

**ANALISIS NUMERIK SAMBUNGAN LAS STRUKTUR BAJA DENGAN MENERAPKAN VARIASI LAYOUT LAS**

**Rosi Nursani<sup>1)</sup>, M. Syarif Al Huseiny<sup>2)</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi

e-mail: [rosinursani@unsil.ac.id](mailto:rosinursani@unsil.ac.id)

**Abstrak**

Material baja memiliki kuat tarik yang tinggi dan memiliki kelebihan dalam waktu pelaksanaan karena merupakan produk fabrikasi. Kekuatan struktur baja sangat ditentukan oleh kekuatan sambungan. Selain sambungan baut, sambungan las juga merupakan salah satu jenis sambungan baja yang sering digunakan. Sambungan las memiliki kelebihan diantaranya waktu pengerjaan konstruksi yang lebih cepat, memiliki berat yang lebih ringan dari pada sambungan baut dan memiliki luas penampang baja yang utuh karena tidak perlu dilubangi. Kekuatan sambungan las pada struktur baja ditentukan oleh kekuatan base metal yang disambung dan kekuatan las sehingga kegagalan dapat terjadi diantara keduanya. Kekuatan las ditentukan oleh panjang las dan kekuatan elektrode las itu sendiri. Akan tetapi selain hal tersebut, pemilihan layout las juga mempengaruhi stabilitas sambungan. Layout las harus memperhatikan pembebanan dan bentuk profil baja yang digunakan karena dapat menyebabkan terjadinya eksentrisitas pembebanan pada bentuk profil yang asimetris. Analisis numerik dalam kondisi linear dilakukan terhadap sambungan las baja dengan berbagai variasi layout sambungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui layout las pada sambungan struktur baja yang memiliki stabilitas yang baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa layout sambungan las tipe 2 dan tipe 3 merupakan layout sambungan yang memiliki stabilitas lebih baik dari pada layout las tipe 1.

**Kata Kunci :** struktur baja, sambungan las, layout las, tegangan, deformasi.

**Abstract**

*Steel is material which has good tensile strength and need less time to installation than the other materials because steel is a fabrication product. Strength of steel material is determined with connections strength. Beside bolt connection, weld connection is a type of steel connections which often used for many contractions. Weld connection has many advantages, need less time to installation, has lighter mass than bolt connection and has full sectional area because it does not need a bolt hole. Strength of weld connection in steel structure is determined with strength of base metal and welding strength so the failure can be occur in base metal or weld area. Welding strength is determined with length of weld and strength of weld electrode. However, layout of weld connection influences connection stability. Layout of weld connection must consider the loading and the shape of steel profiles which have the effect to loading eccentricity in asimetry profil. Numerical analysis in linear condition is carried out on steel connections by applying variation of welding layout. The purpose of this research is to know layout of weld in steel connection which has good stability. The result of this research show that the second and third type of welding layout have good stability.*

**Keywords :** steel structure, weld connection, welding layout, stress, deformation.

## I. PENDAHULUAN

Seiring kemajuan teknologi, penggunaan material baja sebagai material konstruksi semakin meningkat. Penggunaan material baja sebagai material konstruksi memiliki kelebihan antara lain yaitu pengerjaan struktur baja lebih cepat sehingga selain menghemat waktu, dapat juga menghemat biaya pengadaan barang. Dalam perencanaan struktur baja baik untuk bangunan gedung, jembatan dan lain-lain harus memiliki kekuatan, kekakuan dan ketahanan yang cukup sehingga dapat berfungsi selama umur layanan struktur.

Pada struktur baja baik itu dalam bentuk portal maupun dalam bentuk rangka, yang menjadi perhatian utama adalah sambungan. Sambungan berfungsi mendistribusikan beban dan membentuk struktur menjadi kesatuan struktur yang utuh.

Selain sambungan baut, sambungan las juga merupakan salah satu jenis sambungan baja yang sering digunakan. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi lebih ringan jika dibandingkan dengan struktur baja yang menggunakan sambungan baut, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Sambungan las yang di hasilkan bergantung pada metode pengelasan yang di gunakan [3]. Kekuatan sambungan las pada struktur baja ditentukan oleh kekuatan base metal yang disambung dan kekuatan las sehingga kegagalan dapat terjadi diantara keduanya. Kekuatan las ditentukan oleh panjang las dan mutu las itu sendiri.

Sambungan harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang baik serta tegangan yang terjadi baik pada konstruksi ataupun pada sambungan tidak boleh melampaui tegangan ijin yang ditentukan sesuai standar yang berlaku. Kegagalan material ulet seperti baja dapat dilihat dengan kriteria kegagalan Von Mises. Kriteria kegagalan Von Mises sering pula disebut sebagai The Distorsional Energi Density Criterion. Kriteria kegagalan Von Mises menyatakan bahwa yielding dimulai ketika the distorsional strain-energi density pada suatu titik tertentu sama dengan the distorsional strain-energi density ketika yielding pada uniaxial tension atau uniaxial compression [1].

Beberapa penelitian mengenai sambungan las yang telah dilakukan adalah mengenai

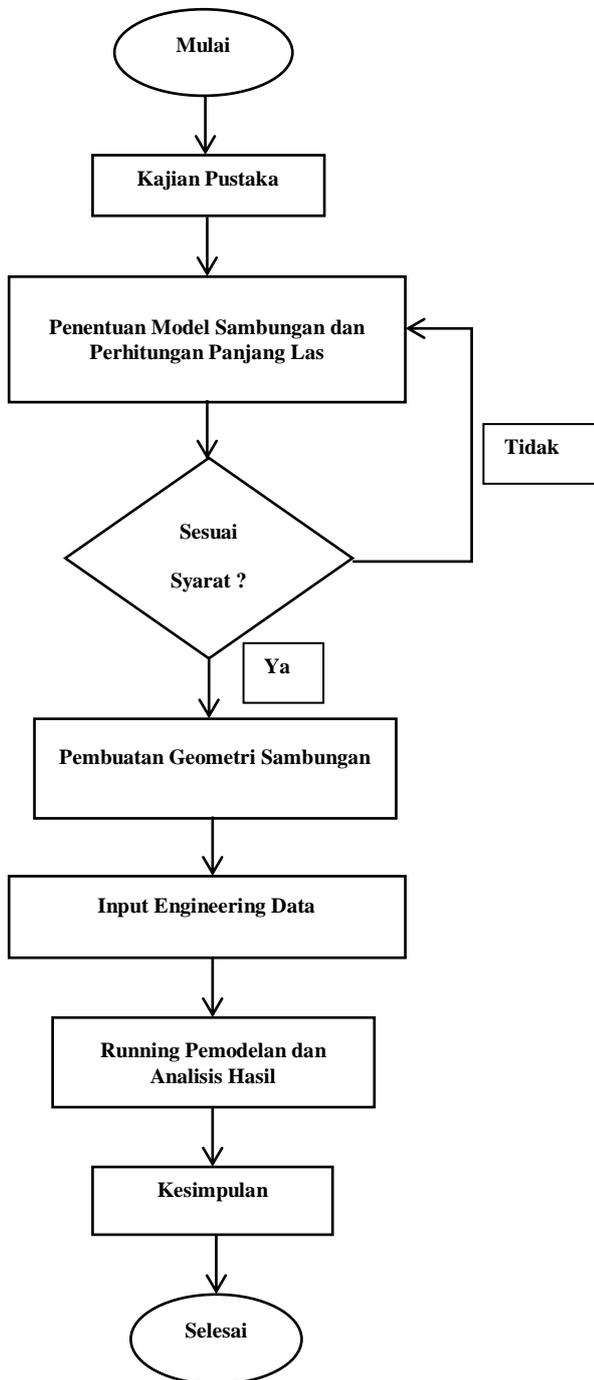
pengaruh mutu electrode las dan pengaruh metode pengelasan yang dipakai terhadap kekuatan sambungan diantaranya hasil penelitian Shomad dan Mushfi (2017) Analisis pengaruh variasi elektroda las E6013 dan E7018 terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada bahan baja SS 400 memperlihatkan bahwa elektroda las E70 memiliki kekuatan las lebih tinggi dari pada elektroda las E60 [6]. Penelitian Naharuddin dkk (2015) dengan judul Kekuatan Tarik dan Bending Sambungan Las pada Material Baja SM 490 dengan Metode Pengelasan SMAW dan SAW menghasilkan Kekuatan tarik sambungan las tertinggi terjadi pada metode pengelasan SMAW dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 666,05 MPa dibandingkan dengan metode pengelasan [2]. Kekuatan sambungan las pada struktur baja ditentukan oleh kekuatan base metal yang disambung dan kekuatan las sehingga kegagalan dapat terjadi diantara keduanya.

Dalam pengelasan hal yang memang menjadi perhatian lebih adalah ketika proses penyambungan logam las dengan logam baja menjadi satu kesatuan. Yang artinya, kekuatan logam hasil las harus sama dengan logam baja yang digunakan. Umumnya, kekuatan hasil las tidak sesuai dengan yang ditargetkan karena rentan dengan cacat las yang terbentuk [4]. Akan tetapi selain hal tersebut, bentuk penampang profil baja dan pemilihan layout las juga mempengaruhi stabilitas sambungan. Layout las harus memperhatikan pembebanan dan bentuk profil baja yang digunakan karena dapat menyebabkan terjadinya eksentrisitas pembebanan pada bentuk profil yang asimetris. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis terhadap perilaku kegagalan sambungan las baja dengan berbagai variasi layout sambungan.

## II. BAHAN DAN METODOLOGI

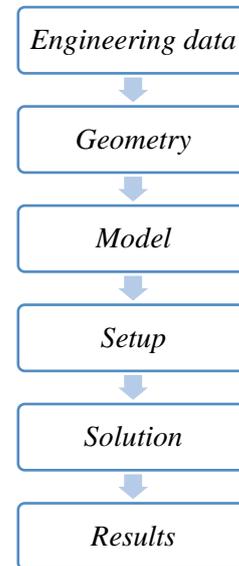
### Diagram Alir Penelitian

Adapun alur perencanaan dalam penelitian ini tersaji dalam gambar berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan simulasi numerik dengan menggunakan software. Simulasi numerik atau pemodelan sambungan dalam software terdiri dari beberapa komponen sebagai berikut.

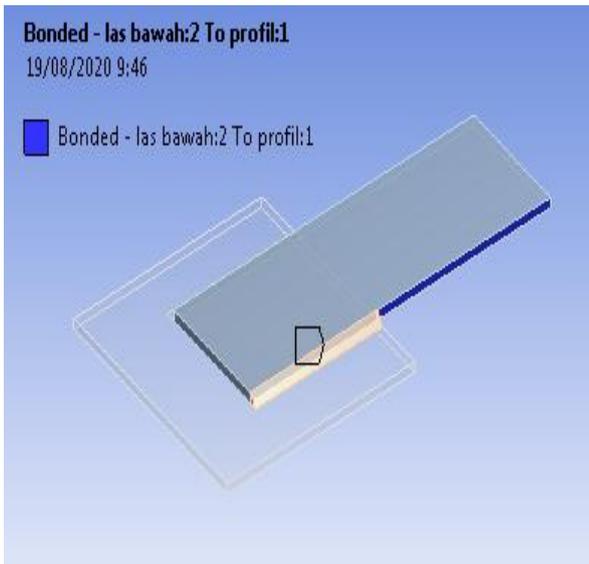


Gambar 2. Alur Pemodelan dalam Software

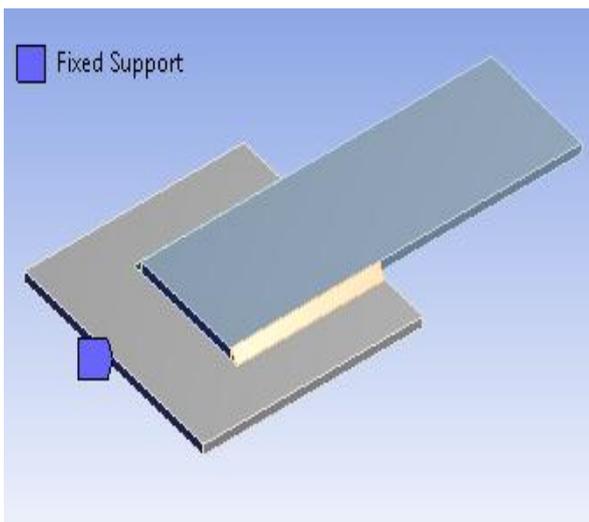
Simulasi menggunakan engineering data yang digunakan sebagai bahan input data pada program merupakan properti mekanik baja mutu BJ37. Engineering data yang digunakan merupakan properti material berupa tegangan leleh dan tegangan ultimate baja dan las yang digunakan. Baja yang memenuhi hukum konstitutif material baja. Suatu persamaan konstitutif dapat dikembangkan dengan menggabungkan hasil analisa dengan cara makroskopik dan mikroskopik. Konsep yang dipakai untuk menyatakan hubungan konstitutif adalah bahwa tegangan alir tergantung pada nilai regangan, laju regangan dan temperatur sesaat [5].

Hukum konstitutif material sangat diperlukan dalam analisis teknik, Hukum konstitusi material dapat didefinisikan sebagai perilaku hubungan tegangan dan regangan dari sebuah material. Hukum konstitutif berbeda antara suatu material dengan material lainnya, seperti material beton, metal, polimer dan kayu tentunya memiliki model konstitutif yang berbeda. Richard (2011) menjelaskan bahwa titik luluh merupakan batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan yang menyebabkan terjadinya mekanis luluh (yield stress). Untuk jenis material yang tidak menunjukkan batas luluh yang jelas seperti baja kekuatan tinggi penentuannya dapat dengan metode offset.

Engineering Data merupakan tahap yang dilakukan untuk mendefinisikan material beserta properti material yang akan digunakan. Setelah selesai mendefinisikan properti material dari material yang akan digunakan, langkah selanjutnya adalah menggambarkan geometri. Kemudian masuk ke tahap model Tahap ini terbagi lagi menjadi beberapa bagian, yaitu penetapan material, pendefinisian kontak dan meshing.

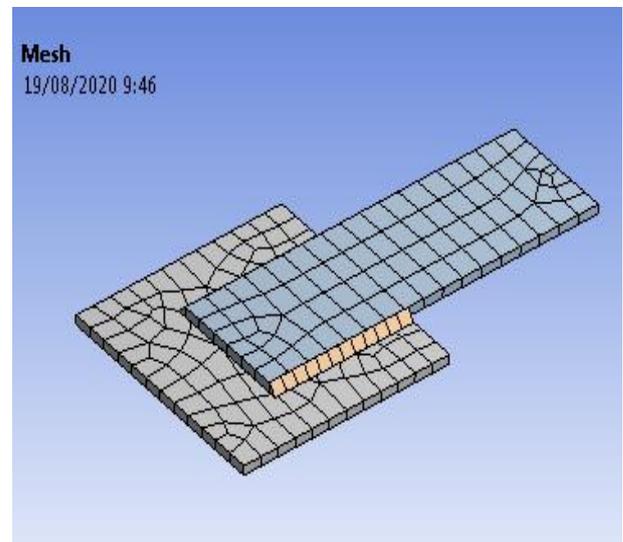


Gambar 3. Kontak *bonded* antara las dan baja



Gambar 4. Kondisi batas sambungan pada pemodelan dalam software

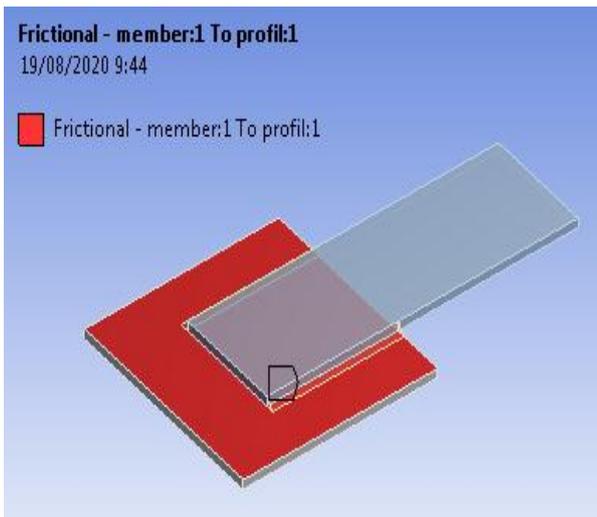
Model kontak didefinisikan dengan menentukan permukaan mana yang merupakan permukaan asal dan permukaan mana yang merupakan permukaan target sehingga dapat ditentukan elemen kontak yang akan menghubungkan permukaan-permukaan tersebut. Kontak terjadi ketika permukaan elemen melakukan penetrasi terhadap permukaan target. Permukaan kontak akan mendistribusikan beban sedangkan permukaan target akan menerima penetrasi pendistribusian beban dari elemen kontak. Kontak yang digunakan pada pemodelan terjadi antara las dan baja. Kontak tersebut didefinisikan sebagai kontak *bonded*. Meshing adalah proses pemecahan elemen menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Meshing merupakan bagian yang penting pada pemodelan. Jika elemen terlalu banyak maka waktu yang dibutuhkan untuk perhitungan menjadi lama, tetapi jika elemen terlalu sedikit maka hasil perhitungan dapat menjadi tidak akurat. Kerapatan mesh yang terlalu halus bisa menyebabkan komputasi yang boros sedangkan mesh yang terlalu kasar dapat menyebabkan hasil yang tidak akurat.



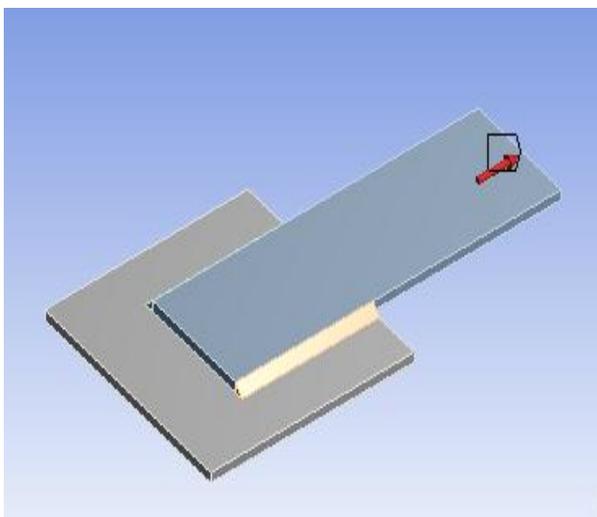
Gambar 5. Meshing sambungan pada pemodelan dalam software

Kondisi batas (perletakan) dan beban yang akan diberikan pada shear key didefinisikan pada tahap setup. Semua kondisi batas yang diberikan disesuaikan seperti kondisi sambungan. Kemudian tahap solution yaitu merupakan tahap dimana dapat ditentukan hasil-hasil perhitungan yang dibutuhkan. Pada pemodelan ini, hasil yang dibutuhkan adalah tegangan ekuivalen Von Mises dan deformasi yang terjadi. Tahap terakhir dari

pemodelan yaitu Results. Pada tahap ini akan didapatkan hasil perhitungan dari pemodelan shear key. Hasil yang didapatkan merupakan hasil yang telah ditentukan sebelumnya pada tahap Solution. Hasil perhitungan dapat ditampilkan berupa tabel maupun grafik.



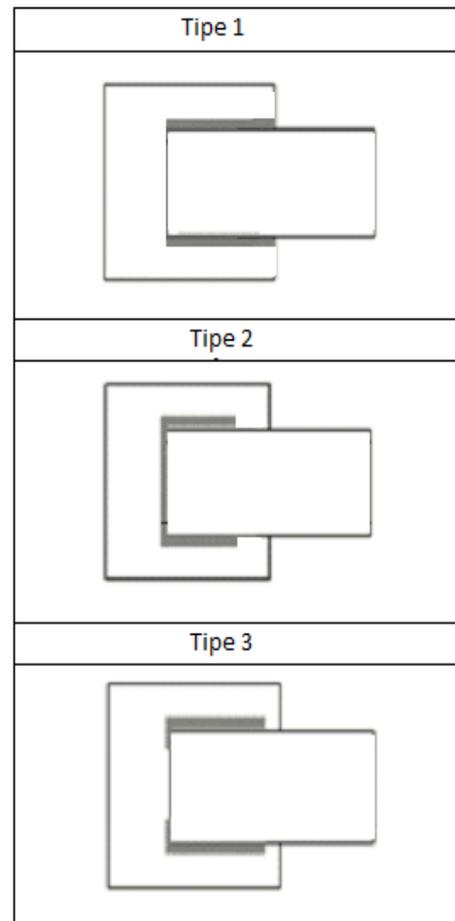
**Gambar 6.** Kontak friction antara member dan pelat penyambung



**Gambar 7.** Pembebanan pada pemodelan sambungan dalam software

Penelitian dilakukan terhadap beberapa variasi layout sambungan las. Baja yang disambung adalah pelat baja sederhana dengan tebal 3/8 in yang disambung dengan gusset dengan dimensi yang sama untuk semua variasi layout sambungan las. Las yang digunakan memiliki panjang total yang sama yaitu 13,5 in

dan kekuatan elektroda yang sama yaitu E70 dengan tegangan elektroda sebesar 70 Ksi. Semua variasi sambungan tersebut diberikan beban sama besar pula. Tegangan dan deformasi hasil pembebanan pada sambungan diambil dengan merekam berbagai perilaku yang terjadi dari hasil simulasi numerik yang dilakukan.



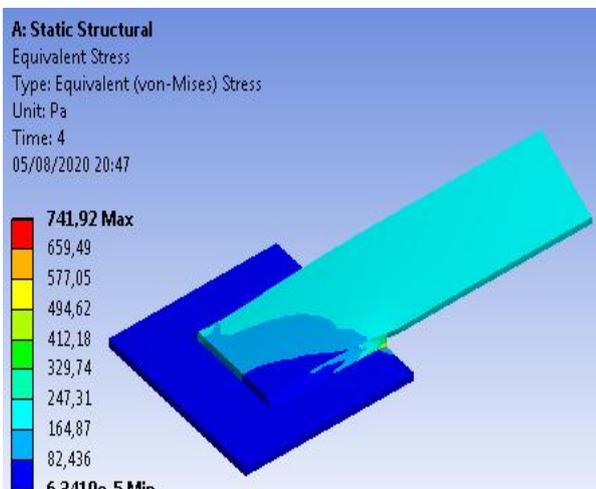
**Gambar 8.** Variasi layout las sambungan baja yang digunakan

Gambar di atas merupakan variasi tipe layout las yang digunakan dalam simulasi numerik yang dilakukan. Ketiga tipe tersebut memiliki panjang las yang sama besar hanya saja layout pengelasan yang berbeda. Layout las tipe 1 merupakan layout dimana pengelasan dilakukan hanya sepanjang kedua sisi pelat. Layout las tipe 2 tidak hanya dilakukan pada sisi longitudinal akan tetapi dilakukan pula pada sisi transversal sehingga las full mengelilingi bagian sisi pelat hanya saja las bagian sisi longitudinal menjadi lebih pendek. Sedangkan layout las tipe 3, pengelasan dilakukan pada sisi longitudinal dan

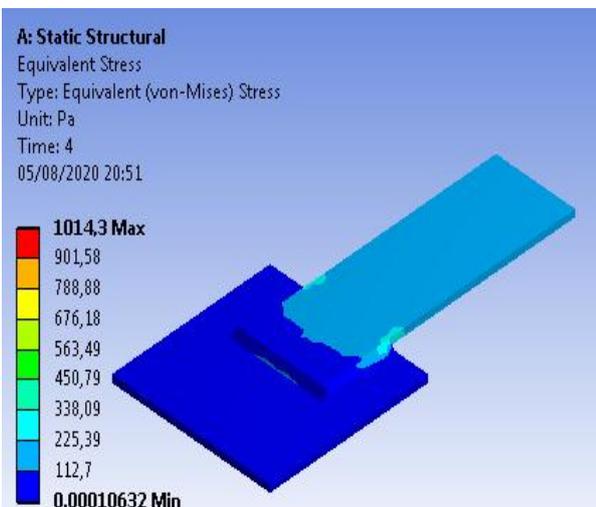
transversal hanya saja pada sisi transversal tidak dilakukan pengelasan sepenuhnya. Pengelasan hanya dilakukan sebagian yaitu sepanjang dua kali panjang sudut las dimana bagian tersebut biasa disebut dengan end return.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

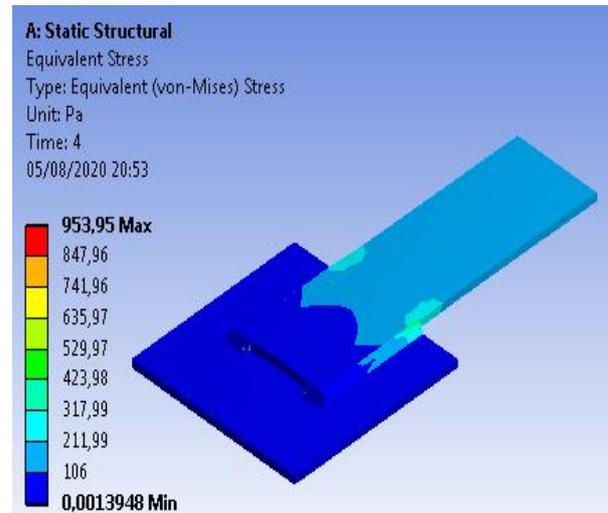
Kriteria kegagalan Von Mises dapat digunakan sebagai kriteria kegagalan pada material baja dimana tegangan yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan izin dari material baja tersebut. Berikut merupakan kontur tegangan ekuivalen Von Mises dari simulasi numerik yang telah dilakukan.



**Gambar 9.** Kontur warna tegangan ekuivalen Von Mises maksimum pada sambungan las tipe 1



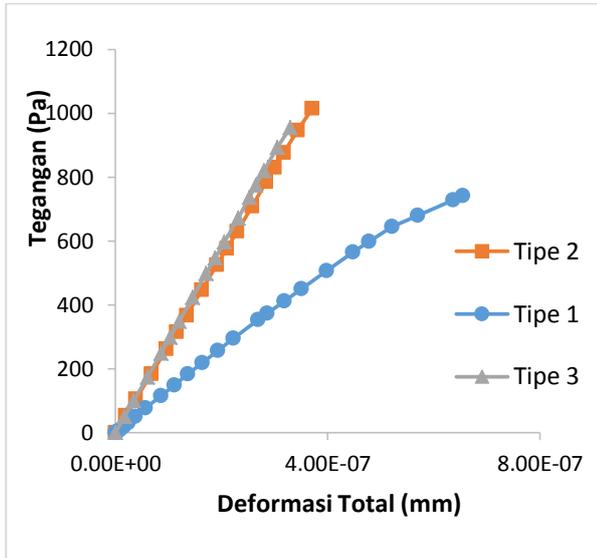
**Gambar 10.** Kontur warna tegangan ekuivalen Von Mises maksimum pada sambungan las tipe 2



**Gambar 11.** Kontur warna tegangan ekuivalen Von Mises maksimum pada sambungan las tipe 3

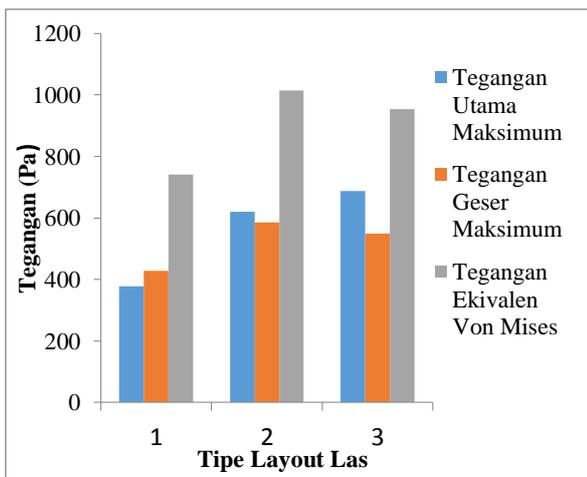
Kontur warna tegangan ekuivalen Von Mises pada layout las tipe 2 dan 3 (gambar 10 dan gambar 11) tidak menunjukkan hasil yang berbeda jauh, keduanya memiliki pola kontur warna yang hampir sama dimana pola kegagalan yang terjadi diperkirakan dimulai dari kedua sisi pangkal sambungan yaitu area yang memiliki kontur warna dengan tegangan ekuivalen Von Mises terbesar.

Berbeda halnya dengan kontur warna tegangan pada layout las tipe 1 (gambar 9), tegangan ekuivalen Von Mises terbesar tidak terjadi di kedua sisi pangkal sambungan akan tetapi hanya terjadi di salah satu sisi saja. Sisi yang lain memiliki tegangan maksimum yang hampir merata disepanjang area member pelat yang disambung. Hal ini dapat terjadi karena sambungan salah satu sisi tersebut terlepas akibat adanya pembebanan, hal ini juga ditunjukkan dengan terjadinya deformasi pada arah y sebesar  $2,868 \times 10^{-7}$  mm keadaan tersebut tidak terjadi pada layout las sambungan tipe 2 dan tipe 3 karena layout kedua tipe tersebut lebih mengunci member pelat yang disambung sehingga sambungan pelat baja dapat lebih stabil dalam menerima pembebanan.



**Gambar 12.** Grafik perbandingan hubungan tegangan ekuivalen Von Mises dan total deformasi dengan variasi layout las berbeda.

Grafik di atas merupakan hasil simulasi numerik sambungan las baja dalam kondisi linear. Sama halnya dengan kontur warna tegangan, grafik hubungan tegangan ekuivalen Von Mises dan tegangan total pada layout las tipe 2 dan tipe 3 memiliki pola yang hampir sama hanya saja layout las tipe 2 memiliki tegangan sedikit lebih tinggi. sedangkan pada layout las tipe 1 memiliki tegangan ekuivalen Von Mises lebih kecil akan tetapi memiliki deformasi total yang lebih besar.



**Gambar 13.** Diagram perbandingan tegangan utama maksimum, tegangan geser maksimum dan tegangan ekuivalen Von Mises pada variasi tipe layout las

Dari diagram di atas dapat dilihat pula bahwa layout las tipe 2 dan tipe 3 memiliki tegangan maksimum yang tidak jauh berbeda baik itu tegangan utama, tegangan geser maupun tegangan ekuivalen Von Mises meskipun secara spesifik layout las tipe 2 memiliki tegangan ekuivalen Von Mises dan tegangan geser maksimum lebih tinggi dari pada layout las tipe 3.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Layout sambungan las tipe 2 dan tipe 3 stabilitas lebih baik dari pada layout las tipe 1. Tegangan ekuivalen Von Mises dan tegangan geser maksimum paling tinggi terjadi pada simulasi nemerik sambungan baja yang menggunakan layout las tipe 2 sedangkan tegangan utama maksimum terjadi pada tipe 1.

##### Saran

1. Penelitian ini merupakan simulasi numerik dengan analisis linear dengan beban yang relative kecil sehingga diharapkan penelitian selanjutnya dapat menerapkan analisis non linear sampai kegagalan sambungan tercapai
2. Selain simulasi numeric, penelitian selanjutnya diharapkan dapat disertai dengan penelitian eksperimental di laboratorium.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Boresi, Arthur P. Schmidt, Ricahrd J. 2003. Advanced Mechanics of Material.
- [2] Naharuddin. Sam dan Nugraha. 2015. Kekuatan Tarik Dan Bending Sambungan Las pada Material Baja SM 490 dengan Metode Pengelasan SMAW dan SAW. Jurnal Mekanikal, Vol 6 No. 1 p. 550-555. ISSN 2086 - 3403
- [3] Permana, Amirudiian dan Yudo. 2016. Analisa Perbandingan Kekuatan Sambungan Las Material Aluminium 5083 terhadap Pengelasan Friction Stir Welding 1000 RPM dengan Metal Inert Gas. Jurnal Teknik Perkalapan vol 4 no. 3
- [4] Pujo, Imam. Sarjito. 2008. Analisis Kekuatan Sambungan Las Smaw ( Shielded Metal Arc Welding ) pada Marine Plate St 42 Akibat

Faktor Cacat Porositas dan Incomplete Penetration. Jurnal KAPAL, Vol 5 No.2

- [5] Richard, et. al. 2011. Studi Parameter Persamaan Konstitutif Baja HSLA pada Uji Tarik Panas Regangan Bidang. M.P.I Vol.5 No. 3, p. 253-250. ISSN 1410-3680.
- [6] Shomad, Abdus. Mushfi, Shahr. 2017. Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Las E6013 Dan E7018 terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Bahan Baja SS 400. Jurnal Dinamika Teknik Mesin, Vol 7 No. 2. p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729