

UJI EKSPERIMENTAL PROSES *PLASTIC WELDING* TERHADAP PERLAKUAN *PREHEATING* KONSTRUKSI HDPE KAPAL IKAN

Samuel Febriary Khristyson , Mohammad Ridwan , Luthfi Afrizal, Pawesti Wulan

Prodi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi , Universitas Diponegoro

Email : samuelfebriaryk@gmail.com

Abstrak

Kapal-kapal ikan nelayan memiliki desain konstruksi yang umumnya menggunakan bahan material kayu. Biaya pembuatan kapal ikan dengan berbahan kayu bervariasi dan nilai yang tergantung dari jenis desain konstruksinya. Sulitnya *recovery* kayu dari tumbuhan ini membuat perlu adanya alternatif material . Plastik HDPE atau polietilen (PE) dan polipropilen (PP) *High Density Polyethylene* (HDPE) memiliki sifatnya yang baik, seperti ketahanan terhadap korosi dan ringan, adalah masih menjadi salah satu material yang paling banyak diadopsi untuk realisasi pada suatu konstruksi alternatif. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh temperatur pada *preheating* terhadap proses pengelasan *plastic welding* HDPE. Metode yang digunakan adalah eksperimen dimana pembuatan spesimen menggunakan material HDPE sesuai standar ASTM D638. Proses pengelasan menggunakan variasi temperatur antara 400^o – 450^o C. Hasil penelitian menunjukkan nilai tertinggi pengujian tarik pada *preheating* 450^o C sebesar 18,2 MPa sedangkan nilai terendah pada *preheating* 410^o C sebesar 13,7 MPa, dengan kemuluran rata-rata 136,8mm. Hal ini menyimpulkan adanya pengaruh *preheating* pada proses pengelasan *plastic welding* dengan material HDPE .

Kata kunci: Kapal Ikan, HDPE, Plastic Welding, Preheating

Abstract

Fishing boats have a construction design that generally uses wooden materials. The cost of making fishing boats using wood varies and the value depends on the type of construction design. The difficulty of recovering wood from this plant makes the need for alternative materials. HDPE plastic or polyethylene (PE) and polypropylene (PP) High Density Polyethylene (HDPE) has good properties, such as corrosion resistance and light weight, is still one of the most adopted materials for realization in an alternative construction. The purpose of this study was to determine and analyze the effect of temperature on preheating on the HDPE plastic welding process. The method used is an experiment where the manufacture of specimens using HDPE material according to ASTM D638 standards. The welding process uses temperature variations between 4000 - 4500 C. The results showed the highest value of tensile testing at 450o C preheating of 18.2 MPa while the lowest value at 410o C preheating of 13.7 MPa, with an average thickness of 136.8mm. This concludes the effect of preheating on the plastic welding process with HDPE material.

Keywords: Fishing Boat, HDPE, Plastic Welding, Preheating

PENDAHULUAN

Beberapa material yang tepat sebagai struktur konstruksi kapal diantaranya adalah kayu. Kapal-kapal ikan nelayan memiliki desain konstruksi yang umumnya menggunakan bahan material ini [1]. Biaya pembuatan kapal ikan dengan berbahan kayu bervariasi dan nilai yang tergantung dari jenis desain konstruksinya. Tidak jarang bahan material kayu yang digunakannya memiliki keterbatasan stok yang ada [2]. Sulitnya *recovery* kayu dari tumbuhan ini membuat perlu adanya alternatif material .

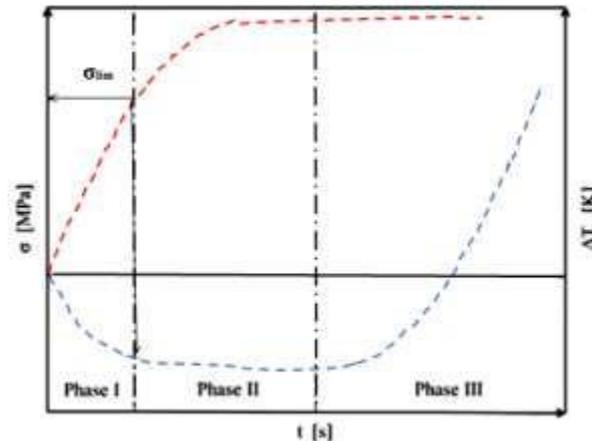
Tentunya sangat menarik ketika mencoba suatu alternatif material paduan dari bahan plastik untuk mengatasi kekuatan struktur kayu atau non logam lainnya untuk mengabungkannya dalam suatu struktur konstruksi [3] . Salah satunya adalah plastik HDPE atau polietilen (PE) dan polipropilen (PP) *High Density Polyethylene* (HDPE) memiliki sifatnya yang baik, seperti ketahanan terhadap korosi dan ringan, adalah masih menjadi salah satu material yang paling banyak diadopsi untuk realisasi pada suatu konstruksi alternatif. Mengingat fakta bahwa itu adalah bahan viskoplastik, juga memungkinkan penyambungan bagian base material yang berbeda dengan pengelasan. Beberapa penelitian ada di literatur tentang bahan dasar, baik di bawah beban statis dan kelelahan. Maka metode pengelasan untuk penyambungan material sering digunakan untuk menyambung termoplastik, di mana permukaan bagian dilebur, memungkinkan makromolekul rantai untuk berdifusi ke spesimen yang berlawanan pada antarmuka las [4]. Pengelasan plastik merupakan metode baru dalam hal penyambungan HDPE guna mendapatkan konstruksi yang direncanakan. Pemilihan dalam metode *preheating* menjadikan material HDPE memiliki karakteristik efek termoelastik. Menurut hukum Lord



Kelvin, Fase I, maka suhu menyimpang dari linieritas hingga nilai suhu minimum (Tahap II), sehingga mengalami kenaikan lebih lanjut yang sangat tinggi sampai kegagalan material (Tahap III). Secara toritis keadaan tegangan uniaksial dan dalam kondisi uji adiabatik, Persamaan 1 dapat disederhanakan menjadi pengkajian lebih mendalam.

$$\Delta T_S = -K_m T \sigma_1 \quad (1)$$

Dimana ΔT_S adalah laju perpindahan temperatur karena proses pemanasan awal, sehingga dipengaruhi oleh nilai K_m yaitu energi yang diterima material. σ_1 adalah *critical stress* yang di terima. Hal tersebut juga dijelaskan dalam diagram, lihat gambar 1. Dimana gambar tersebut menunjukkan adanya hubungan antara temperatur dengan uji tarik statis. Setiap fase sesuai yang dijelaskan pada teori hukum Lord Kelvin.



Gambar 1. Hubungan Temperatur dengan Uji Tarik Statis

Untuk pertama kali mengkorelasikan tegangan limit terkait dengan penyimpangan pertama dari linearitas T kenaikan suhu selama uji statik (akhir fase I) sampai batas leleh bahan plastik. Jika mungkin selama uji statik untuk memperkirakan *stres* dimana tren suhu menyimpang dari linearitas, stres yang dapat dikaitkan dengan tegangan kritis. Tegangan kritis ini sama dengan tekankan bahwa, jika diterapkan secara siklis pada material, akan meningkatkan area mikroplastik hingga menghasilkan retakan mikro, oleh karena itu terjadi kegagalan kelelahan material.

Penelitian sebelumnya mengemukakan proses pengelasan termoplastik yang berbeda untuk mencapai kinerja optimal dalam beberapa proyek. HDPE merupakan bahan plastik yang paling banyak diproduksi dan digunakan. Kelarutan polimer harus diperhitungkan jika tidak sama bahan polimer bergabung akan memiliki pengaruh terhadap kekuatan sambungan pengelasan [5]. Disisi lain, sebagian besar polimer tidak dapat bercampur secara termodinamika, sehingga perlu adanya *preheating* untuk meningkatkan kapasitas adhesi antar muka bahan polimer yang merupakan prasyarat untuk meningkatkan kualitas pengelasan [6].

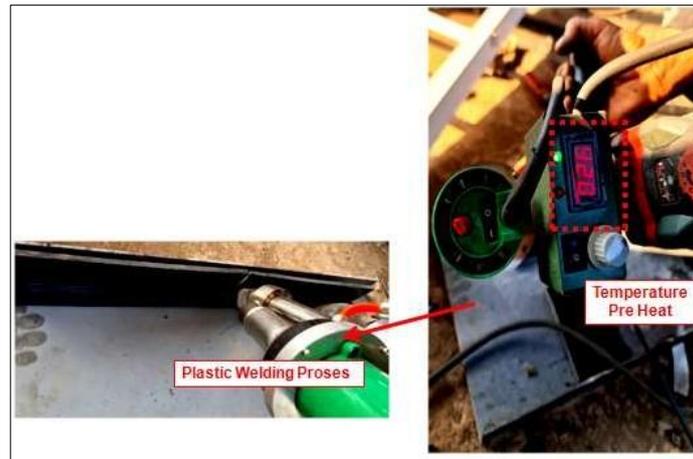
Sama halnya dengan penelitian mengenai bahan sambungan HDPE yang identik dengan penggunaannya dilapangan. Hasil sambungan diujikan dengan FEM menghasilkan nilai karakteristik sesuai tegangan yang diterima oleh *flange* HDPE pada sambungan pipa HDPE [7]. Dari hasil simulasi menunjukkan adanya pengaruh tekanan untuk proses joint antar pipa dengan menggunakan *flange* terhadap kekuatan sambungan pengelasannya. Serta temperatur kerja pada operasional membuat zona yang teraliri oleh fluida memiliki rambatan secara simultan menuju ke daerah luar bahan HDPE pada pipa HDPE [8]. Selain itu analisis secara numerik tegangan kontak dalam gasket *full-face flange* HDPE untuk pipa hidrogen menunjukkan tegangan kontak terpusat pada cincin sempit pada permukaan kerucut paking sehingga hal tersebut memberikan hipotesis bahwa jika tekanan yang terjadi akan menyasar celah-celah kecil dan kemungkinan terjadi kerusakan.

Maka perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengetahui seberapa pengaruh dari poses *preheating* ini terhadap material HDPE. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh temperatur pada *preheating* terhadap proses pengelasan *plastic welding* HDPE. Penelitian ini menggunakan plat sheet HDPE tebal 8 mm, tipe elektroda HDPE *welding rod* diameter 4 mm. Adapun perlakuan *preheating* terhadap HDPE 400⁰ C sampai dengan 450⁰ C. Specimen yang disiapkan sesuai dengan ASTM D638.

METODE PENELITIAN

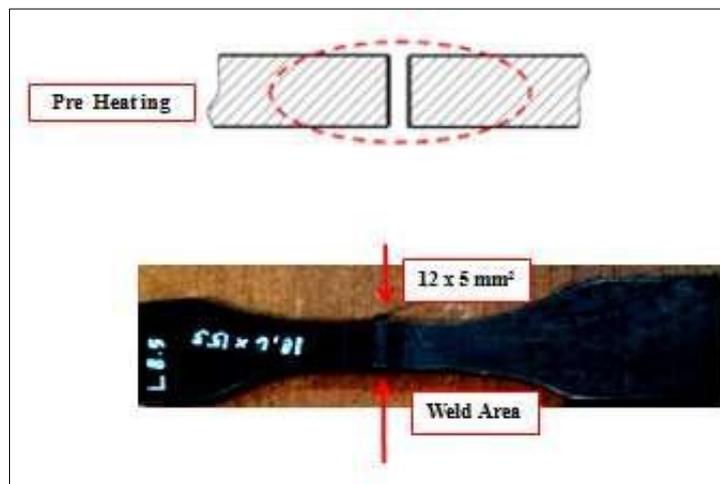
Proses pembuatan spesimen menggunakan material HDPE sesuai standar ASTM D638. Proses pengelasan menggunakan variasi temperatur antara 400⁰ – 450⁰ C proses ini sebagai dasar pengaruh proses pengelasan terhadap karakteristik pengelasan HDPE yang terbentuk seperti terlihat pada gambar 2. Menunjukkan adanya *display* temperatur pada alat plastik *welding* sebelum material HDPE diberikan filler isian HDPE sebagai indikator untuk proses *preheating* peleburan base material.





Gambar 2. Proses Pengelasan

Kemudian secimen dibentuk sesuai dengan standar ASTM D638, dengan kondisi pemberlakuan *preheating* seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Specimen Uji

Dari Gambar 3, ditunjukkan adanya perlakuan *preheating* pada *base material* sebelum dilakukan pengelasan dengan *plastic welding* yang ditunjukkan oleh *area weld* (pengelasan). Kemudian spesiemen dilakukan pengujian tarik sesuai dengan setup alat, lihat Gambar 4. Pada bagian pengelasan diberikan tanda dan dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui seberapa kekuatan pengelasan dan penyatuan material HDPE dengan *filler* dari proses *plastic welding*.



Gambar 4. Setup Eksperimen

Data kemudian dikumpulkan untuk dilakukan proses analisa secara sampling. Dari setiap data hasil pengujian maka dapat dibandingkan dan diklasifikasikan sesuai dengan kriteria masing-masing speciemen. Kemudian hasil analisis data dipersentasikan dalam kurva dan grafik.

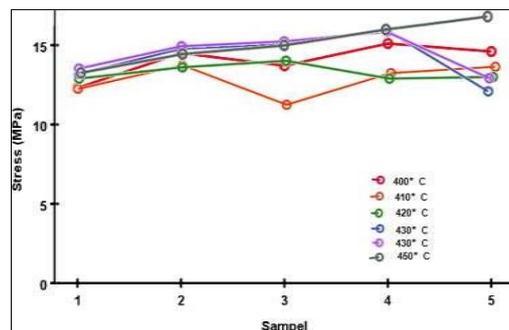
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dengan berbagai kondisi *preheating* pada base material menunjukkan adanya pengaruh perubahan temperatur terhadap kekuatan hasil pengelasan, terlihat pada tabel 1. Sehingga dalam variasi temperatur *preheating* yang digunakan tersebut menjadikan kekuatan pada pengelasan mengalami variasi perubahan sesuai dengan sebaran data hasil spesimen sampel yang telah dibuat.

Tabel 1. Tabel Perbandingan Tegangan dengan *Preheating* pada Spesiemen pengelasan

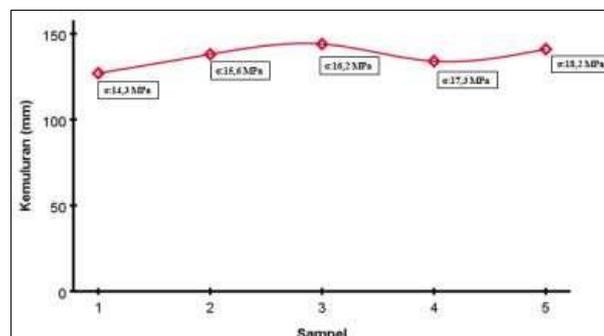
No.	Sampel	<i>Preheating</i> (c)					Stress (MPa)
		400°	410°	420°	430°	440°	
1	S1	12,3	12,2	13,1	13,3	13,8	14,3
2	S2	14,5	13,7	13,8	14,9	15,2	15,6
3	S3	13,7	11,2	14,2	15,2	15,5	16,2
4	S4	15,1	13,2	13,1	16,1	16,1	17,3
5	S5	14,6	13,6	13,2	12,2	13,2	18,2

Setiap sampel memiliki variasi *preheating* yang berbeda-beda namun demikian dari hasil tersebut dapat diketahui nilai tertinggi pada *preheating* 450° C sebesar 18,2 MPa sedangkan nilai ternadah pada *preheating* 410° C sebesar 13,7 MPa . Hasil tersbut juga tertuang pada bentuk grafik, lihat Gambar 5. Menunjukkan adanya sebaran variasi kondisi kenaikan pada temperatur tinggi.



Gambar 5. Perbandingan nilai tengangan tiap spesimen

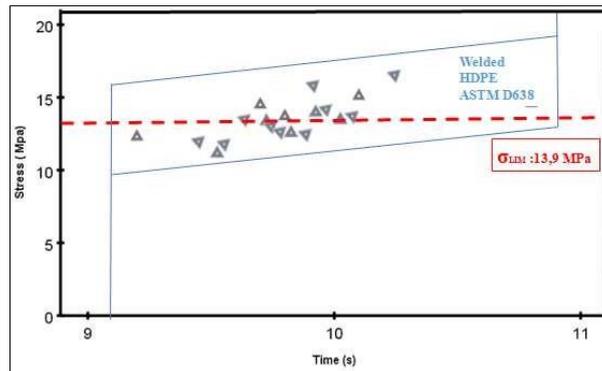
Kenaikan tersebut adalah sebesar 10,6 % dari kondisi sebelum mengalami perlakuan *preheating* tertinggi yaitu 450° C. Hal tersebut membuat karakteristik HDPE juga mengalami beberapa kemuluran sesuai dengan hasil pengelasannya yang baik. Pada GGambar 6, dapat diketahui variasi sampel dengan kemulurannya ketika tengangan statis terjadi pada proses uji tarik.



Gambar 6. Perbandingan nilai tengangan tiap spesimen dengan kemuluran

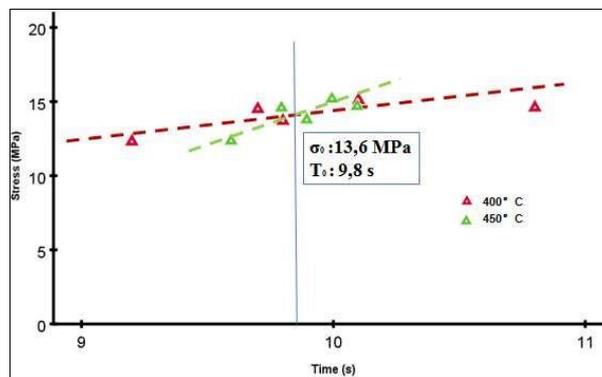
Nilai tegangan tertinggi terdapat pada spesiemen ke 5 dengan nilai 18,2 MPa pada batas kemuluran sebelum

mengalami patah yaitu 144 mm. Yang menunjukkan adanya selisih jarak dengan ukuran spesimen awal 250 mm menjadi 394 mm . Hal ini tergambar juga dengan sebaran hasil pengujian tarik , terdapat batas tegangan yang rata-rata diterima oleh material spesimen HDPE.



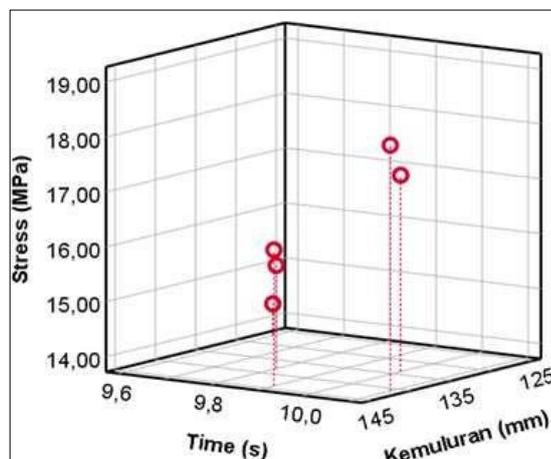
Gambar 7. Perbandingan nilai tegangan tiap spesimen dengan waktu putus

Pada Gambar 7, terlihat setiap spesiemen memiliki sebaran ukuran waktu patah dan tegangan yang sampir saling mendekati, sehingga jika dirata-rata terdapat tegangan limit yang menunjukkan batas sebaran hasil pengujian spesimen tersebut yaitu sebesar 13,9 MPa. Kemudian data sebaran ini membentuk batas yang menunjungkan sebaran dalam bidang trapesium yang menunjungkan adanya karakter pengelasan plastik dengan material HDPE.



Gambar 8. Perbandingan nilai tegangan tiap spesimen dengan waktu putus

Terlihat pada Gambar 8 menunjukkan adanya perbandingan antara perlakuan *preheating* dengan 400 °C dan 450 °C, masing-masing memiliki garis rata-rata yang ditunjukkan dari tegangan masing-masing spesimen. Nilai persamaan antara keduanya saling bersingungan pada teganan sebesar 13,9 MPa dengan waktu kemuluran sebelum terjadi kepadahan pada 9,8 detik. Hal tersebut menunjukkan adanya bagian yang sama dari kehomogenannya sehingga bentuk pengelasan sehingga cukupmampu membuat batas mulur yang bersamaan.

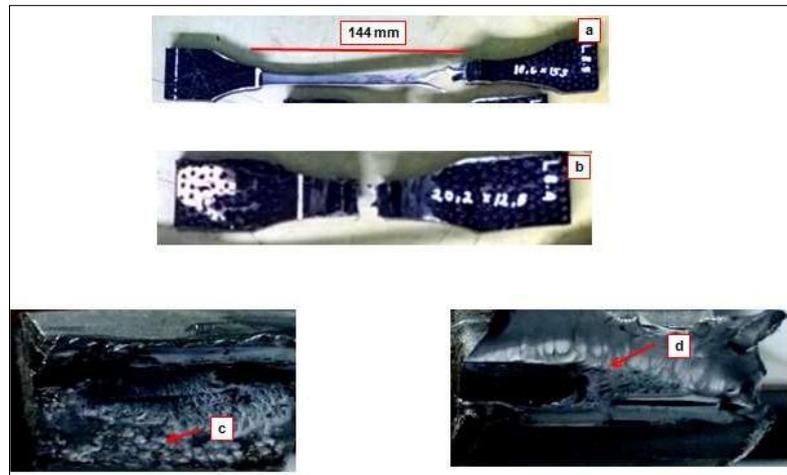


Gambar 9. Perbandingan nilai tegangan tiap spesimen dengan waktu putus dan kemulurannya pada *preheating* 45

Setiap spesimen dengan waktu, nilai tegangan dan kemulurannya menunjukkan masing-masing nilai yang



bervariasi. Dari nilai tegangan tertinggi yaitu 18,2 MPa, didapatkan waktu kemuluran yang cukup lama pula sebesar 10,1 s, serta panjang kemuluran yang cukup panjang sebesar 144 mm. Hal ini menunjukkan dengan metode *preheating* 450°C, dari hasil jarak kemuluran tersebut hasil pengelasan dengan metode *plastic welding* pada material HDPE untuk spesimen No 4 ini memiliki hasil yang terbaik dari eksperimen ini, lihat Gambar 9.



Gambar 10. Hasil pengujian tarik (a. Kemuluran, b. Patah, c. Porositi, d. *Incomplete penetration*)

Panjang maksimal kemuluran dari hasil pengelasan *plastic welding* ini adalah 144 mm, dimana pada bagian pengelasan mengalami kemuluran yang cukup panjang. Hal ini dapat ditarik jika material dengan *preheating* yang baik akan menghasilkan kehomogenan dari *filler* pengelasan dan meminimalkan terjadinya kecacatan pada pengelasan, lihat Gambar 10. Kemudian dari hasil pengelasan yang mengalami patah pada bagian pengelasan disebabkan oleh adanya cacat las didalamnya, sesuai yang terlihat pada gambar 10. Bagian *porositi* dan cacat *Incomplete Penetration*.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaruh *preheating* pada proses pengelasan *plastic welding* dengan material HDPE ini :

1. Dapat memberikan tingkat kehomogenan pada proses pengelasan menjadi lebih baik terlihat dari nilai *preheating* pada temperatur 450 °C memiliki nilai tegangan tarik tertinggi yaitu 18,2 MPa. Nilai tersebut memiliki peningkatan sebesar 21 % dari nilai tegangan maksimum tanpa *preheating* (400 °C).
2. Memiliki kekuatan tarik kemuluran yang cukup baik. Pada spesimen *preheating* 450 °C memiliki rata-rata kemuluran 136,8 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sulaiman, S. D. Said, S. F. Khristyson, and I. D. Cahyo, "DESAIN KONSTRUKSI BAR KEEL PADA KAPAL KAYU NELAYAN," *Jurnal Pengabdian Vokasi*, vol. 1, no. 3, pp. 153–158, Jun. 2020, Accessed: Aug. 09, 2020. [Online]. Available: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jpv/article/view/5382>
- [2] S. F. Khristyson, Jamari, and A. P. Bayuseno, "Design of Fishing Vessel 5 GT for Traditional Fishing Community Activities," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1096, no. 1, p. 12030, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1096/1/012030.
- [3] S. F. K. Sulaiman Sulaiman, "Analisa Sambungan Groove pada Pengelasan HDPE Sebagai Material Alternatif Konstruksi Kapal Kayu Nelayan," *Inovtek Polbeng*, vol. 12, no. 1, Jun. 2022.
- [4] Q. Zhang et al., "Constructing highly oriented and condensed shish-kebab crystalline structure of HDPE/UHMWPE blends via intense stretching process : Achieving high mechanical properties and in-plane thermal conductivity," *Polymer (Guildf)*, vol. 241, p. 124532, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2022.124532>.
- [5] J. Choung, S.-R. Cho, and K. S. Kim, "Impact test simulations of stiffened plates using the micromechanical porous plasticity model," *Ocean Engineering*, vol. 37, no. 8, pp. 749–756, 2010, doi: 10.1016/j.oceaneng.2010.02.015.
- [6] A. Babazadeh and M. R. Khedmati, "Semi-analytical simulation of plastic collapse mechanism of cracked continuous unstiffened plates used in ship structure under in-plane longitudinal compression," *Thin-Walled Structures*, vol. 144, p. 106264, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tws.2019.106264>.
- [7] S. Tesfaw, O. Fatoba, and T. Mulatie, "Evaluation of tensile and flexural strength properties of virgin and recycled high-density polyethylene (HDPE) for pipe fitting application," *Materials Today: Proceedings*, vol. 62, pp. 3103–



3113, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.385>.

- [8] W. Akhtar and I. Lazoglu, "A novel analytical algorithm for prediction of workpiece temperature in end milling," *CIRP Annals*, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2022.03.039>.

