

Tema : Material Maju
Sub Tema: Teknologi Bahan Logam

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN



PENERAPAN *E-MODUL* TEKNOLOGI PENGELASAN
UNTUK MENGANALISIS SAMBUNGAN LAS BERSTANDAR
INTERNASIONAL *THE WELDING INSTITUTE (TWI)*

TIM PENGUSUL:

Dr. Ir. Erma Yulia, MT.	NIDN: 0011066806 (Ketua)
Prof. Dr. Sumarno, M.Pd	NIDN: 0020036305 (Anggota)
Ir.Riski Elpari Siregar,M.T.	NIDN: 0004046805 (Anggota)
Hasianna Nopina Situmorang, S.T,M.Sc.	NIDN: 0021119102 (Anggota)

Penelitian ini dibiayai oleh :
Dana DIPA Universitas Negeri Medan Tahun Anggaran 2020
Sesuai dengan SK Rektor UNIMED No. 0444/UN33/KEP/PPL/2020

PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
DESEMBER 2020

HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN PRODUK TERAPAN

1. Judul Penelitian	: Penerapan E-Modul Teknologi Pengelasan Untuk Menganalisis Sambungan Las Berbasis Visual Welding Inspection Berstandar The Welding Intitute (TWI)
2. Bidang Ilmu	: Teknologi Pengelasan/Desain Pembelajaran
3. Ketua Peneliti	
a. Nama Lengkap	: Dr. Ir. Erma Yulia, M.T.
b. Jenis Kelamin	: Perempuan
c. NIP/ NIDN	: 196806111997022001
d. Disiplin Ilmu	: Teknologi Mesin/Desain Pembelajaran
e. Pangkat/ Golongan	: 3D
f. Jabatan	: Ketua Program Studi S1/D3
g. Fakultas/ Jurusan	: Teknik
h. Alamat	: Jl.Willem Iskandar, Psr V, Medan Estate
i. Telpon/ Faks/ E-mail	: (061)6625971/(061) 6614002
j. Alamat Rumah	: Jl.Pelajar Timur, Griya Unimed, No.12, Medan Denai
k. Telpon/ Faks/ E-mail	: 081375468226/ ermayulia_tp@yahoo.co.id
4. Jumlah Anggota Peneliti	: 1
Nama Anggota Peneliti dan NIDN	: 1. Prof. Dr. Sumarno, M.Pd. - 196303201991021001 : 2. Ir. Riski Elpari Siregar, M.T. - 196804041997021001 : 3. Hasianna Nopina Situmorang, S.T., M.Sc. - 199111212019032020
Nama dan NIM Mhs yang terlibat	: 1. Cindy Aprillia Arfani-5163121006 : 2. Irma Debora Simatupang-5172121011 : 3.
5. Institusi Mitra	
Nama Institusi Mitra	: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan/ The Welding Institute (TWI)
Alamat	: Jl. Almamater Kampus USU Medan
Penanggung Jawab	: Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan
6. Lokasi Penelitian	: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FT.Unimed
Jumlah Biaya Penelitian	: Rp. 45.000.000
Terbilang	: Rp. Empat puluh lima juta rupiah



Mengetahui
Dekan/ Direktur UNIMED

Prof. Dr. Harun Sitompul, M.Pd.
NIP. 196007051986011001

Medan, 14-12-2020
Ketua Peneliti

Dr. Ir. Erma Yulia, M.T.
196806111997022001



Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan

Prof. Dr. Baharuddin, S.T., M.Pd.
NIP. 196612311992031020

RINGKASAN

Untuk lebih berdaya saing, para lulusan Perguruan Tinggi tidak cukup mengandalkan ijazah, tetapi harus mempunyai sertifikat profesi yang dikeluarkan oleh lembaga profesi. Hal ini sejalan dengan visi dan misi Unimed, dimana lulusannya mampu bersaing tidak saja di tingkat nasional tetapi juga internasional. Salah satu kompetensi yang harus dimiliki lulusan Departemen Pendidikan Teknik Mesin adalah mampu menganalisis kekuatan sambungan las. Selain itu kenyataan dilapangan terjadi kegagalan pada sambungan las. Pengujian kualitas sambungan las dilakukan dengan uji *visual*, *destructive* dan *nondestructive test*. Kualitas sambungan las harus memenuhi standar internasional *The Welding Institute* (TWI).

Tujuan penelitian ini untuk menerapkan e-modul teknologi pengelasan untuk menganalisis sambungan las berbasis *Visual Welding Inspection* yang berstandar *The Welding Institute* (TWI), sehingga diharapkan Meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam bidang pengujian sambungan las.

Sebelum diterapkan, modul terlebih dahulu dirancang dan dikembangkan. Pengembangan modul menggunakan pendekatan *research and development*, yaitu suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk. Sebagai acuan dalam mengembangkan modul teknologi pengelasan menggunakan model ADDIE (Analisis, Desain, Development, Implementasi dan Evaluasi). Sehubungan dengan teknologi yang semakin canggih saat ini, modul yang pada umumnya disajikan dalam wujud cetakan, dapat disajikan dalam bentuk elektronik atau disebut dengan *e-modul*.

Teknik pengumpulan data dalam memvalidasi produk bahan pembelajaran dilakukan dengan penyebaran kuesioner. Penelitian ini dirancang dalam tiga tahap yaitu (1) Penelitian berupa Perencanaan dan perumusan tujuan pembelajaran.(2) Pengembangan berupa pengembangan modul (3)Evaluasi formatif dan revisi oleh ahli materi, ahli media dan ahli desain pembelajaran serta evaluasi *one to one, small group, field trial*.

Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan *e-modul* yang layak untuk diimplementasikan yang pada akhirnya dapat meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam menganalisis kualitas sambungan las sesuai standar internasional *The Welding Institute* (TWI).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
RINGKASAN	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian E- Modul	4
2.2. Model Pengembangan	5
2.3. <i>The Welding Institute</i> (TWI)	6
2.4. Peta Jalan (<i>roadmap</i>) Penelitian	7
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	9
3.1. Tujuan Penelitian	9
3.2. Manfaat Penelitian	9
BAB 4. METODE PENELITIAN	10
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	10
4.2 Langkah langkah penelitian	10
4.3 Pendekatan dan Metode Penelitian	15
4.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	15
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	16
5.1 Hasil Penelitian	16
5.2 Hasil Analisis Kekuatan Sambungan Las	28
5.3 Luaran yang Dicapai	35
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	36
6.1. Kesimpulan	36
6.2. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Nama Gambar	Halaman
1	Peta Jalan (<i>roadmap</i>) Penelitian	8
2	Bentuk dan Ukuran Kawat las AWS E 7016	10
3	Besar Sudut Kampuh Spesimen Las	11
4	Pelat Setelah Dilas	11
5	Posisi Pengambilan Spesimen	11
6	Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Tarik ASTM E 8M	12
7	Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Komposisi Lasan	12
8	Diagram <i>fishbone</i>	13
9	Diagram Alir Pengujian Sambungan Las	14
10	Analisis Pembelajaran Mata Kuliah Teknik Pengelasan	19
11	Modul Cetak Teknik Pengelasan	20
12	Spesimen Hasil Uji Komposisi	29
13	Spesimen Uji Tarik Statis	32
14	Grafik Hasil Uji Tarik Statis	34
15	Spesimen Pengelasan Menggunakan Kawat Las AWS E7016 (X) dan Kawat Las (Y) Hasil Uji Tarik Impak yang Telah Patah	35

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perguruan Tinggi sebagai tempat kegiatan proses pembelajaran diharapkan mampu menghasilkan inovasi teknologi dengan meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang memiliki daya saing dan kemampuan akademik serta profesional dalam bidangnya dan berkepribadian sesuai dengan tuntutan tujuan pendidikan nasional. Meningkatkan daya saing lulusan di dunia usaha dan industri (du/di) perlu mensinergikan kurikulum perguruan tinggi dan kebutuhan (du/di). Perguruan Tinggi dituntut lebih membuka diri terhadap (du/di), demikian juga sebaliknya, baik dalam arti sikap maupun tindakan nyata misalnya menjadi tempat praktek kerja lapangan, magang bagi peserta didik. Di pihak lain, dunia pendidikan dituntut untuk melakukan konsolidasi mulai tahap perencanaan pembelajaran sampai implementasi dan evaluasinya sehingga kerjasama dunia pendidikan dengan industri mencapai sasaran.

Gaspersz (2012:489) menyampaikan hasil pengamatannya bahwa lulusan Perguruan Tinggi di Indonesia tidak mampu beradaptasi dengan kebutuhan dunia industri modern. Menurut Taniredja (2014,2) perguruan tinggi juga tidak responsif, pada kenyataannya apa yang berkembang di kelas dan realitas sosial keseharian di masyarakat sering ada perbedaan. Akibatnya, tingkat pengangguran lulusan Perguruan Tinggi dari waktu ke waktu terus meningkat. Untuk menghindari dan mengatasi masalah tersebut, berbagai upaya telah dilakukan, seperti penyusunan kurikulum yang disesuaikan dengan kebutuhan du/di, penyediaan sarana-sarana praktikum yang dapat dimanfaatkan du/di dan lain sebagainya, termasuk melakukan inovasi pada proses pembelajaran.

Pembelajaran merupakan salah satu dari sekian alternatif untuk meningkatkan kapabilitas dan kinerja. Meskipun pembelajaran hanyalah salah satu di antara sekian banyak alat untuk peningkatan kinerja, tetapi pembelajaran menjadi yang sangat penting.(Wibawa,2013,297). Mata kuliah Teknologi Pengelasan merupakan salah satu mata kuliah yang wajib diikuti mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin (PTM) Unimed dengan bobot 3 SKS. Pengelasan

sebagai proses penyambungan material logam memiliki peranan yang sangat penting dalam dunia industri. Pada sambungan-sambungan konstruksi mesin, banyak menggunakan teknik pengelasan karena sambungan menjadi lebih ringan dan lebih sederhana dalam proses penyambungannya sehingga ongkos produksi menjadi lebih murah.

Untuk meningkatkan daya saing lulusan di dunia usaha dan industri (du/di) perlu mensinergikan kurikulum perguruan tinggi dan kebutuhan (du/di). Perguruan Tinggi dituntut lebih membuka diri terhadap (du/di), demikian juga sebaliknya. Untuk lebih berdaya saing, para lulusan Perguruan Tinggi tidak cukup mengandalkan ijazah, tetapi harus mempunyai sertifikat profesi yang dikeluarkan oleh lembaga profesi. Hal ini sejalan dengan visi dan misi Unimed, dimana lulusannya mampu bersaing tidak saja di tingkat nasional tetapi juga internasional. Salah satu karir yang tersedia bagi lulusan program studi Teknik Mesin adalah bidang pengelasan. Selain itu kenyataan dilapangan terjadi kegagalan pada sambungan las. Pengujian kualitas sambungan las dilakukan dengan uji visual, destructive dan nondestructive test. Kualitas sambungan las harus memenuhi standar internasional *The Welding Institute (TWI)*.

Untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam bidang pengujian sambungan las, perlu dikembangkan modul yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran mata kuliah teknologi pengelasan sebagai pedoman mahasiswa dalam menganalisis kualitas sambungan las standar internasional *The Welding Institute (TWI)*. Pihak du/di sangat membutuhkan informasi tentang kualitas sambungan las dengan menggunakan berbagai jenis kawat las yang berbeda. Informasi tentang kualitas sambungan las tersebut dapat dilakukan melalui pengujian *destructive* dan *nondestructive test*. Kompetensi mahasiswa lulusan Jurusan Teknik Mesin Unimed diharapkan dapat menganalisis kualitas sambungan las melalui pengujian *destructive* dan *nondestructive test* dengan standar Internasional *The Welding Institute (TWI)*.

Media pembelajaran dirancang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa. Media yang sering digunakan dalam pembelajaran di antaranya buku teks, power point, video pembelajaran, lembar kerja dan modul. Modul dapat digunakan

dalam proses pembelajaran mata kuliah teknologi pengelasan sebagai pedoman mahasiswa dalam menganalisis kekuatan sambungan las yang pada akhirnya meningkatkan kompetensi dan daya saing lulusan Teknik Mesin Unimed di du/di. Sehubungan dengan teknologi yang semakin canggih dan mudah didapat dengan harga terjangkau pada saat ini modul yang pada umumnya disajikan dalam wujud cetakan maka dengan menggunakan teknologi elektronik komputer modul dapat disajikan dalam bentuk digital atau disebut dengan *e-modul*.

Sebagai seorang dosen Pendidikan Teknik Mesin Unimed, **peneliti telah mengikuti program sertifikasi profesi dibidang pengelasan CSWIP 3.0 (Certification Scheme Welding Inspector Personal Level-1)** pada bulan Februari 2020, yang sesuai standar Internasional TWI.

Atas dasar latar belakang yang diuraikan diatas, peneliti merasa penting untuk mengembangkan *e-modul* teknologi pengelasan yang diharapkan dapat meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam menganalisis sambungan las berstandar internasional *The Welding Institute (TWI)*, mengingat selama ini modul tersebut belum tersedia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah mengembangkan *e-modul* Teknologi Pengelasan untuk menganalisis sambungan las berstandar internasional *The Welding Institute (TWI)*?
2. Bagaimanakah validitas *e-modul* Teknologi Pengelasan untuk menganalisis sambungan las berstandar internasional *The Welding Institute (TWI)*?
3. Bagaimanakah efektivitas *e-modul* Teknologi Pengelasan untuk menganalisis sambungan las berstandar internasional *The Welding Institute (TWI)*?
4. Bagaimanakah informasi kekuatan sambungan las menggunakan kawat las OK 53.04 dan TH-216 yang dibutuhkan industri?

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian *E-modul*

Modul pembelajaran merupakan satuan program belajar mengajar yang terkecil, yang dipelajari oleh siswa sendiri secara perseorangan atau diajarkan oleh siswa kepada dirinya sendiri (*self-instructional*) (Winkel, 2013:472). Modul pembelajaran adalah bahan ajar yang disusun secara sistematis dan menarik yang mencakup isi materi, metode dan evaluasi yang dapat digunakan secara mandiri untuk mencapai kompetensi yang diharapkan (Anwar, 2015: 56). Menurut Goldschmid, Modul pembelajaran sebagai sejenis satuan kegiatan belajar yang terencana, didesain guna membantu siswa menyelesaikan tujuan-tujuan tertentu. Modul adalah semacam paket program untuk keperluan belajar (Wijaya, 2010:128). Vembriarto (2016:20), menyatakan bahwa suatu modul pembelajaran adalah suatu paket pengajaran yang memuat satu unit konsep bahan pelajaran. Pengajaran modul merupakan usaha penyelenggaraan pengajaran individual yang memungkinkan siswa menguasai satu unit bahan pelajaran sebelum dia beralih kepada unit berikutnya.

Berdasarkan beberapa pengertian modul di atas maka dapat disimpulkan bahwa modul pembelajaran adalah salah satu bentuk bahan ajar yang dikemas secara sistematis dan menarik sehingga mudah untuk dipelajari secara mandiri.

Anwar (2015), menyatakan bahwa karakteristik modul pembelajaran sebagai berikut :

1. *Self instructional*, siswa mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung pada pihak lain.
2. *Self contained*, seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul utuh.
3. *Stand alone*, Modul yang dikembangkan tidak tergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media lain.
4. *Adaptif*, Modul hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi.

5. *User friendly*, modul hendaknya juga memenuhi kaidah bersahabat/akrab dengan pemakainya.
6. Konsistensi, Konsisten dalam penggunaan font, spasi, dan tata letak.

Sehubungan dengan teknologi yang semakin canggih dan mudah didapat dengan harga terjangkau pada saat ini modul yang pada umumnya disajikan dalam wujud cetakan maka dengan menggunakan teknologi elektronik komputer modul dapat disajikan dalam bentuk digital atau disebut dengan *e-modul*.

Dimhad, (2014) *e-modul* adalah bagian dari *electronic based e-learning* yang pembelajarannya memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, terutama perangkat berupa elektronik. Artinya tidak hanya internet, melainkan semua perangkat elektronik seperti film, video kaset, OHP, slide, LCD projector, tape set. Fnurma (2013) *e-modul* merupakan alat atau sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya secara elektronik (bagian dari *e-learning*). Dari beberapa pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa *e-modul* adalah seperangkat media pengajaran digital atau non cetak yang disusun secara sistematis yang digunakan untuk keperluan belajar mandiri.

2.2. Model Pengembangan

Mengembangkan e-modul harus berpedoman pada suatu model pengembangan. Pada penelitian ini digunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari 5 fase, yaitu Analisis, Desain, Development, Implementasi dan Evaluasi, yang merepresentasikan pedoman yang dinamis dan fleksibel untuk membangun sistem pembelajaran yang efektif dan performansi *tools* pendukung. Dengan model ini diharapkan dapat menghemat waktu dan biaya dengan menangkap permasalahan saat permasalahan tersebut masih bisa direvisi.

Berikut tahapan-tahapan dalam model ADDIE (Gagne:2015:21).

- a) *Analysis* (analisis), yaitu melakukan *needs assessment* (analisis kebutuhan),

- b) *Design* (rancangan), fase desain berurusan dengan objek pembelajaran, instrumen penilaian, latihan dan isinya, analisis subjek, rencana pembelajaran dan pemilihan media pembelajaran.
- c) *Development* (pengembangan), pengembangan adalah proses mewujudkan draft desain menjadi kenyataan atau produk yang dapat digunakan.
- d) *Implementation* (implementasi/eksekusi), implementasi adalah langkah nyata untuk menerapkan sistem pembelajaran yang sedang kita buat.
- e) *Evaluation* (evaluasi/umpan balik), yaitu proses untuk melihat apakah sistem pembelajaran yang sedang dibangun berhasil,

Kelebihan dari model ADDIE antara lain: (a) uraiannya tampak lebih lengkap dan sistematis, dan (b) dalam pengembangannya melibatkan penilaian ahli, sehingga sebelum dilakukan uji coba di lapangan perangkat pembelajaran telah dilakukan revisi berdasarkan penilaian, saran dan masukan para ahli.

2.3. *The Welding Institute (TWI)*

Beberapa lembaga profesi mengeluarkan standar pengelasan di seluruh dunia termasuk TWI, AWS, DIN, API dan ASME. Ada beberapa lembaga profesi yang menyediakan sertifikasi di bidang pengelasan. Salah satu diantaranya adalah *The Welding Institute (TWI)* berpusat di Inggris dan untuk Asia Tenggara pusat trainingnya di Selangor Malaysia. (Tarigan, P,2018)

Definisi pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Normen) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Mawardi, (2015: 65) menyatakan agar suatu pelaksanaan konstruksi las dikerjakan dengan benar dan berhasil, sehingga aman terhadap hasil yang dikerjakan, maka untuk setiap pekerjaan las harus dimulai dari pemilihan kawat las (elektroda las), proses pengelasan dan variabel penting lainnya seperti : bentuk sambungan yang akan dikerjakan, baik dipabrikasi maupun dilapangan, PHT (Post Heat Treatment), PWHT (Post Weld Heat Treatment) dan arus listrik yang dipakai, semua pekerjaan tersebut perlu adanya spesifikasi prosedur pengelasan WPS (Welding Procedure Specification).

Pengujian lasan dapat dilakukan dengan metode merusak *destructive test* (DT) dan tidak merusak atau *Non Destructing Test* (NDT) terdiri dari :

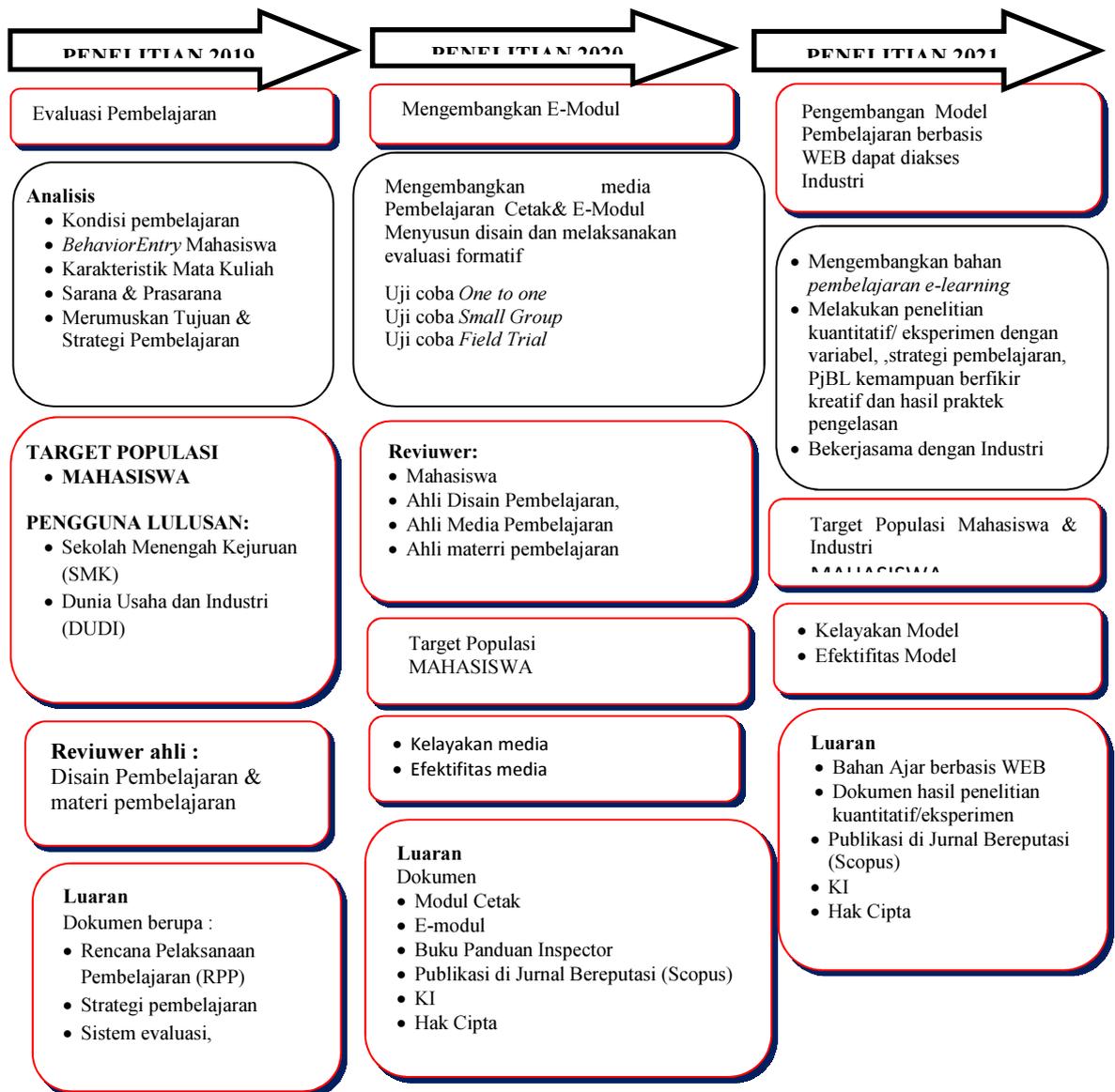
1. *Destructive test* antara lain: uji tarik, uji tekuk, uji kekerasan, uji tekan, analisa kimia, metalografi, uji busur.
2. *Non Destructing Test* antara lain : uji amatan (visual), uji ultrasonik, Uji radiografi, uji serbuk magnet, uji cairan penembus, pemancaran suara.

Kegagalan sambungan las (retak) dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu retak dingin dan retak panas. Retak dingin adalah retak yang terjadi di daerah las pada suhu kira-kira 300°C. Retak dingin dapat terjadi tidak hanya pada daerah HAZ, tetapi juga pada logam induk. Sedangkan retak panas adalah retak yang terjadi pada suhu di atas 550 °C, retak panas yang sering terjadi pada logam induk karena pembekuan, biasanya berbentuk retak kawah dan retak memanjang.

Perpatahan adalah pemisahan atau pemecahan suatu benda padat, menjadi 2 bagian atau lebih yang diakibatkan adanya tegangan. Proses perpatahan terdiri dari 2 tahap, yaitu timbulnya retak dan tahapan penjalaran retak. Secara umum patah dibagi menjadi 2 golongan yaitu patah getas dan patah liat. Patah liat ditandai oleh deformasi plastik yang cukup besar, sedangkan patah getas ditandai oleh adanya kecepatan penjalaran retak yang tinggi, tanpa terjadi deformasi kasar (Djaprie, S., 2003:26). Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya perpatahan sambungan las seperti: konsentrasi tegangan dan adanya cacat las.

2.4. Peta Jalan (*roadmap*) Penelitian

Penelitian yang telah dilaksanakan dan hasil yang sudah dicapai dalam bentuk peta jalan (*roadmap*) penelitian secara utuh dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Jalan (*roadmap*) Penelitian

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dan pengembangan ini adalah untuk:

1. Mengetahui pengembangan *e-modul* Teknologi Pengelasan untuk menganalisis sambungan las berstandar internasional *The Welding Institute (TWI)*.
2. Mengetahui validitas *e-modul* Teknologi Pengelasan untuk menganalisis sambungan las berstandar internasional *The Welding Institute (TWI)*.
3. Mengetahui efektivitas *e-modul* Teknologi Pengelasan untuk menganalisis sambungan las berstandar internasional *The Welding Institute (TWI)*.
4. Mengetahui informasi kekuatan sambungan las menggunakan kawat las OK 53.04 dan TH-216 yang dibutuhkan industri.

3.2. Manfaat Hasil Penelitian

Secara umum penelitian dan pengembangan ini diharapkan menghasilkan *e-modul* Teknologi Pengelasan dalam menganalisis sambungan las berbasis kebutuhan dunia usaha dan industri (du/di) dan menghasilkan informasi tentang kekuatan sambungan las.

Secara khusus hasil penelitian dan pengembangan ini dapat memberi manfaat:

1. Sebagai referensi untuk mengoptimalkan proses pembelajaran mata kuliah Teknologi Pengelasan dalam menganalisis sambungan las.
2. Menambah pengetahuan di bidang teknologi pengelasan khususnya dalam menganalisis kekuatan sambungan las.
3. Sebagai referensi untuk pengembangan modul pada mata kuliah lain dengan model dan strategi pembelajaran yang berbeda.
4. Sebagai referensi du/di tentang kekuatan sambungan las.

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

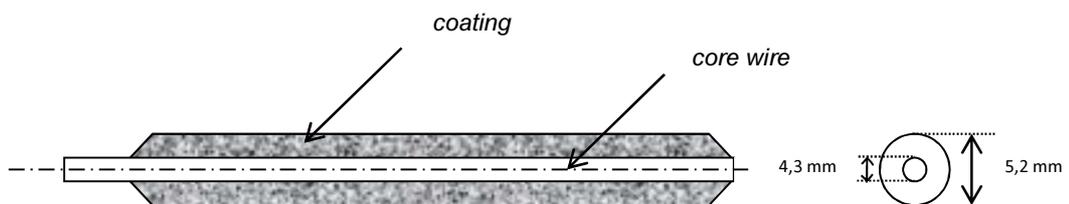
Penelitian ini dilakukan di Prodi Pendidikan Teknik Mesin (PTM) Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan. Penelitian dilaksanakan selama 1(satu) semester, semester gasal 2019/2020.

4.2. Langkah-langkah Penelitian

4.2.1. Penelitian Sambungan Las

Bahan Kawat Las

Spesimen yang diuji adalah *low carbon steel* yang dilas dengan kawat las standar AWS E 7016 (produk impor dan dalam negeri). Kawat las AWS E 7016 terdiri dari *core wire* dan *coating/fluks*. *Core wire* terdiri dari bahan *low carbon steel* sedangkan *coating/fluks* terdiri dari basic low hydrogen + potasium salt dengan komposisi kimia : 40% CaCO_3 , 35% CaF_2 , 5% $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$, 10% FeSi , 3% FeMn dan 7% *Plasticizer*.

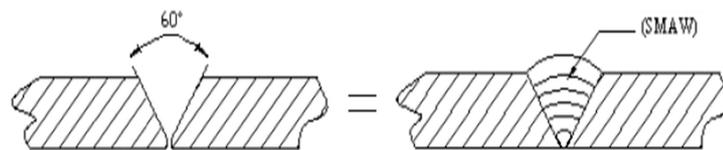


Gambar 2. Bentuk dan Ukuran Kawat las AWS E 7016

Pengelasan spesimen *Destructive Test*.

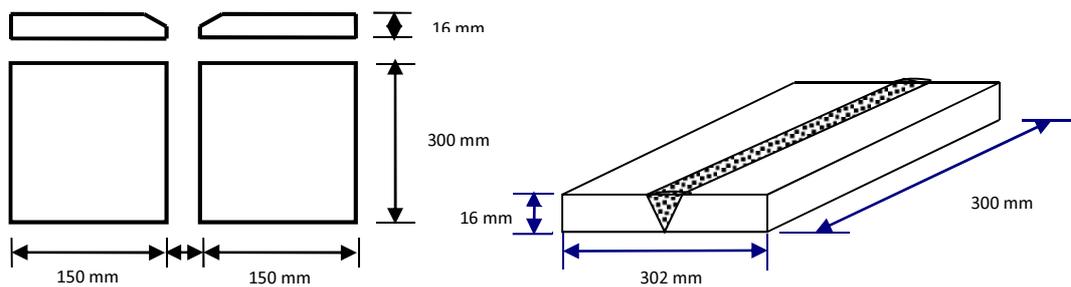
Alur kampuh pada penelitian ini dibuat alur V tunggal dengan sudut kampuh 60^0 (Gambar 3). Pada kampuh V tunggal, sudut kampuh 60^0 , logam pengisi dapat masuk di antara celah sambungan dan menyatukan seluruh permukaan material yang akan dilas, mudah dalam pengelasan,

sesuai dengan tebal material pelat yang digunakan yakni 16 mm (Mizhar, 2017).



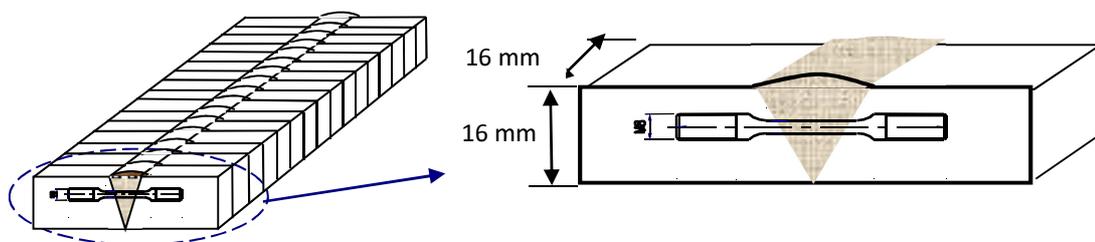
Gambar 3. Besar Sudut Kampuh Spesimen Las

Semua pelat dilas dengan perlakuan yang sama dengan menggunakan proses las busur elektroda terbungkus (SMAW). Arus pengelasan 125 Ampere dengan voltase 20 Volt dan menggunakan arus polarisasi AC. Pelat dilas dengan bentuk seperti Gambar 4.



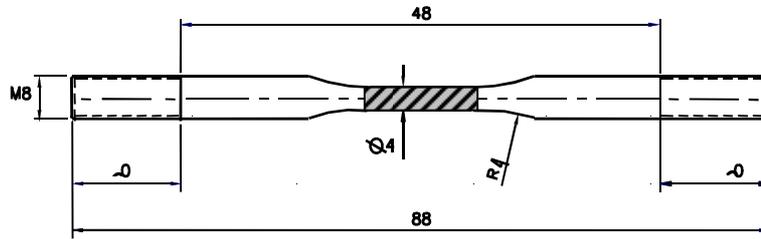
Gambar 4. Pelat Setelah Dilas

Pembentukan spesimen *Destructive Test*



Gambar 5. Posisi Pengambilan Spesimen

Adapun bentuk dan ukuran spesimen uji tarik statis dalam pengujian ini sesuai dengan Standar ASTM E 8M seperti Gambar 6 berikut.



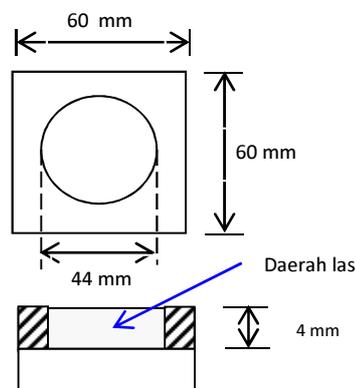
Gambar 6. Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Tarik ASTM E 8M

Pengujian *Destructive Test*

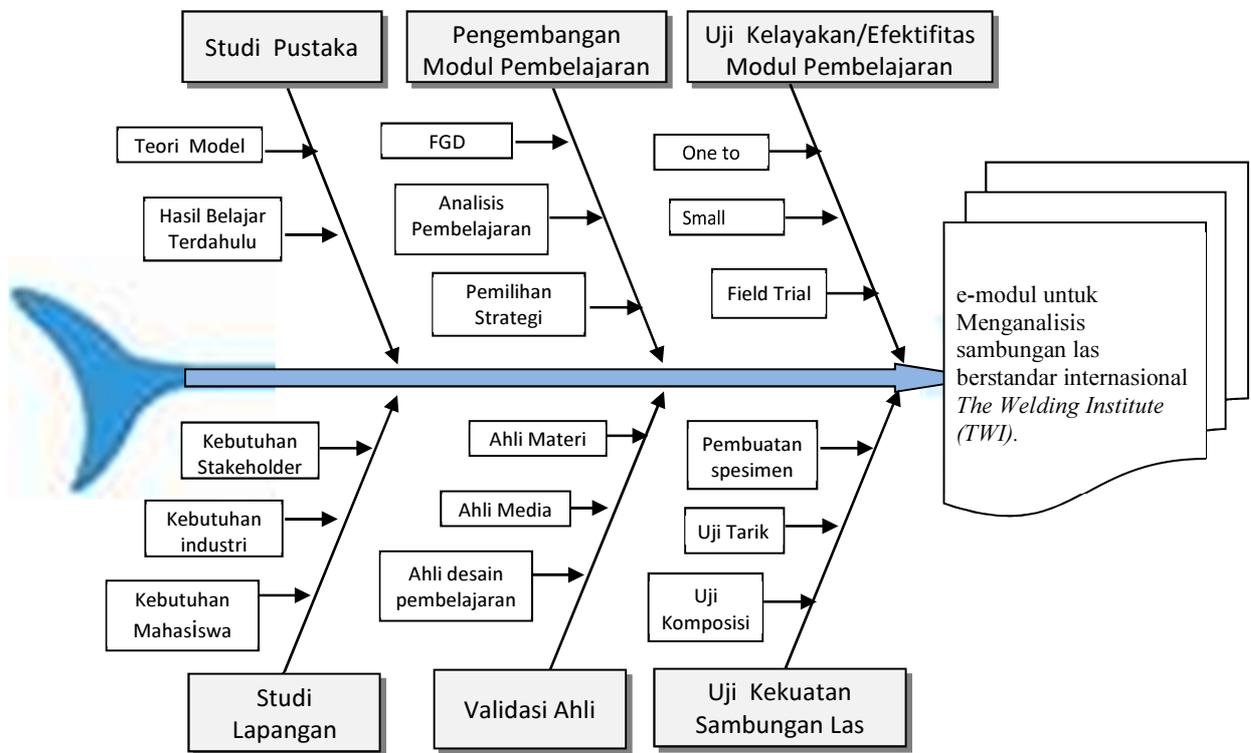
Pengujian *Destructive Test* dilakukan dengan menggunakan alat *Computer hydraulic Universal Testing Machine*. Hasil yang akan diperoleh dari pengukuran kekuatan tarik statis adalah kekuatan tarik (σ_s), tegangan geser (τ_s), Modulus elastisitas (E) dan *Poisson ratio* (ν).

Pengelasan Spesimen *Nondestructive Test*

Pelat dilas berdasarkan *Welding Procedure Specification* (WPS). Untuk uji komposisi, pelat terlebih dahulu dilas berdasarkan *Welding Procedure Specification* (WPS), dengan bentuk seperti Gambar 7.

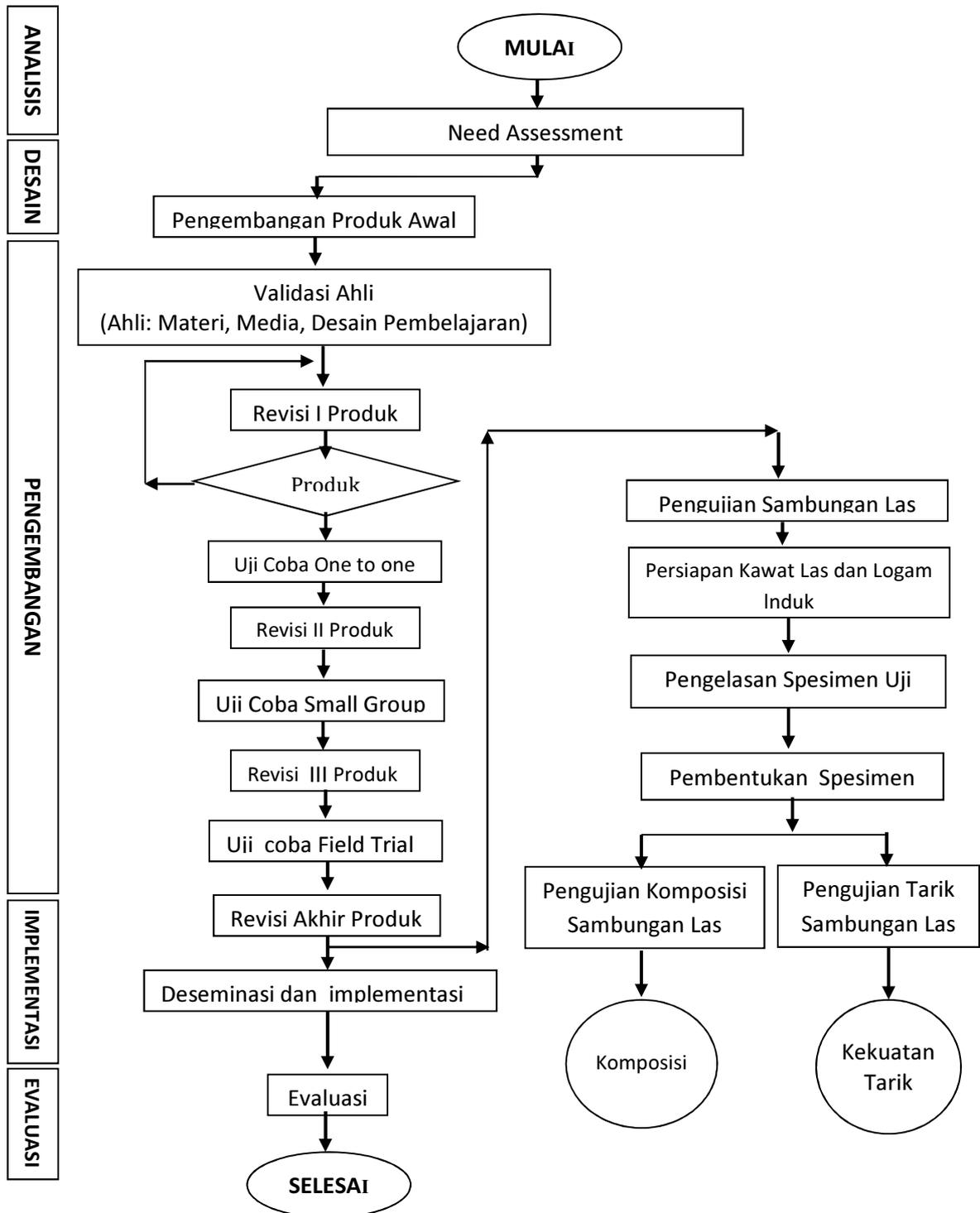


Gambar 7. Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Komposisi Lasan



Gambar 8. Diagram *fishbone*

4.2.2. Langkah Pengembangan E- Modul



Gambar 9. Diagram Alir Pengujian Sambungan Las

Model Pengembangan yang dijadikan landasan untuk pengembangan modul adalah Model ADDIE: *Analysis-Design-Develop-Implement-Evaluate*. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 9 dan *fishbone* diagram pada Gambar 8.

4.3 Pendekatan dan Metode Penelitian

Metode penelitian ini terbagi 2 (dua), untuk penelitian kekuatan sambungan las menggunakan penelitian Eksperimen dan untuk pengembangan modul menggunakan pendekatan *research and development (R &D)*, yaitu suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk-produk pendidikan, seperti buku teks, film pembelajaran, dan lain-lain.

4.4. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

a. Analisis Validasi

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif dan kualitatif. Sumber data pada penelitian ini diperoleh dari angket penilaian ahli materi, ahli perangkat lunak dan subjek uji coba lapangan adalah mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin FT Unimed. Data kuantitatif diperoleh dari pengisian angket penilaian ahli materi, ahli perangkat lunak dan subjek uji coba lapangan. Data kualitatif diperoleh berdasarkan saran, kritik maupun masukan dari ahli materi, ahli perangkat lunak dan subjek uji lapangan, dan siswa. Kriteria penilaian validasi ahli pada media digital menggunakan skala likert, melalui angket uji coba yang berupa nilai kategori yaitu 5 (sangat baik), 4 (baik), 3 (cukup baik), 2 (kurang) dan 1(sangat kurang), yang dianalisis secara deskriptif.

b. Analisis Efektifitas

Analisis efektifitas dilakukan menggunakan test hasil belajar. Hasil belajar mahasiswa dinilai berdasarkan pengskoran. Dimulai dari validitas butir soal, dan daya pembeda butir soal. Kemudian efektifitas nilai hasil belajar dilakukan dengan uji T. Sehingga dapat diketahui apakah terjadi peningkatan hasil belajar mahasiswa setelah menggunakan media pembelajaran digital mata kuliah Teknologi Pengelasan.

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Hasil Penelitian

Sesuai dengan tahapan-tahapan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) maka diperoleh hasil dari:

- a. **Analysis (analisis)**, yaitu melakukan *needs assessment* (analisis kebutuhan) melalui kuisisioner dan observasi. Kuisisioner disampaikan kepada subjek data yakni 30 (tiga puluh) orang mahasiswa yang telah mengikuti mata kuliah Teknologi Pengelasan. Observasi dilakukan untuk mengetahui proses pembelajaran secara langsung di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Medan dan untuk mendapatkan data fisik, sarana dan prasarana penunjang pembelajaran.

Tabel 1. Hasil Kuisisioner pada Analisis Kebutuhan Mata kuliah Teknologi Pengelasan

No.	Proses Pembelajaran Terdahulu
1.	Tujuan pembelajaran dan kompetensi belum berbasis dengan kebutuhan mahasiswa dan du/di..
2.	Tidak menggunakan lembar evaluasi dalam menilai proses pembelajaran
3.	Modul pembelajaran belum berbasis pada kebutuhan du/di.
4.	Kegiatan pembelajaran tidak ada pendahuluan, penyajian dan penutup.
5.	Test awal kemampuan mahasiswa tidak dilakukan
7.	Buku pedoman dosen dan buku pedoman mahasiswa tidak ada
8.	Mahasiswa dan dosen mengalami kendala dalam mengikuti pembelajaran.
9.	Perlu dilakukan pengembangan pembelajaran mata kuliah pengelasan yang berorientasi kebutuhan du/di

Tabel 2. Hasil Observasi Sarana dan Prasarana

No.	Aspek Observasi	Uraian
1.	Ruang Praktik	Ruang kuliah praktik dimana kegiatan perkuliahan mata kuliah Teknologi Pengelasan berlangsung berukuran 180 m ² .
2.	Fasilitas Laboratorium/workshop	Fasilitas laboratorium/workshop sudah sangat lengkap dengan peralatan praktik yang seluruhnya tersedia baik di Laboratorium/ workshop pengelasan maupun Laboratorium/workshop pengujian material
3.	SKS / Jumlah 1 jam pelajaran	Bobot mata kuliah teknologi pengelasan 2 SKS, 1 kali pertemuan dalam 1 minggu, setiap 1 kali pertemuan selama berlangsung selama 2 jam pelajaran, 1 jam pelajaran berlangsung selama 45 menit.
4.	Referensi pendukung mata kuliah teknologi pengelasan	Referensi pendukung yang tersedia di perpustakaan sebahagian besar berbahasa asing, sedangkan referensi yang berhubungan dengan tahapan pengujian teknologi pengelasan belum tersedia. Modul atau pun diktat mata kuliah teknologi pengelasan sudah tersedia tetapi belum berbasis kebutuhan du/di.

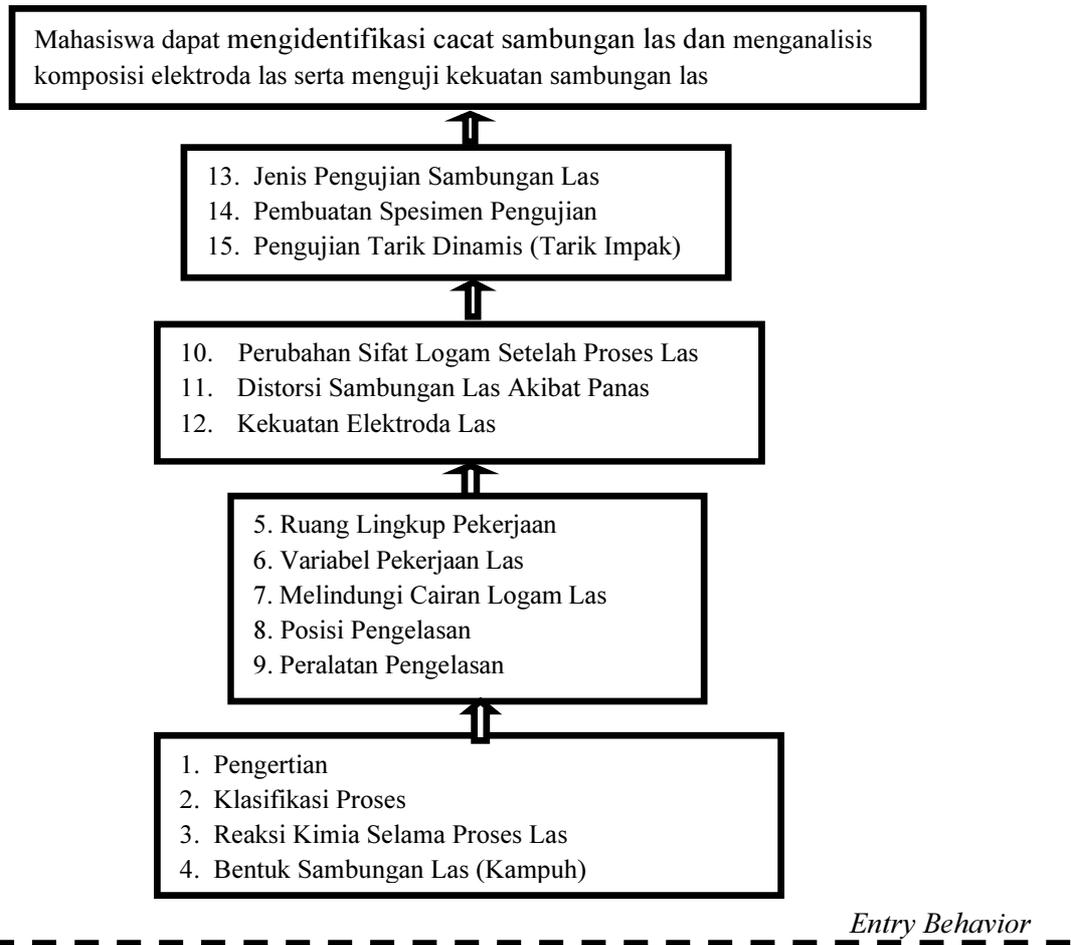
Analisis kebutuhan terhadap du/di dilakukan untuk menggali informasi tentang kompetensi mahasiswa yang dibutuhkan du/di, dimana du/di tersebut merupakan lokasi mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Mesin Unimed melakukan Praktek Kerja Lapangan (PKL). Jumlah du/di sebanyak 4(empat) perusahaan. Hasil jawaban du/di bidang pengelasan tersebut dapat dilihat pada Tabel .3.

Tabel 3. Hasil Kuesioner Analisis Kebutuhan Du/Di

Pernyataan	Jawaban			
	Jlh Orang		%	
	Y	T	Y	T
1. Mahasiswa mengetahui prosedur pengujian kekuatan sambungan las	-	4	-	100
2. Mahasiswa mengetahui prosedur pengambilan sampel pengujian kekuatan sambungan las	-	4	-	100
3. Mahasiswa dapat mengidentifikasi alat pengelasan	4	-	100	-
4. Mahasiswa mengetahui fungsi alat pengelasan	4	-	100	-
5. Mahasiswa mengetahui prosedur tahapan pengelasan	3	1	75	25
6. Du/di membutuhkan informasi kekuatan sambungan las	4	-	100	-
7. Du/di membutuhkan informasi spesifikasi elektrode las	4	-	100	-

b. Design (rancangan).

Hasil dari *design modul* pembelajaran teknologi pengelasan yang berbasis kebutuhan du/di berupa analisis pembelajaran seperti Gambar 10.



Gambar 10. Analisis Pembelajaran Mata Kuliah Teknik Pengelasan

Tampilan dari pengembangan modul pembelajaran Teknik Pengelasan untuk mengetahui kekuatan sambungan las ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Modul Cetak Teknik Pengelasan

(1). Validitas *E-Modul* Teknik Pengelasan

Validitas *e-modul* pembelajaran dilakukan melalui tahap *development*. Analisis kebutuhan dan rancangan modul berupa analisis pembelajaran dijadikan acuan untuk tahap *Development*. Hasil pengembangan berupa draft modul pengelasan. Kemudian draft modul divalidasi oleh ahli materi, ahli desain pembelajaran dan ahli media pembelajaran.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi

No	Indikator	Pernyataan	Skor	Rerata
1.	Penyusunan Materi	1. Kesesuaian Materi Pembelajaran dengan TIK	5	4,2
		2. Kesesuaian Materi Pembelajaran dengan TIU	5	
		3. Materi disusun dengan benar menurut konsep keilmuan yang ilmiah	4	
		4. Kesesuaian Materi Pembelajaran dengan karakteristik Mahasiswa	4	

No	Indikator	Pernyataan	Skor	Rerata
		5. Merangsang mahasiswa untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran	3	
2	Penyajian Materi	6. Materi yang disampaikan tepat dan mudah di pahami.	4	4,1
		7. Mengembangkan kemampuan berpikir logis dan sistematis	4	
		8. Mengembangkan kreativitas mahasiswa.	4	
		9. Menggunakan sistematika yang mudah dipahami	5	
		10. kegiatan pembelajaran lebih banyak berpusat pada mahasiswa	5	
		11. Tabel dan gambar yang disajikan sesuai dengan materi	4	
		12. Kegiatan pembelajaran memberi ruang kepada mahasiswa untuk bekerja dalam kelompok	5	
		13. Terdapat umpan balik untuk memotivasi mahasiswa	2	
3.	Alat Penilaian	14. Tugas/tes sesuai dengan TIU	4	4,3
		16. Tugas/tes sesuai dengan materi yang disampaikan	5	
		17. Kesesuaian dengan strategi pembelajaran dengan TIU	4	
Rerata Skor Ahli Materi				4,2

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Desain Pembelajaran

Indikator	Pernyataan	Skor	Rerata
1 . Perumusan Tujuan Pembelajaran	1. Terdapat hubungan standar kompetensi dan kompetensi dasar	5	4,6
	2. Tujuan pembelajaran berorientasi pada mahasiswa	4	

Indikator	Pernyataan	Skor	Rerata
	3. Kejelasan sasaran (<i>audience</i>) dari kegiatan pembelajaran	5	
	4. Kejelasan perilaku (<i>behavior</i>) yang diharapkan muncul di akhir kegiatan belajar	4	
	5. Kejelasan tentang kondisi mahasiswa (<i>condition</i>) yang akan dicapai melalui pembelajaran	5	
	6. Kejelasan penentuan standar keberhasilan pembelajaran (<i>degree</i>) yang harus dicapai mahasiswa	5	
	7. Analisis desain pembelajaran sesuai dengan acuan model pengembangan yang dibuat	4	
2. Strategi Pengorganisasian Materi	8. Terdapat hubungan sistematika susunan topik, dan sub-topik dengan tujuan pembelajaran.	4	3,7
	9. Penyajian topik, subtopik sudah memenuhi kebutuhan mahasiswa	3	
	10. Terdapat hubungan pembahasan isi materi sub-sub topik dengan tujuan pembelajaran	4	
3. Strategi Penyampaian Materi	11. Kejelasan tujuan pembelajaran di pembukaan materi bahan pelajaran.	4	4,0
	12. Penjabaran rangkuman di penutupan pelajaran ringkas	4	
	13. Perintah dan uraian soal-soal evaluasi di akhir pembahasan tepat	4	
	14. Terdapat hubungan soal-soal dengan tujuan pembelajaran.	4	
4. Strategi Pengelolaan Pembelajaran	15. Implementasi strategi kreatif produktif dapat dilaksanakan dengan baik	5	4,5
	16. Implementasi strategi kreatif produktif dapat meningkatkan kemandirian belajar	4	
Rerata Skor Ahli Desain Pembelajaran			4,2

Tabel 6. Hasil Validasi Ahli Media

No.	Indikator	Pernyataan	Skor	Rerata
1.	Setting dan Tata letak (<i>Lay out</i>)	1. Tata letak (<i>lay out</i>) sesuai dengan kaidah penulisan	4	3,9
		2. Tata letak (<i>lay out</i>) isi buku mendukung keterbacaan.	5	
		3. Jenis kertas buku yang digunakan mendukung keterbacaan penulisan	4	
		4. Pemilihan jenis <i>font</i> mendukung keterbacaan penulisan.	3	
		5. Pemilihan Ukuran <i>font</i> mendukung keterbacaan penulisan.	4	
		6. Spasi mendukung keterbacaan penulisan.	4	
		7. Ukuran kertas buku sesuai dengan peruntukan dan kebutuhan	3	
2.	Cover	8. Pilihan paduan warna yang digunakan mendukung keterbacaan	5	4,0
		9. Desain cover sesuai dengan judul buku.	4	
		10. Desain cover menggambarkan isi buku	4	
		11. Penampilan buku secara fisik menarik	3	
3	Ilustrasi visual	12. Ilustrasi yang ditampilkan jelas.	4	4,3
		13. Penomoran halaman jelas	4	
		13. Tampilan ilustrasi proporsional dengan ratio ukuran halaman buku .	5	
		14. Ilustrasi yang ditampilkan menarik	4	
		15. Tampilan gambar mendukung keterbacaan	4	
		16. Tampilan tabel mendukung keterbacaan	5	
Rerata Skor Ahli Media Pembelajaran				4,1

Saran-saran dari ahli materi, ahli desain pembelajaran dan ahli media pembelajaran dijadikan masukan untuk merevisi modul.

Tabel 7. Skor Uji Validitas

No.	Validitas	Skor	(%)
1.	Validitas Ahli Materi	4,20	84%
2.	Validitas Ahli Desain Pembelajaran	4,20	84%
3.	Validitas Ahli Media Pembelajaran	4,10	82%.

(2). Efektivitas *E-Modul* Teknik Pengelasan

Efektivitas *e-modul* dapat dilihat hasilnya melalui tahap *implementation* dan *evaluation* dari ADDIE.

a. *Implementation*

Dalam implementasi hasil pengembangan modul mata kuliah teknik pengelasan yang telah di validasi ahli, kemudian di implementasikan pada uji coba *one to one* dan *small group*. Data yang didapat dari uji *one to one* (3 orang mahasiswa) dan *small group* (12 orang mahasiswa), akan dijadikan acuan untuk merevisi modul demi kesempurnaan produk akhir modul pembelajaran teknik pengelasan.

Uji Coba *One to one*

Kepada mahasiswa dibagikan pembelajaran teknik pengelasan yang akan diujicobakan, kemudian mahasiswa diberikan waktu 3 hari untuk menelaah modul pembelajaran teknik pengelasan tersebut di rumah. Setelah mahasiswa menelaah modul pembelajaran teknik pengelasan, dibagikan kuisisioner untuk meminta pendapat dan saran dari ketiga mahasiswa tersebut tentang buku teks kewirausahaan.

Uji coba *one to one* dilakukan pada 3 (tiga) orang mahasiswa, 1 orang mahasiswa yang mewakili prestasi rendah, 1 orang mahasiswa yang mewakili prestasi sedang dan 1 orang mahasiswa yang mewakili prestasi tinggi. Indikator prestasi mahasiswa dilihat dari Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) mahasiswa tersebut.

Selanjutnya akan diuraikan hasil uji *one to one* terhadap modul pembelajaran teknik pengelasan yang dikembangkan ditinjau dari indikator format penulisan, penyusunan materi dan ilustrasi visual.

Tabel 8. Hasil Uji Coba *One to One*

No.	Indikator	Pernyataan	Skor	Rerata Skor
1.	Format Penulisan	1. Kalimat dapat terbaca dengan jelas	4,67	4,29
		2. Kalimat mudah dipahami	4,67	
		3. Bahasa mudah dipahami	4,33	
		4. Paragraf tersusun dengan jelas sehingga mudah dipahami	4,00	
		5. Penggunaan bahasa asing dapat dipahami	4,33	
		6. Kalimat sesuai dengan EYD	4,33	
		7. Sistem penomoran runut dan teratur	3,67	
2.	Materi	8. Tujuan pembelajaran disampaikan dengan jelas	4,67	4,19
		9. Materi pembelajaran merangsang mahasiswa lebih kreatif	3,67	
		10. Materi tersusun dengan baik	4,00	
		11. Materi bersumber literatur terkini	4,00	
		12. Materi sesuai dengan karakteristik mahasiswa	3,67	
		13. Buku teks dilengkapi glosary	4,67	
		14. Buku teks dilengkapi alat evaluasi (tes)	4,67	
3	Ilustrasi visual	15. Warna yang ditampilkan menarik	4,33	3,87
		16. Tampilan tabel mudah dimengerti	3,67	
		17. Tampilan grafik mudah dimengerti	3,67	
		18. Ilustrasi yang ditampilkan dapat membantu mahasiswa untuk memahami materi buku	3,67	
		19. Desain cover dan judul sudah dapat menggambarkan isi dari buku	4,00	
Rerata skor uji <i>one to one</i>				4,12

Uji Coba *Small Group*

Modul pembelajaran yang di ujikan pada uji coba *small group* berupa modul pembelajaran teknik pengelasan. Uji coba *small group* dilakukan kepada 12 orang mahasiswa yang mengambil mata kuliah kewirausahaan. Dua belas orang mahasiswa, 4 orang mahasiswa mewakili yang memiliki prestasi rendah, 4 orang mahasiswa mewakili yang memiliki prestasi sedang dan 4 orang mahasiswa mewakili yang memiliki prestasi tinggi. Sama seperti uji coba *one to one*, indikator prestasi mahasiswa dilihat dari Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) mahasiswa tersebut.

Setelah mahasiswa membaca dan menelaah modul pembelajaran teknik pengelasan, peneliti meminta pendapat dan saran dari 12 orang mahasiswa tentang modul pembelajaran teknik pengelasan. Selama pertemuan berlangsung, dilakukan diskusi dan tanya jawab dengan mahasiswa dan mahasiswa diberi kesempatan untuk bertanya tentang butir-butir pertanyaan kuesioner yang tidak dipahaminya. Hasil yang diperoleh dari angket mahasiswa dirangkum seperti tabel berikut..

Tabel 9. Hasil Uji Coba *Small Group*

No.	Indikator	Pernyataan	Skor	Rerata Skor
1.	Format Penulisan	1. Kalimat dapat terbaca dengan jelas	4,33	4,23
		2. Kalimat mudah dipahami	4,33	
		3. Bahasa mudah dipahami	4,33	
		4. Paragraf tersusun dengan jelas sehingga mudah dipahami	4,17	
		5. Penggunaan bahasa asing dapat dipahami	4,08	
		6. Kalimat sesuai dengan EYD	4,25	
		7. Sistem penomoran runut dan teratur	4,08	
2.	Materi	8. Tujuan pembelajaran disampaikan dengan jelas	4,42	4,13
		9. Materi pembelajaran merangsang mahasiswa lebih kreatif	4,00	

No.	Indikator	Pernyataan	Skor	Rerata Skor
		10. Materi tersusun dengan baik	4,25	
		11. Materi bersumber literatur terkini	4,17	
		12. Materi sesuai dengan karakteristik mahasiswa	3,92	
		13. Buku teks dilengkapi glosary	4,08	
		14. Buku teks dilengkapi alat evaluasi (tes)	4,08	
3	Ilustrasi visual	15. Warna yang ditampilkan menarik	4,25	4,03
		16. Tampilan tabel mudah dimengerti	3,83	
		17. Tampilan grafik mudah dimengerti	4,08	
		18. Ilustrasi yang ditampilkan dapat membantu mahasiswa untuk memahami materi buku	3,92	
		19. Desain cover dan judul sudah dapat menggambarkan isi dari buku	4,08	
Rerata skor uji <i>small group</i>				4,13

Selanjutnya dilakukan revisi sesuai saran masukan dari uji *small group* untuk meningkatkan kemenarikan tampilan modul pembelajaran teknik pengelasan.

b. Evaluation

Evaluasi dilakukan pada uji *fieldtrial* (30 orang mahasiswa) dengan jalan melaksanakan *pretest* dan *post test*. *Pretest* dilakukan pada awal proses pembelajaran. Untuk melihat proses pembelajaran dalam uji coba *field trial* dilakukan observasi kelas dimana modul pembelajaran teknik pengelasan digunakan. Berdasarkan hasil observasi selama proses pembelajaran di dalam kelas dapat disimpulkan bahwa proses kegiatan pendahuluan, kegiatan penyajian dan kegiatan penutup dapat berjalan sesuai dengan desain yang dirancang. Proses pembelajaran menggunakan beberapa metode penyajian pembelajaran yang sesuai dengan

karakteristik peserta. Metode yang digunakan dalam kegiatan penyajian bervariasi, yaitu dengan: teori dan praktik pengujian hasil sambungan las. Kegiatan penutup yang dilakukan adalah aktifitas tindak lanjut yakni dengan jalan dosen memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk mereview materi yang telah dipelajari dan merangkum materi pembelajaran. Dosen juga memberikan tugas kepada mahasiswa untuk dikerjakan secara mandiri di rumah. Kegiatan penutup diakhiri dengan melaksanakan *post test*.

Efektivitas modul pembelajaran teknik pengelasan dilakukan pada akhir uji *fieldtrial* dengan melaksanakan *post-test*, berdasarkan pada perhitungan rerata nilai *pre-test* adalah **44,5** dan rerata *post-test* adalah **78,80**. Dilihat dari hasil nilai *pre-test* dan *post-test* terjadi peningkatan nilai sebesar **33,3** atau **77,15 %**. Artinya terdapat peningkatan hasil belajar selama proses pembelajaran mata kuliah teknik pengelasan dengan menggunakan bahan pembelajaran hasil pengembangan yang telah diaplikasikan.

Mengacu pada pendapat Suparman, (2012) dan Miarso, (2011), modul pembelajaran teknik pengelasan sudah efektif, dibuktikan dengan terdapatnya peningkatan hasil belajar mahasiswa sebesar 77,15 % (hasil *pre-test* dan *post-test*).

Tabel 10. Skor Uji Efektivitas

No.	Uji	Skor	(%)
1.	Uji <i>One to one</i>	4,12	82.4%
2.	Uji <i>Small Group</i>	4,13	82.6 %
3.	<i>Pretest</i> dan <i>posttest</i>	33,3	77,15 %.

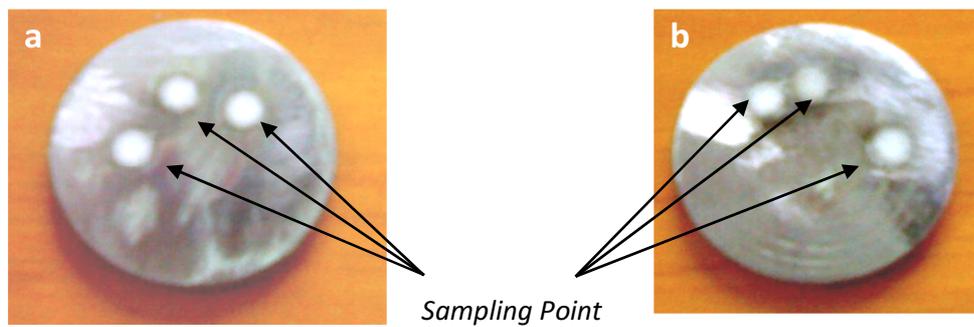
5.2. Hasil Analisis Kekuatan Sambungan Las

Pertama-tama ditampilkan hasil uji komposisi terhadap spesimen pengelasan yang menggunakan kawat las *AWS E7016 (X)* dan kawat las *AWS*

E7016 (Y). Informasi mengenai perilaku statis pengelasan, hasil uji tarik statis yang menghasilkan kurva tegangan–regangan turut dilaporkan. Hasil-hasil uji tarik dampak pengelasan yang menggunakan kawat las *AWS* E7016 (X) dan kawat las *AWS* E7016 (Y) dalam bentuk kurva tegangan insiden terhadap waktu dan kurva tegangan terhadap regangan.

a. Hasil Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi pada sambungan las *AWS* E7016 (X) dan sambungan las *AWS* E7016 (Y) diperoleh hasil data yang tercantum pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 dari spesimen sesuai dengan Gambar 12.



Gambar 12. Spesimen Hasil Uji Komposisi
 (a) Sambungan Las *AWS* E7016 (X)
 (b) Sambungan Las *AWS* E7016 (Y)

Tabel 11. Hasil Uji Komposisi Sambungan Las *AWS* E7016 (X)

Run	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo
1 >	0,0637	0,2441	0,0259	0,0214	1,0918	0,0221	0,0430	0,0086
2 >	0,0610	0,2348	0,0269	0,0228	1,1152	0,0229	0,0428	0,0056
3 >	0,0614	0,2334	0,0260	0,0214	1,1763	0,0229	0,0431	0,0088
Avg	0,0620	0,2374	0,0262	0,0219	1,1278	0,0226	0,0430	0,0087
Sd %	0,1457	0,5816	0,0551	0,0808	4,3629	0,0462	0,0153	0,0115

Run	V	Cu	W	Ti	Sn	Al	Pb	Fe
-----	---	----	---	----	----	----	----	----

1 >	0,0063	0,0194	0,0029	0,0281	0,0030	0,0100	0,0020	98,41
2 >	0,0063	0,0193	0,0025	0,0269	0,0027	0,0066	0,0014	98,40
3 >	0,0067	0,0199	0,0030	0,0250	0,0028	0,0067	0,0021	98,34
Avg	0,0064	0,0195	0,0028	0,0267	0,0028	0,0078	0,0019	98,38
Sd %	0,0231	0,0321	0,0265	0,1563	0,0153	0,1953	0,0379	3,79

Tabel 12. Hasil Uji Komposisi Sambungan Las *AWS E7016 (Y)*

Run	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo
1 >	0,0501	0,3113	0,0098	0,0178	0,9725	0,0454	0,0503	0,0108
2 >	0,0558	0,2990	0,0098	0,0168	0,9767	0,0450	0,0505	0,0109
3 >	0,0504	0,2922	0,0089	0,0169	0,9782	0,0465	0,0507	0,0111
Avg	0,0521	0,3008	0,0095	0,0172	0,9758	0,0456	0,0505	0,0109
Sd %	0,3208	0,9681	0,0520	0,0551	0,2955	0,0777	0,0200	0,0153

Run	V	Cu	W	Ti	Sn	Al	Pb	Fe
1 >	0,0102	0,104	0,0034	0,0131	0,0094	0,0073	0,0011	98,38
2 >	0,0105	0,104	0,0028	0,0135	0,0094	0,0111	0,0015	98,38
3 >	0,0101	0,107	0,0032	0,0130	0,0095	0,0075	0,0015	98,39
Avg	0,0103	0,105	0,0031	0,0132	0,0094	0,0087	0,0014	98,39
Sd %	0,0208	0,1732	0,0306	0,0265	0,0058	0,2139	0,0231	0,58

Sumber : Hasil Penelitian pada Laboratorium Pengujian Bahan Unimed

Keterangan :

C = Karbon.	V = Vanadium.
Si = Silikon.	Cu = Tembaga.
S = Belerang.	W = Wolfram.
P = Fosforus.	Ti = Titanium.
Mn = Mangan.	Sn = Timah.
Ni = Nikel.	Al = Aluminium.
Cr = Kromium.	Pb = Timbal.
Mo = Molybdenum.	Fe = Besi.

Perbandingan kandungan unsur-unsur kimia pada spesimen pengelasan menggunakan kawat las *AWS E7016 (X)* dan kawat las *AWS E7016 (Y)* dengan standar deviasi pengukuran keduanya seperti ditunjukkan Tabel 13 berikut ini.

Tabel 13. Perbandingan Komposisi Sambungan Las *AWS* E7016 (X) dan Sambungan Las *AWS* E7016 (Y).

Kandungan Kimia	Sambungan las		STD (%)
	E7016 (X)	E7016 (Y)	
C	0.0620	0.0521	0.8202439
Si	0.2374	0.3008	4.483057
S	0.0262	0.0095	1.1808683
P	0.0219	0.0172	0.3323402
Mn	1.1278	0.9758	10.7480231
Ni	0.0226	0.0456	1.6263456
Cr	0.0430	0.0505	0.5303301
Mo	0.0087	0.0109	0.1555635
V	0.0064	0.0103	0.2757716
Cu	0.0195	0.1050	6.045763
W	0.0028	0.0031	0.0212132
Ti	0.0267	0.0132	0.9545942
Sn	0.0028	0.0094	0.4666905
Al	0.0078	0.0087	0.0636396
Pb	0.0019	0.0014	0.0353553
Fe	98.38	98.39	0.7071068

Dari Tabel 13 di atas terlihat unsur yang terbesar standar deviasinya adalah Mn 10,75 %, sementara standar deviasi unsur-unsur lain jauh di bawah 10 %. Unsur Mn berfungsi sebagai deoksidasi, yaitu untuk menghilangkan oksida-oksida karena oksigen. Mangan (Mn) dalam elektroda (filler metal) membantu mengurangi porositas (Sindo Kou,1987). Penurunan kandungan oksigen pada logam lasan dapat meningkatkan ketangguhan impak pada daerah lasan logam. Ketangguhan ini dipengaruhi oleh jumlah *acircular ferrite* di daerah lasan. Harisson dan Farrar (1981), *acircular ferrite* dapat meningkatkan kekuatan

tarik logam las karena butirannya kecil, sedangkan ketangguhannya yang baik karena adanya struktur *interlocking*.

b. Hasil Pengujian Tarik Statis

Bentuk spesimen disesuaikan dengan standard ASTM E8M untuk pengujian tarik statis.



Gambar 13. Spesimen Uji Tarik Statis

Adapun grafik hasil uji tarik statis terhadap spesimen pengelasan yang menggunakan kawat las *AWS E7016 (X)* dan kawat las *AWS E7016 (Y)*, ditampilkan pada Gambar 13. Dari 3 kali pengujian tarik, spesimen pengelasan yang menggunakan kawat las *AWS E7016 (X)* diperoleh *ultimate tensile strength* dan *yield strength* seperti terlihat pada Tabel 14 dan *ultimate tensile strength* dan *yield strength* untuk spesimen sambungan las *AWS E7016 (Y)* ditampilkan pada Tabel 15.

Tabel 14. *Ultimate Tensile Strength* dan *Yield Strength* Sambungan Las *AWS E7016 (X)*

Pengujian	UTS (MPa)	Ys (MPa)
I	488.90	358.50
II	491,50	357,53

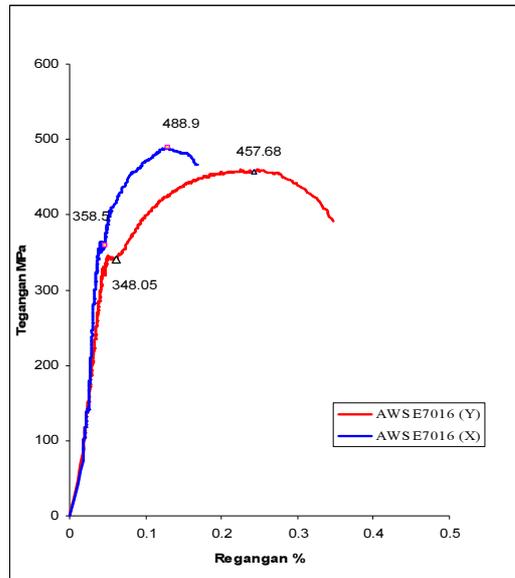
III	489,80		358,82
Rata-rata	490,07	Rata-rata	358,28
Standar deviasi	1,30	Standar deviasi	0,67

Tabel 15. *Ultimate Tensile Strength dan Yield Strength Sambungan Las AWS E7016 (Y)*

Pengujian	UTS (MPa)	Ys (MPa)
I	457,68	348,05
II	467,80	341,10
III	473,24	337,65
Rata-rata	460,91	Rata-rata 342,57
Standar deviasi	3,6	Standar deviasi 5,3

Dari grafik hasil uji tarik statis (Gambar 13) diperoleh informasi bahwa grafik mempunyai daerah elastisitas yang cukup jelas. Dari kontur grafik ini menunjukkan bahwa pengelasan material menggunakan kawat las *AWS E7016 (Y)* mempunyai sifat yang relatif ulet apabila dibandingkan dengan pengelasan yang menggunakan kawat las *AWS E7016 (X)*.

Diperoleh juga informasi bahwa perpanjangan pada pengelasan material menggunakan kawat las *AWS E7016 (Y)* mencapai 20% dari panjang awal. Lebih panjang 7,5% apabila dibandingkan dengan pengelasan material menggunakan kawat las *AWS E7016 (X)* yang hanya mengalami perpanjangan 12,5% dari panjang awal spesimen.

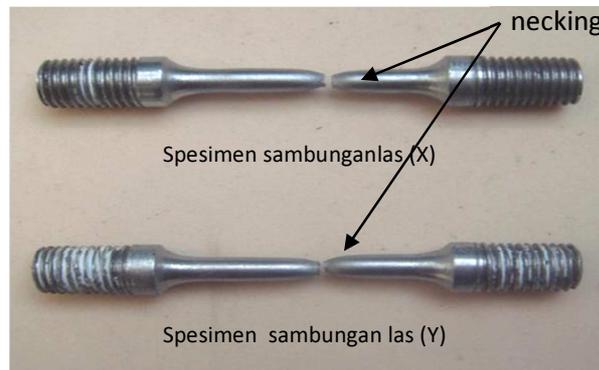


Gambar 14. Grafik Hasil Uji Tarik Statis

Pengelasan material menggunakan kawat las *AWS E7016 (X)* memiliki *Ultimate Tensile Strength* rata-rata sebesar 490,07 Mpa dan *Ultimate Tensile Strength* rata-rata pengelasan material menggunakan kawat las *AWS E7016 (Y)* sebesar 460.91 Mpa 6,33 % lebih rendah dari menggunakan kawat las *AWS E7016 (X)*.

c. Analisa Bentuk Patahan

Lokasi perpatahan yang terjadi akibat beban impak umumnya terjadi pada daerah tengah, namun ada beberapa spesimen yang putus tidak tepat di tengah, tetapi minimal jaraknya 4 mm dari garis tengah. Spesimen hasil uji tarik impak dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Spesimen Pengelasan Menggunakan Kawat Las AWS E7016 (X) dan Kawat Las (Y) Hasil Uji Tarik Impak yang Telah Patah

Pada Spesimen pengelasan menggunakan kawat las AWS E7016 (Y) terjadi *necking* yang lebih panjang bila dibandingkan dengan spesimen pengelasan menggunakan kawat las AWS E7016 (X). Hal ini menunjukkan material pada spesimen menggunakan kawat las AWS E7016 (Y) lebih liat (ductile) dibandingkan dengan spesimen menggunakan kawat las E7016 (X). Terjadinya *necking* ini juga menandakan bahwa perpatahan yang terjadi diakibatkan oleh adanya beban tarik, bukan oleh beban tekan.

5.3. Luaran Yang Dicapai

Luaran yang akan dihasilkan dari penelitian ini berupa :

1. Prosiding pada seminar ilmiah Internasional (IC2RSE), 2-6 November 2020.
2. Modul Cetak Teknik Pengelasan dalam melakukan pengujian sambungan las.
3. *E-modul* teknik pengelasan dalam melakukan pengujian sambungan las
4. Informasi kekuatan sambungan las menggunakan kawat las OK 53.04 dan TH-216.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Hasil nalisis kebutuhan menunjukkan bahwa selama ini buku teks/modul/diktat pembelajaran teknologi pengelasan yang khusus untuk mengetahui kekuatan sambungan las belum ada, dengan demikian perlu dilakukan pengembangan modul pembelajaran teknologi pengelasan. Pengembangan modul menghasilkan rancangan modul pembelajaran teknik pengelasan dengan materi : (1) Hakikat pengelasan, (2) Prosedur pengelasan, (3) Kekuatan sambungan las dan (4) Pengujian kekuatan sambungan las.
2. Kelayakan modul hasil pengembangan didapat dengan melakukan validasi oleh ahli materi, ahli desain pembelajaran dan ahli media pembelajaran menghasilkan modul teknik pengelasan yang sudah layak untuk diimplementasikan.
3. Efektivitas modul hasil pengembangan didapat dengan melakukan uji *one to one*, uji *smallgroup* dan *fieldtrial*.
4. Informasi kekuatan sambungan las terdiri dari :
 - a. Uji komposisi kimia kawat las AWS E7016(X) dan kawat las AWS E7016(Y) menunjukkan bahwa perbedaan unsur kimia yang paling besar antara kedua kawat las tersebut adalah Mangan (Mn). Kandungan Mn meningkatkan kekuatan tarik statis maupun tarik impak.
 - b. Kekuatan tarik statis sambungan las menggunakan kawat las AWS E7016 (X) memiliki nilai rata-rata sebesar 490,07 MPa dengan standar deviasi sebesar 1,32%. Sedangkan kekuatan tarik statis rata-rata untuk sambungan las menggunakan kawat las AWS E7016 (Y) yaitu sebesar 460,91 MPa dengan standar deviasinya sebesar 3,61 %. Sehingga dapat diketahui kekuatan tarik statis spesimen pengelasan menggunakan kawat las AWS E7016 (X) lebih tinggi 6,33 % dari spesimen pengelasan dengan kawat las AWS E7016 (Y).

- c. Spesimen pengelasan menggunakan kawat las AWS E7016 (Y) terjadi *necking* yang lebih panjang bila dibandingkan dengan spesimen pengelasan menggunakan kawat las AWS E7016 (X). Hal ini menunjukkan material pada spesimen menggunakan kawat las AWS E7016 (Y) lebih liat (*ductile*) dibandingkan dengan spesimen menggunakan kawat las E7016 (X).

6.2. Saran

1. Modul hasil pengembangan ini dapat dijadikan dasar acuan pengembangan bahan pembelajaran yang akan digunakan pada penelitian lanjutan untuk skala yang lebih luas. Upaya yang harus dilakukan oleh peneliti tentu juga didasari dengan penguasaan tahap-tahap pembelajaran oleh dosen maupun mahasiswa.
2. Prodi Pendidikan Teknik Mesin, sebaiknya melakukan sosialisasi secara memadai untuk memperbaharui modul pembelajaran yang akan digunakan dalam proses pembelajaran.
3. Prodi Pendidikan Teknik Mesin Unimed sebaiknya bekerjasama dengan du/di dalam melakukan penelitian dan pengembangan agar terjadi *link and match*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Ilham, 2015, *Pengembangan Bahan Ajar*. Bahan Kuliah Online. Direktori UPI. Bandung.
- Djaprie, S. 1993, *Metalurgi Mekanik*, Jilid I & II, Jakarta
- Gaspersz, V. 2012, *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Mawardi, 2015, *Pengujian Pengelasan pada Konstruksi Pelat Baja Karbon jenis SS-41 secara Non Destructive Ultra Sonic Flow Detector dengan menggunakan spesifikasi prosedur pengelasan (WPS) menurut standar ASME Section IX*. Jurnal Teknologi Proses Jurusan Teknik Kimia USU
- Robert M. Gagne, et.al. 2015, *Pinciples of Instructional Design*. Fifth Edition. New Jersey, USA: Thomson Wadsworth

Taniredja, Tukiran, Efi Miftah Faridli dan Sri Harmianto, 2014, *Model-Model Pembelajaran Inovatif dan Efektif*. Bandung: Alfabeta.

Vembriarto, ST. 2016. *Pengantar Pengajaran Modul*, Yogyakarta.

Wibawa, Basuki. , 2013, *Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Manajemen dan Implementasinya di Era Otonomi*. Surabaya: Kertajaya Duta Media.

Wijaya, Cece., dkk. 2010. *Upaya Pembaharuan Dalam Pendidikan dan Pengajaran*, Bandung: Remadja Karya.

Winkel. 2013, *Psikologi Pengajaran*. Yogyakarta : Media Abadi.

