

Uji Defect pada Battery Pack dan Nickel Sheet dalam Mesin Spot Automatic Welding

Haris Ardiyanto^{*}, Ninda Hardina^{1*} dan Budi Baharudin^{2*}

Batam politeknik

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: arisardiyanto922@gmail.com

Abstrak

Proses spot automatic welding pada pembuatan battery pack berperan penting dalam menghasilkan sambungan yang kuat antara battery cell dan nickel sheet. Namun, proses tersebut masih menghasilkan beberapa defect, seperti nickel sheet tidak menyatu, nickel sheet terbakar, dan titik las tidak sesuai, yang dapat menurunkan kualitas battery pack. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengidentifikasi defect visual yang terjadi pada proses spot automatic welding serta mengevaluasi kualitas sambungan menggunakan Visual test dan Pull push test. Metode penelitian dilakukan dengan menggunakan sampel hasil pengelasan kemudian dievaluasi menggunakan Visual test untuk mengidentifikasi defect visual dan Pull push test untuk mengukur kekuatan sambungan, hasil pengelasan dievaluasi menggunakan Visual test untuk mengidentifikasi defect dan Pull push test untuk mengukur kekuatan sambungan. Selanjutnya, data hasil pengujian dianalisis untuk mengidentifikasi jenis defect visual yang terjadi serta mengevaluasi kekuatan sambungan hasil pengelasan berdasarkan hasil Visual test dan Pull push test, battery cell berfungsi sebagai penyimpan energi, sedangkan nickel sheet digunakan sebagai penghubung antar battery cell melalui proses spot automatic welding pada battery pack, hasil Pull push test menunjukkan rata-rata kekuatan tarik sebesar 4,29 kg sehingga memenuhi standar minimum perusahaan yaitu 4 kg. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, penerapan, pengendalian, kualitas melalui Visual test dan Pull push test diperlukan untuk mengidentifikasi defect serta meminimalkan terjadinya defect pada proses spot automatic welding.

Kata kunci : mesin spot welding otomatis, battery pack, cacat welding, nickel sheet

Abstract

The automatic spot welding process in battery pack manufacturing plays a crucial role in producing strong joints between battery cells and nickel sheets. However, this process can still generate several defects, such as unbonded nickel sheets, burned nickel sheets, and improper weld spots, which may reduce the overall quality of the battery pack. This study aims to analyze and identify the visual defects occurring during the automatic spot welding process and to evaluate the quality of the welded joints using Visual Testing (VT) and Pull-Push Testing methods. The research was conducted using welded battery pack samples. First, the samples were inspected through Visual Testing to identify welding defects, followed by Pull-Push Testing to evaluate the mechanical strength of the welded joints. The test results were analyzed to determine the types of visual defects and to assess the mechanical performance of the welds. The Visual Testing results revealed defects in the form of unbonded nickel sheets, burned nickel sheets, and improper weld spots. Meanwhile, the Pull-Push Testing results showed an average joint strength of 4.29 kg, exceeding the company's minimum acceptance criterion of 4.0 kg. These findings indicate that implementing quality control through Visual Testing and Pull-Push Testing is essential for detecting welding defects, ensuring weld quality, and minimizing defects in the automatic spot welding process.

Keywords: automatic spot welding machine, battery pack, defect welding, nickel sheet

1. Pendahuluan

Pengelasan dalam suatu metode *fabrikasi* digunakan di seluruh dunia terutama pada *industri manufactur*. Dalam sebuah *battery pack* yang baik terdapat beberapa set *cell battery* yang memiliki konektivitas *battery* yang baik dan tidak rusak, sehingga dalam *proses* perakitan sebuah *battery pack* memiliki tahapan *proses* pengelasan untuk menyambungkan semua *cell battery* yang ada. *Proses* pengelasan merupakan tahapan yang penting dan *kritis* dalam melakukan *proses* dan pengecekan hasil pengelasan untuk menghasilkan sebuah *battery pack*. Dengan *kualitas* yang buruk akan menyebabkan kerusakan pada sambungan arus listrik dimana itu merupakan peran *nickel sheet* pada *battery*, sehingga berpotensi dapat menurunkan *efisiensi battery pack* dalam jangka panjang. Kondisi tempat pengelasan menjadi hal yang penting untuk menjamin *kualitas produk*. Oleh karena itu *kualitas produk* menjadi perhatian besar dan syarat mutlak untuk menghasilkan *produksi* yang baik.[1]

Berdasarkan hasil, kondisi pengelasan dan arus pengelasan menggunakan *sinkronisasi manual* pada mesin *las inverter power* dan dalam bentuk *parameter* dan *output*, dianalisis menggunakan *Exploratory Data Analysis (EDA)*. Dapat dilihat pada artikel yang saya temukan bahwa *proses* pengelasan *laser*, umumnya digunakan untuk mengenali lokasi titik pengelasan. *Metode sampel* diusulkan, mencapai hasil berkualitas pada titik pengelasan *laser* pada rakitan *battery*. disebut *Battery packs (BP)* terdiri dari *cell* dan *modul battery* yang saling terhubung. Pemanfaatan berbagai *material*, *konfigurasi*, dan *proses* pengelasan membentuk banyak sekali *aplikasi* yang berbeda. Tingkat keragaman ini bersama dengan rendahnya kematangan desain pengelasan dan kurangnya *standartisasi* mengakibatkan *variasi* besar dalam *kualitas* mekanis dan listrik sambungan. *Selain* itu, persyaratan *produksi* volume tinggi, yang berarti tingginya jumlah sambungan *modul* per *BP* meningkatkan jumlah cacat *absolut*. [1]

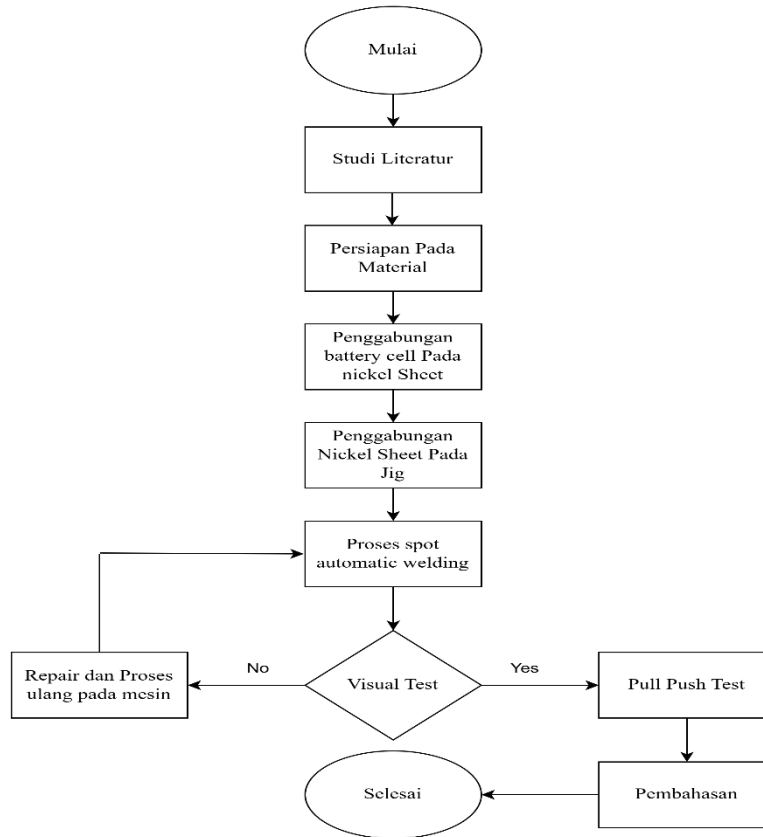
Bagian pertama dari studi ini berfokus pada pengaitan tantangan penerapan pengelasan dalam perakitan *battery* dengan *indikator* kinerja utama sambungan. Bagian kedua mengulas metode yang ada untuk jaminan *kualitas* yang menyangkut penyambungan *cell battery* dan *nickel sheet*. Namun dalam *proses* penggabungan *modul* antara *nickel sheet* dan *battery pack* dengan menggunakan mesin *spot automatic welding* pasti memiliki beberapa kendala *defect* pada hasil *welding spot* yang pastinya menghambat *system produksi*, terdapat hasil pengelasan yang kurang baik karena hasil pengelasan pada pelat *nickel* tidak menyatu pada permukaan *cell battery* dan hal ini mengakibatkan *cell battery* tidak saling terhubung terdapat pula hasil yang tidak sesuai dengan *standart operasional* hasil pengelasan yang mengakibatkan *plat nickel* patah. [2]

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana cara menganalisis hasil pengelasan pada *cell battery* selama *proses* pengelasan menggunakan mesin *las otomatis*. *Selain* itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara mengidentifikasi *plat nickel* yang mengalami kerusakan atau terbakar secara *real-time* saat mesin *las otomatis* sedang berjalan dan Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya cacat pada *cell battery* selama *proses* pengelasan dengan menggunakan mesin *las otomatis*. *Selain* itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengurangi jumlah cacat yang muncul pada *battery pack* dengan mengoptimalkan *proses* pengelasan. Salah satu upaya yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan membersihkan dan memastikan keruncingan *nozzle* serta melakukan pengujian terhadap *nickel sheet* di dalam sistem *laser* mesin *spot welding otomatis* guna meningkatkan presisi dan *kestabilan proses* pengelasan serta mampu meminimalkan kerusakan pada permukaan *plat nickel* maupun *cell battery*. [2]

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya hanya berfokus pada *proses* pengelasan dan jenis cacat yang terjadi pada tahap perakitan (*assembly*) *battery*. *Selain* itu, jumlah *cell battery* dan pelat *nickel* atau *busbar* yang digunakan untuk pengujian juga terbatas. Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain adalah mengurangi kerusakan arus listrik pada *battery* akibat sambungan *las* yang tidak sempurna, meminimalkan penggunaan konektor pelat *nickel* apabila tidak ditemukan kerusakan, serta mengurangi kemungkinan terjadinya masalah pengelasan seperti hasil *las* yang tidak lengket atau kurang menempel dengan baik. [3]

2. Metodologi Penelitian

2.1. Diagram Alir



Gambar 1: Diagram Alir

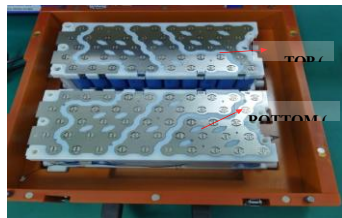
- Mempersiapkan *nickel sheet* pada *battery pack* untuk dilakukan *proses spot welding* didalam mesin.
- Mencari *refrensi* yang mendukung penelitian.
- Modul Battery* di *jig Modul* harus diletakkan di dalam *jig* untuk melakukan *proses spot welding* didalam mesin
- Proses Pengelasan Pelat nickel sheet* pada kemasan *battery* , pada *proses* ini letakkan pelat *nickel* sesuai dengan titik dan bentuk pola pada *modul* dan pastikan pelat *nickel* terpasang secara merata dan tidak terangkat.
- Atur *Parameter* mesin *las welding spot automatic*.
- Setelah *proses* selesai maka akan dilakukan *visual test*, jika *visual test* gagal maka *battery cel* dan *nickel sheet* harus dibersihkan dari spater yang dihasilkan mesin lalu mengulang kembali *proses* pada mesin
- Jika hasil *visual test* memenuhi *standartt* lalu akan dilakukan pengujian tarik untuk mengukur kekuatan sambungan,
- Tujuan pengujian Tarik untuk mengetahui kekuatan hasil *spot las* yang dihasilkan mesin, diantara 4kg-4,5kg, jika tidak mencapai maka kekuatan *las* yang dihasilkan mesin tidak sesuai dan perlu melihat *parameter* mesin Kembali atau membersihkan ujung *nozzle* dengan kain.
- Jika semua *modul Battery pack* selesai dilas dengan baik, maka bisa ke *proses* langkah berikutnya.

2.2. Nickel Sheet

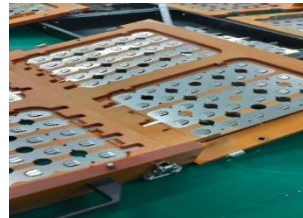
2.1.1 Bus Plat Positif dan Bus Plat Negatif

Pada proses pembuatan *battery pack*, *nickel sheet* disusun di atas terminal *positif* maupun terminal *negatif battery cell*. Selanjutnya, mesin *spot automatic welding* akan membentuk titik-titik las pada posisi yang telah ditentukan sehingga *nickel sheet* menyatu dengan permukaan terminal *battery*. Sambungan tersebut berfungsi sebagai jalur penghantar arus listrik antar *cell battery* sehingga kualitas sambungan las sangat menentukan performa dan keamanan *battery pack*. Secara umum, *nickel sheet* digunakan untuk menghubungkan beberapa *battery cell* menjadi satu rangkaian sesuai *desain* yang diinginkan, pada sisi terminal *positif* digunakan *bus plate positif* yang menghubungkan seluruh terminal *positif*, sedangkan pada sisi terminal *negatif* digunakan *bus plate negatif* yang menghubungkan seluruh terminal *negatif*. Kedua *bus plate* tersebut dihubungkan menggunakan *nickel sheet* melalui proses *spot welding* sehingga membentuk jalur distribusi arus listrik yang stabil. Kualitas sambungan antara *nickel sheet* dan terminal *battery* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain posisi *nickel sheet*, tekanan *nozzle*, kebersihan *nozzle*, kondisi permukaan material, serta kestabilan proses pengelasan. Apabila salah satu faktor tersebut tidak terpenuhi, maka dapat terjadi berbagai defect seperti *nickel sheet* tidak menyatu (*lack of fusion*), *nickel sheet* terbakar (*burn mark*), maupun titik las yang tidak sesuai dengan posisi yang telah ditentukan. Defect tersebut dapat meningkatkan hambatan listrik sambungan, menurunkan kekuatan mekanik hasil las, bahkan berpotensi menyebabkan kegagalan fungsi *battery pack*. [7]

Bus plate merupakan penghantar utama yang berfungsi menghubungkan beberapa *battery cell* menjadi satu rangkaian listrik pada *battery pack*. *Bus plate positif* menghubungkan seluruh terminal *positif battery cell*, sedangkan *bus plate negatif* menghubungkan seluruh terminal *negatif battery cell*. Pada proses manufaktur, hubungan tersebut dibentuk menggunakan *nickel sheet* yang dilas pada terminal *battery* menggunakan mesin *spot automatic welding*, *desain* dan posisi *bus plate* harus sesuai dengan rancangan rangkaian *battery* agar distribusi arus listrik berlangsung dengan baik dan tidak terjadi kesalahan.



Gambar 2: plat positif dan negatif



Gambar 3 : plat nickel pada jig

2.1.2 Parameter yang digunakan dalam Pengujian

Pada penelitian ini, parameter pengelasan tidak divariasikan, melainkan menggunakan parameter yang telah ditetapkan oleh perusahaan sebagai parameter standar proses *Spot Automatic Welding*. Parameter tersebut digunakan selama proses pengambilan data untuk menghasilkan sampel yang kemudian dievaluasi menggunakan *Visual test* dan *Pull push Tes*. [3][6]

Tabel 1 : parameter yang digunakan

Parameter	Keterangan	Nilai W1	Nilai W2	Satuan
IP	Peak current	3,25	3,45	KA
Ia	Average current	2,31	2,61	KA
Vp	Peak voltage	3,25	3,43	V
Va	Average voltage	2,90	2,90	V

Proses pengelasan menggunakan dua tahapan arus (*Weld 1* dan *Weld 2*). Nilai parameter berupa arus puncak (*Peak Current*), arus rata-rata (*Average Current*), tegangan puncak (*Peak Voltage*), dan tegangan rata-rata (*Average Voltage*) merupakan parameter proses yang digunakan selama pengelasan. Parameter tersebut digunakan sebagai kondisi operasi mesin selama pengambilan data dan tidak divariasikan pada penelitian ini.

2.3. Visual Test

Visual test merupakan metode pemeriksaan kualitas hasil pengelasan yang dilakukan secara langsung menggunakan pengamatan *visual* terhadap permukaan hasil las, pelaksanaan *Visual test* mengacu pada prinsip pemeriksaan *visual* menurut AWS B1.11 – *Guide for the Visual Examination of Welds* pengujian ini bertujuan untuk *mengidentifikasi* adanya cacat yang tampak pada sambungan las, seperti *nickel sheet* tidak menyatu, *nickel sheet* terbakar, dan titik las tidak sesuai. Pemeriksaan dilakukan setelah *proses spot automatic welding* selesai dengan bantuan pencahayaan yang memadai sehingga kondisi permukaan sambungan dapat diamati secara jelas. [3] Pada penelitian ini, *Visual test* dilakukan setelah *proses spot automatic welding* selesai. Pemeriksaan dilakukan secara langsung terhadap setiap hasil pengelasan menggunakan pengamatan *visual* dengan bantuan pencahayaan yang cukup. Setiap titik las diamati untuk mengetahui adanya *defect* seperti *nickel sheet* tidak menyatu, *nickel sheet* terbakar, maupun titik las yang tidak sesuai dengan posisi yang telah ditentukan.[1]

Visual test dilakukan menggunakan pengamatan mata secara langsung dengan bantuan pencahayaan area kerja, hasil *inspeksi* kemudian dicatat pada lembar pemeriksaan *kualitas* untuk menentukan apakah produk memenuhi persyaratan atau dikategorikan sebagai *reject*. Kriteria penerimaan hasil *Visual test* mengacu pada Standar Operasional Prosedur (SOP) perusahaan. Produk dinyatakan memenuhi persyaratan apabila tidak ditemukan *defect visual* seperti *nickel sheet* tidak menyatu, *nickel sheet* terbakar, maupun titik las yang tidak sesuai. Apabila salah satu *defect* tersebut ditemukan, maka produk dinyatakan tidak memenuhi *standar* kualitas dan harus dilakukan *proses* perbaikan atau *reject*. Peralatan yang digunakan pada *proses Visual test* meliputi pengamatan *visual* secara langsung dan *mikroskop* untuk membantu melihat detail permukaan hasil pengelasan, penggunaan *mikroskop* memudahkan *proses identifikasi defect* yang berukuran kecil sehingga hasil *inspeksi* menjadi lebih *akurat*. [9]



Gambar 4 : visual test dengan teleskop



Gambar 5 : visual test dengan mata

Visual test proses :

1. *Proses spot automatic welding* selesai lalu *modul* diambil dan dipindahkan ke meja *inspeksi*.
2. Membersihkan permukaan dari *spater* menggunakan kuas.
3. Pemeriksaan *visual* menggunakan mata dengan pencahayaan yang cukup.
4. Jika cacat yang ditemukan sangat kecil maka dapat menggunakan *microskop*.
5. Mengidentifikasi jenis *defect* (*nickel sheet* tidak menyatu, *nickel sheet* terbakar, titik las tidak sesuai atau tidak ada hasil las).
6. Melaporkan serta *mendokumentasikan* hasil *inspeksi*
7. Menentukan *status* produk.

Tabel 2: kriteria visual test

No sampel	Hasil pengelasan	Kriteria	Status
S-01	<i>nickel sheet</i> menyatu dengan sempurna.	Tidak terdapat <i>defect visual</i> .	<i>Accept</i> .
S-02	<i>nickel sheet</i> tidak menyatu.	Tidak ada hasil las, titik tidak sesuai.	<i>Rejeck and repair</i> .
S-03	<i>nickel sheet</i> terbakar.	Permukaan mengalami pembakaran yang berlebih,	<i>Rejeck</i> .
S-04	Titik las bergeser.	<i>Nickel</i> dan <i>jig</i> terdapat <i>gap</i> .	<i>Rejeck and repair</i> .

2.4. Pull Push Test

Pull push test merupakan metode pengujian mekanik yang digunakan untuk mengetahui kekuatan sambungan hasil *spot welding*. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Pull push Gauge* dengan cara memberikan gaya tarik pada *nickel sheet* hingga sambungan terlepas dari *battery cell* nilai gaya tarik yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan *standar* perusahaan. Pada penelitian ini, hasil pengelasan dinyatakan memenuhi kriteria apabila memiliki kekuatan tarik *minimal* 4 kg. Apabila nilai gaya tarik berada di bawah *standar* tersebut, maka sambungan dianggap tidak memenuhi persyaratan *kualitas* dan dilakukan *evaluasi* terhadap *proses* pengelasan *Standar* acuan pengujian *Pull push test* pada *Standar Operasional Prosedur (SOP)* perusahaan. Sebagai landasan teori mengenai pengujian sambungan resistance *spot welding* digunakan *ISO 14273* dan *AWS D8.9*. Kriteria kelulusan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik *minimum* sebesar 4 kg sesuai SOP perusahaan.[3][8]

Perhitungan nilai rata-rata kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui kemampuan rata-rata sambungan hasil *spot automatic welding* dalam menahan gaya tarik setelah dinyatakan lolos pada pemeriksaan *Visual test*, nilai rata-rata kekuatan tarik dihitung untuk mengetahui kemampuan sambungan hasil *spot automatic welding* dalam menahan gaya tarik. Perhitungan dilakukan berdasarkan hasil *Pull push test* terhadap 10 sampel yang telah memenuhi kriteria *Visual test*.

Tujuan dilakukannya uji tarik *pull push* :

- Mengetahui kekuatan sambungan hasil *spot automatic welding*.
- Memastikan sambungan antara *nickel sheet* dan *battery cell* memenuhi *standart*.
- *Memverifikasi* bahwa hasil pengelasan mampu menahan gaya tarik *minimum*.



Gambar 6 : alat pull push test

Uji tarik *proses* :

1. Siapkan sampel hasil dari mesin *spot automatic welding* yang telah lolos dari pemeriksaan *visual*.
2. Pasang sampel pada *fixture* pengujian.
3. Kaitkan ujung *nickel sheet* pada alat *pull push gauge*.
4. Berikan kekuatan tarik secara perlahan hingga sambungan terlepas atau mencapai gaya maksimum.
5. Catat nilai yang ada pada alat *pull push* .
6. Bandingkan hasil pengujian dengan *standar* perusahaan untuk menentukan *accept* atau *reject*.

Tabel 3 :kriteria uji tarik

Hasil <i>pull push test</i>	Kriteria	Status
>4 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Accept
<4 kg	Tidak memenuhi <i>standar</i>	Reject

3. Analisa Data dan Pembahasan

3.1. Visual Test data dan Defect

Visual test dalam *proses* ini melingkup dalam pengamatan terhadap *nickel sheet* dan hasil *las* yang dihasilkan mesin, namun untuk tahap pengujian *visual test* jika ditemukan cacat maka langsung dipastikan bahwa *nickel sheet* tersebut sudah rusak dan gagal, maka perlu menukar Kembali *nickel sheet* ke *proses* sebelumnya serta melakukan *proses welding spot* ulang, terjadinya cacat *las* yang dapat diidentifikasi langsung dengan *visual test* dapat dipengaruhi beberapa hal,[1] [9] diantaranya :

Tabel 4 : jumlah visual test dalam sehari

Metode pengujian	Jumlah produksi dalam 1 hari	Ditemukan defect	Jenis defect
<i>Visual test</i>	160	4	<i>nickel sheet</i> tidak menyatu
<i>Visual test</i>	160	2	Titik las bergeser
<i>Visual test</i>	160	0	-
<i>Visual test</i>	160	1	Terbakar

Pelaksanaan *Visual test* mengacu pada prinsip pemeriksaan *visual* menurut *AWS B1.11 – Guide for the Visual Examination of Welds*, yaitu pemeriksaan dilakukan pada permukaan sambungan las dengan pencahayaan yang memadai serta menggunakan alat bantu pembesaran apabila diperlukan untuk memastikan kondisi permukaan hasil las, hasil *spot welding* pada *nickel sheet* dapat diamati melalui bentuk weld, perubahan warna area *las*, cacat permukaan, oleh karena itu *visual test* dilaksanakan sebagai tahap awal untuk memastikan hasil *spot automatic welding* memenuhi kualitas yang diinginkan sebelum melakukan pengujian uji Tarik atau puul test, berikut akan menampilkan hasil *defect* yang dapat diamati di uji *visual*.[3][9]

Tabel 5 : jumlah defect

Jenis defect	Jumlah
<i>nickel sheet</i> tidak menyatu	4
Titik las bergeser, tidak ada hasil las	2
terbakar	3
Total 9	

A. Hasil Las dan Nickel Sheet Tidak Menyatu

Sambungan *spot welding* terbentuk akibat panas yang dihasilkan oleh tahanan listrik dan tekanan *nozzle*, apabila panas atau tekanan yang diterima pada daerah pengelasan tidak cukup, maka logam tidak mencapai kondisi yang memungkinkan terbentuknya weld nugget secara sempurna. Akibatnya, *nickel sheet* tidak menyatu dengan *battery cell* dan menghasilkan defect *lack of fusion*. Sebagai upaya pencegahan, perlu dilakukan pemeriksaan posisi *nickel sheet* sebelum pengelasan, menjaga kebersihan permukaan material, serta melakukan pemeriksaan dan perawatan *nozzle* secara berkala.[10][9]



Gambar 7 : hasil las yang kurang sempurna

B. Tidak ada Hasil Las

Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, *defect no weld* menunjukkan bahwa *proses* penyambungan tidak berlangsung sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, diperlukan pemeriksaan terhadap posisi *nickel sheet*, kondisi *nozzle*, serta pelaksanaan *Visual test* untuk memastikan setiap titik las telah terbentuk sebelum produk dilanjutkan ke *proses* berikutnya, *defect* ini mengakibatkan *nickel sheet* tidak terikat pada *battery cell* sehingga sambungan tidak memiliki kekuatan *mekanik* dan tidak dapat berfungsi sebagai penghantar *arus listrik*. Berdasarkan hasil pengamatan, kondisi tersebut diduga disebabkan oleh posisi *nickel sheet* yang tidak berada pada titik pengelasan, kontak *nozzle* dengan material yang kurang baik, atau kondisi *nozzle* yang tidak optimal sehingga *energi* pengelasan tidak tersalurkan ke area sambungan.

Pengendalian kualitas dapat dilakukan dengan memastikan posisi material sesuai *jig*, memeriksa kondisi *nozzle* sebelum *proses* produksi, serta melakukan inspeksi *visual* terhadap setiap hasil pengelasan, berdasarkan hasil *Visual test* ditemukan beberapa sampel yang tidak menunjukkan adanya titik las pada permukaan *nickel sheet* maupun *battery cell*. Kondisi ini menunjukkan bahwa *proses spot automatic welding* tidak menghasilkan sambungan (*no weld*).[9][10]



Gambar 8 : tidak ada hasil las

C. Nickel Sheet Terbakar

Defect ini dapat menurunkan kualitas sambungan karena permukaan *material* mengalami kerusakan akibat *temperatur* yang terlalu tinggi. Berdasarkan hasil pengamatan, kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh *konsentrasi* panas yang berlebihan pada area pengelasan atau kondisi *nozzle* yang kurang optimal sehingga distribusi panas tidak merata hasil pengamatan menggunakan mikroskop menunjukkan adanya *defect nickel sheet* terbakar yang ditandai dengan perubahan warna pada permukaan *nickel sheet* disertai bekas pembakaran di sekitar titik las. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa daerah pengelasan mengalami panas berlebih selama *proses spot automatic welding*. [10]



Gambar 9 : nickel terbakar

3.2. Uji Tarik *Pull Push* dan *Data*

Pengujian *Pull push test* dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan hasil *proses Spot Automatic Welding* antara *battery cell* dan *nickel sheet*, pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sambungan yang dihasilkan memiliki kekuatan mekanik yang memenuhi *standar* perusahaan sehingga mampu menjaga kestabilan sambungan selama *proses* perakitan maupun penggunaan *battery pack*., *table* dibawah ini merupakan hasil dari uji tarik yang dilakukan dalam 10 uji tarik, dengan menggunakan *metode sample*.^[1]

Tabel 6 : hasil uji tarik

No sampel	Nilai <i>pull push</i>	<i>Standar</i> kg	Status	Keterangan
S-1	4,2 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya
S-2	4,5 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya
S-3	4,3 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya
S-4	4,4 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya
S-5	4,6 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya
S-6	4,1 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya
S-7	4,7 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya
S-8	4,3 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya
S-9	4,5 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya
S-10	4,2 kg	4 – 5 kg	Memenuhi <i>standar</i>	Lanjut ke <i>proses</i> selanjutnya

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan alat *Pull push test* dengan memberikan gaya tarik secara *vertikal* hingga sambungan terlepas, nilai gaya *maksimum* yang terbaca pada alat dicatat sebagai nilai kekuatan sambungan. Berdasarkan *standar* perusahaan, hasil pengujian dinyatakan lulus (*Pass*) apabila memiliki nilai gaya tarik *minimum* 4 kg, sedangkan hasil di bawah 4 kg dinyatakan tidak lulus (*Fail*), dengan demikian, hasil *Pull push test* menunjukkan bahwa *proses Spot Automatic Welding* telah menghasilkan sambungan yang memiliki kekuatan mekanik sesuai dengan spesifikasi perusahaan. Oleh karena itu, pengendalian *proses* serta pemeriksaan berkala menggunakan *Pull push test* tetap perlu dilakukan untuk menjaga *konsistensi kualitas* hasil pengelasan dan *meminimalkan* kemungkinan terjadinya *defect*.^{[1],[5]}

Tabel 7 : kriteria uji tarik

Keterangan	Jumlah
Jumlah sampel, uji Tarik dalam sehari	10
Sampel lulus	10
Sampel tidak lulus	0
Nilai rata - rata	4,29 kg
<i>Standar minimum</i>	4,00 kg

Perhitungan Statistik :

1. Rata – rata kekuatan tarik

$$\begin{aligned} X &= \frac{\text{Jumlah seluruh nilai}}{\text{Jumlah sampel}} \\ X &= \frac{4,2 + 4,5 + 4,3 + 4,4 + 4,6 + 4,1 + 4,7 + 4,3 + 4,5 + 4,2}{10} \\ &= \frac{42,9}{10} \\ &= \mathbf{4,29 \text{ kg}} \end{aligned}$$

2. Persentase keberhasilan

$$\% \text{ keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Sampel lolos}}{\text{Total Sampel}} \times \%100$$

$$\% \text{ Keberhasilan} = 10 / 10 \times 100\% = 100\%$$

Pembahasan berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian :

- Nilai rata – rata kekuatan sambungan adalah **4,29 kg** yang berada direntang *standart* (4 – 5 kg)
- Persentase keberhasilan didalam 10 *sampel* memiliki angka keberhasilan sebesar 100% yang membuktikan *proses* ini memiliki *kualitas* yang konsisten
- *Sampel* yang bernilai 4,1 kg masih memenuhi *standart*, namun perlu diperhatikan untuk mencegah turunnya nilai dibawah *standart* dengan cara rutin membersihkan ujung *nozzle electrode* setiap 50 kali *proses* pengelasan otomatis

Nilai rata-rata kekuatan tarik dihitung berdasarkan hasil *Pull push test* terhadap 10 sampel yang telah memenuhi kriteria *Visual test*. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan rata-rata sambungan hasil *spot automatic welding* dalam menahan gaya tarik serta mengevaluasi kesesuaiannya terhadap *standar* minimum perusahaan. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai rata-rata sebesar 4,29 kg, sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan sambungan telah memenuhi *standar* perusahaan sebesar 4 kg.

4. Kesimpulan

Evaluasi terhadap hasil pengujian juga memberikan gambaran mengenai *efektivitas* perawatan *nozzle* pengelasan yang telah diterapkan. Apabila hasil *Visual test* menunjukkan adanya *defect*, seperti *nickel sheet* tidak menyatu, *nickel sheet* terbakar, atau tidak terbentuk hasil *las*, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap *parameter* pengelasan, kondisi *nozzle* atau *nozzle*, serta posisi pemasangan *nickel sheet* pada *battery cell*, langkah tersebut bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *defect* yang sama pada *proses produksi* berikutnya, penelitian ini berhasil mengidentifikasi jenis-jenis *defect* yang terjadi pada *proses spot automatic welding*, yaitu *nickel sheet* tidak menyatu, *nickel sheet* terbakar, dan tidak terbentuk hasil *las*, *defect* tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain pengaturan posisi *nickel sheet* yang tidak tepat, kondisi *nozzle*, serta permukaan *material* yang kurang bersih sehingga memengaruhi *kualitas* sambungan *las*, pengendalian *kualitas* dilakukan melalui *Visual test* dan *Pull push test*, *visual test* digunakan untuk mendeteksi adanya *defect* pada hasil pengelasan, sedangkan *Pull push test* digunakan untuk memastikan kekuatan sambungan hasil *las* telah memenuhi *standart* yang ditetapkan, kedua metode tersebut mampu memberikan penilaian terhadap *kualitas* hasil pengelasan secara *visual* maupun *mekanis*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sambungan hasil *spot welding* yang memenuhi *standart* memiliki kekuatan tarik sesuai *spesifikasi*, yaitu berada pada rentang 4 - 5 kgf. Apabila hasil pengujian menunjukkan nilai di bawah *standart* atau ditemukan *defect* pada pemeriksaan *visual*, maka perlu dilakukan *evaluasi* terhadap *proses* pengelasan sebelum *produk* dilanjutkan ke tahap berikutnya, *kualitas* hasil *spot welding* dipengaruhi oleh, kondisi *nozzle*, ketepatan posisi *nickel sheet*, serta kondisi *material* yang digunakan, upaya untuk meningkatkan *kualitas* hasil pengelasan dapat dilakukan melalui perawatan (*maintenance*) mesin secara berkala, seperti pemeriksaan dan pembersihan *nozzle* atau, pengecekan kondisi komponen mesin, serta kalibrasi *parameter* pengelasan sesuai kebutuhan *proses*, perawatan yang dilakukan secara rutin dapat menjaga *kestabilan proses* pengelasan, mengurangi potensi terjadinya *defect*, dan meningkatkan konsistensi *kualitas produk*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Stavropoulos, Panagiotis; Sabatakakis, Kyriakos; Bikas, Harry. *Batteries; Bacell Vol. 10, Iss. 5, (2024): 146. Welding Challenges and Quality Assurance in Electric Vehicle Battery pack Manufacturing.*
- [2] Baskoro, A. S., Trianda, M. R., Istiyanto, J., Supriyadi, S., & Sumarsono, D.A. (2014). *Effects of Welding Time and Welding Current to Weld Nugget and Shear Load on Electrical Resistance Spot Welding of Cold Rolled Sheet for Body Construction, (November), 289–293*
- [3] *Manual Book Process Welding Machine Automatic in company Intership.*
- [4] Nikhil Kumar, Ian Master, Abhishek Das (Volume 70, October 2021, Page 78-96) *In-depth evaluation of laser-welded similar and dissimilar material tab-to-busbar electrical interconnects for electric vehicle battery pack.* <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.08.025>
- [5] Węglowski, M. S. (2012). *Monitoring of Arc Welding Process Based on Arc Light Emission*
- [6] *Personal Documentation*
- [7] *Journal of Electrical Engineering* P-ISSN :-Vol. 1 No. 1, Januari 2020
<https://journal.politeknikbosowa.ac.id/JOULE/article/view/48/2>
- [8] *A study of dynamic resistance during small scale resistance spot welding of thin Ni sheets*
W Tan, Y Zhou, H W Kerr and S Lawson
Published 30 June 2004 • 2004 IOP Publishing Ltd
- [9] *Tailoring micro resistance spot welding parameters for joining nickel tab to inner aluminium casing in a cylindrical lithium ion cell and its influence on the electrochemical performance*
Vallabha Rao Rikka, Sumit Ranjan Sahu, Ashok Roy, Sambhu Nath Jana, Duraisamy Sivaprahasam, Raju Prakash, Raghavan Gopalan, Govindan Sundajan
Centre for Automotive Energy Materials, International Advanced Research Centre for Powder Metallurgy and New Materials (ARCI), Chennai, 600113, Tamil Nadu, India
- [10] Tan, W., Zhou, Y., Kerr, H. W., & Lawson, S. (2004). *A study of dynamic resistance during small scale resistance spot welding of thin Ni sheets. Journal of Physics D: Applied Physics, 37(14), 1998–2008.*