



STUDI LITERATUR : ANALISIS KEKUATAN SAMBUNGAN LAS DAN SAMBUNGAN KELING

Ripal Triswandi, Parhan Adit Rahmadana, Deddy Supriyatna

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: 2284220003@untirta.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan dari kedua jenis sambungan tersebut melalui studi literatur. Dengan menggunakan metode narrative review, penelitian ini membandingkan data dari berbagai jurnal nasional yang relevan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik sambungan las pada posisi horizontal lebih tinggi (26,845 KN) dibandingkan dengan posisi vertikal (24,634 KN). Variasi ketebalan plat pada sambungan las juga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan, dimana plat dengan ketebalan 5 mm menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 594,40 N/mm². Jenis pengelasan juga berpengaruh signifikan, dengan pengelasan SMAW menunjukkan kekuatan tarik tertinggi (666,05 MPa). Selain itu, media pendinginan yang digunakan pada hasil pengelasan mempengaruhi kekuatan tarik, dimana oli bekas sebagai media pendingin menghasilkan kekuatan tarik tertinggi (53,415 kg/mm²). Untuk sambungan keling, penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak paku keling yang digunakan, semakin tinggi nilai kekuatan tarik yang dihasilkan. Paku keling 4 memiliki kekuatan tarik lebih tinggi (428,94 N/mm²) dibandingkan paku keling 2 (403,53 N/mm²). Tegangan geser maksimal pada sambungan keling tercatat sebesar 4.891,753 KN, dengan tegangan kerja sebesar 85,75 N/mm² dan efisiensi sambungan sebesar 23,6%. Kesimpulannya, pemahaman mendalam mengenai kekuatan sambungan las dan keling sangat penting bagi mahasiswa teknik mesin dan praktisi industri untuk meminimalisir risiko kecelakaan kerja dan memastikan keamanan serta kehandalan konstruksi.

Article History

Received: September 2024

Reviewed: September 2024

Published: September 2024

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI : 10.8734/Kohesi.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Sambungan adalah proses penyatuan beberapa bagian atau konstruksi dengan menggunakan suatu cara tertentu. Sambungan merupakan salah satu elemen mesin yang harus dikuasai oleh mahasiswa teknik mesin untuk diterapkan baik di Industri maupun pada kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, sambungan sangat penting untuk dipelajari sebagai bekal dalam memasuki dunia kerja. Peneliti akan membahas terkait sambungan las dan sambungan keling. Sambungan las adalah suatu sambungan permanen yang dihasilkan dengan cara peleburan dua sisi bagian yang disambungkan secara bersamaan, dengan atau tanpa adanya tekanan dan bahan pengisi. Pada saat peleburan bahan diperlukan panas yang dihasilkan oleh busur api (untuk las listrik) atau oleh pembakaran gas (untuk pengelasan gas). Pengelasan secara intensif diperlukan dalam fabrikasi logam sebagai cara alternatif untuk pengecoran atau tempa dan sebagai pengganti sambungan baut dan sambungan keling. Sambungan las mempunyai kekuatan sambungan yang efektif dalam berbagai perlakuan gaya dan mempunyai kerapatan yang baik (Edi Suryono ; dkk : 2020). Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan, salah satunya ialah prosedur pengelasan. Prosedur pengelasan ialah cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang dibutuhkan dalam pelaksanaan tersebut. Proses produksi pengelasan meliputi proses pembuatan, alat dan bahan yang dibutuhkan, tahapan pelaksanaan, dan persiapan pengelasan seperti pemilihan elektroda,



pemilihan mesin las, penunjukan juru las, dan penggunaan jenis kampuh (Wiryosumarto, 2000). Perbedaan jenis-jenis elektroda yang digunakan dapat mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan dan perpanjangan (elongation) pada hasil las (Tarkono, 2012).

Sambungan permanen adalah sambungan yang bersifat tetap, sehingga saat penggunaannya tidak dapat dilepas kembali kecuali dengan cara merusaknya (Yazid Fariza Anshory, F., & Febriantoko, B. W. ; 2020). Salah satu contoh sambungan permanen (tetap) adalah sambungan paku keling (riveted joints). Paku keling adalah batang silindris pendek dengan sebuah kepala di bagian atas, setiap bentuk kepala keling ini mempunyai kegunaannya tersendiri. Silinder tengah sebagai badan dan bagian bawahnya sebagai ekor. Ekor dipatenkan dengan tujuan untuk menetapkan paku keling secara permanen, sementara badannya dibuat kokoh untuk mengikat sambungan dengan kuat dan menahan beban yang diterima (Yazid Fariza Anshory, F., & Febriantoko, B. W. : 2020). Pada pemasangan paku keling ditempatkan pada atau pra-bor lubang menekan, dan ekor sedang kesal, atau Yorkshire melawan (yaitu cacat), sehingga memperluas sekitar 1,5 kali diameter batang asli, memegang paku keling itu di tempatnya. Untuk membedakan antara kedua ujung paku keling, kepala asli disebut pabrik kepala dan ujung cacat disebut toko kepala atau buck-ekor (Barun, A., & Aghram, B. : 2012).

Analisis kekuatan pada sambungan sangatlah penting untuk dipelajari, karena dapat mengetahui dan memperkirakan sejauh mana kekuatan yang dihasilkan pada setiap sambungan. Kekuatan sambungan yang harus diuji diantaranya seperti uji tarik, uji tekan, uji kelelahan dan lain sebagainya. Oleh karena itu, sebagai mahasiswa Teknik Mesin sudah seharusnya kita mengetahui cara menghitung dan memperkirakan kekuatan yang dihasilkan oleh sambungan las dan sambungan keling. Dengan analisis yang baik dan cara penghitungan yang benar, kita dapat meminimalisir kecelakaan kerja baik itu di Industri, maupun pada rumah atau konstruksi.

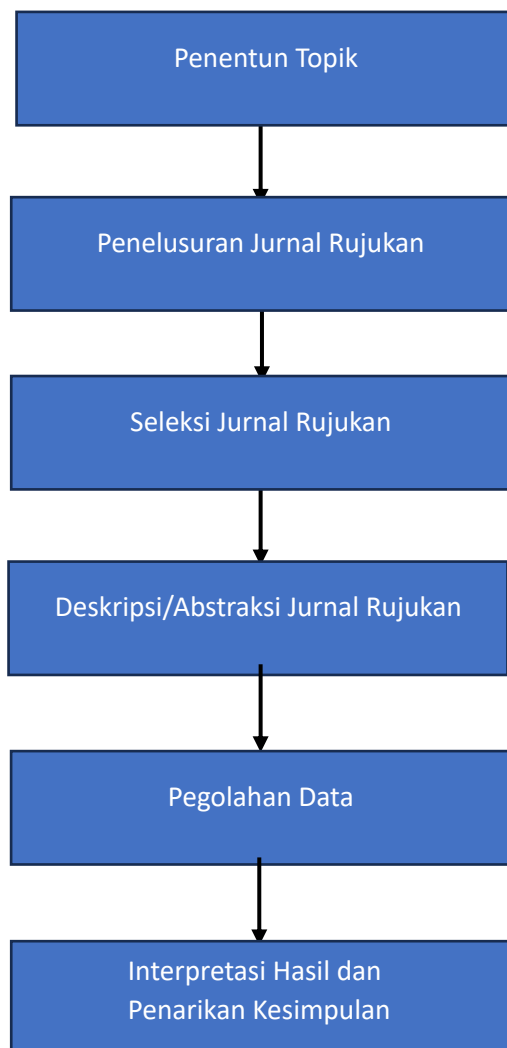
METODE PENELITIAN

A. Penelitian studi literatur

Menggunakan jenis penelitian *literatur review* (studi literatur) dengan menggunakan model *narrative review*, yaitu membandingkan data dari beberapa jurnal yang telah dianalisis baik itu jurnal internasional maupun nasional. Setelah itu, dirangkum berdasarkan hasil yang didapatkan untuk dibuat kesimpulan. Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian kualitatif dengan sumber data yang digunakan adalah data sekunder dari beberapa jurnal baik itu internasional maupun nasional. Namun, disini peneliti hanya menggunakan jurnal nasional yang sesuai dengan topik yang diteliti.



B. Diagram alir



HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

No	Juduul Artikel	Penulis	Tahun Terbit	Kesimpulan
1	Analisis Kekuatan Tarik Terhadap Sambungan Baut Bilah Ganda Pada Plat Baja ST 42.	Badaruddin Anwar, R. Hidayat. S, Sappewati	2017	Penelitian ini adalah penelitian eksperimen bertujuan untuk mengetahui besar kekuatan tarik terhadap sambungan baut bilah ganda pada baja karbon sedang ST 42. Dari hasil pengujian uji tarik yang telah dilakukan pembuatan pada logam, dengan menggunakan sambungan baut bilah ganda posisi baut horizontal dan sambungan baut bilah ganda posisi baut vertikal, Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa data kekuatan tarik sambungan baut



				bilah ganda posisi baut horizontal dengan nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 26,845 (kN) sedangkan data kekuatan tarik pada sambungan baut bilah ganda posisi baut vertikal dengan nilai rata-rata sebesar 24,634 (kN). Berdasarkan hasil analisis data sambungan baut bilah ganda pada plat baja ST 42 menunjukkan bahwa kekuatan tarik sambungan baut bilah ganda posisi horizontal lebih tinggi dari pada kekuatan tarik sambungan baut bilah ganda posisi baut vertikal.
2	ANALISA UJI TARIK LAS SMAW TERHADAP SAMBUNGAN SQUARE BUTT JOINT DENGAN VARIASI KETEBALAN PLAT ST 37	Edy Suryono, Bambang Teguh Baroto, Peter Setiawan	2020	Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa sambungan las square butt joint terhadap beberapa variasi ketebalan plat dengan uji tarik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan dilaksanakan di laboratorium pengujian bahan Akademi Teknologi Warga Surakarta, menggunakan material St 37 dengan las SMAW dan elektroda yang digunakan AWS E6013 diameter elektroda 2,6 mm dan tegangan arus sebesar 85 Ampere. Hasil pengujian uji tarik yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa spesimen 3 mm yang di las menggunakan sambungan las square butt joint, patahan terjadi di daerah gage length karena hasil pengelasan tertutup penuh dan tegangan minimum yang diperoleh 396,82 N/mm². Pada spesimen 5 mm yang di las menggunakan sambungan las square butt joint, tegangan maksimum yang diperoleh sebesar 594,40 N/mm², sedangkan pada spesimen 7 mm tegangan mengalami penurunan sebesar 6,48 % dan dari hasil uji tarik oleh spesimen 5 mm dan 7 mm, patahan terjadi pada sambungan las. Pada sambungan las spesimen 7 mm terlihat dari hasil pengelasan ada rongga atau celah. Hal ini menunjukkan bahwa lasan tidak penuh.
3	ANALISIS KETAHANAN	Ir. Aznam barun,. Budi Agraham	2012	Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh hasil keling dan terhadap plat



	SAMBUNGAN KELING PADA ALUMUNIUM 2024 DENGAN KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO			aluminium 2024 dengan kekuatan tarik dan struktur mikro .dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain : 1.Pada hasil pengujian tarik paku keling 4 lebih tinggi keling 2 dengan selisih setengah tarik maksimum sebesar 428,94 N/mm² selisih setengah tarik adalah 25,22 N/mm² . pengelasan 2 yang sebesar 403,53 N/mm² lebih tinggi pengelasan 4 dengan selisih 25,22 N/mm². 2. Hasil penelitian pengujian struktur mikro pengelasan 2 terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar. Dan pengelasan 4 deformasi hasil proses pengelasan 4 terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar. 3. Setelah pengujian kekuatan tarik , dan struktur mikro hasil pengelasan 4 lebih kuat dan keras dibandingkan hasil pengelasan 2 terhadap plat aluminium 2024
4	PEMODELAN SAMBUNGAN LAS PADA STRUKTUR BALOK KOLOM BAJA BERBASIS PROGRAM ELEMEN HINGGA	Gati Annisa Hayu dan Machmud Budi Sulistyio	2021	Pada konstruksi baja pemilihan jenis dan detail pemasangan sambungan adalah faktor penting yang tidak dapat diabaikan. Terdapat tiga jenis sambungan baja, yaitu: baut, las, dan paku keling. Sambungan las akan menghasilkan kekuatan yang baik apabila dilakukan suatu kontrol kualitas yang tepat. Selain itu, sambungan las merupakan sambungan yang murah dan mudah diaplikasikan. Fokus dari penelitian ini adalah melakukan pemodelan sambungan las pada struktur balok kolom menggunakan program bantu elemen hingga yang mana hasilnya akan mendekati hasil dari suatu eksperimen yang sudah pernah dilakukan. Terdapat dua pemodelan yang dilakukan; Model-1 menggunakan interaksi jenis tie constraint interaction, sementara Model-2 menggunakan tipe merge and chamfer. Hasil penelitian menunjukan bahwa Model-2 lebih mendekati hasil eksperimen dengan tingkat akurasi beban ultimate sebesar 97.75%. Bentuk deformasi yang terjadi pada model ini juga



				mendekati hasil eksperimen. Dalam hal energi disipasi, hasil eksperimen adalah sebesar 78,036.396 kN.mm sementara hasil untuk Model-2 adalah 94,456.982 kN.mm. Tingkat keakuratan hasil energi disipasi Model-2 mencapai 82.62%.
5	KEKUATAN TARIK DAN BENDING SAMBUNGAN LAS PADA MATERIAL BAJA SM 490 DENGAN METODE PENGELASAN SMAW DAN SAW	Naharuddin, Alimuddin Sam, Candra Nugraha	2015	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan las baja SM490. Proses pengelasan SAW menggunakan arus pengelasan 100 – 125 Ampere dan SMAW 300 Ampere. Elektroda yang digunakan dalam metode pengelasan ini adalah E 7018 (SMAW) dan F7A4EM12K (SAW). Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 60°. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik dan bending. Kekuatan tarik sambungan las tertinggi terjadi pada metode pengelasan SMAW dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 666,05 MPa dibandingkan dengan metode pengelasan SAW sebesar 621,78 Mpa dan raw material sebesar 608,28 MPa. Kekuatan bending pada sambungan las metode pengelasan SMAW sebesar 109,46 MPa lebih besar dibandingkan dengan nilai kekuatan bending pada metode SAW sebesar 76,68 MPa, dan raw material atau tanpa pengelasan sebesar 68,28 MPa
6	Analisa Sambungan Portal Baja antara Balok dan Kolom dengan Menggunakan Sambungan Las dan Baut	FABER PARLINDUNGAN S, Ir. H. Edy Hermanto, MT, Ir. H. Subur Panjaitan, MT	2014	Pada bangunan gedung yang menggunakan struktur bangunan baja, sambungan merupakan hal yang penting diperhatikan. Karena bangunan baja tidak seperti beton yang konstruksinya adalah monolit sehingga pada konstruksi beton perhatian terhadap sambungan tidak begitu besar. Oleh karena itu pada bangunan baja harus terdapat sambungan yang menyatukan kolom dan balok tersebut menjadi portal. Sambungan tersebut berguna untuk menyalurkan beban yang terdapat pada balok diteruskan pada kolom dan sambungan tersebut ditunjukkan untuk memindahkan semua momen dan memperkecil atau meniadakan rotasi batang pada sambungan



				(sambungan portal kaku). Pada perhitungan mekanika teknik, metode yang digunakan adalah metode takabeya. Serta sistem pembebanan dilakukan dengan membagi 2 beban tersebut. Dari data pembebanan yang sudah diperoleh maka dilakukan analisa perhitungan dengan memakai peraturan AISC. Berdasarkan hasil evaluasi ya.rig dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa pemakaian sambungan baik itu kombinasi antara las dan baut, sambungan baut saja maupun sambungan las saja semuanya aman digunakan karena tegangan yang terjadi pada sambungan lebih kecil dari tegangan ijin. Namun dari segi efisiensi pelaksanaan dilapangan pemakaian sambungan baut merupakan sambungan yang paling efisien, karena pengerjaannya lebih praktis/mudah, juga memiliki kekuatan yang cukup tinggi. Begitu juga dengan kekuatan dari sambungan tersebut dipengaruhi oleh, jumlah baut, susunan baut, jarak antar baut, diameter baut, tebal pelat penyambung, besar gaya yang terjadi begitu juga dengan tebal las.
7	Analisis Kekuatan Tarik Pada Jenis Sambungan Hybrid Tipe Lap Joint Komposit Serat Widuri	Esau Hule, Yeremias M. Pell, Erich U.K Maliwemu	2023	Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kekuatan sambungan hibrid tipe lap joint komposit serat widuri akibat pembebanan tarik. Jenis sambungan hibrid yang digunakan yaitu sambungan baut dan adhesif. Komposit serat widuri mempunyai fraksi volume 30 % dan panjang serat adalah 5 mm. Untuk menghasilkan sambungan baut maka komposit dilubangi dengan cara dibor. Selanjutnya disambung dengan perekat menjadi sambungan hibrid. Ukuran spesimen mengikuti standar ASTM D5961. Selain jenis sambungan hibrid diatas, juga divariasikan jarak lubang dalam sambungan ini. Dari hasil pengujian tarik diperoleh pada jarak lubang 16 mm memiliki tegangan 5,9 MPa, regangan 0,088 % dan modulus elastisitas 7,959 GPa. Pada komposit dengan



				jarak lubang 36 mm memiliki tegangan 7,2 MPa, regangan 0,126 % dan modulus elastisitas 6,068 GPa. Pada komposit dengan jarak lubang 56 mm memiliki tegangan 5,6 MPa, regangan 0,064 %, dan modulus elastisitas 10,136 GPa. Spesimen mengalami patah getas, yang ditandai dengan bentuk patahan yang cenderung tegak lurus dengan arah tegangannya yang disebut tension failure..
8	Analisis Model Sambungan Baut Baja M12 Terhadap Kekuatan Tarik Material Plat ST-42	Ratnawati, Muh Rifki Al Gifari, Yano Hurung Anoi	2023	Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi dalam ilmu pengetahuan saat ini, akan memberikan dampak yang sangat kompleks bagi para perusahaan yang dituntut untuk menghasilkan produk berkualitas sesuai dengan permintaan pasar terutama dalam pengembangan teknologi di bidang konstruksi, otomotif, manufaktur serta industri rumah tangga. Membandingkan sambungan 2 buah baut, 3 baut terhadap kekuatan tarik material plat baja ST. 42 Mengetahui besar pengaruh variasi model sambungan 2 buah baut, 3 buah baut sebagai upaya peningkatan kekuatan tarik material plat ST-42. Semakin banyak jumlah baut yang digunakan pada suatu sambungan, maka semakin besar pula kekuatan tarik yang dihasilkan oleh sambungan tersebut. Yaitu untuk sambungan 2 buah baut model vertikal dengan nilai kekuatan $\sigma_{max} = 96.019$ MPa, 3 buah baut model horisontal dengan nilai kekuatan $\sigma_{max} = 137.222$ Mpa, model jajaran genjang (a) merupakan jenis sambungan terbaik hasil pengujian tensile test. Variasi model sambungan baut mempengaruhi upaya peningkatan kekuatan tarik baik untuk model sambungan 2 buah baut, 3 buah baut, yakni untuk sambungan 2 buah baut model horisontal $\sigma_{max2_baut} = 89.722$ Mpa, model vertikal $\sigma_{max2_baut} = 96.019$ Mpa dan model miring $\sigma_{max2_baut} = 86.667$ Mpa dan untuk sambungan 3 buah baut model horisontal



				$\sigma_{max3_baut} = 137.222$ Mpa, model vertikal $\sigma_{max3_baut} = 120.556$ Mpa, model miring $\sigma_{max3_baut} = 122.315$ Mpa, model segitiga (a) $\sigma_{max3_baut} = 134.074$ Mpa dan model segitiga (b) $\sigma_{max3_baut} = 133.889$ Mpa.
9	Analisis Sambungan Portal Baja antara Balok dan Kolom dengan Menggunakan Sambungan Las dan Baut (Studi Literatur)	Arifwan, Dian Sukma	2007	Suatu balok baja yang pada kedua wungnya disambungkan terhadap kolomkolom dengan menggunakan sambungan memakai baut, maka balok diatas merupakan konstruksi statis tertentu, karena kedua ujung tersebut bersifat sendi. Akan tetapi bila sambungan pada kedua wung menggunakan beberapa baut ataupun dilas, maka akan terbentuk konstruksi statis tidak tentu, karena sambungan tidak dapat lagi berputar bebas. Dalam keadaan ekstrim sambungan dapat bersifat kaku sempurna (rigid), dimana sudutnya adalah nol. Akan tetapi pada sambungan-sambungan yang menggunakan paku keling/baut selalu akan terjadi deformasi elastis, yang mengakibatkan sifat kaku sempurna tidak tercapai. Sambungan menjadi semi kaku (semi rigid). Keberadaan lain dari suatu sambungan (sendi, semi kaku atau kaku sempurna) atau dengan kata lain tingkat kekakuan dari sambungan, akan mempengaruhi besarnya perubahan bentuk (lenturan ataupun putaran sudut) dan gaya-gaya dalam (momen lentur, gaya lintang, gaya normal dan tors1) pada analisis strukturnya. Pada Tugas Akhir ini, gaya dalam yang dibahas hanya momen lentur M, yang bekerja pada sambungan. Gaya lintang D, Gaya normal N dan torsi (momen puntir) T yang seharusnya turut bekerja pada sambungan tidak diikutkan. Dari hasil analisis diperoleh Teg. Geser Baut = 66377,14 N, Teg. Tumpu = 111888 N. Teg. Geser Las = 658440 N, Teg. Tumpu = 673437,1257 N dan Teg. Geser Paku = 80347,3 N, Teg. Tumpu = 271391 N. Terlihat bahwa tipe Sambungan Las mempunyai kekuatan sambungan yang paling tinggi jika besar gaya yang bekerja



				sama besar dan sambungan yang paling efisien adalah jenis Sambungan Baut, dimana dalam pengerjaannya dilapangan paling praktis diantara ketiga jenis sambungan yang dibahas dan memiliki nilai kekuatan yang cukup tinggi.
10	ANALISIS KEKUATAN TARIK BAJA ST37 PASCA PENGELASAN DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN MENGGUNAKAN SMAW	Yassyir Maulana	2017	Proses pendinginan dilakukan terhadap hasil pengelasan baja ST 37, menggunakan media pendingin air kelapa, air garam serta oli bekas. Proses ini berguna untuk memperbaiki kekuatan tarik dari hasil pengelasan ST 37 tanpa mengubah komposisi kimia secara menyeluruh. Proses ini mencakup pengelasan dan di ikuti oleh pendinginan dengan kecepatan tertentu untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan, dari proses pendinginan tersebut didapatkan nilai kekuatan tarik yang berbeda-beda antara media pendingin yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi air pendingin terhadap kekuatan tarik benda. Dari hasil penelitian di ketahui bahwa semua benda hasil pengelasan yang sudah didinginkan di uji nilai kekuatan tariknya, masing- masing media pendingin mempunyai nilai kekuaran tarik berbeda. Dari 3 media pendingin yang digunakan dapat terlihat, bahwa media pendingin yang bagus adalah media pendingin oli bekas, ini terlihat dari rata-rata kekuatan tarik nya yaitu 53,415 kg/mm ² . Sedangkan untuk media pendingin yang menghasilkan kekuatan tarik terendah adalah media pendingin air kelapa dengan rata-rata pengujian tariknya adalah 49,764 kg/mm ²
11	ANALISA PENGARUH VARIASI BENTUK CETAKAN MATA PUNCH viii PADA PENYAMBUNGAN PLAT BAHAN PEMBUAT PANCI MENGGUNAKAN	Faqih Yazid Fariza Anshory	2020	Seiring dengan perkembangan jaman maka perkembangan teknologi sangat diperlukan untuk mengikuti keinginan pasar guna meningkatkan kualitas dan efisiensi proses pengerjaan material. Salah satunya adalah proses penyambungan pada material menggunakan punch tool.



	PAKU KELING ALUMINIUM DENGAN PANJANG 9 MM DAN DIAMETER 4 MM SEBAGAI MEDIA PENYAMBUNG			Penelitian ini melakukan proses penyambungan menggunakan paku keling aluminium dengan alat press dies double punch. Proses penyambungan pada material dilakukan dengan metode pressing. Paku keling yang digunakan adalah jenis paku keling tirus aluminium ukuran panjang 9 mm dan berdiameter 4 mm. Material yang digunakan berupa plat aluminium seri 1100. Penyambungan yang dilakukan menggunakan variasi betuk cetakan yaitu cetakan berbentuk setengah silinder dan cetakan berbentuk lingkaran datar. Penyambungan dilakukan sebanyak 3 kali penyambungan pada setiap cetakan. Hasil dari penyambungan kemudian akan di ukur perubahan diameternya menggunakan mikroskop digital. Hasil rata – rata perubahan diameter, pada cetakan mata punch setengah silinder, diameter pada Sambungan A sebesar 5,4957 mm, pada Sambungan B sebesar 4,9490 mm. Sedangkan pada cetakan mata punch berbentuk lingkaran datar, perubahan diameter pada Sambungan A sebesar 4,9087 mm, pada lubang B sebesar 4,7015 mm
12	ANALISIS KEKUATAN PAKU KELING PADA SUB- ASEMBLY KAMPAS REM BUS	Ryan Patra Wirabuana , Dwi Basuki Wibowo	2015	Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi Indonesia, jumlah kendaraan angkutan umum jenis bus dan angkutan barang jenis truk juga semakin meningkat. Penambahan jumlah kendaraan bus dan truk ini menimbulkan permasalahan meningkatnya frekuensi kecelakaan setiap tahunnya. Kecelakaan tersebut diantaranya di sebabkan oleh rem blong yang biasanya terjadi akibat oli rem yang habis, kualitas kampas yang tidak bagus atau lepasnya kampas rem dari rangkanya (shoe brake) karena paku keling pengikat kampas rem pada rangka rem rusak/patah namun rusaknya paku keling belum pernah mengemuka, karena setiap terjadi kecelakaan rem blong jarang dilakukan investigasi mendetil tentang penyebab kejadian tersebut. Untuk mengkaji kemampuan



				sambungan rivet pada sub-assembly rem bus/truk dalam menerima beban maka dilakukan pengujian tarik Rivet, pengujian tekan SubAssembly kampas rem serta validasi hasil pengujian dengan analisis FEM. Dari hasil pengujian tersebut di dapatkan tahanan geser maksimal dari rivet adalah sebesar 4.891.753 kN , dan tegangan maksimal kampas rem yang diterima setiap paku keling pada kondisi pembebanan yang menyebabkan kampas rusak adalah sebesar 1,640 kN, yaitu 0.00003% dari tegangan maksimal rivet hal ini membuktikan bahwa paku keling memiliki kekuatan geser lebih besar dari pada kampas rem
13	ANALISIS SAMBUNGAN PAKU KELING S12C PADA REAR OVERHANG CHASSIS MICROBUS ISUZU ELF	Rekap Wardana	2018	Microbus merupakan alat transportasi darat banyak digunakan terutama untuk layanan travel di pedesaan, tempat wisata, dalam kota maupun antar kota. Pada prakteknya di lapangan, karoseri sebagai penerus proses pembuatan microbus melakukan penambahan pada chassis bagian belakang atau rear overhang karena panjang chassis original tidak mencukupi. PT Isuzu Astra Motor Indonesia memfasilitasi dengan memperpanjang rear overhang untuk menyeragamkan bentuk sambungan dan dimensi sambungan sehingga karoseri bus tidak perlu menyambung chassis lagi. Konsep memperpanjang rear overhang tersebut dilakukan dengan menyambung chassis original dengan chassis penyambung. Adapun metode penyambungan menggunakan sambungan paku keling (rivet-joint) dengan paku keling S12C dengan tensile strength 343 MPa dan material chassis yang disambung adalah JSH440J dengan tensile strength 440 Mpa. Di dalam tugas ini dilakukan penelitian terhadap kekuatan sambungan paku keling tersebut dengan metode perhitungan. Berdasarkan hasil perhitungan didapat tegangan kerja yang diijinkan pada paku keling



				adalah 85,75 N/mm ² . Tegangan maksimum sambungan paku keling rear overhang chassis microbus diterima oleh paku keling no.1, sebesar 26,08 N/mm ² . Efisiensi sambungan paku keling sebesar 23,6 % terhadap kekuatan chassis secara solid. Dan sambungan paku keling pada rear overhang chassis microbus dinilai aman dan layak digunakan.
14	Analisa Tarik Geser Pelat Mild Steel Dengan Penyambungan Paku Keling (Rivet) Berbahan Dasar Al-440 Dengan Variasi Jarak Rivet	Dedikarsa Pasiakan, Karel Tikupadang, Salma Salu	2024	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik geser pada sambungan pelat mild steel yang disambung dengan rivet berbahan dasar Al-440 dengan variasi jarak rivet. Kegiatan penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Ilmu Logam Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar. Metode yang digunakan adalah dengan membuat spesimen dengan variasi jarak paku keling (rivet) 4D, 5D, 5D, dan 7D. Untuk mengetahui kekuatan material dilakukan uji mekanik dengan dimensi merujuk kepada standar ASTM 208-R072 (uji tarik geser). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa kekuatan tarik geser maksimum pada pelat mild steel yang disambung dengan paku keling (rivet) berbahan dasar Al-440 dengan variasi jarak terjadi pada variasi jarak 7D dengan nilai rata-rata sebesar 1605,00 N.
15	ANALISA KEKUATAN PENGELASAN DAN PAKU PADA RANGKA MESIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP 1300 WATT	Sumarno	2019	Dengan semakin meningkatnya penggunaan energi yang dibutuhkan dari sumber-sumber yang diakibatkan oleh fosil purba, semakin terancam punah dan menipisnya cadangan energi fosil di dunia merupakan fakta yang harus diterima bahwa penggunaan energi berbasis fosil telah menjadi salah satu penyebab kelangkaan Energi. Maka untuk itu perlu dilakukan pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan yang dimiliki. Energi terbarukan dibutuhkan untuk mendukung kebutuhan listrik yang terus meningkat. Indonesia mengoptimalkan pengembangan



				sumber energi alternatif guna mengurangi ketergantungan pada sumber energi tak terbarukan (fosil). Pemanfaatan energi pada tahun 2019 masih relatif kecil dibandingkan dengan sumber energi berbasis fosil. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan rencana pengelasan pada rangka pembangkit listrik tenaga uap dinyatakan aman karena tegangan tarik yang diijinkan adalah $7.027 \text{ kg / mm}^2 < 7.9 \text{ kg / mm}^2$, untuk perencanaan paku keling tunggal adalah dikatakan aman karena efisiensi maksimum 26% dari desain adalah $21\% < 26\%$
--	--	--	--	--

B. PEMBAHASAN

Sambungan adalah proses penyatuan beberapa bagian atau konstruksi dengan menggunakan suatu cara tertentu. Penelitian ini akan membahas terkait dua jenis sambungan yaitu sambungan las dan sambungan keling. Dari hasil analisis data, kekuatan tarik pada sambungan las posisi horizontal lebih tinggi yaitu 26,845 (KN) dibandingkan dengan sambungan las pada posisi vertikal dengan nilai rata-rata sebesar 24,634 (KN). Ini berarti selisih kekuatan tarik pada sambungan las posisi horizontal dan vertikal sekitar 2,211 (KN). Selain itu, pada eksperimen yang dilakukan Edy Suryono dkk menyatakan bahwa variasi ketebalan plat pada sambungan las square butt joint terdapat perbedaan tegangan yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan ketika menguji 3 spesimen dengan masing-masing ketebalan plat 3 mm, 5 mm, dan 7 mm. Hasil yang didapat pada eksperimen ini adalah pada ketebalan plat 3 mm tegangan minimum yang dihasilkan sebesar 396,82 N/mm² dengan hasil pengelasan yang tertutup penuh. Pada plat dengan ketebalan 5 mm tegangan yang dihasilkan sebesar 594,40 N/mm² dengan hasil lasan yang tertutup penuh. Sedangkan pada spesimen terakhir dengan ketebalan 7 mm tegangan mengalami penurunan sebesar 6,48% dari hasil uji spesimen kedua, dan hasil pengelasan terdapat rongga atau celah. Perbedaan jenis pengelasan yang digunakan juga menimbulkan perbedaan kekuatan tarik dan bending yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan eksperimen yang dilakukan Naharuddin dkk, dimana kekuatan tarik pada sambungan las dengan nilai tertinggi terdapat pada jenis pengelasan SMAW sebesar 666,05 Mpa, selanjutnya jenis pengelasan SAW sebesar 621,78 Mpa, dan yang terakhir RAW dengan kekuatan tarik sebesar 608,28 Mpa. Pada uji bending, hasil yang didapat tetap sama dengan nilai tertinggi adalah pengelasan SMAW sebesar 109,46 Mpa, SAW sebesar 76,68 Mpa, dan yang terakhir yaitu RAW sebesar 68,28 Mpa. Pada tahun 2017, Yassyir maulana melakukan eksperimen proses pendinginan pada hasil pengelasan baja ST 37 menggunakan media pendingin air kelapa, air garam dan oli bekas. Hasil yang didapatkan yaitu adanya perbedaan rata-rata kekuatan tarik yang dihasilkan dari ketiga media pendingin tersebut, dengan nilai tertinggi sebesar 53,415 kg/mm² dengan menggunakan media oli bekas, sedangkan nilai terendah sebesar 49,764 kg/mm² dengan media pendingin air kelapa. Dan yang terakhir, Sumarno menjelaskan bahwa sambungan pengelasan dinyatakan aman, hal ini dibuktikan dengan penelitiannya pada rangka pembangkit listrik tenaga uap dengan tegangan tarik yang diijinkan yaitu sebesar $7.027 \text{ kg / mm}^2 < 7.9 \text{ kg / mm}^2$.

Paku keling merupakan batang silindir pendek dengan sebuah kepala di bagian atas, setiap bentuk kepala keling ini mempunyai kegunaannya tersendiri. Silinder tengah sebagai badan dan bagian bawahnya sebagai ekor. Ekor dipatenkan dengan tujuan untuk menetapkan paku keling secara permanen, sementara badannya dibuat kokoh untuk mengikat sambungan dengan kuat dan menahan beban yang diterima (Yazid Fariza Anshory, F., & Febriantoko, B. W. : 2020). Untuk analisis kekuatan sambungan keling, pada eksperimen yang dilakukan Ir. Aznam Barun dan Budi Agraham kekuatan tarik paku keling 4 lebih tinggi dibandingkan paku keling 2, dengan



kekuatan tarik maksimum sebesar 428,94 N/mm² pada paku keling 4, dan kekuatan tarik maksimum pada paku keling 2 sebesar 403,53 N/mm². Selain itu, pada pengujian struktur mikro terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar pada pengelasan 2. Pada pengelasan 4 terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar. Hasil dari penelitian Ir. Aznam Barun dan Budi Agramah menyatakan bahwa kekuatan pengelasan pada paku keling 4 lebih kuat dan keras dibandingkan paku keling 2 terhadap plat aluminium 2024. Ryan Patra Wirabuana dan Dwi Basuki Wibowo menjelaskan penelitiannya terhadap kekuatan uji tarik rivet dengan hasil pengujian tersebut didapatkan tegangan geser maksimal sebesar 4.891.753 KN. Rekap Wardana melakukan penelitian di PT. Isuzu Astra Motor Indonesia mengenai sambungan keling, dengan hasil penelitian tegangan kerja yang diijinkan pada paku keling adalah 85,75 N/mm², efisiensi sambungan paku keling sebesar 23,6% terhadap kekuatan chassis secara solid, dan sambungan paku keling pada rear overhang chassis microbus dinilai aman dan layak pakai.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Sambungan merupakan proses penyatuan beberapa bagian atau konstruksi dengan menggunakan suatu cara tertentu.
2. Kekuatan tarik pada sambungan las posisi horizontal lebih tinggi dengan nilai rata-rata 26,845 (KN) dibandingkan dengan sambungan las posisi vertikal dengan nilai rata-rata sebesar 24,634 (KN).
3. Variasi ketebalan plat pada sambungan las square butt joint terdapat perbedaan tegangan yang dihasilkan, semakin tebal plat yang digunakan semakin tinggi kekuatan yang dihasilkan, hal ini dibuktikan bahwa ketebalan plat 3 mm hanya menghasilkan tegangan minimum sebesar 396,82 N/mm² sedangkan pada plat 5 mm menghasilkan tegangan minimum sebesar 594,40 N/mm².
4. Kekuatan sambungan las juga dipengaruhi oleh jenis pengelasan yang dilakukan. Pada penelitian ini, jenis pengelasan SMAW memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 666,05 Mpa, selanjutnya SAW sebesar 621,78 Mpa, kemudian yang terakhir jenis pengelasan RAW dengan sebesar 608,28 Mpa.
5. Perbedaan media pendinginan yang digunakan pada hasil pengelasan dapat mempengaruhi kekuatan tarik pada sambungan pengelasan. Media pendingin menggunakan oli bekas mendapatkan nilai tertinggi sebesar 53,4115 Kg/mm² sedangkan media pendingin menggunakan air kelapa mendapatkan nilai terendah sebesar 49,764 Kg/mm².
6. Semakin tinggi/banyak paku keling yang digunakan, semakin tinggi nilai kekuatan tarik yang dihasilkan. Kekuatan tarik paku keling 4 lebih tinggi dibandingkan dengan paku keling 2, dengan nilai kekuatan tarik 428,94 N/mm² : 403,53 N/mm².
7. Maksimal tegangan geser pada sambungan keling sebesar 4.891.753 KN, tegangan kerja sebesar 85,75 N/mm², dan efisiensi sambungan paku keling sebesar 23,6%.

B. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan jurnal Internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, B., Hidayat M, R., & Sappewati, S. (2017). Analisis Kekuatan Tarik Terhadap Sambungan Baut Bilah Ganda Pada Plat Baja ST 42. *Jurnal Teknik Mesin Teknologi*, 16(1).
- Suryono, E., Baroto, B. T., & Setiawan, P. (2020). Analisa uji tarik las smaw terhadap sambungan square butt joint dengan variasi ketebalan plat ST 37. *Teknika*, 6(3), 117-124.
- Barun, A., & Agramah, B. (2012). Analisis Ketahanan Sambungan Keling pada Aluminium 2024 dengan Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2).
- Hayu, G. A., & Sulisty, M. B. (2021). Pemodelan Sambungan Las pada Struktur Balok Kolom Baja Berbasis Program Elemen Hingga. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 10(2), 375-384.



Naharuddin, N., Sam, A., & Nugraha, C. (2015). Kekuatan tarik dan bending sambungan las pada material baja SM 490 dengan metode pengelasan SMAW dan SAW. *Jurnal Mekanikal*, 6(1).

Tarkono, Siahaan, P., G., Zulhanif. 2012. Studi Penggunaan Jenis Elektroda yang Berbeda Terhadap Sifat mekanik Pengelasan Baja AISI 1045. *Jurnal Mechanical*. Volume 3. Nomor 2. 51-62.

Wiryosumarto, H., 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Erlangga. PT Pradnya Paramita. Jakarta

Hermanto, E., & Panjaitan, S. (2014). Analisa Sambungan Portal Baja antara Balok dan Kolom dengan Menggunakan Sambungan Las dan Baut.

Hule, E., Pell, Y. M., & Maliwemu, E. U. (2023). Analisis Kekuatan Tarik Pada Jenis Sambungan Hybrid Tipe Lap Joint Komposit Serat Widuri. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 10(01), 8-16.

Wirabuana, R. P., & Wibowo, D. B. (2015). Analisis Kekuatan Paku Keling pada Sub-Asembly Kampas Rem Bus. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(1), 38-43.

WARDANA, R. E. P. (2018). *ANALISIS SAMBUNGAN PAKU KELING S12C PADA REAR OVERHANG CHASSIS MICROBUS ISUZU ELF* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Bekasi).

Pasiakan, D., Tikupadang, K., & Salu, S. (2024, March). Analisa Tarik Geser Pelat Mild Steel Dengan Penyambungan Paku Keling (Rivet) Berbahan Dasar Al-440 Dengan Variasi Jarak Rivet. In *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi* (Vol. 7).

Sumarno, S. (2020). *ANALISA KEKUATAN PENGELASAN DAN PAKU PADA RANGKA MESIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP 1300 WATT*. *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin*, 3(1).

Algifari, M. R., & Anoi, Y. H. (2023). Analisis Model Sambungan Baut Baja M12 Terhadap Kekuatan Tarik Material Plat ST-42. *Jurnal Teknik Juara Aktif Global Optimis*, 3(2), 92-99.

Arifwan, D. S. (2007). *Analisis Sambungan Portal Baja antara Balok dan Kolom dengan Menggunakan Sambungan Las dan Baut (Studi Literatur)* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).

Maulana, Y. (2017). Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan Smaw. *AL JAZARI: JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, 1(2).