UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Pipelines is one of essential equipment in the transportation of oil and gas production for the national energy resilience. Polyethylene pipes are increasingly being used due to their resistance to corrosion, abrasion, and impact, so that the maintenance costs for polyethylene pipes are relatively lower than using metal pipes, especially for gas distribution in housing community. One form of damage typically occurs at buried polyethylene pipes is the occurrence of cracks which if left continuously will cause holes in the pipe. Pipelines leakage due to this hole can disrupt the production process, pollute to the environment or even endanger the surrounding community. Pipeline repair using different sizes of patch will cause different stress distributions in the pipe. The difference might affect integrity pipe's integrity to distribute the fluid in the pipe, thus the analysis of the size of patch to the distribution of von mises stresses become necessary to do in order to know integrity of the pipelines to support the smooth production process and guarantee high safety.

The objective of this research is to conduct an analytical study on the impact of length and angle (width) of patch on the von Mises stress distribution in a buried polyethylene pipe with elliptical hole defect. Finite element method is used to simulate stress distribution in polyethylene pipe with elliptical hole reinforced using patches.

The simulation results using the finite element analysis tool Ansys 19.2 show polyethylene pipes PE80D (MDPE) with elliptical holes and reinforced by patch with polyethylene PE100 (HDPE) material at a patch length variation of 60 mm (the smallest patch length with thickness of patch is 40 mm and angle 360°) result in value of von Misses is 7.174 MPa and still below the yield stress (σys) 18 MPa. In the variation of the angle up to 90° (the smallest patch angle) in the pipe which has an elliptical hole result in the value of maximum von Mises is 9.95 MPa and still below the yields stress value (σys) of 18 MPa. Variation with reducing patch length to 60 mm (smallest length) and angle to 90° (reduced) are still within the safe limits of material strength.

Keywords: polyethylene pipe, elliptical hole, von Mises, patch, finite element.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Operasi lapangan industri minyak dan gas membutuhkan sarana penunjang untuk menyalurkan minyak atau gas dari lapangan operasi menuju ke titik penjualan. Sarana penyalur tersebut bisa melalui perpipaan, dengan truk tanki, maupun dengan menggunakan *floating barge*. Perpipaan merupakan fasilitas penyalur minyak dan gas yang banyak digunakan dikarenakan lebih murah biaya pembangunan dan perawatannya, juga memiliki resiko operasi yang lebih rendah dibanding fasilitas penyalur lainnya. Secara umum, pembangunan dan pengoperasian suatu fasilitas perpipaan tidak hanya bermanfaat dalam operasi perusahaan minyak dan gas saja, namun juga memberi peluang dalam pengembangan suatu daerah dikarenakan pembangunan fasilitas pipa akan selalu diikuti dengan pembukaan lahan dan pembuatan jalan aksesnya sehingga masyarakat lambat laun akan berbondong-bondong menempati area sekitar jalan pipa tersebut. Hal tersebut di satu sisi menguntungkan pengembangan daerah namun di sisi lain akan membuat perusahaan mengalami kesulitan dalam mengoperasikan dan merawat pipa tersebut.

Pemerintah Indonesia berusaha mengantisipasi permasalahan dalam proses pembangunan suatu sistem pipa penyalur dengan menerbitkan peraturan yaitu Keputusan Menteri ESDM nomor 300K/1997 dimana salah satu pembahasannya mengatur mengenai pipa minyak dan gas dengan tekanan kerja >20% SMYS diharuskan untuk dibenamkan ke tanah minimal sedalam 1meter dan mempunyai jarak horizontal dengan penduduk sekitar minimal 1 meter.

Saat ini bahan polimer banyak digunakan di bidang konstruksi dan terutama di industri pipa. Polietilena adalah polimer termoplastik yang tersusun dari rantai panjang monomer etilen. Pipa polietilena dan perlengkapan terkait digunakan secara luas untuk jaringan distribusi air, limbah, dan gas alam di beberapa negara. Selain itu, minat industri dalam penggunaan pipa polietilena sebagai alternatif pipa baja atau logam tradisional tetap tinggi. Selama beberapa tahun, pipa polietilena memberikan banyak keuntungan jika dibandingkan dengan baja tradisional atau pipa logam. Keunggulan yang disebutkan di atas meliputi mudah di gulung, bobot ringan, fleksibel, keuletan tinggi, kemampuan las, dan biaya pemasangan yang rendah.

Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Bahan polietilena tahan terhadap korosi, abrasi, dan benturan, sehingga biaya perawatan pipa-pipa berbahan polietilena lebih rendah dibandingkan menggunakan jenis pipa berbahan logam.

Salah satu bentuk kerusakan pada pipa polietilena yang di benam dalam tanah adalah terjadinya retakan (*crack*) yang apabila di biarkan terus menerus akan menyebabkan lubang pada pipa. Kebocoran pipa karena lubang ini dapat mengganggu jalannya proses produksi, mencemari lingkungan atau bahkan membahayakan terhadap masyarakat sekitar. Pada penelitian sebelumnya, (Khademi, dkk, 2018) menganggap lubang yang terjadi karena retakan (*crack*) tersebut berbentuk elip.

Metode perbaikan yang umum di lakukan untuk pipa mengalami kerusakan karena terjadinya *elliptical hole* adalah dengan melakukan penambalan (*patching*). Bentuk tambalan (*patch*) mempengaruhi terhadap besaran *maximum von Mises stress* pada pipa (Khademi, dkk. 2018). Perbaikan pipa dengan bentuk tambalan yang berbeda akan menyebabkan distribusi tegangan yang berbeda juga pada pipa tersebut. Perbedaan nilai distribusi tegangan ini akan mempengaruhi *integrity* pipa untuk menyalurkan fluida dalam pipa, sehingga analisis mengenai pengaruh bentuk dan ukuran tambalan terhadap distribusi tegangan pada pipa menjadi salah satu hal penting yang dapat di lakukan untuk mengetahui kehandalan pipa guna mendukung kelancaran proses produksi dan jaminan keselamatan yang tinggi.

Panjang dan sudut melingkar (lebar) *semi-cylindrical patch* pada proses perbaikan pipa akan mempengaruhi *intergrity* pipa. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis mengenai pengaruh panjang dan sudut (lebar) tambalan terhadap distribusi tegangan pada pipa dalam tanah yang memiliki *elliptical hole*. Dari variasi tersebut diharapakan dapat diperoleh satu acuan ukuran tambalan yang tepat untuk mencegah terjadinya kebocoran pada pipa yang memiliki *elliptical hole*.

1.2. Rumusan Masalah

Proses perbaikan pada pipa yang mempunyai *defect* dapat dilakukan dengan metode sebagai perbaikan tetap atau perbaikan sementara. Salah satu acuan parameter pada perbaikan pipa adalah nilai dari *yield stress*. Tegangan von Mises maksimum pada pipa yang sudah diperbaiki yang nilainya dibawah *yield stress* merupakan perbaikan pipa secara tetap (*permanent repair*). Pada penelitian ini digunakan pendekatan metode elemen hingga untuk mempelajari beberapa masalah yang ada.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1. Bagaimana pengaruh variasi panjang *patch* terhadap distribusi tegangan pada pipa yang memiliki lubang elips?
2. Bagaimana pengaruh variasi sudut (lebar) *patch* terhadap distribusi tegangan pada pipa yang memiliki lubang elips?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya fokus membahas distribusi tegangan pada pipa polietilena PE80B (MDPE) yang dipasang dengan cara dibenam dengan kedalaman konstan 125 cm.
2. Beban luar yang digunakan pada pipa akibat pembebanan tanah adalah beban terdistribusi yang digunakan oleh Khademi-Zahedi dkk., (2018).
3. Bentuk cacat pada pipa berupa lubang elips yang diperkuat dengan tambalan.
4. Karakteristik tanah tempat pipa dibenam dan tekanan internal pipa merata dan konstan.
5. Karakteristik fluida yang mengalir di dalam pipa adalah gas dengan sifat konstan.
6. Material pipa adalah polietilena PE80B dengan *diameter* 4 *inch* (101,6 mm).
7. Kontak antara permukaann pipa politilena PE80B (MDPE) dengan permukaan *patch* PE100 (HDPE) diasumsikan sempurna dan merata.
8. Penelitian ini tidak membahas proses manufaktur/ penyatuan antara permukaann pipa politilena PE80B (MDPE) dengan permukaan *patch* PE100 (HDPE).
9. Penelitian menggunakan metode *finite element analysis* dengan perangkat lunak ANSYS 19.2.

1.4. Tujuan Penelitian

Beberapa hal yang menjadi tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Menjawab tentang pengaruh variasi panjang *patch* terhadap distribusi tegangan pada pipa yang memiliki lubang elips.
2. Menjawab tentang pengaruh variasi sudut (lebar) *patch* terhadap distribusi tegangan pada pipa yang memiliki lubang elips.

Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karateristik pipa polietilena terbenam yang telah mengalamai perbaikan dengan penguatan tambalan, khususnya mengenai distribusi tegangannya. Secara umum, pada akhirnya diharapkan bisa menjadi salah satu acuan untuk mendapatkan cara atau metode perbaikan pipa polietilena yang optimal baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi kekutan pipa setelah mengalami perbaikan. Acuan tersebut dapat di jadikan panduan untuk proses perbaikan dengan pertimbangan dari sisi ekonomi dan tetap memperhatikan unsur keselamatan baik keselamatan aset, keselamatan penduduk dan keselamatan pada lingkungan sekitar.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan mengenai fenomena *stress* yang terjadi pada pipa yang mengalami tekanan dari eksternal maupun internal menjadi suatu bahasan yang menarik dan terus berkembang dari masa ke masa. Analisa fenomena kerusakan mekanis pada pipa yang dilintasi kendaraan tersebut menjadi menarik karena efek yang ditimbulkan oleh kerusakan pipa pada perlintasan kendaraan tersebut sangat berdampak terhadap lingkungan, keselamatan manusia maupun kelangsungan produksi. Pada bab ini dijabarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan secara khusus terkait dengan pengaruh kecacatan, tekanan dari eksternal dan internal terhadap perilaku pipa penyalur, integritas pipa serta kekuatan pipa penyalur tersebut.

2.1. Distribusi Tegangan Pipa di Dalam Tanah

Teori dan rumusan mengenai perhitungan tengangan yang terjadi pada pipa di dalam tanah yang diakibatkan oleh efek *settlement* atau timbunan beban yang membebani pipa di jabarkan oleh Iimura (2004). Validasi dari eksperimen yang menggunakan indikator defleksi pada pipa yang diberi variasi pembebanan di atas pipa tersebut di jadikan pendekatan oleh Iimura dalam merumuskan teorinya. Penelitian Iimura dilakukan pada pipa polos yang tidak dilindungi oleh sistem mekanis apapun.

Penelitian untuk menyempurnakan perhitungan tegangan pada pipa bawah tanah dengan memperhitungkan beban lalu-lintas, tekanan di dalam pipa, modulus tanah, densitas tanah, koefisien tekanan lateral tanah, diameter pipa, ketebalan pipa dan kedalaman pipa bawah tanah juga dilakukan oleh Merrin dkk (2014). Merlin dkk. mengembangkan model yang divalidasi menggunakan aplikasi *finite element* dan memiliki akurasi yang cukup tinggi untuk memprediksi tegangan pada berbagai kondisi pipa bawah tanah.

Sheldon, dkk (2015) juga melakukan penelitian mengenai *displacement* yang terjadi pada pipa *buried* dan *in-service* yang dibebani secara statis dan dinamis dari kendaraan yang melintas di atas pipa. Penelitian ini menggunakan pipa induk tanpa ada penguatan yang ditambahkan pada pipa tersebut.

Salah satu usaha untuk mengatasi kerusakan pipa *underground* karena beban eksternal ini pernah diteliti oleh Hedge, dkk (2015) dengan melakukan penelitian secara eksperimen

Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

lapangan dan juga simulasi dengan *software Finite Element* untuk mempelajari pengaruh peletakan pipa pada *sand bed* yang sebelumnya sudah diberi *geocell*.

Kemudian Zhang, dkk (2016) melakukan penelitian juga mengenai pemodelan simulasi numeris menggunakan Abaqus dengan beban eksternal yang diterima pipa berupa tanah yang menimbun pipa untuk mendapatkan nilai perilaku mekanis dari pipa yang terdampak. Zhang melakukan beberapa alternatif kondisi termasuk perubahan karakteristik tanah, perubahan rasio diameter pipa dengan ketebalan dinding pipa, perubahan *internal pressure* pipa, dan dikombinasikan juga dengan perubahan kedalaman dari pipa. Penelitian Zhang ini juga didasarkan pada pipa induk tanpa ada penguatan yang ditambahkan pada pipa tersebut.

Hongyuan, dkk (2018) melakukan penelitian mengenai pengaruh penguatan *settlement* pada pipa *underground* dengan cara penambahan *grouting* polimer pada pipa. Penelitian ini tidak memperhitungkan beban dari tekanan fluida di dalam pipa tersebut.

Alzabeebee, dkk (2018) melakukan simulasi numeris untuk kondisi pipa *underground* yang diberi tambahan beban eksternal maupun internal dengan validasi model menggunakan percobaan Sheldon dan kawan-kawan. Pemodelan ini perlu dikembangkan dengan membuat model pipa secara lurus tanpa ada sambungan di lokasi yang mendapat beban eksternal.

2.2. Cacat pada Pipa dan Perbaikan Menggunakan *Patch*

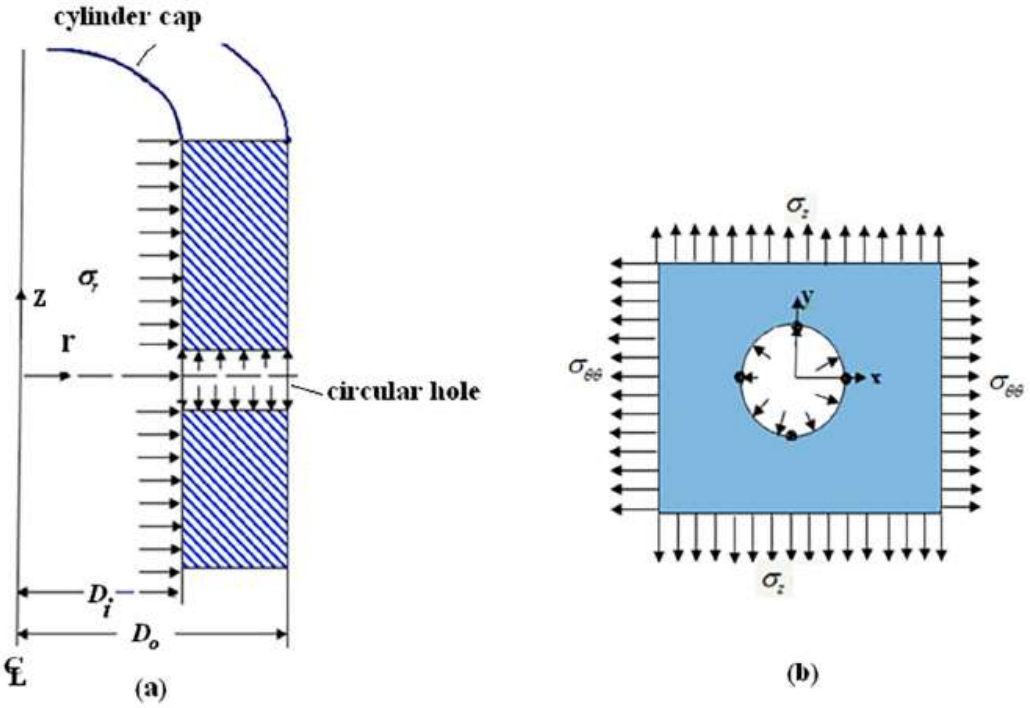
Penelitian mengenai cacat pada pipa dan perbaikan menggunakan metode penambalan dengan menggunakan *finite element analysis* sudah menjadi perhatian para peneliti sebelumnya. Penelitian-penelitian ini sangat penting untuk mengetahui kemampuan dan integritas dari suatu pipa sebagai bagian dalam proses industri dan menentukan metode penambalan yang paling efektif untuk mencegah terjadinya gangguan pada proses produksi pada saat terjadi kebocoran.

Metode analisis retakan tiga dimensi dengan menggunakan *tetrahedral enriched element* dan *unstructured mesh* untuk mempermudah proses persiapan dan penyelesaian *finite element model* pada bagian yang mengalami retakan dilakukan oleh Ayhan (2010). Pada aplikasi *finite element* ANSYS, penggunaan *mesh* ini memungkinkan dilakukannya komputasi langsung untuk menyelesaikan pada tahap penyelesaian.

Khademi-Zahedi (2018) membuat analisa aplikasi *finite element* mengenai distribusi tegangan pada pipa polietilena yang dibenam di tanah yang di pengaruhi oleh gaya internal maupun gaya eksternal pada pipa. Distribusi tegangan pada penelitian tersebut di titikberatkan

Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pada area pipa yang mengalami kerusakan dan menggunakan pendekatan eliminasi efek tegangan dari pengaruh suhu karena asumsi yang dipakai ialah pipa berbahan polietilena dan dibenamkan di dalam tanah pada kedalaman tertentu yang mana penyebaran suhu akan homogen.



Gambar 2.1 (a) Silinder atau pipa di bawah pengaruh tekanan internal. (b) Distribusi tegangan hoop dan tegangan aksial silinder atau pipa pada bidang x-y. (Khademi-Zahedi dkk., 2018).

Seperti yang ditunjukkan di Gambar 2.1, untuk pipa silinder besar yang tidak terkubur dengan lubang melingkar kecil, tegangan hoop, radial, dan longitudinal maksimum dinyatakan sebagai berikut (Khademi-Zahedi dkk., 2018):

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{Pi * (4 * k^2 + 2 - 2 * v)}{(k^2 - 1)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.1)$$

$$\sigma_{rr} = -Pi, \sigma_{zz} = \frac{2 * v * Pi *}{(k^2 - 1)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.2)$$

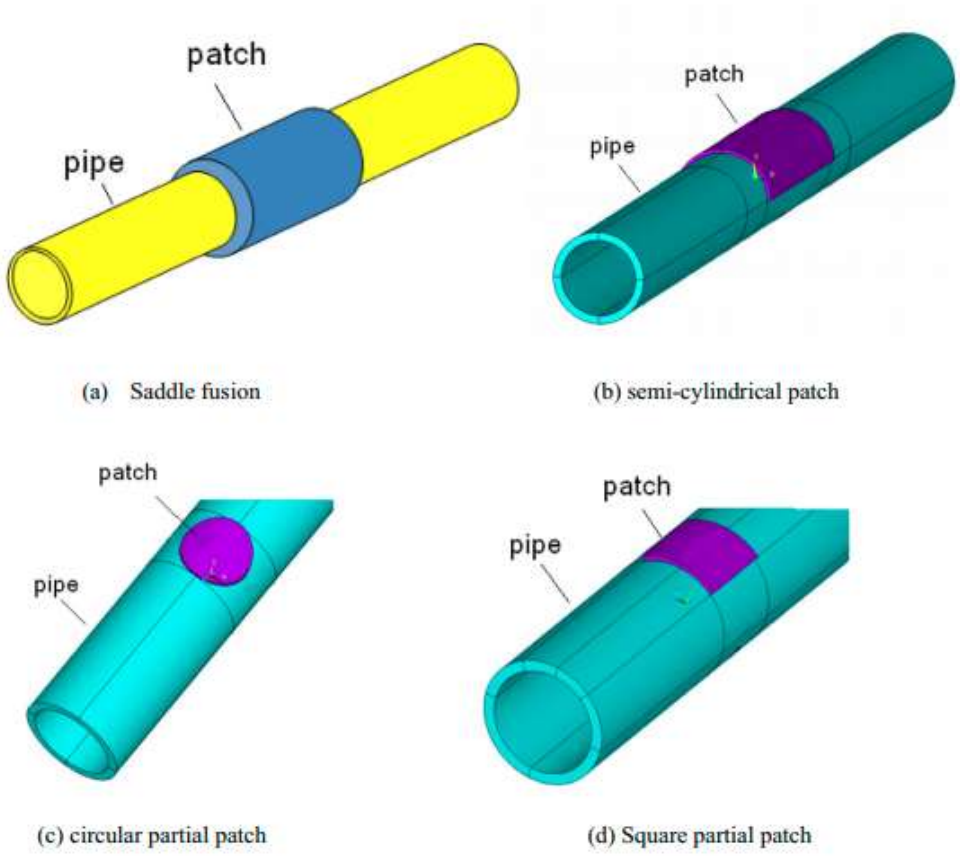
Dalam Persamaan. (2.1) dan (2.1), k = D_o / D_i (dimana D_o dan D_i masing-masing menunjukkan diameter pipa bagian dalam dan luar), v menunjukkan rasio poisson (v = 0,35 untuk MDPE), dan P_i menunjukkan tekanan pipa bagian dalam. Dengan menggunakan stres von Mises σ_e sebagai tegangan maksimum yang diijinkan sebelum terjadinya kegagalan pada pipa,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

persamaaan (2.3) pada pipa MDPE (PE80B) dengan nilai v = 0,35 dapat di jabarkan seperti dibawah (Khademi-Zahedi dkk., 2018):

$$\sigma_e = \frac{Pi\ (2lk^4 + 3.6k^4 + 0.27)^{1/2}}{(k^2 - 1)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.3)$$

Penelitian lanjutan dilakukan Khademi-Zahedi (2018) dengan melakukan pendekatan numeris terhadap distribusi tegangan pada pipa yang dibenam dalam tanah dan sebelumnya sudah diperbaiki dengan metode *patch* atau penambalan pipa polietilena dan fokusnya adalah *saddle fusion patch* seperti pada gambar 2.2. Dari hasil penelitian ini dapat di ketahui bahwa pemasangan *patch* dengan metode *saddle fusion* dapat mengurangi tegangan yang muncul pada pipa yang mengalami pembebanan dari tekanan internal maupun tekanan eksternal. Pendekatan Zahedi menitiberatkan pada pemilihan tipe *patch* untuk pipa polietilena. Pemodelan dari Khademi-Zahedi (2018) ini selanjutnya dikembangkan oleh penulis dengan beberapa variasi panjang dan sudut (lebar) tambalan.



Gambar 2.2. Berbagai bentuk *patch* yang digunakan untuk memperbaiki pipa yang rusak pada model elemen tak terbatas. (Khademi-Zahedi dkk., 2018).

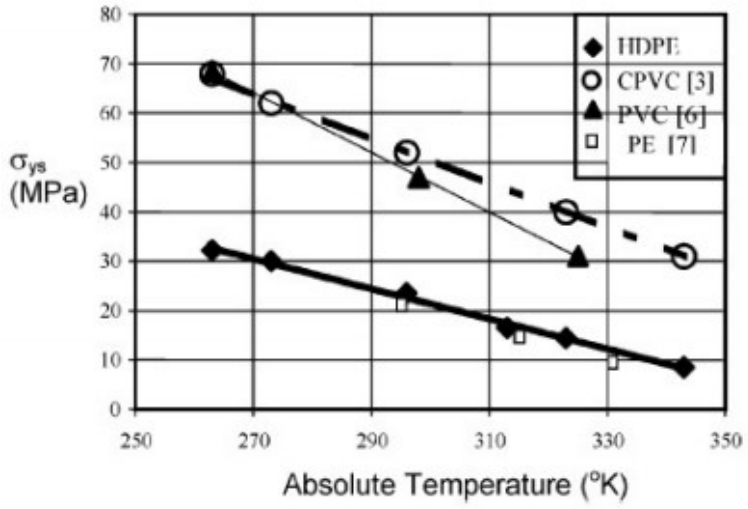
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Ivan Yudha (2018) melakukan simulasi pengaruh bentuk geometri *sleeve* terhadap kekuatan perlindungan pipa pada *road crossing*. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa pertambahan panjang *sleeve* akan mengurangi displacement pada pipa. Di samping itu dari penelitian ini juga diketahui bahwa setelah ketebalan optimum *sleeve* diperoleh, tidak ada lagi penurunan tegangan pipa yang signifikan.

2.3. Karakteristik *Thermal* Pipa Polietilena

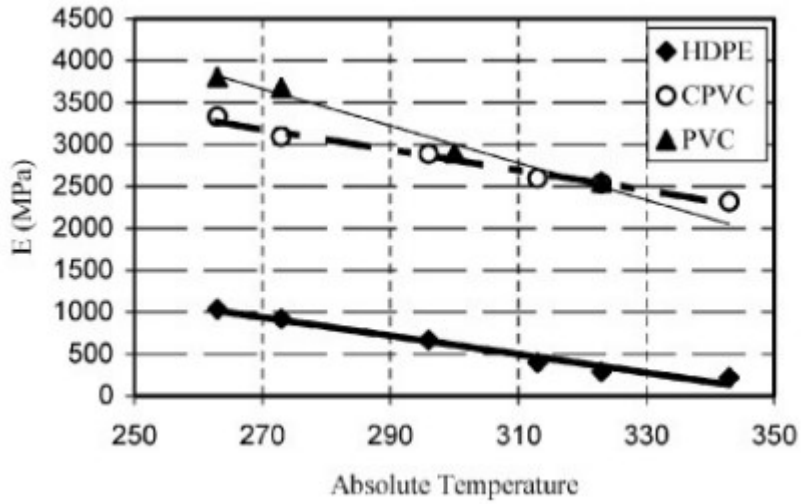
Pipa yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa dengan material polietilena. Pipa ini memiliki sifat mudah digulung (*coil-ability*), ringan, fleksibel, keuletan tinggi, dapat dilas (*weldability*), tahan korosi, tahan abrasi dan tahan benturan (Khademi-Zahedi & Shishesaz, 2018), dimana karakteristik pipa berbahan polietilena sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan dimana pipa tersebut berada.

Penelitian yang berhubungan dengan pengaruh suhu terhadap sifat mekanik pipa dilakukan Merah dkk (2006) dengan melakukan penelitian tentang pengaruh suhu pada PE100 yang diberi beban tarik. Dari penelitian ini diketahui bahwa *yield stress* dan modulus elastisitas menurun secara linier pada saat suhu dinaikkan, sedangkan *yield strain* sedikit meningkat. Pada penelitian ini suhu dinaikkan dari -10 sampai dengan 70^{o}C dan tekanan diturunkan dari 32 sampai 9 MPa. Pada material polietilena PE100 (HDPE), dengan naiknya suhu akan menyebabkan *yield stress* dan modulus elastis turun (Gambar 2.3. dan Gambar 2.4.). Perubahan suhu juga memiliki pengaruh terhadap *yield strain* material HDPE (Gambar 2.5.).

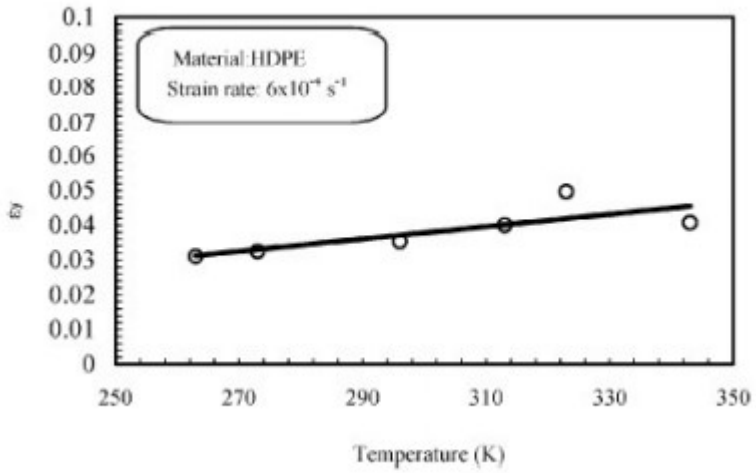


Gambar 2.3. Pengaruh suhu terhadap *yield stress* pada material PE100 (Merah dkk., 2006).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



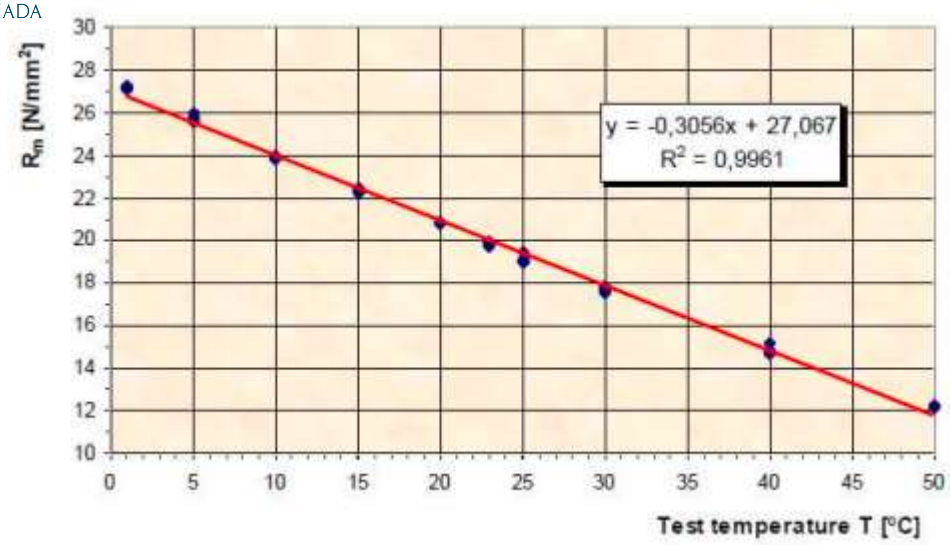
Gambar 2.4. Pengaruh suhu terhadap *modulus elastisitas* pada material PE100 (Merah dkk., 2006).



Gambar 2.5. Pengaruh suhu terhadap *yield strain* pada material HDPE (Merah dkk., 2006).

Murariu dkk (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh suhu pada polietilena yang diberi variasi beban. Sampel yang digunakan adalah PE80 yang diberi *defect* berupa *bilateral V-notch*, *U-notch* dan *central hole*. Selanjutnya sampel-sampel tersebut diberi beban tarik dan hasilnya dikorelasikan dengan suhu permukaannya. Dari penelitian ini diketahui bahwa suhu pada saat beban tarik memiliki korelasi dengan *local stress* yang disebabkan oleh ketidaksempurnaan pada sampel-sampel tersebut. Pada material berbahan PE80, *tensile strength* bersifat linier terhadap perubahan suhu di mana semakin tinggi suhu menyebabkan *tensile strength* menjadi semakin rendah seperti yang ditunjukkan Gambar 2.6.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.6. Pengaruh suhu terhadap *tensile strength* pada material PE80 (Murariu dkk., 2016).

2.4. Keterbaruan dari Penelitian

Sisi keterbaruan penelitian ini ialah dengan meneliti pengaruh penguatan pipa MDPE (PE80B) dengan metode pemasangan tambalan yang berbahan material HDPE (PE100) terhadap faktor beban eksternal dan internal dan geometris tambalan yaitu panjang dan sudut (lebar) tambalan.

Beberapa penelitian yang sejenis dengan penelitian yang akan dikembangkan penulis dirangkum di dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.1. Rangkuman tinjauan pustaka.

Peneliti	**Fokus Penelitian**	**Asumsi**	**Variasi**	**Parameter Diamati**
S. Iimura (2004)	Menemukan formula sederhana untuk menghitung *stress* pada pipa terbenam karena pengaruh pergeseran tanah		Posisi pipa (*buried*, *semi buried*, terlihat total)	*Stress, deformasi*
Merah dkk (2006)	Menganalisa pengaruh suhu terhadap *tensile properties* pipa berbahan material HDPE (PE-100)	Poisson's ratio pada material HDPE konstan	Suhu dan beban tarik	*Yield stress, yield strain dan elastic modules*
Ayhan (2011)	Melakukan analisis retakan tiga dimensi menggunakan *meshing*		*Crack parametric angle*	*Normalized Stress Intensity*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Peneliti	Fokus Penelitian	Asumsi	Variasi	Parameter Diamati
	dengan metode *tetrahedral* dan tidak terstruktur			*Factor (SIF) / K1*
Merrin dkk (2014)	Menyempurnakan *stress analysis* pada pipa yang dikubur	Tanah dan pipa merupakan *linear elastic material*, interaksi antara pipa dan tanah bersifat *frictionless*, penyederhanaan *traffic load* menjadi point load	Diameter dan ketebalan pipa, *surface load* dan *lateral earth pressure*	*Prediction model Vs Proposed model*
Sheldon dkk (2015)	Investigasi *displacement* pada pipa *culvert* akibat beban statis dan dinamis dari truk yang melintasi pipa	Beban statis dengan menempatkan truk di atas pipa, beban dinamis dengan menggerakkan truk di atas pipa	Kecepatan truk, posisi beban terhadap pipa	*Displacement* pada pipa
A.M. Hegde (2015)	Meneliti efektifitas *geocell sand bed* untuk mengurangi *stress*, *strain* dan *displacement* pipa *underground* yang dilintasi kendaraan	Beban roda kendaraan disimulasikan dengan plat besi	Kedalaman pipa, bahan pelindung pipa	*Stress*, *strain* dan *displacement* pada pipa
Murariu dkk (2016)	Pengaruh suhu dan panas terhadap perilaku polietilena (PE-80) yang memiliki *defects*	Pipa memiliki defects: *bilateral V-notch, U-notch* dan *central hole*	Suhu, *loading rate*, *notch type*, *notch depth* dan *notch's hole diameter*	
Jie Zhang, dkk (2016)	Simulasi numeris untuk mempelajari pengaruh tekanan internal dan eksternal pada pipa *buried* terhadap *stress*, *strain* dan *deformasi* pada pipa	Area beban berupa segi empat, beban terdistribusi merata	Kecepatan truk, posisi beban terhadap pipa	*Ovality*, *stress*, *strain* pada pipa

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Distribusi Tegangan Pipa Berlubang Elips Yang Diperkuat Patch
HENDRIK SETYAWAN, Dr. Eng. Ir. R. Rachmat A. Sriwijaya, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Peneliti	Fokus Penelitian	Asumsi	Variasi	Parameter Diamati
Fang Hongyuan, dkk (2018)	Simulasi finite element untuk meneliti efektifitas metode polymer *grouting* terhadap pengaruh beban kendaraan yang melintas di atas pipa	Tekanan internal dan berat fluida yang mengalir dalam pipa tidak diperhitungkan	Besar beban, kedalaman pipa, dan lokasi beban	*Stress*, *strain* dan *displacement* pada pipa
Saif Alzabeebee, dkk (2018)	Simulasi numeris untuk meneliti pengaruh kendaraan yang melintas di atas pipa *in-service*	Sambungan pipa diabaikan dalam simulasi	Kecepatan kendaraan, kekakuan material pipa	*Displacement* pada pipa
Khademi Zahedi (2018)	Simulasi numeris untuk meneliti pengaruh beban eksternal dan internal yang pada pipa jenis *polyethilene*	Pipa utama memiliki kerusakan, efek suhu bisa diabaikan karena material pipa ialah plastik	Besar kerusakan pipa induk	Tegangan yang terjadi pada pipa
Khademi Zahedi, dkk (2018)	Simulasi numeris untuk meneliti pengaruh beban eksternal dan internal yang pada pipa jenis *polyethilene* yang dengan penguat *patch*	Pipa utama memiliki kerusakan, efek suhu bisa diabaikan karena material pipa ialah plastik	Jenis tambalan / *patch* pada pipa	Tegangan yang terjadi pada pipa, defleksi pada pipa, metode *patch* yang paling efektif untuk menurunkan tegangan pada pipa
Ivan Yudha, dkk (2018)	Simulasi finite element untuk meneliti pengaruh geometris *sleeve* yang terpasang sebagai penguat pada pipa di perlintasan jalan	Kedalaman tanah konstan, karakteristik tanah konstan, tekanan internal konstan, diameter pipa konstan	Panjang *sleeve*, tebal *sleeve*, gap antara *sleeve* dengan pipa	Perbedaan distribusi tegangan sebagai dampak dari perubahan geometris *sleeve*
Khademi Zahedi & Shishesaz (2019)	Aplikasi finite element untuk mengetahui distribusi tegangan pada pipa polyethylene yang dikubur dan diberi penguatan (*patch*)	Terdapat lubang elips pada pipa, temperatur dianggap konstan dan pipa dikubur pada kedalaman 125cm	Jenis penguatan (*patch*), diameter lubang dan rasio diameter lubang elips	Distribusi tegangan pada pipa sebelum dan sesudah diberi penguatan (*patch*)