam akan tersambung. Teknologi las gesek ini mulai banyak diperhatikan, mengingat bahwa teknologi las gesek ini mudah dioperasikan, proses operasinya cepat, tidak memerlukan logam pengisi, tidak memerlukan bentuk *grooving*, hasil penyambungan baik. Mudah dioperasikan karena mesin las gesek menyerupai mesin bubut. Proses operasional cepat karena hanya memerlukan waktu gesek yang relative cepat. Daerah pengaruh panas (*HAZ*) pada logam yang disambung relative sempit karena panas yang terjadi tidak sampai mencapai temperature cair logam dan adanya tekanan tanpa memungkinkan efek negative panas logam akan tereliminasi. Namun teknologi ini belum banyak diterapkan pada industri menengah dan kecil. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang penerapan teknologi las gesek dalam proses penyambungan dua buah logam untuk membentuk produk pin sprin pin.

Metode las gesek (*friction welding*) adalah metode proses penyambungan dua buah material logam. Dalam metode ini panas dihasilkan dari perubahan energi mekanik kedalam energi panas pada bidang *interface* benda kerja karena adanya gesekan selama gerak putar dibawah tekanan (gesekan). Beberapa keuntungan dari *friction welding* ini adalah penghematan logam pengisi dan waktu untuk penyambungan dua material yang sama maupun berbeda. Sedangkan parameter proses yang penting adalah waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tanpa, tekanan tanpa dan kecepatan putar. Pada proses penyambungan ini terjadi proses *deformasi plastis* akibat tekanan tanpa dan terjadi proses *diffusi* karena adanya panas yang tinggi sehingga menghasilkan sambungan yang berkualitas tinggi antara bahan serupa maupun berbeda. Gambar 2.1. Terlihat bahwa (A) logam sebelah kanan mengalami gerak putar, (B) adanya pemberian gaya *hidraulik* yang diberikan pada benda kerja disebelah kanan memungkinkan terjadi gesekan. Adanya gesekan ini sebagai sumber panas, sumber panas ini tergantung dari besarnya putaran dan tekanan gesek. (C) Setelah temperatur tercapai maka mesin las gesek dihentikan dan kedua sisi diberi

gaya tekan sehingga terjadi proses penempaan. Efek *negatif* akibat pengaruh panas pada logam akan tereliminir yaitu proses pembesaran butiran akan terhambat karena adanya gaya tempa.

2.3.2. Daerah Pengelasan

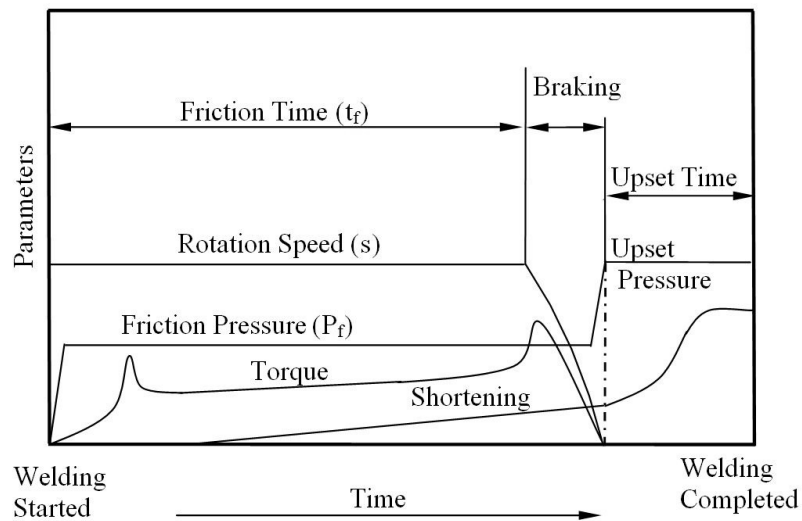
Daerah pengelasan adalah daerah yang terkena pengaruh panas pada saat pengelasan, pengaruh panas tersebut menyebabkan perubahan struktur mikro, sifat mekanik dan ada yang tidak merubah struktur mikro dan sifat mekanik. Daerah pengelasan dibagi menjadi 4 ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.2. Daerah las gesek.

Sumber : Gatwick Sales. 2015. *Friction Welding*.

<http://www.gatwicktechnologies.com/processes/friction-welding>



Gambar 2.3. Parameter las gesek
 Sumber : Sahoo dan samantory, 2007. 29 Maret 2016

Berdasarkan bentuk kurva pada *friction welding* akan di bagi menjadi tiga fase lihat pada gambar 3 yaitu: Fase 1 : fase gesekan (*friction phase*), Fase 2 : fase berhenti (*breaking phase*), Fase 3 : fase penempaan/ *Upset (forging phase)* . Fase 1 adalah fase gesekan, fase ini adalah fase untuk meningkatkan temperatur. Peningkatan temperatur terjadi karena adanya sumber panas yaitu gesekan dua buah logam. Waktu yang dibutuhkan cukup besar dibanding fase lainnya. Fase 2 adalah fase berhenti. Fase ini diharapkan durasi waktu secepat mungkin supaya panas yang terjadi tidak hilang.

Jika dibandingkan dengan metode las fusi maka hasil pengelasan dapat dilihat pada gambar 2.3.(a). menunjukkan profil dari daerah pengelasan fusi, di mana terdapat daerah-daerah las yaitu daerah fusi (*Fusion Zone*), PMZ (*Partially Melted Zone*), daerah terpengaruh panas (HAZ), dan logam induk (*Base Metal*) sedangkan gambar 2.3.(b) menunjukkan profil daerah pengelasan non fusi dimana terdapat daerah tempa, daerah terpengaruh panas (HAZ) dan logam induk (*Base Metal*). Metode ini bergantung pada perubahan langsung dari energi mekanik ke energi termal untuk membentuk lasan, tanpa aplikasi panas dari sumber yang lain. Dibawah

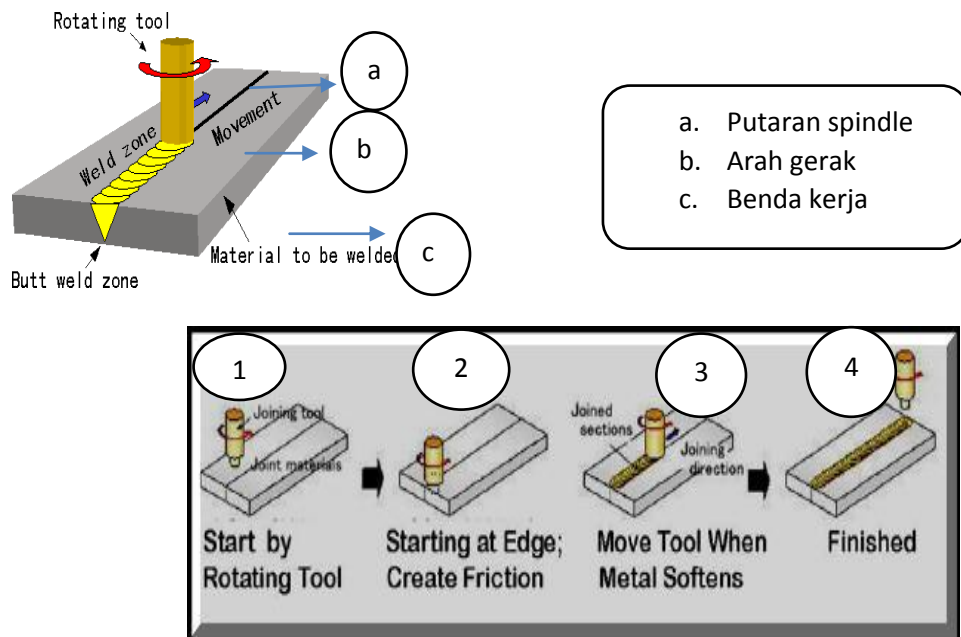
kondisi normal tidak terjadi pencairan pada kedua permukaan. Dari hasil tinjauan pustaka didapatkan beberapa penelitian seputar las gesek antara lain. Motensen, Jensen, Conrad and Losee, dalam penelitiannya didapatkan bahwa bahan stainless 416 tidak direkomendasikan untuk di las dengan metode fusion welding, mengingat adanya peristiwa resulfurized, tetapi dengan metode las gesek maka bahan tersebut dapat dilas dengan baik.

Proses rotary friction welding

1. Kedua benda dicekam pada spesimen diam dan spesimen berputar.
2. Benda kerja saling menggesek, gesekan berasal dari kedua ujung permukaan sehingga menimbulkan panas yang akan melelehkan ujung permukaan benda kerja.
3. Akibat panas yang timbul dari gesekan benda kerja secara kontinyu dan kemudian tercapai titik lebur, maka putaran dihentikan dan kemudian diberikan penekanan tempa.
4. Hasil dari sambungan pengelasan gesek.

2.3.3. Stir Friction Welding

Stir friction welding merupakan suatu metode pengelasan gesek dengan sumber panas yang berasal dari gesekan antara benda kerja dengan pahat yang berputar. Proses pengelasan dengan menggunakan metode *stir friction welding* biasanya digunakan untuk menyambung pelat ditunjukkan pada gambar 2.2.



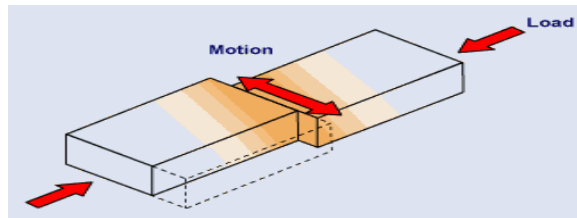
Gambar 2.4. Proses *Stir Friction Welding*
 Sumber :WATechnology. 2003. Friction Stir Welding.
http://www.netwelding.com/Friction_Stir_Welding.htm. 26 Agustus 2003.

Proses *Stir Friction Welding*

1. Dimulai dengan memutar tool, posisikan tool pada posisi antara tengah bagian yang akan dilas.
2. Memulai dengan menggesekan tool dari ujung benda yang akan dilas.
3. Menggeser tool sampai semua daerah yang dilas selesai.
4. Proses pengelasan *Stir Friction Welding* selesai.

2.3.4. *Linier Friction Welding*

Linier Friction Welding adalah suatu metode dimana chuck bergerak berosilasi lateral bukannya berputar. Kecepatan jauh lebih rendah pada umumnya, *linier friction welding* membutuhkan mesin lebih kompleks daripada *rotary friction welding*, namun memiliki keuntungan bahwa bagian bentuk apapun dapat bergabung. Dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.5. Proses *Linier friction welding*

Sumber : ED Nichola, dkk. (2003). Friction Welding Of Aero Engine Components. <http://www.twi.co.uk/technical-knowledge/published-papers/friction-welding-of-aero-engine-components-july-2003/>. 13 Juli 2003.

2.3.5. Kelebihan Pengelasan Gesek

- a. Dapat dilakukan pada logam yang berbeda jenis.
- b. Daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) sempit.
- c. Tidak memakai logam tambahan.
- e. Sambungan merata pada semua bagian *interface*.

2.3.6. Aplikasi Pengelasan Gesek Metode Rotary



Gambar 2.6. Aplikasi pengelasan gesek metode rotary. a). *Hydraulic cylinder piston*, b). *Pump motor shaft*, c). *shaft* dan d). *cylinder*

Sumber :Materials Azo. 2015. Friction Welding in the Manufacturing of OEM Chemical Processing Equipment - A Case Study by American Friction Welding. <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=4606>. 9 Agustus 2015.

2.3. Logam Kuningan dan Logam Tembaga

Kuningan adalah paduan logam tembaga dan logam seng dengan kadar tembaga antara 60-96% massa. Kuningan adalah logam yang merupakan campuran dari tembaga dan seng. Tembaga merupakan komponen utama dari kuningan. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning kepekaan tergantung pada jumlah kadar seng.

Dalam perdagangan dikenal 2 jenis kuningan, yaitu:

- a. Kawat kuningan (*brass wire*) kadar tembaga antara 62-95%.
- b. Pipa kuningan (*seamless brass tube*) kadar tembaga antara 60-90%.
- c. Plat kuningan (*brass sheet*) kadar tembaga antara 60-90%.

Seng lebih banyak mempengaruhi warna kuning tersebut.

Kuningan lebih kuat dan lebih keras daripada tembaga, tetapi tidak sekuat baja. Kuningan sangat mudah untuk dibentuk ke dalam berbagai bentuk, sebuah konduktor panas yang baik, dan umumnya tahan terhadap korosi dan air garam.

Karena sifat tersebut kuningan kebanyakan digunakan untuk membuat pipa, tabung, sekrup, radiator, alat musik, aplikasi kapal laut dan *casting cartridge* untuk senjata api.

Jenis-Jenis Kuningan

- a. Kuningan Admiralty, mengandung 30% seng, dan 1% timah,
- b. Kuningan Aich, mengandung 60,06% tembaga, 36,58% seng, 1,02% timah , dan 1,74% besi. Dirancang untuk digunakan dalam pelayanan laut karena sifatnya yang tahan korosi, keras, dan tangguh.
- c. Kuningan Alpha-beta (*muntz*), sering juga disebut sebagai kuningan dupleks, mengandung 35-45% seng. Bekerja baik pada suhu panas.
- d. Kuningan almunium, mengandung aluminium yang menghasilkan sifat pengikatan ketahanan korosi.
- e. Kuningan dr arsenikum, berisi penambahan arsenic dan aluminium.

- f. Kuningan cartridge, mengandung 30% seng, memiliki sifat kerja yang baik pada suhu dingin.
- g. Kuningan umum atau kuningan paku keeling, mengandung 37% seng, murah dan standar sifat kerja baik pada suhu dingin.
- h. Kuningan DZR atau *dezincification*, adalah kuningan dengan presentase kecil arsenik.
- i. Kuningan tinggi, mengandung 65% tembaga dan 35% seng, meliki kekuatan tarik tinggi, banyak digunakan untuk pegas, sekrup, dan paku keling.
- j. Kuningan bertimbal.
- k. Kuningan bebas timbal.
- l. Kuningan rendah, paduan tembaga-seng mengandung 20% seng, memiliki sifat warna keemasan.
- m. Kuningan mangan, kuningan yang digunakan dalam pembuatan koin dolar emas di Amerika Serikat. Mengandung 70% tembaga, 29% seng, 1,3% mangan.
- n. Kuningan nikel, terdiri dari 70% tembaga, 24,5% seng, dan 5,5% nikel. Digunakan untuk membuat koin mata uang poundsterling.
- o. Kuningan Angkatan Laut, mirip dengan kuningan admiralty, mengandung 40% seng dan 1% timah.
- p. Kuningan merah, mengandung 85% tembaga, 5% timah 5% timbal, dan 5% seng.
- q. Kuningan tombac, mengandung 15% seng. Sering digunakan dalam aplikasi produk perhiasan.
- r. Kuningan tonval juga disebut dengan (CW617N atau CZ122 atau OT58), paduan tembaga-timbal-seng.
- s. Kuningan Putih, mengandung seng lebih dari 50%. Sifatnya sangat rapuh untuk penggunaan umum.
- t. Kuningan kuningan, adalah istilah Amerika untuk kuningan yang mengandung 33% seng.

Tabel 2.1. Titik leleh standar kuningan (Sumber : Setyawan Indra.2013.)

<u>Komposisi Bahan</u>	<u>Titik Cair (oC)</u>
85% Cu – 15% Zn	1150-1200
70% Cu – 20%Zn	1080-1130
60% Cu – 40% Zn	1030-1080

(Sumber : Setyawan Indra.2013.)

2.4.2. Klasifikasi Logam Tembaga

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29 Lambangnya berasal dari bahasa Latin *Cuprum*. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu unsur ini memiliki korosi yang cepat sekali. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga dicampurkan dengan timah untuk membuat perunggu.

Tabel 2.2. Ciri-ciri umum logam tembaga

Nama,Lambang,Nomor atom	Tembaga, Cu ,29
Jenis Unsur	Logam transisi
Golongan,Periode,Blok	11, 4,d
Massa atom standar	63,546(3)
konfigurasi electron	[Ar] 3d10 4s1
konfigurasi electron	2, 8, 18, 1
Fase	Solid
Massa jenis (mendekati suhu kamar)	8.94g cm ⁻³
Massa jenis cairan pada t.i.	8.02 g cm ⁻³
Titik lebur	1357.77 K, 1084.62 °C,
Titik didih	4643 °F 2562 °C, 2835 K,
Kalor peleburan	13.26 kj.mol ⁻¹
Kalor penguapan	300.4 kj.mol ⁻¹
Kapasitas kalor	24.440 j.mol ⁻¹ .k ⁻¹

Sumber :Wikipedia. 2015. Tembaga