

PENGERASAN KAWAT BAJA DENGAN PENAMBAHAN TEMBAGA, TIMAH PUTIH PADA CAIRAN PROSES ALUMINIZING

Dwi Purwanto, Dody Prayitno

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

dwi.purwanto.n@gmail.com

diktirisetgrup@gmail.com

ABSTRAK

Tali baja terbuat dari beberapa kawat baja yang dipilin membentuk *strand*. Beberapa *strand* tersebut dipilin mengelilingi *core* untuk membentuk sebuah tali baja. Salah satu contoh pemakaiannya untuk menahan beban yang berat seperti jembatan gantung. Tali baja ini terdiri dari beberapa bagian yakni, kawat baja, *core*, dan *wire strand*. Dalam upaya meningkatkan kekuatan kawat baja, terbuka peluang meningkatkan kekuatan kawat baja dengan metode *aluminizing*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *aluminizing* terhadap kawat baja tersebut, dalam hal ini digunakan tembaga dan timah putih yang dicampurkan dengan cairan aluminium. Sampel diperoleh dari penguraian tali baja, selanjutnya sampel tersebut direndam di dalam cairan pada suhu 700°C selama ± 3 menit. Cairan terdiri atas a) Al-Cu, b) Al-Cu-Sn dengan Sn konsentrasi 10%, c) Al-Cu-Sn dengan Sn konsentrasi 20%, d) Al-Sn. Sampel kawat kemudian diangkat dan didinginkan pada suhu ruang, setelah itu dilakukan pengujian kekerasan mikro dan pengukuran kekasaran serta ketebalannya. Pengujian kemudian dianalisis dengan menggunakan *Statistical Product and Service Solutions* karena dapat melakukan analisis yang sama terhadap pengamatan varian yang berbeda secara sekaligus, yang terbukti bahwa terjadi peningkatan kekerasan pada lapisan intermetalik.

Kata kunci: Kawat baja, *aluminizing*, kekerasan.

ABSTRACT

Wire rope is made from several steel wires a combined form a strand, a couple of strands twisted around the core to form a steel rope. One example of its usage is on the bridge to provide support for a heavy load. The steel wire is composed of several parts that is, steel wire, core and wire strand. Increasing the hardness of steel wire have the impact, the hardness of the steel wire. In an effort to improve the hardness of steel wire, there are opportunities to increase the hardness of steel wire with aluminizing method. The aim of this research is to find out the hardness of Wire in aluminizing process with alloys Al - Cu - Sn. Moreover to the research also aims to focus on the addition of Sn element in Al - Cu liquid. The methodology research was preceded by splitting wires from the wire rope. After that cut the wire into the sample wire. Then soak the wire into Al - Cu - Sn liquid at a temperature of 700°C for ± 3 minutes. Elements of Sn which contained in the composition of Al - Cu - Sn vary from 0 %, 10 % and 20 %, while for CU's component is 10 % and the rest of is Al, and the latter only elements of Al - Sn, without adding Cu element. Wire samples were then take away and cooled at room temperature, then test the wire by using micro hardness test, the test data was analyzed with Anova and finally made a conclusion. The results of this of this research showed that for the violence that occurs in the intermetallic layer shows the increase in value of hardness obtained on steel wire.

Keyword: Aluminizing, Wire rope, Hardness

PENDAHULUAN

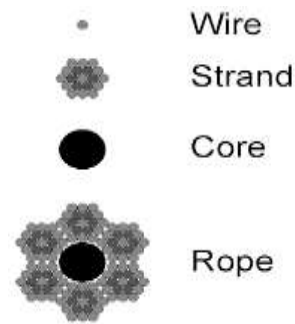
Kawat baja merupakan komponen penting untuk peralatan konstruksi seperti jembatan, gondola, *sky lift*, dan *crane*. Semua alat tersebut digunakan untuk mengangkat, menahan dan menggantung beban material konstruksi. Sehingga kawat baja menjadi bagian komponen penting yang membutuhkan perhitungan kekokohan dan penanganan yang cermat agar aman digunakan. Kekokohan kawat baja dapat dievaluasi dengan mengukur kekuatan dan kekerasan pada kawat baja (Kholis, 2014).

Kawat Baja

Tali kawat baja adalah elemen penting dalam menahan, mengangkat dan memindahkan beban. Asumsi tali kawat baja sebagai mesin dapat diterima karena memiliki beberapa bagian bergerak yang menahan beban dan secara dinamis mendistribusikannya untuk dapat melakukan pekerjaan. Salah satu kelebihanannya adalah mampu menahan beban yang berat. Tali kawat baja dapat menahan beban dari berbagai arah yang tidak mampu dilakukan oleh alat angkat lain (Kholis, 2014).

Hal-hal yang menyebabkan menurunnya tingkat kekerasan pada kawat baja adalah tegangan akibat beban yang terlalu berat, keausan dan kelelahan akibat penipisan pada permukaannya. Hal tersebut diharapkan dapat berkurang melalui proses *aluminizing*, yaitu dengan cara mencelupkan kawat baja ke dalam bak yang berisi lelehan logam pelapis. Proses tersebut akan membentuk ikatan metalurgi yang baik karena terjadinya proses *interface alloying* (Sudiashri *et al*, 2012).

Beberapa kawat baja (*steel wire*) dipintal sehingga didapat suatu jalinan yang disebut *strand*, kemudian beberapa *strand* dijalin pula pada serat inti (*core*) sehingga membentuk suatu jalinan yang disebut tali kawat baja (Muin, 1995).



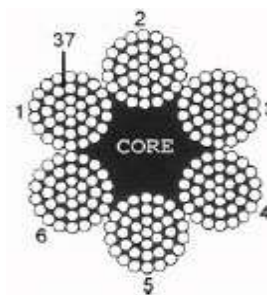
Gambar Bagian kawat baja

Tali baja terbuat dari kawat baja dengan kekuatan tarik bahan kawat baja $b = 130-180 \text{ kg/mm}^2$ (Rudenko1996). Di dalam proses pembuatannya tali kawat baja diberi perlakuan panas tertentu dan digabungkan dengan penarikan dingin, sehingga menghasilkan sifat mekanis kawat baja yang tinggi (Daryanto, 1992).

Susunan Kawat Baja

Susunan konstruksi tali kawat baja adalah sebagai berikut (Ismanto, 2009):

- $6 \times 37 + 1$ fiber *core*, sebuah tali kawat baja dengan konstruksi yang terdiri dari 6 *strand* dan tiap-tiap *strand* terdiri dari 37 *steel* kawat dengan 1 inti serat (fiber *core*)
- $6 \times 19 + 1$ fiber *core*, sebuah tali kawat baja dengan konstruksi yang terdiri dari 6 *strand* dan tiap-tiap *strand* terdiri dari 19 *steel* kawat dengan 1 inti serat (fiber *core*)



Gambar Contoh kawat baja 6x37

Kemampuan Kawat Baja

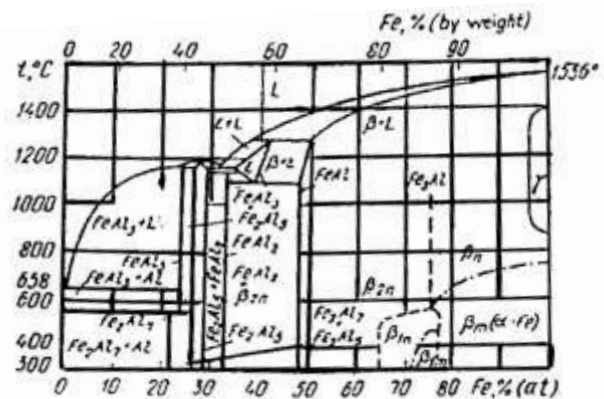
Sifat-sifat mekanis yang diinginkan oleh kawat baja antara lain (Kholis, 2014):

- a. Kekuatan (*strength*)
Kawat baja harus kuat dan mampu menjamin keamanan pemindahan beban. Hal ini tergantung pada spesifikasi dan tingkat bahan material baik untuk *core* maupun kawat, diameter kawat baja, banyak nya kawat dalam *strand*, dan jenis *lay*.
- b. Fleksibel dan Ketahanan terhadap beban penekukan
Kawat baja harus mampu menekuk melintasi *pulley* berdiameter kecil tanpa terputusnya kawat akibat kelelahan beban terhadap penekukan. Hal ini bergantung pada diameter kawat, jenis *lay*, proses pembentukan *strand* menjadi kawat baja.
- c. Ketahanan terhadap abrasi
Kawat baja harus tahan terhadap abrasi waktu melintasi alur-alur *pulley* akibat operasi tekanan besar atau kontak terhadap benda-benda diam. Hal ini tergantung pada diameter kawat pada deretan terluar *strand*, jenis *lay*, kandungan karbon dan mangan serta kualitas bahan maupun perlakuan panas pada kawat baja.
- d. Ketahanan terhadap perubahan bentuk
Kawat baja harus tahan terhadap perubahan bentuk akibat beban terlalu besar pada alur *pulley* atau penggulungan kawat baja pada *drum* yang lebih dari satu lapisan. Hal ini tergantung pada jenis *core*.
- e. Ketahanan terhadap puntiran
Kawat baja harus tahan terhadap puntiran agar tali tidak terbongkar dari pilinannya dan beban tidak stabil. Hal ini tergantung pada jenis *lay* dan jenis *core*.
- f. Ketahanan terhadap korosi
Kawat baja tahan terhadap korosi agar mampu mempertahankan masa pakainya. Hal ini tergantung pada jenis bahan, pelapisan, dan pelumasan.

Alluminizing

Bahan paduan aluminium banyak dikembangkan dalam dunia industri untuk melapisi permukaan logam karena memiliki potensi tahan korosi dan ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi. Aluminium merupakan bahan yang memiliki sifat mekanik yang relatif baik, ulet dan kekerasan yang baik apabila dipadukan untuk melapisi logam.

Tercelupnya sampel didalam cairan aluminium akan memberikan kesempatan bagi aluminium untuk berdifusi kedalam sampel baja. Difusi ini menghasilkan senyawa Fe_nAl_m yang dikenal dengan nama lapisan intermetalik. Difusi berlangsung dengan cara mencelupkan kedalam paduan secara cepat dan menghasilkan lapisan yang terbentuk dalam waktu ± 3 menit. Terwujudnya lapisan intermetalik pada seluruh permukaan akan menyebabkan ketahanan korosi dan kekerasannya meningkat (Rey, P, D., & Prayitno, D., 2015).



Gambar Diagram Fasa Al-Fe

Pelapisan dengan Metode Pencelupan (*Hot Dipping*)

Hot dipping adalah pelapisan logam dengan cara mencelupkan pada sebuah material yang terlebih dahulu dilebur dari bentuk padat menjadi cair pada sebuah pot atau tangki, menggunakan energi dari gas pembakaran atau menggunakan energi alternatif seperti panas listrik.

Titik lebur yang digunakan pada pelapisan material ini adalah biasanya beberapa ratus derajat celcius (tidak melebihi 1000°C). Chamberlain (1991), dalam metode hot dipping ini, struktur material yang akan dilapisi dicelupkan ke dalam bak berisi lelehan logam pelapis. Antara logam pelapis dan logam yang dilindungi terbentuk ikatan metalurgi yang baik karena terjadinya perpaduan proses antarmuka (interface alloying). Pengaturan tebal lapisan dalam proses ini sulit, lapisan cenderung tidak merata, yaitu tebal pada permukaan sebelah bawah tetapi tipis pada permukaan sebelah atas. Meskipun demikian, seluruh permukaan yang terkena lelehan logam itu akan terlapisi. Proses hot dipping terbatas untuk logam-logam yang memiliki titik lebur rendah, misalnya; timah, seng dan aluminium.

Bahan panduan aluminium banyak dikembangkan dalam dunia industri untuk melapisi permukaan logam karena memiliki potensi tahan korosi dan ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi. Aluminium merupakan bahan yang memiliki sifat mekanik yang relative baik, ulet dan kekerasan yang baik apabila dipadukan untuk melapisi logam. Aluminium memiliki suhu lebur 660°C dan *ferrous* sebesar 1539°C. Walaupun suhu lebur berbeda, namun berdasarkan fasa Fe-Al pada gambar, *ferrous* dapat dipadukan dengan aluminium menjadi intermetalik Fe-Al melalui proses *aluminizing*. [Prayitno, Dody dan Triyono, 2010]

Mekanisme Melekatnya Aluminium pada Baja yang Dikenal dengan (*Die Soldering*).

Peristiwa *die soldering* umumnya lebih sering disebabkan oleh tingginya temperatur dan kecepatan Al cair masuk ke kawat baja. Temperatur logam cair dan permukaan kawat baja memegang peranan

penting dalam menyebabkan terjadinya *die soldering*. Tingginya logam cair akan menurunkan kekerasan dan ketahanan aus sehingga kawat baja akan mudah tererosi. Temperatur yang tinggi baik untuk pertumbuhan fasa intermetalik karena laju difusi atom-atom besi (Fe) dan Al meningkat. Tingginya temperatur juga akan merusak lapisan pelumas sehingga menurunkan kemampuannya untuk mencegah *die soldering*. Itulah sebabnya tingginya temperatur logam cair mempermudah terjadinya *die soldering*, terdiri:

- Erosi permukaan logam
- Pitting pada permukaan logam
- Pembentukan senyawa Fe-Al
- Pembentukan fasa pyramid dari fasa intermetalik
- pelekatan fasa Al ke intermetalik

Proses *aluminizing* yang mudah secara praktek adalah metode pelapisan Al celup panas (*Hot Dip Aluminizing*). Tahapan prosesnya diawali dengan membersihkan permukaan sampel baja dari kotoran. Dilanjutkan dengan pencelupan didalam cairan aluminium untuk beberapa lama. Kemudian sampel ditarik keluar dari cairan aluminium dan terakhir didinginkan di udara terbuka. Tercelupnya sampel di dalam cairan aluminium akan memberikan kesempatan bagi aluminium untuk berdifusi ke dalam sampel baja. Difusi ini menghasilkan senyawa logam Fe_nAl_m yang dikenal sebagai lapisan intermetalik. Difusi berlangsung sangat cepat dan menghasilkan lapisan dengan ketebalan 0.02-0.10 mm yang terbentuk dalam waktu 1-15 menit. Terwujudnya lapisan intermetalik pada seluruh permukaan akan menyebabkan ketahanan korosi meningkat.

Prinsip Dasar *Hot Dipping*

Sebelum dilapisi dalam proses *hot dipping* permukaan benda kerja harus bersih dari kotoran seperti lemak, oksida dan kotoran lain. Lapisan yang terbentuk relatif tipis. Dalam pelaksanaan proses ini haruslah dipenuhi persyaratan antara lain:

- Permukaan benda kerja yang dilapisi harus bersih dan bebas dari kotoran. Oleh karena itu harus dibersihkan terlebih dahulu dengan larutan pembersih yang digunakan untuk *hot dipping*.
- Logam yang akan dilapisi harus mempunyai titik lebur yang lebih tinggi dan untuk logam pelapis (timah, seng atau aluminium) mempunyai titik lebur yang lebih rendah.
- Jumlah deposit logam yang akan melapisi permukaan benda hendaknya proposional.

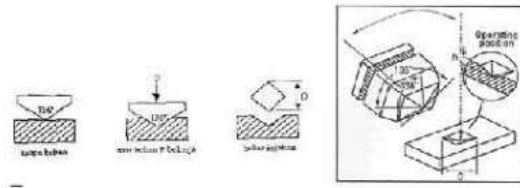
Perencana Hot Dipping

Penentuan ketebalan suatu lapisan *hot dipping* tergantung pada lingkungan operasi yang diinginkan. Beberapa aplikasi tentu telah ditentukan spesifikasi yang diijinkan. Dalam pelapisan dengan *hot dipping* ketebalan yang benar-benar merata sulit dicapai. Ketebalan yang diperoleh satuan waktu tertentu sangat ditentukan oleh kemampuan logam yang akan dilapisi untuk mengikat logam cair yang akan melapisi. Hal ini disebabkan oleh rancangan benda berbagai bentuk dan juga pengaruh logam pelapis dan logam yang dilindungi untuk membentuk ikatan metalurgi yang baik karena terjadinya perpaduan proses antar muka (*interface alloying*).

Pengujian Kekerasan Vickers

Uji kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell. Angka kekerasan piramida intan (DPH), atau angka kekerasan *Vickers* (VHN atau VPH), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan, prinsip pengukuran untuk kekerasan mikro vickers dapat dilihat pada Gambar dibawah ini. Pada prakteknya luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal

jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:



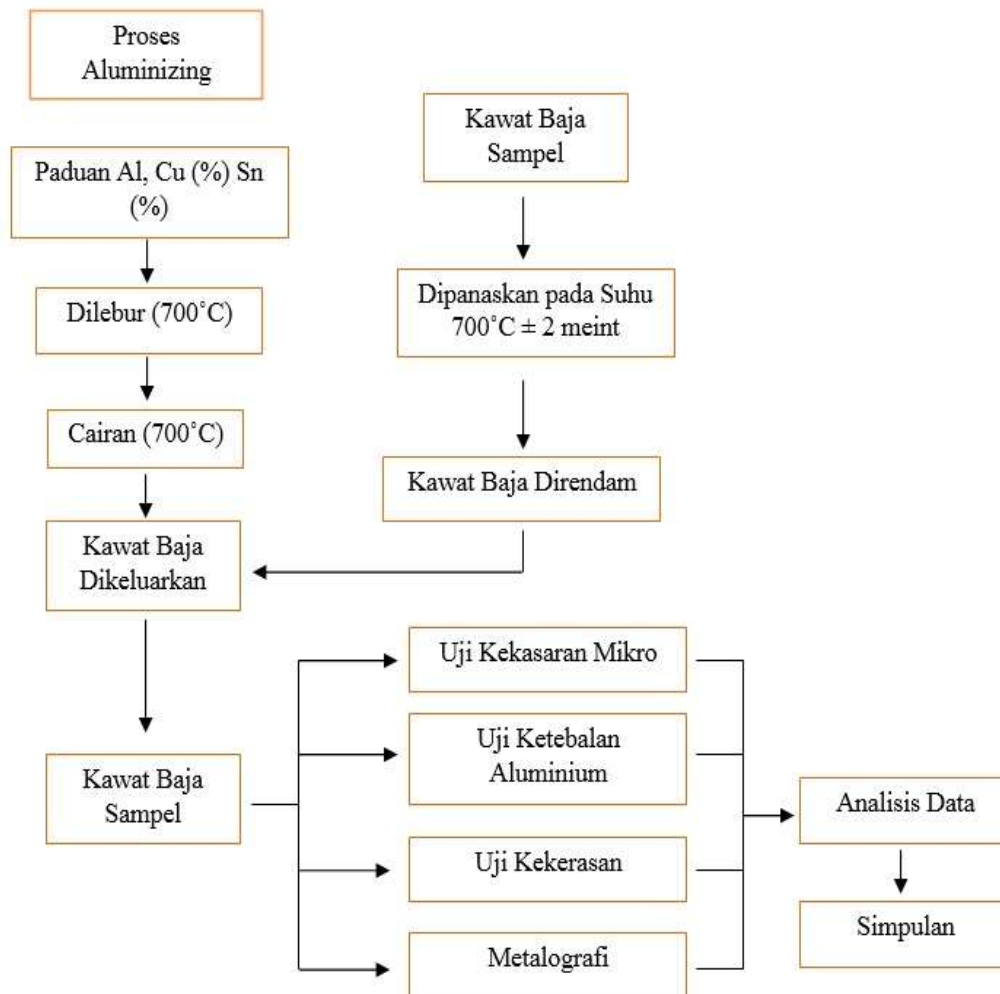
Gambar Prinsip Pengukuran Kekerasan Mikro *Vickers*.

Mekanisme Terjadinya Kekerasan

Tingginya temperatur logam cair akan menurunkan kekerasan dan ketahanan aus sehingga kawat baja akan mudah tererosi. Temperatur yang tinggi baik untuk pertumbuhan fasa intermetalik karena laju difusi atom-atom besi (Fe) dan Al meningkat. Al bereaksi dengan permukaan butir yang longgar, dan pada permukaan terbentuk lubang yang memiliki kandungan fasa biner Fe-Al. Pembentukan lapisan senyawa biner ini disebabkan oleh reaksi dari setiap fasa dengan mencairnya Al secara terus menerus dan difusi Fe keluar dari permukaan baja.

Pada paduan Fe-Al adalah hasil dari pelarutan padat atom pada kisi-kisi kristal matrik. Pelarutan padat dilakukan untuk menambah kekuatan suatu material. Atom yang terlarut memiliki diameter atom yang berbeda dengan diameter atom matrik sehingga akan menyebabkan peregangan elastik diantara atom matriks sehingga akan menyebabkan peningkatan modulus elastik dimedan antar kisi dengan atom yang terlarut. Atom yang terlarutakan terdifusi kedalam atom matriks sehingga akan menghasilkan pelarutan padat.

Metodologi Penelitian



Gambar Diagram Alir Penelitian

Gambar diatas memperlihatkan diagram alir penelitian ini. Proses dimulai dengan menyiapkan kawat bajasebagai sampel. Kawat bajakemudian dilakukan pemisahan terhadap kawat sehingga menjadi kawat. Sampel kawat kemudian dilakukan proses pemanasan pada suhu sekitar 700°C selama ± 3 menit, yang pertama dilakukan *aluminizing (hot dip)* dengan cara dicelup dan direndam dalam cairan paduan Al-Cu10% selama ± 3 menit pada suhu 700°C . Sample kawat kemudian didinginkan dalam suhu ruangan, pada percobaan kedua dilakukan proses dengan variasi paduan Al-Cu10%-Sn10% selama 3 menit pada suhu 700°C , sampel kawat kemudian didinginkan pada suhu ruangan, pada

percobaan yang ketiga dilakukan proses dengan variasi Al-Cu10%-Sn20% selama ± 3 menit pada suhu 700°C . Pada percobaan yang ke empat dilakukan proses dengan variasi Al-Sn10% selama ± 3 menit pada suhu 700°C Sampel kawat kemudian didinginkan pada suhu ruangan. Sampel kawat bajakemudian dipisahkan untuk dilakukan pengamatan *metalography*. Gambar mikrostruktur dari mikroskop optik kemudian di analisa untuk dibuatkan kesimpulan penelitian.

- Ukuran sampel kawat baja
Sampel kawat baja terdiri dari 5 kawat, setiap kawat memiliki panjang 6cm dengan diameter 0.5mm.

- Persiapan bahan baku untuk proses Sebelum memulai tahap proses. Sebelum memulai tahap proses *aluminizing*, bahan baku berupa aluminium dan tembaga ditimbang untuk mendapatkan paduan Al-Cu10%. Setelah itu bahan baku kedua ditimbang untuk mendapatkan paduan Al-Cu10%-Sn10%, yang ketiga bahan baku ditimbang untuk mendapatkan paduan Al-Cu10%-Sn20%. Yang terakhir bahan baku ditimbang untuk mendapatkan paduan Al-Sn10% Jadi total keseluruhan terdapat 4 varian paduan aluminium. Proses ini di perlihatkan pada Gambar dibawah ini.

- Variasi paduan Al+Sn10%=160gr Al + 10gr Sn



(a)

(b)

Gambar (a) Wadah tempat melebur Al-Cu; (b) Dapur pemanas



Gambar Bahan Baku Paduan

Dengan mengetahui massa dari aluminium, massa dari tembaga dan massa dan timah, maka akan didapat massa total paduan dari aluminium, tembaga, dan timah.

Perhitungan Persentasi Berat pada paduan Al-Cu-Sn:

- Variasi paduan Al+Cu10 = 160gr Al+10gr Cu
- Variasi paduan Al+Cu10%+Sn10% = 142gr Al + 18gr Cu + 18gr Sn
- Variasi paduan Al+Cu10%+Sn20% = 124gr Al + 18gr Cu + 36gr Sn

Proses Aluminizing dengan Paduan

- A.** Proses *Almunizing* dengan paduan Al-Cu10%.

Pada proses pertama ini sample kawat baja dicelupkan dan direndam ke dalam paduan Al-Cu10% tanpa tambahan Sn pada suhu 700°C selama ±3 menit. Sample kawat baja kemudian dikeluarkan dari cairan logam dan didinginkan pada suhu ruang.

- B.** Proses *Almunizing* dengan paduan Al-Cu10%-Sn10%.

Pada proses kedua ini sample kawat baja dicelupkan dan direndam ke dalam paduan Al-Cu10%-Sn10% pada suhu 700°C selama ±3 menit. Sample kawat baja kemudian dikeluarkan dari cairan logam dan didinginkan pada suhu ruang.

- C.** Proses *Almunizing* dengan paduan Al-Cu10%-Sn20%

Pada proses ketiga ini sample kawat baja dicelupkan dan direndam ke dalam paduan Al-Cu10%-Sn20% pada suhu 700°C selama ±3 menit. Sampel kawat baja kemudian dikeluarkan dari cairan logam dan didinginkan pada suhu ruang.

D. Proses Almunizing dengan paduan Al-Sn10%

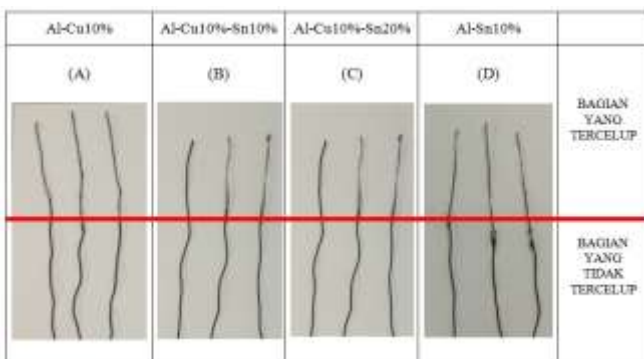
Pada proses ketiga ini sample kawat baja dicelupkan dan direndam ke dalam paduan Al-Sn10% pada suhu 700°C selama ±3 menit. Sample kawat baja kemudian dikeluarkan dari cairan logam dan didinginkan pada suhu ruang. Proses ini di perlihatkan pada Gambar.



Gambar Proses Almunizing (*hot dip*)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian



Gambar Foto kawat baja Setelah Dichelup ke Aluminizing

Nilai Kekasaran Pada Kawat Baja:

- Nilai Kekasaran Paduan Al-Cu10%

No	Ra I (µm)			Rata-rata (µm)
	1	2	3	
1	4,11	1,68	1,99	2.838
2	4,68	1,56	2,01	
3	5,80	1,72	2,00	
4	5,01	1,45	2,01	
5	4,71	1,73	2,00	
6	4,83	1,81	1,99	

Nilai Kekasaran Paduan Al-Cu10%-Sn10%

No	Ra II (µm)			Rata-rata (µm)
	1	2	3	
1	5,26	2,53	3,07	3.22
2	4,82	2,45	3,12	
3	4,93	2,52	3,27	
4	4,86	2,59	3,29	
5	4,16	2,64	3,31	
6	4,15	2,59	3,38	

- Nilai Kekasaran Paduan Al-Cu10%-Sn20%

No	Ra III (µm)			Rata-rata (µm)
	1	2	3	
1	6,42	2,83	1,65	3.732
2	6,54	3,10	1,75	
3	6,74	3,37	1,60	
4	6,93	2,75	1,46	
5	6,78	2,80	1,41	
6	6,95	2,60	1,51	

- Nilai Kekasaran Paduan Al-Sn10%

No	Ra IV(µm)			Rata-rata (µm)
	1	2	3	
1	3,07	2,26	1,05	2.113
2	2,57	2,01	0,99	
3	2,52	2,05	1,03	
4	2,41	2,61	0,96	
5	2,50	3,80	1,07	
6	2,30	3,86	0,98	

Nilai Ketebalan Pada Kawat Baja:

- Nilai Ketebalan Paduan Al-Cu10%

No	Spesimen I		Tebal (mm)	Spesimen II		Tebal (mm)	Spesimen III		Tebal (mm)
	Sebelum	Sesudah		Sebelum	Sesudah		Sebelum	Sesudah	
1	0,50	0,75	0,25	0,50	0,69	0,19	0,50	0,61	0,11
2	0,50	0,64	0,14	0,50	0,61	0,11	0,50	0,64	0,14
3	0,50	0,61	0,11	0,50	0,64	0,14	0,50	0,78	0,28

- Nilai Ketebalan Paduan Al-Cu10%-Sn10%

No	Spesimen I		Tebal (mm)	Spesimen II		Tebal (mm)	Spesimen III		Tebal (mm)
	Sebelum	Sesudah		Sebelum	Sesudah		Sebelum	Sesudah	
1	0,50	0,71	0,21	0,50	0,78	0,28	0,50	0,54	0,04
2	0,50	0,66	0,16	0,50	0,67	0,17	0,50	0,53	0,03
3	0,50	0,62	0,12	0,50	0,62	0,12	0,50	0,54	0,04

- Nilai Ketebalan Paduan Al-Cu10%-Sn20%

No	Spesimen I		Tebal (mm)	Spesimen II		Tebal (mm)	Spesimen III		Tebal (mm)
	Sebelum	Sesudah		Sebelum	Sesudah		Sebelum	Sesudah	
1	0,50	0,59	0,09	0,50	0,64	0,14	0,50	0,55	0,05
2	0,50	0,60	0,10	0,50	0,53	0,03	0,50	0,65	0,15
3	0,50	0,61	0,11	0,50	0,52	0,02	0,50	0,74	0,24

- Nilai Ketebalan Paduan Al-Sn10%

No	Spesimen I		Tebal (mm)	Spesimen II		Tebal (mm)	Spesimen III		Tebal (mm)
	Sebelum	Sesudah		Sebelum	Sesudah		Sebelum	Sesudah	
1	0,50	0,52	0,02	0,50	0,54	0,04	0,50	0,54	0,04
2	0,50	0,51	0,01	0,50	0,64	0,14	0,50	0,56	0,06
3	0,50	0,53	0,03	0,50	0,57	0,07	0,50	0,58	0,08

Nilai Kekerasan Pada Lapisan:

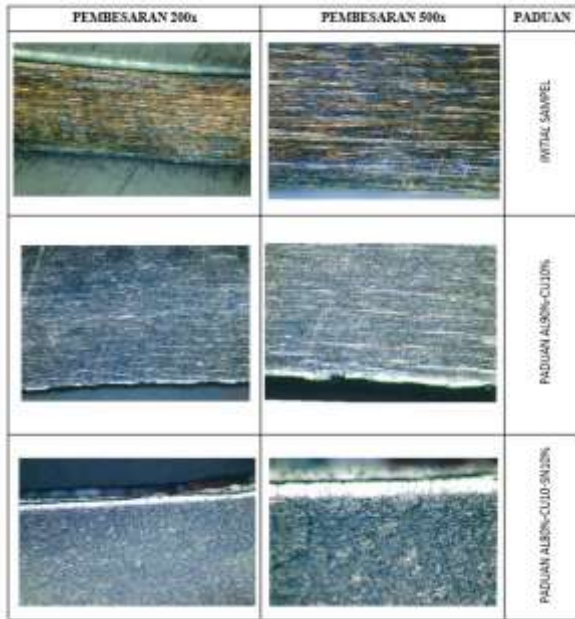
No	Paduan	Nilai Kekerasan (Kg/mm ²)
1	Al-Cu10%	274
2	Al-Cu10%-Sn10%	572
3	Al-Cu10%-Sn20%	724
4	Al-Sn10%	824

Nilai Kekerasan paduan pada daerah Base Metal:

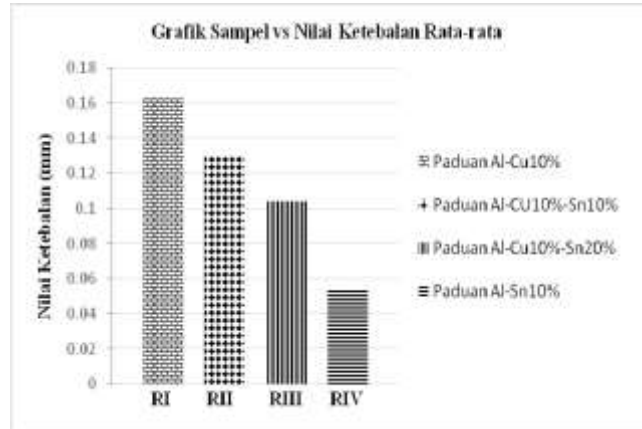
No	Al-Cu10% (Kg/mm ²)	Al-Cu10%-Sn10% (Kg/mm ²)	Al-Cu10%-Sn20% (Kg/mm ²)	Al-Sn10% (Kg/mm ²)	Initial Sampel (Kg/mm ²)
1	300	274	262	262	543
2	275	262	262	251	543
3	262	274	262	251	545
4	287	274	251	274	543
5	287	262	262	262	543

Hasil Strukturmikro

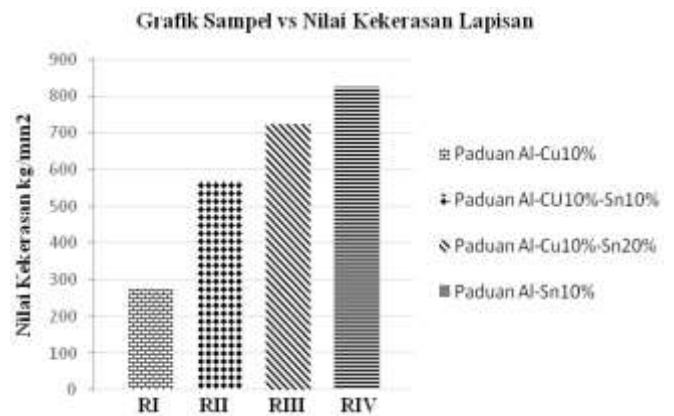
Uji Struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dari sampel kawat baja, struktur mikro sampel dapat dilihat pada tabel dibawah ini.



- Grafik Sampel vs Nilai Ketebalan Rata-rata

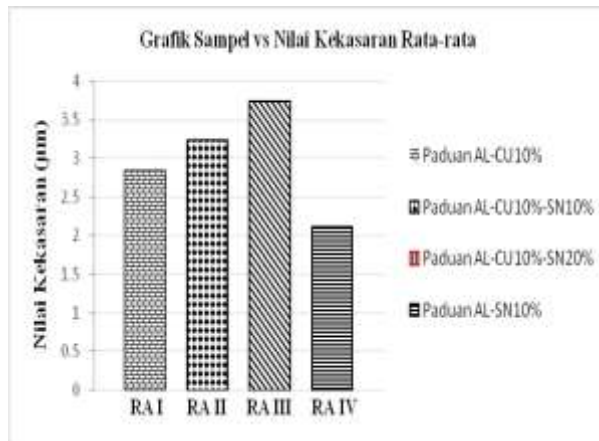


- Grafik Sampel vs Nilai Kekerasan Lapisan

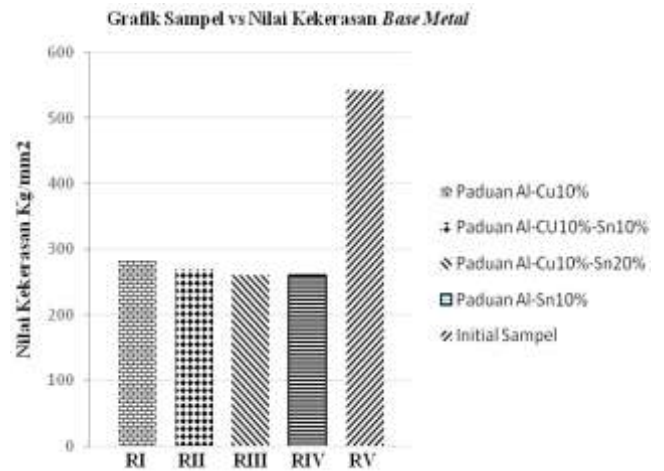


Grafik Hasil Pengujian Kekerasan

- Grafik Sampel vs Nilai Kekasaran Rata-rata



- Grafik Sampel vs Nilai Kekerasan Base Metal



Hasil Data Dari SPSS:

- Uji Non Parametrik Pada Kekasaran Paduan.

No	Paduan	Mean ± SD	Batas Min Kekasaran (µm)	Batas Max Kekasaran (µm)
1	Paduan Al-Cu10%	2.838 ± 1.50	1.33	4.34
2	Paduan Al-Cu10%-Sn10%	3.496 ± 0.95	2.54	4.44
3	Paduan Al-Cu10%-Sn20%	3.732 ± 2.25	1.48	5.98
4	Paduan Al- Sn10%	2.113 ± 0.93	1.18	3.04

Uji normalitas menggunakan *Kolmogorov smirnov* didapatkan hasil $p=0,200$ (normal jika $p>0,05$) yang menunjukkan sebaran data nilai kekasaran adalah normal dan uji homogenitas varians didapatkan hasil $p=0,001$ (homogen jika $p>0,05$) yang menunjukkan data nilai kekasaran adalah tidak homogen, maka data dapat dilanjutkan dengan uji non parametrik *Kruskal Wallis*. (Dahlan, M. S. 2009). Hasil uji *Kruskal Wallis* didapatkan nilai $p=0,005$ (bermakna jika $p<0,05$) maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kekasaran antara ke 4 variasi paduan.

- Uji ANOVA Pada Ketebalan Paduan

No	Paduan	Mean ± SD	Batas Min Ketebalan	Batas Max Ketebalan
1	Paduan Al-Cu10%	0.166 ± 0.063	0.103	0.229
2	Paduan Al-Cu10%-Sn10%	0.128 ± 0.086	0.042	0.214
3	Paduan Al-Cu10%-Sn20%	0.104 ± 0.071	0.533	0.675
4	Paduan Al- Sn10%	0.054 ± 0.039	0.051	0.015

Uji normalitas menggunakan *Shapiro wilk* didapatkan hasil $p=0,029$ (normal jika $p>0,05$), maka data dilakukan transformasi dan dilakukan uji normalitas ulang dengan hasil $p=0,038$ (normal jika $p>0,05$) yang menunjukkan sebaran data nilai ketebalan adalah tidak normal, maka data dapat dilanjutkan dengan uji non parametrik *Kruskal Wallis*.






Hasil uji *Kruskal Wallis* didapatkan nilai $p=0,012$ (bermakna jika $p<0,05$) maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan ketebalan antara ke 4 variasi paduan. Selanjutnya dilakukan uji *Mann Whitney* antar variasi paduan untuk mengetahui perbedaan yang bermakna antar paduan. (Dahlan, M. S. 2009)

- Uji One Way Anova Pada Kekerasan Paduan

No	Paduan	Mean ± SD	Batas Min Kekerasan Base Metal	Batas Max Kekerasan Base Metal
1	Paduan Al-Cu10%	282,2 ± 14,34	262	300
2	Paduan Al-Cu10%-Sn10%	269,2 ± 6,57	262	274
3	Paduan Al-Cu10%-Sn20%	259,8 ± 4,91	251	262
4	Paduan Al- Sn10%	260 ± 9,56	251	274
5	Jumlah Sampel	543 ± 15,65	543	558

Uji normalitas menggunakan *Shapiro wilk* didapatkan hasil $p=0,830$ (normal jika $p>0,05$). Uji homogenitas varians didapatkan hasil $p=0,231$ (homogen jika $p>0,05$) maka data memenuhi syarat untuk dilakukan uji *One Way Anova*.

Hasil uji *One Way Anova* didapatkan nilai $p=0,000$ (bermakna jika $p<0,05$) maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kekerasan antara kelima variasi paduan. Selanjutnya dilakukan uji Post Hoc untuk mengetahui perbedaan yang bermakna antar paduan. (Dahlan, M. S. 2009)

PEMBESARAN 500x	PADUAN
	INITIAL SAMPEL
	PADUAN AL-CU10%
	PADUAN AL-CU10-SN10%
	PADUAN AL-CU10%-SN20%
	PADUAN AL-SN10%

Tabel Struktur mikro pada Base Metal.

Pada Tabel disebelah Merupakan Gambar struktur mikro pada kawat baja. Gambar tersebut memperlihatkan lokasi pengambilan nilai kekerasan pada *base metal* yang dilingakari warna merah. Nilai kekerasan untuk Initial sampel lebih keras sebesar 543kg/mm^2 , dibanding dengan menggunakan paduan Al dengan nilai rata-rata sebesar 265kg/mm^2 . Hal ini disebabkan karena kawat baja dicelupkan pada suhu 700°C , sehingga terjadi perubahan struktur mikro pada *base metal*. Karena dengan pemanasan sampai suhu 700°C terjadi rekristalisasi, dimana butir logam pada *base metal* yang dicelupkan cairan *aluminizing* menjadi lebih besar. Dengan terjadinya butir logam yang membesar, nilai kekerasan pada paduan Al menurun

SIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa hasil pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketebalan

- A. Dengan penambahan unsur timah (Sn) pada paduan Al-Cu10% dari 10% sampai 20% dapat menaikkan ketebalan pada kawat baja dari 0.166 mm (Al-Cu10%) menjadi 0.178 mm (Al-Cu10%-Sn10%) Selanjutnya menjadi 0.604 mm (Al-Cu10%-Sn20%).
- B. Penggantian Cu dengan Sn dapat menurunkan ketebalan pada kawat baja dari 0.166 mm (Al-Cu10%) menjadi 0.054 mm (Al-Sn10%).

2. Kekasaran

- A. Penambahan unsur timah (sn) pada paduan Al-Cu10% dari 10% sampai 20% dapat menaikkan kekasaran pada kawat baja dari $2.838\mu\text{m}$ (Al-Cu10%) menjadi $3.496\mu\text{m}$ (Al-Cu10%-Sn10%) Selanjutnya menjadi $3.73\mu\text{m}$ (Al-Cu10%-Sn20%).

B. Penggantian Cu dengan Sn dapat menurunkan kekasaran pada kawat baja dari $2.838\mu\text{m}$ (Al-Cu10%) menjadi $2.113\mu\text{m}$ (Al-Sn10%).

3. - Kekerasan Lapisan Intermetalik.

A. Penambahan unsur timah (sn) pada paduan Al-Cu10% dari 10% sampai 20% dapat menaikkan kekerasan pada lapisan Intermetalik dari 274 kg/mm^2 menjadi 572 kg/mm^2 (Al-Cu10%-Sn10%) Selanjutnya menjadi 724 kg/mm^2 (Al-Cu10%-Sn20%)

B. Penggantian Cu dengan Sn pada (Al-Cu) dapat menaikkan kekerasan pada lapisan intermetalik dari 274 kg/mm^2 menjadi 824 kg/mm^2 (Al-Sn10%).

4. Kekerasan Base Metal

A. Efek *aluminizing* dengan menggunakan paduan Al-Cu atau Al-Sn dapat menurunkan kekerasan kawat bajadari 2.756 kg/mm^2 (sampel inisial) menjadi 2.414 kg/mm^2 (Al-Cu10%-Sn10%) - 2.450 kg/mm^2 (Al-Cu10%-Sn20%)

B. Dengan penambahan unsur timah (sn) pada paduan Al-Cu10% dari 10% sampai 20% dapat menurunkan kekerasan pada kawat baja dari 2.450kg/mm^2 (Al-Cu10%) menjadi 2.430kg/mm^2 (Al-Cu10%-Sn10%) selanjutnya menjadi 2.441kg/mm^2 (Al-Cu10%-Sn20%)

C. Penggantian Cu dengan Sn dapat menurunkan kekerasan pada kawat baja dari 2.450 kg/mm^2 (Al-Cu10%) menjadi 2.414 kg/mm^2 (Al-Sn10%).

DAFTAR PUSTAKA

1. Amanto, Hari, dan Daryanto. 1999. *Ilmu Bahan Cetakan Kedua*. PT. Bumi Aksara. Jakarta
2. Mesin pengangkat / N. Rudenko; Diterjemahkan dari bahasa Rusia ke dalam bahasa Inggris oleh: A. Troitsky; alihbahasa: NazarFoead.
3. Materials Science and Engineering, An introduction, William D. Callister Jr, Wiley, 2004
4. Ilmu dan Teknologi Bahan, Lawrence H. Van Vlack (terjemahan), Erlangga, 1995
5. Pengetahuan Bahan, Tata Surdia dan Shinroku Saito, Pradnya Paramita, 1995
6. Principle of Materials Science and Engineering, William F. Smith, Mc Graw Hill, 1996
7. R, Rajendran, S, Venkataswamy, U, Jaikrishna, N, Gowrishankar, A, Rajadurai B.S.A. *Effect of process parameters in hot dip aluminizing of medium carbon steel*. Crescent Engineering College, Chennai 600048, India, 2IP Rings Ltd, D 11/ 12, Industrial Estate, Maraimalainagar 603 209, India, 3 Anna University, Chennai 600 044, India, Student Papers from FISITA 2006.
8. Yan Li, *Corrosion behaviour of hot dip zinc and zinc-aluminium coatings on steel in seawater*, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071, China, 2001.
9. Prayitno, Dody dan Triyono, M.S. Pembentukan Lapisan Intermetalik Dengan Metode *Powder Liquid Coating* Sebagai Upaya Alternatif Pengerasan Permukaan Besi Tuang Nodular. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Jakarta: Universitas Trisakti, 2010.
10. M. Fitrullah, Yanyan D., Andinnie J., Tripartuti, P. Tarigan, Wahyudin, Andika MP., *Studi kekuatan dan ketahanan korosi pada sambungan las 3 Kg*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Universitas Trisakti Jakarta 2014, ISSN : 2355-925X Juni 2014 Indonesia.
11. Paul David Rey, Pengaruh *Aluminizing* (Al-Cu) Terhadap laju korosi sambungan las busur rendam tabung gas elpiji 3 Kg. 2015.
12. Fathony Arief Rhamdhany, Studi metode *aluminizing* untuk mencegah die soldering pada baja H420 J2. 2016
13. T. Shih shih and T. Shu-Hau: *Journal of Materials Science and Engineering*, 2007, A Vol.454-455, pp.329-356
14. G. Eggeler, W. Auger and H. Kaesche: Influence of silicon on growth of alloy layer during hot-dip *aluminizing*, 1986, Vol.21, no.9
15. V.N Yeremoko, V.Y. Nantanzon and V. I. Dybkrov, *Russ metal*, 1973, Vol.5, p66
16. S. Kobayashi and T. yakou: Control of intermetallic compound layers, *Materials Science and Engineering*, 2002 Vol. A 338, pp 44-53.
17. Maureen Bangukira Isiko, *Aluminizing of plain carbon steel*. 201